

Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

Μηχανικές Ιδιότητες Πολυμερών Θερμομονωτικών Υλικών

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΞΕΝΙΑ ΕΛΠΙΔΑ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΣΑΒΒΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ



-ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2012-

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	σελ
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	9
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο Κυριότερα θερμομονωτικά υλικά – κατηγορίες	11
1.1 Τρόποι μετάδοσης θερμότητας.....	11
1.2 Ο ρόλος των θερμομονωτικών υλικών.....	13
1.3 Ταξινόμηση των θερμομονωτικών υλικών.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο Δομή των κυριότερων πολυμερών θερμομονωτικών υλικών (κυρίως EPS – PU)	16
2.1 Πολυμερή θερμομονωτικά υλικά.....	16
2.2 Ιδιότητες των σημαντικότερων θερμομονωτικών υλικών.....	18
2.2.1 Υαλοβάμβακας.....	18
2.2.2 Πετροβάμβακας.....	20
2.2.3 Εξηλασμένη πολυστερίνη XPS.....	22
2.2.4 Διογκωμένη πολυστερίνη EPS.....	23
2.2.5 Αφρός πολυουρεθάνης PU.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο Θερμομονωτική λειτουργία των πολυμερών θερμομονωτικών υλικών	27
3.1 Ιδιότητες πολυμερών θερμομονωτικών υλικών.....	27
3.1.1 Φυσικές ιδιότητες.....	27
3.1.2 Περιβαλλοντικές ιδιότητες.....	30
3.2 Υαλοβάμβακας.....	33
3.3 Πετροβάμβακας.....	36
3.4 Εξηλασμένη πολυστερίνη XPS.....	39
3.5 Διογκωμένη πολυστερίνη EPS.....	42
3.6 Αφρός πολυουρεθάνης PU.....	45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο Παράμετροι ποιότητας των θερμομονωτικών υλικών.....	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο Πρότυπα ελέγχου ποιότητας.....	51
5.1 Πιστοποίηση θερμομονωτικών προϊόντων διογκωμένης πολυστερίνης.....	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο Εφαρμογές των πολυμερών θερμομονωτικών υλικών.....	64
6.1 Υαλοβάμβακας.....	64
6.2 Πετροβάμβακας.....	66
6.3 Εξηλασμένη πολυστερίνη XPS.....	68
6.4 Διογκωμένη πολυστερίνη EPS.....	72
6.5 Αφρός πολυουρεθάνης PU.....	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο Περιβαλλοντικές επιπτώσεις – γήρανση των πολυμερών θερμομονωτικών υλικών.....	82
7.1 Υαλοβάμβακας.....	82
7.2 Πετροβάμβακας.....	82
7.3 Εξηλασμένη πολυστερίνη XPS.....	83
7.4 Διογκωμένη πολυστερίνη EPS.....	83
7.5 Αφρός πολυουρεθάνης PU.....	84
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο Ανακύκλωση των πολυμερών θερμομονωτικών υλικών.....	85
8.1 Υαλοβάμβακας.....	85
8.2 Πετροβάμβακας.....	85
8.3 Εξηλασμένη πολυστερίνη XPS.....	85
8.4 Διογκωμένη πολυστερίνη EPS.....	86
8.5 Αφρός πολυουρεθάνης PU.....	86
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο Πειραματικό μέρος.....	87
9.1 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν- Μηχανή δοκιμασίας.....	87
9.2 Αποτελέσματα.....	89
9.2.1 Πίνακες μετρήσεων - αποτελεσμάτων.....	91
9.2.2 Διαγράμματα.....	92
9.3 Συζήτηση αποτελεσμάτων.....	94
9.3.1 Σύγκριση πυκνότητας υλικών με τις παραμέτρους σ_a , $\sigma_{10\%}$, σ_b , $\sigma_{80\%}$, E.....	96

9.3.2	Συσχέτιση $\sigma_{10\%}$ με τις πυκνότητες ρ υλικών EPS.....	98
9.3.3	Συσχέτιση σ_B με την πυκνότητα για υλικά EPS.....	100
9.3.4	Συσχέτιση $\sigma_{80\%}$ με τις πυκνότητες ρ υλικών EPS.....	101
9.3.5	Συσχέτιση μέτρου ελαστικότητας E με την πυκνότητα.....	102
9.3.6	Συσχέτιση παραμένουσας παραμόρφωσης με την πυκνότητα..	103
9.3.7	Εφαρμογή της σχέσης $\rho(\text{ή } \sigma) = \sigma_0 + \frac{F_0 \varepsilon}{1 - \varepsilon - R}$ για υλικό EPS 20.....	106
9.3.8	Αποτελέσματα κόπωσης.....	106
9.3.9	Διαφορές μεταξύ υλικών διογκωμένης πολυστερίνης EPS με εξηλασμένη πολυστερίνη XPS.....	109
9.3.10	Συμπεράσματα.....	111
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		113

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Ροής θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου όταν στις δύο όψεις του επικρατεί διαφορετική θερμοκρασία.....	11
Εικόνα 2. Δέσμη ινών υάλου.....	18
Εικόνα 3. Μοριακή δομή του γυαλιού.....	19
Εικόνα 4. Υαλοβάμβακας υψηλής ποιότητας.....	20
Εικόνα 5. Πλάκες υαλοβάμβακα.....	20
Εικόνα 6. Παράδειγμα χρήσης πετροβάμβακα.....	20
Εικόνα 7. Μόνωση με πετροβάμβακα σε κατασκευή με γυψοσανίδες.....	21
Εικόνα 8. Διάφορες πλάκες πετροβάμβακα.....	22
Εικόνα 9. Σανίδα κολύμβησης από εξηλασμένη πολυστερίνη.....	22
Εικόνα 10. Πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης.....	23
Εικόνα 11. Σφαιρίδια διογκωμένης πολυστερίνης διαμέτρου 2 χιλιοστών.....	23
Εικόνα 12. Διογκωμένη πολυστερίνη Neopor.....	25
Εικόνα 13. Πάνελ από οικολογική διογκωμένη πολυστερίνη και γαλβάνιζε πλέγμα μέσα.....	25
Εικόνα 14. Ο ψεκαζόμενος αφρός πολυουρεθάνης χρησιμοποιείται για μόνωση (θερμομόνωση).....	25
Εικόνα 15. Χρησιμοποιώντας αφρό πολυουρεθάνης και με πολύ μεράκι μπορεί κανείς να μετατρέψει ένα αυτοκίνητο σε ένα κομψοτέχνημα.....	26
Εικόνα 16. Πάπλωμα υαλοβάμβακα.....	33
Εικόνα 17. Πάπλωμα υαλοβάμβακα με επικάλυψη.....	34
Εικόνα 18. Πλάκες πετροβάμβακα.....	36
Εικόνα 19. Ο χύμα πετροβάμβακας εφαρμόζεται σε Boiler, σε Container.....	37
Εικόνα 20. Εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες.....	39
Εικόνα 21. Διάφορες μορφές της εξηλασμένης πολυστερίνης.....	40
Εικόνα 22. Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης.....	42
Εικόνα 23. Ειδικοί κόκκοι διογκωμένης πολυστερίνης (EPS).....	43
Εικόνα 24. Αφροί πολυουρεθάνης.....	45
Εικόνα 25. Πιστόλι αφρού πολυουρεθάνης.....	46
Εικόνα 26. Το πιστοποιητικό της γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης που παράγεται με α' ύλη το Neopor από την BASF	63

Εικόνα 27. Υαλοβάμβακας με επικάλυψη χαρτιού KRAFF.....	65
Εικόνα 28. Κοχύλια υαλοβάμβακα ευρωπαϊκής Ένωσης.....	65
Εικόνα 29. Υαλοβάμβακας σε πάπλωμα με αλουμίνιο.....	65
Εικόνα 30. Υαλοβάμβακας κεραμικός.....	65
Εικόνα 31. Στο εσωτερικό των τοίχων και ορόφων μεταξύ των τούβλων τοποθετούνται μονωτικά υλικά (φενιζόλ, υαλοβάμβακας).....	66
Εικόνα 32. Υαλοβάμβακας με επικάλυψη PVC αφρού.....	66
Εικόνα 33. Πετροβάμβακας με επίστρωση.....	67
Εικόνα 34. Το πάπλωμα του πετροβάμβακα GEOLAN.....	67
Εικόνα 35. Πετροβάμβακας σε μορφή ελαφρού παπλώματος με επικάλυψη στην μία πλευρά.....	68
Εικόνα 36. Πλάκες πετροβάμβακα χωρίς επικάλυψη, σε διάφορα πάχη.....	68
Εικόνα 37. Δύο κελύφη τοιχοποιίας τούβλων, με ενδιάμεσο θερμομονωτικό κελύφος πετροβάμβακα.....	68
Εικόνα 38. Κοχύλια πετροβάμβακα διατίθενται με ή χωρίς επικάλυψη αλουμινίου..	68
Εικόνα 39. Τοποθέτηση XPS.....	69
Εικόνα 40. Εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες, με επιδερμίδα εξέλασης στην επιφάνεια της πλάκας, για θερμομόνωση δωματίων, δαπέδων και υπογείων.....	69
Εικόνα 41. Εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες, με επιδερμίδα εξέλασης στην επιφάνεια της πλάκας, για θερμομόνωση τοίχων με διάκενο.....	70
Εικόνα 42. Πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης χωρίς επιδερμίδα, με επιφανειακές αυλακώσεις, για μόνωση φέροντος οργανισμού, όπως υποστηλώματα, δοκοί και στέγες με επικάλυψη λασπωτού κεραμιδιού.....	70
Εικόνα 43. Πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης με επιδερμίδα εξέλασης, για μόνωση δαπέδων με κανονικά φορτία, για ψυκτικές εφαρμογές, επένδυση προσόψεων.....	70
Εικόνα 44. Πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης με επιδερμίδα εξέλασης, για μόνωση δαπέδων με υψηλά φορτία, για ψυκτικούς θαλάμους, σε εφαρμογές όπου απαιτείται μεγάλη αντοχή στη συμπίεση.....	71
Εικόνα 45. Πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης νέας γενιάς με πολύ χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (λ), υψηλές μηχανικές ιδιότητες και εύκολη τοποθέτηση, ιδανικές για θερμομόνωση σε διάφορα σημεία της οικοδομής.....	71
Εικόνα 46. Σύνθετο θερμομονωτικό πλακίδιο, αποτελούμενο από μια πλάκα εξηλασμένης πολυστερίνης και μια στρώση από ειδικό υπόλευκο προστατευτικό χυτό κονίαμα.....	72

Εικόνα 47. Θερμομονωτικές πλάκες EPS.....	73
Εικόνα 48. Πλάκες EPS για θερμομονώση κεραμοσκεπών.....	73
Εικόνα 49. Διογκωμένη πολυστερίνη με υψηλές μηχανικές αντοχές και μεγάλη σταθερότητα διαστάσεων, σε πλάκες, για εξωτερική θερμομόνωση κτιρίων σε διάφορα πάχη . Συνεργάζεται πολύ καλά με υλικά επικόλλησης και διάφορων επιχρισμάτων καταλλήλων για εξωτερική θερμομόνωση κτιρίων.....	74
Εικόνα 50. Διογκωμένη πολυστερίνη με ειδική πατούρα στις τέσσερις πλευρές για τέλεια συναρμογή, για μόνωση σε δοκάρια ,κολώνες , πυλωτές και οροφές εξ αιτίας της ειδικής διαμόρφωσης με πρόσφυση στο σκυρόδεμα, σοβά κτλ.....	74
Εικόνα 51. Διογκωμένη πολυστερίνη λευκή, πυκνότητας από 12 έως 25 kg/m ³ σε πλάκες, για μόνωση , για διάκενα αρμών διαστολής κτιρίων και για συσκευασίες διαφόρων προϊόντων.....	75
Εικόνα 52. Διογκωμένη πολυστερίνη μπλε, αυτοσβενύμενη με πατούρες στα άκρα, για μόνωση προσόψεων και διπλών τοίχων στα κτίρια.....	75
Εικόνα 53. Διογκωμένη πολυστερίνη με υψηλές μηχανικές αντοχές και αντισεισμικές ιδιότητες, για θεμελιώσεις κτιρίων .Δεν απαιτείται να τοποθετηθεί ξυλότυπος στα πέδιλα και πεδιλοδοκούς.....	76
Εικόνα 54. Η διογκωμένη πολυστερίνη είναι καινοτόμος συσκευασία για τη συντήρηση των ευαίσθητων κηπευτικών.....	77
Εικόνα 55. Η διογκωμένη πολυστερίνη έχει ιδιότητες που την καθιστούν ιδανική συσκευασία για τρόφιμα, όπως ψάρια, κρέας, φρούτα και λαχανικά, είδη ζαχαροπλαστικής.....	77
Εικόνα 56. Σκεύη αλουμινίου- φενίζολ από διογκωμένη πολυστερίνη.....	77
Εικόνα 57. Τα ριζωτήρια είναι κατασκευασμένα από υψηλής πυκνότητας διογκωμένη πολυστερίνη και είναι ειδικά σχεδιασμένα για την ανάπτυξη μικρών φυτών καπνού και λαχανικών.....	78
Εικόνα 58. Απαλό νάιλον βελούδινης υφής συζευγμένο με αφρό πολυουρεθάνης για δυνατότητα αναπνοής.....	79
Εικόνα 59. Ένας κύβος φτιαγμένος με αφρό πολυουρεθάνης. Όλο το σώμα είναι διάτρητο από διάσπαρτα τρίγωνα ώστε να μην είναι συμπαγές και να μπορεί να διπλωθεί μόλις δεχτεί πίεση.....	80
Εικόνα 60. Σωσίβιο με εσωτερικό γέμισμα από αφρό πολυουρεθάνης.....	80
Εικόνα 61. Στρώμα με αφρό πολυουρεθάνης.....	80

Εικόνα 62. Για στεγάνωση και προστασία.....	80
Εικόνα 63. Γαλβανισμένη λαμαρίνα και εσωτερική μόνωση αφρού πολυουρεθάνης...	80
Εικόνα 64. Αρχικά γεμίστηκαν τα κενά της λαμαρίνας με αφρό πολυουρεθάνη.....	81
Εικόνα 65. Δημιουργία προσομοίωσης	81
Εικόνα 66. Στα περιμετρικά τοιχώματα της πισίνας τοποθετούνται πάνελ πολυουρεθάνης	81
Εικόνα 67. Πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης.....	87
Εικόνα 68. Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης.....	88
Εικόνα 69. Μηχανή δοκιμασίας “ΠΡΕΣΑ”	88
Εικόνα 70. Διάγραμμα “Φορτίου N – Μεταβολής του μήκους mm”	89
Εικόνα 71. Τυπικά διαγράμματα “Φορτίου N – Μεταβολής του πάχους mm” για τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν με τη πυκνότητα τους.....	93
Εικόνα 72. Συγκεντρωτικό διάγραμμα τάσης συμπίεσης- παραμόρφωσης για τα υλικά EPS.....	94
Εικόνα 73. Δομή αφρώδους πολυστυρένιου κλειστών κυψελίδων.....	95
Εικόνα 74. Διάγραμμα γραμμικής συσχέτισης $\sigma_a - \rho$	97
Εικόνα 75. Διάγραμμα τάσης $\sigma_a - \rho$ μόνο για τα υλικά τύπου EPS.....	97
Εικόνα 76. Διάγραμμα σύγκρισης εξισώσεων.....	98
Εικόνα 77. Διάγραμμα γραμμικής συσχέτισης $\sigma_{10\%} - \rho$	99
Εικόνα 78. Διάγραμμα τάσης $\sigma_{10\%} - \rho$ μόνο για τα υλικά τύπου EPS.....	99
Εικόνα 79. Διάγραμμα σύγκρισης εξισώσεων.....	100
Εικόνα 80. Διάγραμμα συσχέτισης $\sigma_\beta - \rho$	101
Εικόνα 81. Διάγραμμα συσχέτισης $\sigma_{80\%} - \rho$	102
Εικόνα 82. Διάγραμμα συσχέτισης $\sigma_E - \rho$ μόνο για τα υλικά EPS.....	103
Εικόνα 83. Ιστόγραμμα παραμένουσα παραμόρφωσης με πυκνότητες.....	105
Εικόνα 84. Διάγραμμα παραμένουσα παραμόρφωσης με πυκνότητες.....	105
Εικόνα 85. Διάγραμμα τάσης - $\frac{\epsilon}{1-\epsilon-R}$	106
Εικόνα 86. Διάγραμμα τάσης – πυκνότητας για τα υλικά EPS.....	108
Εικόνα 87. Διάγραμμα τάσης – πυκνότητας για το υλικό XPS.....	108
Εικόνα 88. Δομή EPS και XPS.....	109
Εικόνα 89. Δομή εξηλασμένης πολυστερίνης XPS.....	110
Εικόνα 90. Δομή διογκωμένης πολυστερίνης EPS.....	111

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Βασικές φυσικές και περιβαλλοντικές ιδιότητες των κυριότερων θερμομονωτικών υλικών.....	32
Πίνακας 2. Τεχνικά χαρακτηριστικά υαλοβάμβακα [FMI F, 1994].....	35
Πίνακας 3. Τεχνικά χαρακτηριστικά πετροβάμβακα [FMI F, 1994] και [Rockwool F,1994].....	38
Πίνακας 4. Τεχνικά χαρακτηριστικά εξηλασμένης πολυστερίνης [Ceuterick, 1993], Heraklith F, 1994], [BASF F, 1994] και [G+H, 1994].....	41
Πίνακας 5. Τεχνικά χαρακτηριστικά διογκωμένης πολυστερίνης.....	44
Πίνακας 6. Τεχνικά χαρακτηριστικά αφρού πολυουρεθάνης [IVPU F, 1994].....	47
Πίνακας 7. Πρότυπα για την απόδοση και τις ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών.....	51
Πίνακας 8. Πρότυπα ΕΛΟΤ καθορισμού μεθόδων δοκιμών για τον προσδιορισμό των διαστάσεων και ιδιοτήτων θερμομονωτικών υλικών και προϊόντων.....	53
Πίνακας 9. Πρότυπα τα οποία αναφέρονται σε συγκεκριμένα θερμομονωτικά υλικά.....	57
Πίνακας 10 : Επιμέρους πρότυπα του EN13163.....	58
Πίνακας 11: Τύπος υλικού, μετρούμενες ιδιότητες και συχνότητα ελέγχου παραγωγής.....	60
Πίνακας 12. Αποτελεσμάτων Πειραμάτων Συμπίεσης (θλίψεως).....	91
Πίνακας 13. Παραμένουσας παραμόρφωσης των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν...104	
Πίνακας 14. Αποτελέσματα κόπωσης.....	107

Πρόλογος

Η παρακάτω πτυχιακή με θέμα “ Μηχανικές Ιδιότητες Πολυμερών Θερμομονωτικών Υλικών ” με εισηγητή τον κ. Σαββάκη Κωνσταντίνο πραγματοποιήθηκε στο ΤΕΙ Ηρακλείου Κρήτης από τον Οκτώβριο του 2011 έως τον Ιανουάριο του 2012, για την ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής πραγματοποιήθηκε και πειραματικό μέρος πού έγινε σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο με τα απαραίτητα μηχανήματα στο ΤΕΙ Ηρακλείου.

Στα πλαίσια αυτής της πτυχιακής αντιμετωπίστηκαν κάποιες δυσκολίες, όπως, ήταν η συγκέντρωση των απαιτούμενων υλικών, το κόσμη τους σε τυποποιημένες διαστάσεις σύμφωνα με συγκεκριμένους κανονισμούς - πρότυπα, που διατυπώνονται από θεσμοθετημένους οργανισμούς, όπως είναι ο ΕΛΟΤ (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης), το πλέον γνωστό DIN (Deutsches Institut für Normung - Γερμανικό Ινστιτούτο Τυποποίησης) ή το διερωπαϊκό CEN (Comite Europeen de Normalisation - Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης), καθώς και κάποιες αστοχίες υλικών.

Θα θελα να ευχαριστώ τις δυο εταιρείες που μου παρείχαν τα υλικά που χρειαζόμουν, την εταιρεία ΕΡΓΑΤΕΞ του κ. Εργαζάκη Γεώργιου καθώς και την ALTO Special Construction Materials. Ακόμα θα θελα να ευχαριστήσω τον κ. Σαββάκη Κωνσταντίνο που μου έδωσε το θέμα της πτυχιακής μου και με βοήθησε σε όλη την πορεία της καθώς και τον κ. Στεφανάκη Ιωάννη που με βοήθησε με το κόσμη των υλικών και τον συμφοιτητή μου Ανδρέου Βασίλειο που με βοήθησε στο πειραματικό μέρος της πτυχιακής.

Εισαγωγή

Μέσα από αυτή τη πτυχιακή έχουμε τη δυνατότητα να ενημερωθούμε και να μάθουμε

1. Τι είναι τα θερμομονωτικά υλικά και ποια η διαφορά τους από τα πολυμερή θερμομονωτικά υλικά.
2. Για ποιο λόγο χρησιμοποιούμε τα πολυμερή θερμομονωτικά υλικά.
3. Ποια είναι η δομή των πολυμερή θερμομονωτικών υλικών και πώς αυτά παράγονται.
4. Ποιες είναι οι θερμομονωτικές τους ιδιότητες.
5. Ποιοί παράμετροι υπάρχουν για την σωστή χρήση των πολυμερών μονωτικών υλικών.
6. Ποια πρότυπα υπάρχουν για τα πολυμερή θερμομονωτικά υλικά, τι είναι αυτά τα πρότυπα και τι σκοπό εξυπηρετούν.
7. Ποιες είναι οι εφαρμογές των πολυμερών θερμομονωτικών υλικών στην καθημερινή μας ζωή.
8. Τι επιπτώσεις υπάρχουν σε αυτά τα υλικά με την πάροδο του χρόνου καθώς και τι περιβαλλοντικές επιπτώσεις προκαλούν.
9. Την δυνατότητα ανακύκλωσης των πολυμερών θερμομονωτικών υλικών.

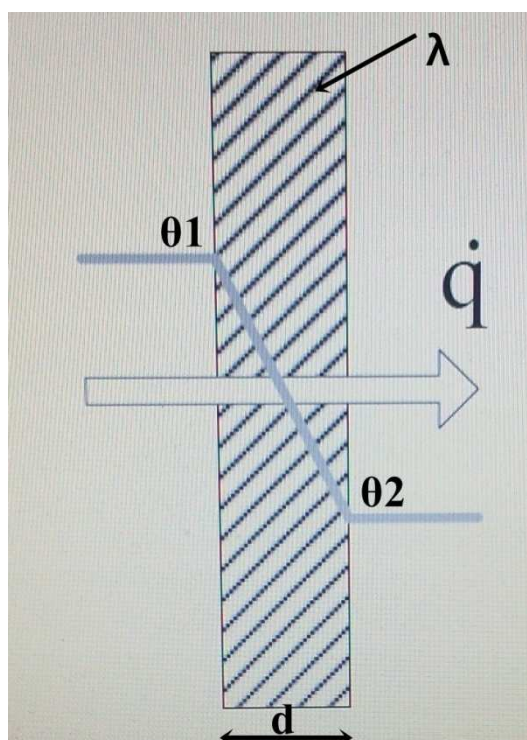
Σε αυτή τη πτυχιακή έγιναν και κάποια πειράματα κάποιων πολυμερών θερμομονωτικών υλικών και συγκεκριμένα της εξηλασμένης και της διογκωμένης πολυστερίνης σε συμπίεση και κόπωση για να δούμε τη συμπεριφορά που θα κρατήσουν και συγκρίναμε τα αποτελέσματά μας με άλλα πειράματα που έχουν γίνει και με τα πρότυπα που υπάρχουν για να δούμε αν όντως συμφωνούν με αυτά.

Κυριότερα θερμομονωτικά υλικά – κατηγορίες.

1.1 Τρόποι μετάδοσης θερμότητας

Η θερμότητα μεταδίδεται πάντα από τις θερμότερες στις ψυχρότερες περιοχές και μεταφέρεται με αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία, ή με συνδυασμό και των τριών. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας, τόσο πιο γρήγορα η θερμότητα ρέει προς τις ψυχρότερες περιοχές. Η ροή αυτή χαρακτηρίζεται ως θερμοροή. Συμβολίζεται με q' και εκφράζεται σε μονάδες W (Watt). Το μέγεθος της θερμοροής υπολογίζεται από το νόμο του Fourier. Για το επίπεδο τοίχωμα πάχους d και εμβαδού S του σχήματος, ο νόμος του Fourier εκφράζεται με την εξίσωση:

$$q' = S\lambda \frac{\Delta\theta}{d}$$



Εικόνα 1. :Ροής θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου όταν στις δύο όψεις του επικρατεί διαφορετική θερμοκρασία.

όπου λ , ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, ο οποίος χαρακτηρίζει το υλικό από άποψη θερμικής συμπεριφοράς και εκφράζεται σε $W/(mK)$. Το φαινόμενο αυτό δημιουργεί προβλήματα απωλειών ενέργειας.

Στην περίπτωση των κτιρίων η θερμότητα ρέει με φυσικό τρόπο, από ένα θερμό χώρο, σε έναν ψυχρότερο. Κατά τη χειμερινή περίοδο (ή περίοδο θέρμανσης) αυτή η ροή θερμότητας κινείται είτε άμεσα από όλους τους θερμαινόμενους χώρους του κτιρίου προς τους μη θερμαινόμενους χώρους (σοφίτες, αποθήκες, υπόγεια) και προς το εξωτερικό περιβάλλον, είτε έμμεσα διαμέσου των εσωτερικών οροφών, τοίχων και δαπέδων, δηλαδή όπου παρουσιάζεται θερμοκρασιακή διαφορά. Αντίθετα, κατά τη θερινή περίοδο (ή περίοδο δροσισμού) η θερμότητα ρέει από το εξωτερικό περιβάλλον προς το εσωτερικό του κτιρίου.

Για να διατηρηθούν ικανοποιητικές οι συνθήκες θερμικής άνεσης στο κτίριο και να μειωθεί η ενέργεια που προσδίδεται από τα μηχανικά συστήματα θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού είναι απαραίτητη η χρήση θερμομόνωσης, η οποία έχει ως τελικό σκοπό τη μείωση της θερμοροής παρέχοντας μία αποτελεσματική αντίσταση στη ροή της θερμότητας.

Για να μειωθούν οι απώλειες λόγω θερμοροής, επιβάλλεται η χρήση υλικών με χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ . Αυτά τα υλικά, χαρακτηρίζονται ως θερμομονωτικά. Η θερμομόνωση επομένως, στα ομοιογενή και ισότοπα υλικά, ταξινομείται με όρους συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ , του οποίου η φυσική σημασία έγκειται στην αντίσταση στη θερμοροή.

Όσο μικρότερη είναι η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ , τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση του στη θερμοροή και επομένως η αποτελεσματικότητα του θερμομονωτικού υλικού.

Η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ εξαρτάται από:

1. το θερμομονωτικό υλικό,
2. τη δομή του (την πυκνότητα, το πορώδες, δηλαδή από τον αριθμό και το μέγεθος των κυψελών που υπάρχουν στη μάζα του υλικού του και που περιέχουν τον ακίνητο, με θερμομονωτικές ιδιότητες αέρα),
3. την πίεση,
4. τη θερμοκρασία.
5. την υγρασία (Η αύξηση της υγρασίας σημαίνει και αύξηση του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ , η οποία είναι ανεπιθύμητη για ένα θερμομονωτικό υλικό, καθώς το εγκλωβισμένο νερό, με το κατά πολύ μεγαλύτερο λ από αυτό

του αέρα καταλαμβάνει τη θέση του τελευταίου. Το νερό και ο πάγος έχουν περίπου 24 και 92 φορές αντίστοιχα, μεγαλύτερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ , από τον αέρα. Εξαιτίας αυτού, η υγρασία θεωρείται και το μεγαλύτερο πρόβλημα της θερμομόνωσης σε μια κατασκευή).

1.2 Ο ρόλος των θερμομονωτικών υλικών

Τα θερμομονωτικά υλικά καθορίζουν τη συμπεριφορά του κτιριακού κελύφους, από πλευράς δομικής φύσης και έχουν ως στόχο τους να μειώσουν το συντελεστή θερμοπερατότητας k , των δομικών στοιχείων για τη μείωση των θερμικών απωλειών κατά τη χειμερινή περίοδο και τη μείωση της θερμικής προσόδου κατά τη περίοδο δροσισμού.

Η μετάδοση της θερμότητας, μέσα από τα αδιαφανή δομικά στοιχεία και υλικά γίνεται στο μεγαλύτερο ποσοστό με αγωγιμότητα, με τη βοήθεια του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ . Στα σύνθετα δομικά στοιχεία η αγωγιμότητα ποσοτικοποιείται με τη βοήθεια του συντελεστή θερμοπερατότητας k .

Γενικά, τα θερμομονωτικά υλικά οφείλουν την ιδιότητα της θερμικής αντίστασης στον αέρα που περιέχεται μέσα τους. Ο αέρας θεωρείται κακός αγωγός της θερμότητας, δηλαδή, έχει χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ .

Σε θεωρητικό επίπεδο η θερμική αγωγιμότητα ελαχιστοποιείται σε συνθήκες κενού, επειδή η έλλειψη μάζας καθιστά αδύνατη τη μεταφορά της θερμότητας με αγωγιμότητα. Στην πράξη όμως, η μικρότερη δυνατή θερμική αγωγιμότητα επιτυγχάνεται όταν υπάρχει ακίνητος, ξηρός αέρας.

Τα θερμομονωτικά υλικά επιτυγχάνουν το σκοπό τους, επειδή διαθέτουν, στην πορώδη μάζα τους, πολλούς μικρούς θύλακες ακίνητου αέρα, ο οποίος είναι εγκλωβισμένος σε κυψέλες ή μέσα σε ένα πλέγμα ινών. Λόγω αυτού τα θερμομονωτικά υλικά έχουν κατά κανόνα και μικρό φαινομενικό βάρος.

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ , ενός πορώδους υλικού, είναι μικρότερος σε σχέση με το λ του ίδιου υλικού, εάν αυτό είναι πιο συμπαγές. Το φαινόμενο αυτό και η λειτουργία του πορώδους των υλικών οδήγησε στην ανάπτυξη θερμομονωτικών υλικών, κοινό γνώρισμα των οποίων είναι η ύπαρξη σε μεγάλο ποσοστό πόρων, που περιέχουν είτε αέρα είτε κάποιο άλλο αέριο που χαρακτηρίζεται ως κακός αγωγός της θερμότητας και άρα διαθέτει μικρό συντελεστή αγωγιμότητας λ . Η πορώδης δομή των βιομηχανικά παραγόμενων μονωτικών υλικών, επιτυγχάνεται με τη χρήση

λεπτών ακανόνιστων ινών ή με την παραγωγή κυψελίδων από σταθεροποιητικά υλικά.

1.3 Ταξινόμηση των θερμομονωτικών υλικών

Υπάρχουν τρεις τρόποι ταξινόμησης των θερμομονωτικών υλικών.

1. Με βάση τη χημική σύνθεση των συστατικών τους, διακρίνονται σε:
 - Οργανικά
 - Ανόργανα ή σύνθετα, (περιέχουν τόσο οργανικές όσο και ανόργανες ενώσεις).
2. Με βάση την πρώτη ύλη των χρησιμοποιούμενων υλικών για την παραγωγή μονωτικών υλικών, μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, και των συνδυασμό αυτών:
 - Ορυκτά υλικά (άμμος, βασάλτης, βωξίτης, δολομίτης, γυαλί καινούριο ή ανακυκλωμένο).
 - Πετροχημικές πρώτες ύλες για αφρώδες πλαστικό (στυρόλιο, ουρεθάνη, φορμαλδεΐδη).
 - Οργανικά φυσικά υλικά (φελλός, ξύλο, φυτικές ίνες, κυτταρίνη, μαλλί).
3. Με βάση τη δομή τους, τα χωρίζουμε σε:
 - Οργανικά αφρώδη (ο αέρας υπάρχει μέσα τους με μορφή φυσαλίδων. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκει η διογκωμένη και εξηλασμένη πολυστερίνη καθώς και ο αφρός πολυουρεθάνης).
 - Ανόργανα ινώδη (ο αέρας περιέχεται ανάμεσα στις ίνες τους, όπως ακριβώς συμβαίνει σε ένα μάλλινο ύφασμα. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκει ο υαλοβάμβακας και ο πετροβάμβακας).

Τα κυριότερα θερμομονωτικά υλικά είναι τα εξής :

- Υαλοβάμβακας.
- Πετροβάμβακας.
- Διογκωμένη πολυστερίνη.
- Αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη.
- Αφρός πολυουρεθάνης.

Υπάρχουν και άλλα θερμομονωτικά υλικά όπως είναι:

- Αφρώδης διογκωμένος φελλός.
- Προβατόμαλλο.
- Βαμβακόμαλλο.
- Αφρώδες γυαλί.
- Περλίτης.
- Ξυλόμαλλο.
- Διαφανή θερμομονωτικά υλικά.

Δομή των κυριότερων πολυμερών θερμομονωτικών υλικών (κυρίως EPS – PU).

2.1 Πολυμερή θερμομονωτικά υλικά

Πολυμερή ονομάζονται οι χημικές ενώσεις με μεγάλα μόρια που σχηματίζονται από τη σύνδεση πολλών μικρών μορίων, σε αντίθεση με τις απλούστερες που λέγονται μονομερή, (ενώσεις με μικρά μόρια). Τα πολυμερή προκύπτουν από τη χημική αντίδραση των μονομερών, που ονομάζεται πολυμερισμός.

Υπάρχουν φυσικά πολυμερή και συνθετικά πολυμερή. Φυσικά πολυμερή είναι για παράδειγμα το DNA, το καουτσούκ, το άμυλο, η κυτταρίνη κ.λπ., ενώ συνθετικά πολυμερή είναι τα πλαστικά, οι εκρηκτικές ύλες, οι λευκαντικές ουσίες, τα σαπούνια κ.λπ.

Τα μονωτικά βασισμένα σε πολυμερή (σιλυλό ολοκληρωμένα τροποποιημένα πολυμερή) εισήχθησαν για πρώτη φορά στην Ιαπωνία περίπου πριν από 30 χρόνια και στην Ευρώπη στα τέλη της δεκαετίας του 1980. Σε πρώιμο στάδιο μια εταιρεία, η SOUDAL, πείστηκε για τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης τεχνολογίας μονωτικών και συγκολλητικών υλικών και ενεργά άρχισε να δραστηριοποιείται στην ανάπτυξη της δικής της γκάμας προϊόντων. Η αύξηση της δημοτικότητας των πολυμερή μονωτικών προϊόντων, οφείλεται στην ευελιξία και στις άριστα ισορροπημένες ιδιότητες τους. Τα πολυμερή μονωτικά, είναι κατάλληλα για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, σε πολλούς και διαφορετικούς τομείς.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των πολυμερή μονωτικών υλικών, που διακρίνονται από άλλα μονωτικά υλικά, είναι τα ακόλουθα :

1. Φιλικά προς το περιβάλλον:

Τα συγκεκριμένα μονωτικά και συγκολλητικά υλικά κατασκευάζονται χωρίς να χρησιμοποιούνται διαλυτικά ή επιβλαβές πρώτες ύλες και επιπρόσθετων πχ ισοκυανικές ενώσεις.

2. Ασφάλεια χρήσης:

Είναι ασφαλή για χρήση, καθώς δεν περιέχουν ισοκυανικές ενώσεις ή διαλύτες και ως εκ τούτου δεν απαιτούν ειδικό εξοπλισμό ασφαλείας.

3. Εύκολη εφαρμογή:

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να επεξεργαστούν σχεδόν σε όλες τις καιρικές συνθήκες, τόσο στο κρύο όσο και στη ζεστή.

4. Αντοχή στις καιρικές συνθήκες και ανθεκτικότητα:

Σε δοκιμές που έγιναν σε εξωτερικές συνθήκες για διάφορες σιλικόνες, έχουν δώσει επανειλημμένα τα καλύτερα αποτελέσματα για τα πολυμερή μονωτικά σε σχέση με την πολυουρεθάνη, καθώς δεν παρουσιάζουν ρωγμές, διάσπαση ή αποτυχία συγκόλλησης μετά από χρόνια έκθεσης στις πιο ακραίες συνθήκες.

5. Δεν χρωματίζει:

Δοκιμές σε γρανίτη, μάρμαρο και πολλά άλλα πορώδη υλικά, δείχνουν ότι ένα μέρος από τα πολυμερή, μονωτικά δεν παρουσιάζουν διαρροές στην επιφάνεια που θα είχαν ως αποτέλεσμα τον χρωματισμό και την αλλοίωση των χρωμάτων.

6. Ευκολία βαφής:

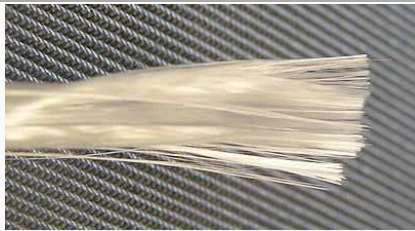
Προσφέρουν ευκολία στην βαφή τους με χρώματα με βάση το νερό. Ορισμένοι τύποι μπορούν να βαφτούν αμέσως μετά την εφαρμογή τους, ενώ είναι ακόμη νωποί.

7. Συγκόλληση σε πολλά διαφορετικά υποστρώματα:

Από όλα τα μονωτικά προϊόντα, τα πολυμερή μονωτικά και συγκολλητικά προϊόντα, έχουν το ευρύτερο φάσμα συγκόλλησης.

2.2 Ιδιότητες των σημαντικότερων θερμομονωτικών υλικών

2.2.1 Υαλοβάμβακας



Εικόνα 2. Δέσμη ινών υάλου.

Ο υαλοβάμβακας προέρχεται από ορυκτές πρώτες ύλες, ανήκει στα ανόργανα ινώδη υλικά και τα βασικά συστατικά του είναι το διοξείδιο του πυριτίου, ο δολομίτης, ο ασβεστόλιθος, η ανθρακική σόδα και η αλουμίνα.

Ο υαλοβάμβακας είναι ένα μονωτικό υλικό που αποτελείται από πολύ λεπτές ίνες γυαλιού. Οι ίνες του υαλοβάμβακα διαμορφώνονται όταν λεπτές λωρίδες πυριτικού (ή άλλης σύστασης) γυαλιού εξωθούνται παράγοντας πολλές ίνες με μικρή διάμετρο κατάλληλες για ύφανση. Το γυαλί, ακόμη και ως ίνα, είναι άμορφο στερεό (χωρίς κρυσταλλική δομή). Οι ιδιότητες της δομής του γυαλιού, όταν αυτό μαλακώνει και έχει αρχίζει να λιώνει, είναι παρόμοιες με τις ιδιότητές του όταν είναι σε ίνες.

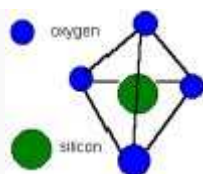
Ο υαλοβάμβακας παρασκευάζεται σε κλίβανο μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται φυγοκέντριση, κατά την οποία τα υλικά εξαιτίας της φυγόκεντρης δύναμης υπό τη μορφή ινών παγιδεύουν τον αέρα.

Η τεχνική της τήξης και επεξεργασίας του γυαλιού σε λεπτές ίνες, ήταν γνωστή για χιλιετίες. Παρόλα αυτά, η χρήση αυτών των ινών για παραγωγή υφασμάτων είναι πρόσφατη. Η πρώτη εμπορική παραγωγή του υαλοβάμβακα έγινε το 1936. Το 1938, η Owens-Illinois Glass Company και Corning Glass Works συνεργάστηκαν και δημιούργησαν την εταιρεία Owens-Corning Fiberglass Corporation και μέχρι τότε όλος ο υαλοβάμβακας, παραγόταν σε ίνες ορισμένου μεγέθους. Όταν οι δύο

επιχειρήσεις ενώθηκαν για να παράγουν και να προωθήσουν τον υαλοβάμβακα , εισήγαγαν ένα νέο προϊόν με συνεχή ίνα γυαλιού (πολύ μεγάλου μήκους). Η εταιρεία Owens-Corning είναι μέχρι σήμερα ο μεγαλύτερος παραγωγός υαλοβάμβακα παγκοσμίως.

Οι ίνες γυαλιού έχουν βάση το πυρίτιο (SiO_2) που υπάρχει ως πολυμερές σε καθαρή μορφή. Δεν έχει πραγματικό σημείο τήξεως, αλλά μαλακώνει μέχρι τους $2.000\text{ }^\circ\text{C}$, όπου αρχίζει να χάνει τη δομή του. Στους $1.713\text{ }^\circ\text{C}$, το μεγαλύτερο μέρος των μορίων μπορεί να κινείται ελεύθερα. Εάν το γυαλί κρυώσει γρήγορα, τα μόρια δεν προλαβαίνουν να διαμορφώσουν μια διαταγμένη δομή. Το πολυμερές, σχηματίζει ομάδες SiO_4 , οι οποίες έχουν τη μορφή τετραέδρου με το άτομο του πυριτίου στο κέντρο τους και τέσσερα άτομα οξυγόνου στις γωνίες. Αυτά τα τετράεδρα στη συνέχεια δημιουργούν ένα δίκτυο τετραέδρων τα οποία είναι ενωμένα στις γωνίες και μοιράζονται άτομα οξυγόνου.

Η υαλώδης και η κρυσταλλική κατάσταση του πυριτίου (γυαλί και χαλαζίας) έχουν παρόμοια ενεργειακά επίπεδα σε μοριακή βάση, κάτι που σημαίνει ότι η υαλώδης μορφή είναι εξαιρετικά σταθερή όπως και η κρυσταλλική μορφή του πυριτίου. Προκειμένου να προκληθεί κρυστάλλωση πρέπει να θερμανθεί σε θερμοκρασίες πάνω από $1.200\text{ }^\circ\text{C}$ για μακρές χρονικές περιόδους.



Εικόνα 3. Μοριακή δομή του γυαλιού.

Αν και το καθαρό πυρίτιο δίνει ένα πολύ καλό γυαλί καθώς και ίνες γυαλιού, η κατεργασία του πρέπει να γίνεται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, κάτι το οποίο είναι μειονέκτημα εκτός αν υπάρχει συγκεκριμένη απαίτηση για τις χημικές ιδιότητές του. Για την απαιτούμενη θερμοκρασία επεξεργασίας, γίνεται προσθήκη άλλων υλικών στο γυαλί, που έχει σαν αποτέλεσμα την αλλαγή διαφόρων ιδιοτήτων του γυαλιού.

Το πρώτο είδος γυαλιού που χρησιμοποιήθηκε για ίνες γυαλιού ήταν το γυαλί Νατρίου-Ασβεστίου ή «Γυαλί τύπου Α», το οποίο όμως δεν είχε αρκετή αντοχή στα αλκάλια. Ένα νέο αλούμινο-βόριο-πυριτικό γυαλί, το «γυαλί τύπου Ε», το οποίο δεν είχε σχεδόν καθόλου αλκάλια ($< 2\%$), ήταν το πρώτο γυαλί που χρησιμοποιήθηκε για παραγωγή συνεχούς νήματος. Ακόμη και σήμερα, το γυαλί τύπου Ε, αποτελεί το

μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής υαλοβάμβακα παγκοσμίως. Η σύσταση του γυαλιού μπορεί να διαφέρει μεν, αλλά πρέπει να βρίσκεται μέσα σε συγκεκριμένα όρια. Το γράμμα E, είχε αρχικά την έννοια του γυαλιού κατάλληλου για ηλεκτρικές εφαρμογές (E από το Electrical).



Εικόνα 4. Υαλοβάμβακας υψηλής ποιότητας.



Εικόνα 5. Πλάκες υαλοβάμβακα.

2.2.2 Πετροβάμβακας



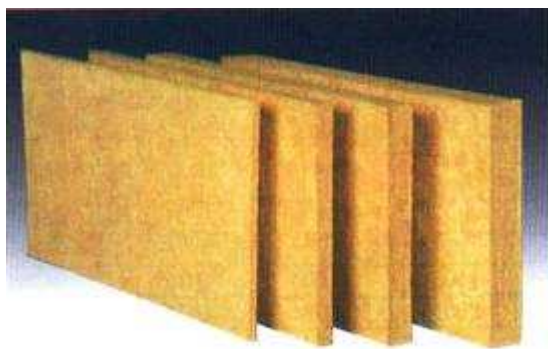
Ο πετροβάμβακας είναι ινώδους μορφής και αποτελείται από μια μάζα εξαιρετικά λεπτών ινών (διάμετρος < 4 ή $5 \mu\text{m}$), από ίνες οξειδίου πυριτίου - αλουμινίου και παρασκευάζεται από μίγμα ορυκτογενών πετρωμάτων, που αφθονούν στη φύση, όπως βασάλτη, μεταβασάλτη, διαβάση, αμφιβολίτη, ασβεστόλιθο, δολομίτη και βωξίτη.

Για την παραγωγή του πετροβάμβακα, το μίγμα των ορυκτογενών πετρωμάτων θερμαίνεται και λιώνει είτε μέσα σε υψικάμινο, είτε σε ηλεκτρικό φούρνο (πιο σύγχρονη μέθοδος, καθώς επιτυγχάνει διαστασιακή ομοιομορφία στις παραγόμενες ίνες μέσω της σταθερά ελεγχόμενης θερμοκρασίας του τήγματος, καθώς και μηδαμινή μόλυνση του περιβάλλοντος). Στη συνέχεια και με τη βοήθεια της φυγοκέντρισης διαμορφώνεται στην τελική ινώδη μορφή του. Η συγκόλληση των ινών μεταξύ τους επιτυγχάνεται με την προσθήκη συνθετικής φαινολικής ρητίνης και σιλικονέλαιου.



Εικόνα 7. Μόνωση με πετροβάμβακα σε κατασκευή με γυψοσανίδες.

Ο πετροβάμβακας είναι άκαυστος και παράγεται με τήξη πετρωμάτων στους 1.550-1.600 °C. Με τη βοήθεια ειδικών διατάξεων παίρνει τη μορφή ινών με διάμετρο 6-20 μm (μικρόμετρα). Συγκεκριμένα παράγεται σε καμίνοους με τήξη πέτρας σε μια θερμοκρασία περίπου 1.600 °C. Από την τηγμένη πέτρα παράγονται ίνες είτε με εμφύσηση αέρα ή ατμού, είτε με νεώτερες τεχνολογίες με περιστρεφόμενες διατάξεις υψηλής ταχύτητας που δημιουργούν φυγοκεντρικές δυνάμεις. Μια παρόμοια μέθοδος με αυτή που χρησιμοποιείται για την παραγωγή νημάτων ζάχαρης στο μαλλί της γριάς, αλλά προσαρμοσμένη σε ιδιαίτερα υψηλότερες θερμοκρασίες για την παραγωγή των υλικών αυτών. Το τελικό προϊόν είναι μια μάζα από λεπτές, πλεγμένες ίνες με τυπική διάμετρο από 6 έως 10 μm (μικρόμετρα). Μέρος της παραγωγικής διαδικασίας, είναι και η επικάλυψη των ινών με ένα συνδετικό υλικό, το οποίο αφενός μειώνει την παραγωγή σκόνης και αφετέρου δίνει μηχανικές ιδιότητες στον πετροβάμβακα.



Εικόνα 8. Διάφορες πλάκες πετροβάμβακα.

2.2.3 Εξηλασμένη πολυστερίνη XPS



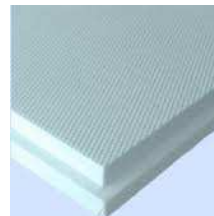
Εικόνα 9. Ένα κοριτσάκι χρησιμοποιεί σανίδα κολύμβησης από εξηλασμένη πολυστερίνη.

Η εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS - Extruded polystyrene) είναι ένα ελαφρύ, θερμομονωτικό υλικό με βάση την πολυστερίνη. Παράγεται σε πλάκες διαφορετικής πυκνότητας ανάλογα με την εφαρμογή του, με επίπεδη ή ανάγλυφη επιφάνεια, για την επίτευξη καλύτερης πρόσφυσης του κονιάματος του επιχρίσματος.

Ακόμη, παράγονται πλάκες με επικάλυψη τσιμεντοκονίας ή ψηφίδας στη μία τους πλευρά, για χρήση σε αντεστραμμένα δώματα. Με την μέθοδο της εξέλασης που κατά τη διάρκεια της γίνεται πολυμερισμός της θερμοπλαστικής πολυστερίνης.

Η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη, συγγενές θερμομονωτικό υλικό της διογκωμένης πολυστερίνης, έχει όμοια σύσταση με αυτήν, αλλά διαφορετική μέθοδο επεξεργασίας. Για την παραγωγή αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη η πολυστερίνη. Το CO₂ ως προωθητικό αέριο σε ποσοστό από 3 ως 7%, με χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ, το οποίο

προσφέρει και επιβραδυντική επίδραση στη φωτιά. Το αέριο αυτό είναι ο χλωροφθοράνθρακας HCFC 142b, με στοιχεία αύξησης της πυραντοχής σε ποσοστό από 1 ως 6% και ως βοηθητικές ύλες το ταλκ και διάφορες χρωστικές ουσίες, οι οποίες δίνουν το χαρακτηριστικό χρώμα στο τελικό προϊόν για κάθε εταιρία.



Εικόνα 10. Πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης.

2.2.4 Διογκωμένη πολυστερίνη EPS



Εικόνα 11. Σφαιρίδια διογκωμένης πολυστερίνης διαμέτρου περίπου 2 χιλιοστών.

Η Διογκωμένη πολυστερίνη (EPS - Expanded polystyrene) ή εν συντομία EPS, γνωστή στην Ελλάδα και σαν φενιζόλ, είναι ένα ελαφρύ, άκαμπτο, πλαστικό και αφρώδες, υλικό που παράγεται από συμπαγείς σταγόνες πολυστυρολίου.

Η **BASFAG** ανακάλυψε την διογκωμένη πολυστερίνη EPS το 1955, την οποία ονόμασε **Neopor** και πρωτοεμφανίστηκε στην Ελλάδα στις αρχές τις προηγούμενης δεκαετίας. Το λευκό αφρώδες πλαστικό από τότε πρωτοστατεί στις αγορές της μόνωσης, δόμησης, της συσκευασίας και της διακόσμησης.

Το επόμενο μεγάλο βήμα στην εξέλιξη των υλικών το έκανε πάλι η BASFAG το 1995, που ανακάλυψε την διογκωμένη πολυστερίνη με προσθήκη γραφίτη, η οποία παρουσιάζει 20% βελτιωμένη θερμομόνωση σε σχέση με το λευκό και τα περισσότερα θερμομονωτικά υλικά, χωρίς να χάνει τις υπόλοιπες ιδιότητές του.

Η προσθήκη γραφίτη έκανε την διογκωμένη πολυστερίνη γκρι και χάραξε το δρόμο για την παρουσία και άλλων γκρι θερμομονωτικών υλικών, με προσθήκη μαύρου άνθρακα και άλλων μορφών του ίδιου μετάλλου. Ο γραφίτης αντανακλά την ακτινοβολία περιορίζοντας ακόμη περισσότερο τη μετάδοση θερμότητας μέσω αυτής.

Το EPS παράγεται από τη διάλυση πεντανίου σε ένα υλικό που έχει ως βάση την πολυστερίνη, το οποίο όταν θερμανθεί με ατμό, παράγει τέλεια κλειστές σφαιρικές κυψέλες 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 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 κατασκευασμένες, έτσι ώστε, να παράγουν διάφορα προϊόντα, όπως μονωτικές σανίδες, πρίσματα, κορνίζες ή διάφορες άλλες μορφές για τις κατασκευές και τις βιομηχανικές συσκευασίες.

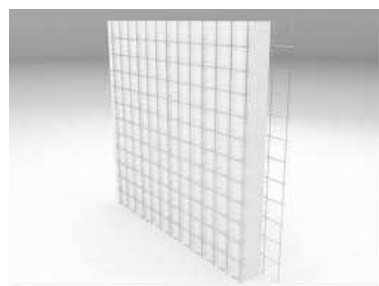
Ο αφρός πολυστερίνης παράγεται από διόγκωση πολυμερισμένου στυρολίου και αποτελείται σύμφωνα με το DIN 18164 από 1,5 έως 2% πολυστερίνη και 98 με 98,5% αέρα, ανάλογα με την πυκνότητα. Ο αέρας βρίσκεται εγκλωβισμένος μέσα σε μεγάλο αριθμό κυψελίδων.

Στην Ελλάδα ένας από τους εξουσιοδοτημένους συνεργάτες της BASFAG είναι η εταιρεία **Γ. Κ. ΡΙΖΑΚΟΣ ΑΒΕΤΕ**. Η εταιρεία ΡΙΖΑΚΟΣ εξελέχθηκε στον μεγαλύτερο παραγωγό γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης από την α' ύλη του Neopor της BASFAG. Λόγω αυτής της επιλογής να στηριχθεί στην ποιότητα του τελικού προϊόντος με την πιστοποίηση της Ελληνική και Ευρωπαϊκής νομοθεσίας, σε Γερμανικό φορέα με τις υψηλότερες διαθέσιμες προδιαγραφές και την τεχνική υποστήριξη του τεχνικού κόσμου για τη χρήση και τις εφαρμογές του.

Η παραγωγή της γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης από Neopor, έχει υψηλότερες απαιτήσεις από αυτές της λευκής και δεν είναι εύκολη η διασφάλιση της ποιότητας του τελικού προϊόντος. Η εμπειρία της Γ. Κ. ΡΙΖΑΚΟΣ ΑΒΕΤΕ σε συνδυασμό με τις προσπάθειες εξέλιξης και βελτίωσης του τελικού προϊόντος, οδήγησαν στους σημερινούς παραγόμενους τύπους του Neopor. Έχει προσαρμοστεί στις απαιτήσεις κάθε εφαρμογής είτε πρόκειται για θερμομόνωση στον πυρήνα της διπλής τοιχοποιίας, είτε στα στοιχεία από

σκυρόδεμα όπως κολώνες, δοκάρια και πλάκες, καθώς και σε δώματα, στέγες και εξωτερική θερμομόνωση.

Σήμερα στην αγορά κυκλοφορούν και άλλα γκρι θερμομονωτικά υλικά παραγόμενα από α' ύλη Neopor της BASF, αλλά και από άλλες α' ύλες στη μορφή διογκωμένης και εξηλασμένης πολυστερίνης



Εικόνα 12. Διογκωμένη πολυστερίνη Neopor.

Εικόνα 13. Πάνελ από οικολογική διογκωμένη πολυστερίνη και γαλβάνιζε πλέγμα μέσα.

2.2.5 Αφρός πολυουρεθάνης PU



Εικόνα 14. Ο ψεκαζόμενος αφρός πολυουρεθάνης χρησιμοποιείται για μόνωση (θερμομόνωση).

Η πολυουρεθάνη είναι η ένωση δύο στοιχείων, της πολυόλης και του ισοκυανικού που ανήκει στην ευρύτερη οικογένεια των πλαστικών.

Είναι σκληροποιημένος αφρός, του οποίου οι πόροι σε ποσοστό τουλάχιστον 90%, είναι κλειστοί και παρασκευάζονται με τη βοήθεια καταλυτών και προωθητικών μέσων. Από τη χημική αντίδραση των πολυϊσοκυανικών ενώσεων με συνδετικό μέσω πολυολένιο ή με διάσπαση των πολυϊσοκυανικών ενώσεων. Παλιότερα, ως προωθητικό μέσω, χρησιμοποιούταν το FCKW (R11), αλλά τώρα έχει αντικατασταθεί με υδρογονάνθρακες όπως το πεντάνιο, CO₂ ή HFCKW.

πριν

μετά



Εικόνα 15. Ο αφρός πολυουρεθάνης έχει έναν ιδιαίτερο τρόπο να δίνει ζωή και λάμψη σε πεθαμένα αυτοκίνητα. Χρησιμοποιώντας αφρό πολυουρεθάνης και με πολύ μεράκι μπορεί κανείς να μετατρέψει το αυτοκίνητο που βλέπετε στο παραπάνω κομψοτέχνημα.

Θερμομονωτική λειτουργία των πολυμερών θερμομονωτικών υλικών.

3.1 Ιδιότητες πολυμερών θερμομονωτικών υλικών

Οι ιδιότητες των πολυμερών θερμομονωτικών μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

- τις φυσικές ιδιότητες, που περιγράφουν τη συμπεριφορά του υλικού υπό ορισμένες συνθήκες και
- τις περιβαλλοντικές ιδιότητες, που περιγράφουν τον οικολογικό χαρακτήρα του υλικού.

3.1.1 Φυσικές ιδιότητες

- Πυκνότητα:
Ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής και την απαίτηση της τελικής χρήσης του υλικού, κάθε υλικό παράγεται για ένα εύρος πυκνοτήτων. Η πυκνότητα του υλικού επηρεάζει την τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ .
- Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ :
Είναι ο συντελεστής που περιγράφει το ποσό της θερμότητας που περνά ανά μονάδα επιφάνειας του υλικού και για διαφορά θερμοκρασίας μιας μονάδας μεταξύ των δύο όψεών του. Όσο χαμηλότερος ο συντελεστής λ , τόσο μικρότερη η θερμοροή του υλικού και, επομένως, τόσο καλύτερη η θερμομονωτική του ικανότητα.
- Εύρος χρήσης:
Όπως όλα τα υλικά, έτσι και τα θερμομονωτικά έχουν ένα όριο θερμικής αντοχής. Ως εύρος χρήσης ορίζεται το θερμοκρασιακό διάστημα, μέσα στο οποίο η χημική σύσταση, η θερμομονωτική ικανότητα και η μηχανική αντοχή του υλικού είναι σε επιθυμητά επίπεδα, τέτοια ώστε να είναι ομαλή η απόδοση του υλικού.

- Αντοχή στην επίδραση της υγρασίας:

Η αντοχή στην επίδραση της υγρασίας εκφράζεται με δύο μεγέθη, τον συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών και την ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης.

a) Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών: Ο συντελεστής αυτός, δηλώνει, πόσο μεγαλύτερη αντίσταση στη διάχυση υδρατμών παρουσιάζει το υλικό από ένα στρώμα αέρα ίδιου πάχους και στις ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος. Η φυσική σημασία του συντελεστή, ο οποίος πρακτικά θεωρείται ανεξάρτητος από τη θερμοκρασία και την πίεση, είναι η ευκολία με την οποία διαπερνούν οι διαχεόμενοι υδρατμοί το θερμομονωτικό υλικό. Όσο μεγαλύτερη η τιμή του, τόσο δυσκολότερα οι υδρατμοί διέρχονται μέσα στη μάζα του.

b) Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης: Τα θερμομονωτικά υλικά απορροφούν νερό σε υγρή κατάσταση ή σε μορφή υδρατμών. Η ποσότητα της απορροφούμενης υγρασίας, που εξαρτάται από το πορώδες του υλικού, την υδρατμοστεγανότητα και την κατανομή των τριχοειδών αγγείων στη μάζα του, προκαλεί αισθητή αλλαγή στις ιδιότητες του υλικού και κυρίως του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ. Για την περιγραφή των παραπάνω ορίζεται η τιμή της ποσότητας υγρασίας εξομοίωσης, η οποία εκφράζει το ποσό της υγρασίας που απορροφήθηκε στο υλικό υπό ορισμένες θερμοκρασιακές συνθήκες περιβάλλοντος και σχετικής υγρασίας.

- Αντίσταση στη φωτιά - πυραντοχή:

Η συμπεριφορά των υλικών σε περίπτωση πυρκαγιάς, προσδιορίζεται κατά το DIN 4102, σύμφωνα με το οποίο τα υλικά κατατάσσονται σε κλάσεις πυραντοχής, ανάλογα με το χρονικό διάστημα, μέσα στο οποίο το υλικό διατηρεί τις βασικές του ιδιότητες κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς. Οι κλάσεις της πυραντοχής από την καλύτερη (μεγάλη διάρκεια αντοχής κατά την πυρκαγιά) είναι: A1/A2/A3/B1/B2/B3/C1/C2/C3. Πιο αναλυτικά:

- τα μη εύφλεκτα δομικά υλικά τυποποιούνται ως A1 ή A2,
- τα υλικά που αντιστέκονται στη φωτιά ως B1,
- κανονικά υλικά ως B2,
- εύφλεκτα υλικά ως B3.

Τα υλικά της κατηγορίας A1 δεν επιτρέπεται να παρουσιάσουν καμιά ανάφλεξη, ενώ τα υλικά της κατηγορίας A2 μπορούν να αναφλεγούν για χρόνο μέχρι 20s. Τα μη αναφλέξιμα υλικά της κατηγορίας A1, καθώς και τα υλικά της κατηγορίας B1 που αντιστέκονται στη φωτιά, χρειάζονται ένα πιστοποιητικό αποτελεσματικότητας, σύμφωνα με το νέο γερμανικό νόμο ή άδεια από το DIBt. Για τα μη αναφλέξιμα υλικά και τους επιβραδυντές της φωτιάς της κλάσης A, απαιτείται τα αέρια της καύσης να μην είναι τοξικά. Η συμπεριφορά των δομικών υλικών σε περίπτωση πυρκαγιάς, προσδιορίζεται με βαθμούς «ανάφλεξης» από F30 έως F90, όπου ο αριθμός δείχνει τον ελάχιστο χρόνο σε λεπτά, που το δομικό υλικό αντέχει στη φωτιά ή αποτρέπει την εξάπλωση της φωτιάς. Η μη αναφλεξιμότητα χαρακτηρίζεται από το γράμμα A ή B π.χ F30-B. Σε περίπτωση που σημαντικά συστατικά του δομικού υλικού δεν καίγονται, το δομικό υλικό χαρακτηρίζεται με τα γράμματα AB.

- Αντοχή σε εφελκυσμό και όριο θραύσης:

Πρόκειται για τα όρια αντοχής του υλικού σε τάσεις και εκφράζεται με τα μεγέθη αντοχής σε εφελκυσμό, του ορίου θραύσης και της θλιπτικής τάσης σε βράχυνση. Η αντοχή σε εφελκυσμό είναι η τάση, μετά την οποία το υλικό παραμορφώνεται πλαστικά. Το όριο θραύσης είναι η τιμή της τάσης, μετά την οποία το υλικό χάνει την συνοχή του, δηλαδή κόβεται. Όπως είναι αναμενόμενο, τα οργανικά αφρώδη υλικά, έχουν πολύ μεγαλύτερη αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις από τα ανόργανα ινώδη. Η θλίψη είναι το φαινόμενο εκείνο κατά το οποίο το δοκίμιο τείνει αρχικά να βραχυνθεί (μειώσει το μήκος του) και μετά πιθανώς να συνθλίβει (υποστεί θραύση) υπό την επενέργεια δύο ίσων και αντίθετων δυνάμεων που επενεργούν στα αντίθετα άκρα του ή υπό την επενέργεια μιας δύναμης που επενεργεί στο ένα άκρο όταν το άλλο είναι πακτωμένο με κάποιο σώμα.

- Βαθμός απορρόφησης ήχου:

Οι ηχομονωτικές ιδιότητες, που ενώ αποτελούν διαφορετική παράμετρο της δομικής φύσης, σε ότι αφορά τα υλικά οφείλουν να συνεξετάζονται με τις θερμομονωτικές ιδιότητες. Με την έννοια ηχομόνωση, εννοούμε, την προσπάθεια προστασίας των χρηστών ενός χώρου από τους θορύβους, δηλαδή από την επίδραση κάθε ενοχλητικού ή δυσάρεστου ήχου. Οι θόρυβοι μπορεί να προέρχονται είτε από το εξωτερικό περιβάλλον π.χ. κυκλοφορία οχημάτων,

λειτουργία μηχανημάτων, είτε από το εσωτερικό περιβάλλον των κτιρίων. Οι απαιτήσεις για ηχοπροστασία βασίζονται σε προδιαγραμμένες τιμές ανεκτής στάθμης θορύβων, οι οποίες υπολογίζονται σε μονάδες Decibel. Κάθε μια μονάδα Decibel αντιστοιχεί σε αύξηση της έντασης του θορύβου κατά 26%. Ο βαθμός απορρόφησης ήχου περιγράφει την ηχοαπορροφητικότητα του υλικού για διάφορες συχνότητες ήχου. Όσο μεγαλύτερος ο συντελεστής, τόσο καλύτερη η ηχοαπορροφητικότητα του υλικού.

- Ευκολία κατεργασίας και τοποθέτησης:

Πρόκειται για μία πολύ σημαντική ιδιότητα, αφού αφορά άμεσα τους πραγματικούς χρήστες των υλικών και τους τεχνίτες στο εργοτάξιο. Είναι εύλογο, ότι ένα υλικό που είναι ελαφρύ, μεταφέρεται εύκολα στο εργοτάξιο ενός κτιριακού έργου. Ένα υλικό που είναι μαλακό και όχι εύθρυπτο κόβεται εύκολα και προσαρμόζεται στις κατασκευαστικές διαμορφώσεις ενός ξυλότυπου ή μίας τοιχοποιίας. Ένα υλικό που ψεκάζεται με μορφή αφρού, μπορεί να καλύψει μία γεωμετρικά περίπλοκη επιφάνεια, όπως έναν θόλο, μεταλλικές κατασκευές, κ.λπ. Η αξιολόγηση και ταξινόμηση των υλικών γίνεται ως προς την κατεργασία και την τοποθέτηση τους ποιοτικά, με βάση τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τους, και ανάλογα με τις ικανότητες του συγκεκριμένου εργατικού δυναμικού.

- Η διάρκεια ζωής σε σχέση με τη φθορά στο χρόνο:

Η αντοχή στο χρόνο αποτελεί ακόμη μια παράμετρο των θερμομονωτικών υλικών, παράμετρο που εκφράζεται σε έτη διάρκειας ζωής, όπως προκύπτει από εργαστηριακές δοκιμές γήρανσης των υλικών και από πολυετείς παρατηρήσεις σε πραγματικές συνθήκες.

3.1.2 Περιβαλλοντικές ιδιότητες

Τα θερμομονωτικά υλικά πέρα από τη σημαντική συνεισφορά τους στην προστασία του περιβάλλοντος που επιτυγχάνεται από τη μείωση των απωλειών θερμότητας με συνέπεια τη μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση, η οποία οδηγεί στην ελάττωση της ποσότητας των εκπεμπόμενων αέριων ρύπων, δεν παύουν να επιβαρύνουν το περιβάλλον από την παραγωγή έως την τελική απόθεσή τους, όπως άλλωστε και κάθε υλικό γενικότερα. Η περιβαλλοντική επιβάρυνση είναι είτε άμεση είτε έμμεση. Η

έμμεση περιβαλλοντική επιβάρυνση οφείλεται στην ενσωματωμένη ενέργεια στα θερμομονωτικά υλικά που αποτελείται από το άθροισμα της "εσωτερικής" ενέργειας των υλικών και της ενέργειας που καταναλώθηκε για την παραγωγή τους. Η ενσωματωμένη ενέργεια των θερμομονωτικών υλικών συνδέεται και μετατρέπεται σε ισοδύναμη εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου και της όξινης βροχής (διοξειδίου του άνθρακα και διοξειδίου του θείου αντίστοιχα).

1. Περιεχόμενη πρωτογενής ενέργεια:

Η περιεχόμενη πρωτογενής ενέργεια εκφράζει το ποσό ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή μιας μονάδας όγκου θερμομονωτικού υλικού, συνήθως σε μονάδες KWh/m³ ή KWh/kg. Τα τελευταία χρόνια διαπιστώνεται μία τάση για χρήση υλικών φιλικών προς το περιβάλλον, τάση που δεν περιορίζεται ασφαλώς μόνο στα θερμομονωτικά υλικά αλλά γενικότερα στο σύνολο του πεδίου των κατασκευών. Επομένως, προτιμώνται υλικά με χαμηλή περιεχόμενη ενέργεια.

2. Η αντοχή σε προσβολές από μικροοργανισμούς και έντομα:

Τα θερμομονωτικά υλικά κινδυνεύουν από έντομα, σκώρο, τρωκτικά και μύκητες. Για το λόγο αυτό, προστίθενται σ' αυτά διάφορες πρόσθετες χημικές ουσίες, που στόχο έχουν την προστασία των θερμομονωτικών υλικών από τους βιολογικούς παράγοντες. Επειδή οι ουσίες αυτές επιβαρύνουν το περιβάλλον συνιστάται να αποφεύγεται η χρήση τους και να αναζητούνται άλλοι τρόποι αντιμετώπισης επιθέσεων από μικροοργανισμούς. Η αντοχή σε προσβολές από μικροοργανισμούς και έντομα εκφράζεται ποιοτικά, με το αν ένα υλικό είναι ευπρόσβλητο ή όχι, μετά από εργαστηριακές δοκιμές γήρανσης του υλικού και από πολυετείς παρατηρήσεις σε πραγματικές συνθήκες.

Στον πίνακα 1 δίνονται συγκεντρωτικά οι σημαντικότερες ιδιότητες των περισσότερο συνηθισμένων θερμομονωτικών υλικών.

Πίνακας 1. Βασικές φυσικές και περιβαλλοντικές ιδιότητες των κυριότερων θερμομονωτικών υλικών							
ΥΛΙΚΟ		ΥΛΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΗΝΗ	ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΗΝΗ	ΑΦΡΟΣ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ	
ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	Πυκνότητα [kg/m ³]	min	13	30	20	8	30
		max	100	180	80	50	80
	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ [W/mK]	min	0,03	0,033	0,025	0,029	0,02
		max	0,045	0,045	0,035	0,041	0,027
	Εύρος χρήσης (°C)	min	-100	-100	-60	-80	-50
		max	500	750	75	80	120
	Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	min	<1	<1	80	25	50
		max	1	1	200	200	>100
	Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C/80%RH	min	<0,1	<0,1	<1*	5*	5*
		max	1	1,5			
	Κατηγορία πυραντοχής		A1	A1	B1	B1	B1
			A2	A2	B2	B2	B2
			B1	B2			
	Αντοχή στον εφελκυσμό [N/mm ²]	min	0,005*				
max				0,3	0,15		
Όριο θραύσης [N/mm ²]	min	0,005		0,35	0,52		
	max	0,015	0,0075		0,22		
Βαθμός απορρόφησης στα 125 Hz	min	0,1	0,05				
	max	0,79	0,19				
Βαθμός απορρόφησης στα 1000 Hz	min	0,71	0,92				
	max	0,97	0,99				
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	Πρόσθετα για προστασία από βιολογικούς παράγοντες		ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
	Περιεχόμενη πρωτογενής ενέργεια [kWh/m ³]	min	90	110	85	151	15,8
max		430	660	114	269	36,1	

*Μέση τιμή

3.2 Υαλοβάμβακας



Εικόνα 16. Πάπλωμα υαλοβάμβακα.

Ο υαλοβάμβακας είναι το μόνο θερμομονωτικό υλικό που εξασφαλίζει συγχρόνως τη μέγιστη δυνατή θερμομόνωση, ηχομόνωση και αντιπυρική προστασία. Αποτελεί μία καλή θερμομονωτική λύση υπό την προϋπόθεση ότι προστατεύεται από τη διείσδυση της υγρασίας.

Όσο μικρότερο είναι το πάχος των ινών και όσο μεγαλύτερο το μήκος τους τόσο υψηλότερη θερμική προστασία προσφέρει αλλά και μεγαλύτερο κόστος αποκτά.

Η προσβολή από την υγρασία έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ . Για αυτό το λόγο, όταν χρησιμοποιείται ως μονωτικό υλικό στα κτίρια, κρίνεται απαραίτητη η προστασία του με φράγμα υδρατμών στη θερμή όψη. Προβάλλει μικρή αντίσταση στη διάχυση των υδρατμών επιτρέποντας έτσι στο κτίριο "ν" αναπνέει".

Λόγω του υδροφοβισμού των γυάλινων ινών κατά τη φάση της παραγωγής του (επιφανειακή κάλυψη με κατάλληλες ουσίες), η απορρόφηση νερού στη μάζα του είναι πρακτικά μηδενική, επομένως ο υαλοβάμβακας σε ελεύθερη κατάσταση, δεν απορροφά υγρασία, είναι υγροαπωθητικό (water repelled).

Επειδή όμως, συχνά βρίσκεται κλεισμένος σε άλλα δομικά υλικά, η υγρασία που εγκλωβίζεται στα τελευταία τον προσβάλλει και εξαπλώνεται σε όλη την έκτασή του.

Όσον αφορά στις ιδιότητες πυραντοχής του υαλοβάμβακα, προσοχή απαιτείται στα υλικά που προστίθενται για την βελτίωση της συνοχής (υδρίδιο του πυριτίου), στα συνδετικά υλικά (ρητίνες φαινοφορμαλδεΰδης), καθώς και στα υδατοαπωθητικά έλαια (σιλικόνες ή ορυκτέλαια), διότι αυτά τα υλικά μπορούν να υποβαθμίσουν την

αντοχή του υαλοβάμβακα σε περίπτωση πυρκαγιάς.

Γενικότερα, πάντως, ο υαλοβάμβακας παρουσιάζει καλή συμπεριφορά στην πυρκαγιά καθώς ανήκει στις A1, A2 και B1 κατηγορίες πυραντοχής.

Ο υαλοβάμβακας διαθέτει επίσης ανθεκτικότητα στη θερμοκρασία για ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών από $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως $500\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Η αντοχή του στον εφελκυσμό ($0,005\text{ N/mm}^2$) και το όριο θραύσης του ($0,005\text{-}0,015\text{ N/mm}^2$) κρίνονται ικανοποιητικές.

Ωστόσο, εμφανίζει μικρή αντοχή σε συμπίεση και ως εκ τούτου δεν προσφέρεται η χρήση του για δάπεδα και δώματα με ισχυρές φορτίσεις.

Η απόδοσή του ως ηχομονωτικό υλικό θεωρείται ιδιαίτερα καλή σε σύγκριση με άλλα υλικά ως προς αυτήν την ιδιότητα.

Ακόμα ο υαλοβάμβακας προσφέρει διάρκεια ζωής μεγαλύτερη απ' αυτήν του κτιρίου.

Έχει ελαστικότητα, δηλαδή προσαρμόζεται σ' όλες τις διαστάσεις και προσφύεται σε ιδιαίτερα τραχείες επιφάνειες και τοποθετείται εύκολα χωρίς ν' απαιτούνται ιδιαίτερες διαδικασίες.



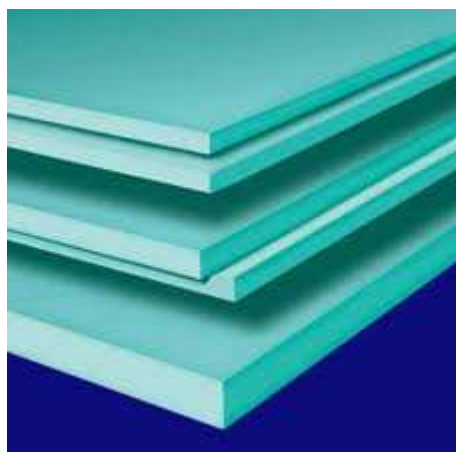
Εικόνα 17. Πάπλωμα υαλοβάμβακα με επικάλυψη.

Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του υαλοβάμβακα

Πίνακας 2. Τεχνικά χαρακτηριστικά υαλοβάμβακα [FMI F, 1994].				
Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	1	3/4/5/8/10/12/14/15	18
Πυκνότητα	kg/m ³	13	18/23/60/65/80	100
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²		0,005	
Όριο θραύσης	N/mm ²	0,005		0,015
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²		0,1	
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ στους 10°C *	W/(mK)	0,03	0,0338	0,045
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-100	-	500
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	<1		1
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία		<0,1	0,2/0,5...1	1
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B1	A2	A1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-	0,1		0,79
Βαθμός απορρόφησης στα 250Hz	-	0,26		0,79
Βαθμός απορρόφησης στα 1000Hz	-	0,71		0,97
Βαθμός απορρόφησης στα 4000Hz	-	0,96		0,95
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²	5	8/12/2018	>35
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³	>25	17/13/10	<5
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	30		
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		όχι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	90	110	430

* Σύμφωνα με τον κανονισμό θερμομόνωσης ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας στους 1000C ορίζεται 0,041W/(mK)

3.3 Πετροβάμβακας



Εικόνα 18. Πλάκες πετροβάμβακα.

Ο πετροβάμβακας έχει υψηλή θερμομονωτική ικανότητα, η οποία επηρεάζεται σημαντικά, στην περίπτωση προσβολής του από υγρασία, έτσι ώστε να κρίνεται αναγκαία η λήψη μέτρων προστασίας, κατά αυτής είτε με την προσθήκη οργανικών ενώσεων του πυριτίου (σιλάνια) είτε με την τοποθέτηση επικάλυψης φύλλων αλουμινίου ή γύψου. Η θερμομονωτική ικανότητα του πετροβάμβακα επηρεάζεται αρνητικά επίσης και από την αυξημένη παρουσία συμπαγών σφαιριδίων τήξης, χρώματος καφέ ή μαύρου, που δημιουργούνται παράλληλα με τις επιθυμητές ίνες στη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας.

Όμως, ο πετροβάμβακας έχει συντελεστή αντίστασης στην ατμοδιαπερατότητα (μ) που προσεγγίζει αυτόν του αέρα ($\mu = 1$), επιτρέποντας έτσι στις κατασκευές να αναπνέουν και ακόμη έχει την δυνατότητα ελαχίστης απορρόφησης νερού.

Ο πετροβάμβακας έχει υψηλή πυκνότητα (30 kg/m^3) και ιδιαίτερα καλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (λ) που κυμαίνεται από $0,033$ ως $0,045 \text{ W/(mK)}$.

Ο πετροβάμβακας διαθέτει πολύ καλή συμπεριφορά στην πυρκαγιά, καθώς ανήκει στις A1, A2 και B1 κατηγορίες πυραντοχής.

Διαθέτει ιδιαίτερα υψηλή αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, κάτι που οφείλεται στο γεγονός ότι οι πρώτες ύλες και τα πρόσθετα στον πετροβάμβακα από την παραγωγή

λιώνουν σε μεγάλες θερμοκρασίες. Η ανώτερη θερμοκρασία εφαρμογής ($750\text{ }^{\circ}\text{C}$) καθορίζει μέχρι ποια θερμοκρασία διατηρεί το μονωτικό υλικό τις ιδιότητές του.

Ο πετροβάμβακας εμφανίζει μικρή αντοχή στον εφελκυσμό ($0,005\text{ N/mm}^2$) και χαμηλό όριο θραύσης (από $0,00012$ έως $0,0075\text{ N/mm}^3$).

Όσον αφορά τις ακουστικές ιδιότητές του παρουσιάζει χαμηλό βαθμό απορρόφησης του ήχου σε σχέση με τον υαλοβάμβακα στις χαμηλές συχνότητες, αλλά στις υψηλές συχνότητες εμφανίζει πολύ καλές.

Ακόμα ο πετροβάμβακας έχει αρίστη και πλήρης πρόσφυση πάνω στις επιφάνειες και πολύ χαμηλό συντελεστή δυναμικής ακαμψίας (S).



Εικόνα 19. Ο χύμα πετροβάμβακας εφαρμόζεται σε Boiler, σε Container.

Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του πετροβάμβακα

Πίνακας 3. Τεχνικά χαρακτηριστικά πετροβάμβακα [FMI F, 1994] και [Rockwool F,1994].				
Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	2	3-6/8/10/11/16	18
Πυκνότητα	kg/m ³	30	30-40/55/90/100/130	180
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²	0,00012	0,0003/0,002	0,0075
Όριο θραύσης	N/mm ²	0,005	0,02	0,05
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²			
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ στους 10°C	W/(mK)	0,033	0,0375	0,045
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-100	-	750
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	<1		1
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία		<0,1	0,2	1,5
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2	A2	A1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-	0,05	0,14	0,19
Βαθμός απορρόφησης στα 250Hz	-	0,34	0,37/0,55	0,88
Βαθμός απορρόφησης στα 1000Hz	-	0,92	0,93/0,96	0,99
Βαθμός απορρόφησης στα 4000Hz	-	0,92	0,93	1,06
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²	5	11/12/15/30	70
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³			
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	30		
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		όχι	

Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	110	250/450/540/600	660

3.4 Εξηλασμένη πολυστερίνη XPS



Εικόνα 20. Εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες.

Η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη διαθέτει καλές θερμομονωτικές ιδιότητες με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας που κυμαίνεται από 0,025 έως 0,035 W/(mK). Η τιμή του συντελεστή αυτού, οφείλεται κατά κύριο λόγο στην θερμική αγωγιμότητα λ, του μίγματος αέρα και αερίων που χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγή της και κατέχουν περίπου το 95% του όγκου του υλικού.

Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι οι παραπάνω τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ, αποτελούν τις τιμές κατά τη χρήση της εξηλασμένης πολυστερίνης. Στην πραγματικότητα κατά την παραγωγή της ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ, είναι μικρότερος καθώς με την πάροδο του χρόνου, ένα ποσοστό των αερίων αυτών διαφεύγει στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα την μείωση του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ, της εξηλασμένης πολυστερίνης μέχρι και 28 %. Σταδιακά όμως αυτό αυξάνεται, γεγονός το οποίο οφείλεται στη διαδικασία εξισορρόπησης του R12 του αέριου μίγματος με τον εξωτερικό αέρα. Έχει υπολογιστεί μάλιστα, πως το αέριο σε R12 υποδιπλασιάζεται κάθε 50 έτη, περίπου δηλαδή όσο και η διάρκεια ζωής ενός κτιρίου. (Όλα τα τεστ που έχουν γίνει μέχρι σήμερα για τη διατήρηση της θερμικής αγωγιμότητας της εξηλασμένης πολυστερίνης είναι για μόνο 180 μέρες σε αντίθεση με την διογκωμένη πολυστερίνη που είναι για 100 χρόνια).

Παρουσιάζει ακόμα αντοχή στην υγρασία και σχεδόν μηδενική υδατοαπορρόφηση.

Παρά τη χρήση επιβραδυντών καύσης με τον εμπλουτισμό της εξηλασμένης πολυστερίνης με στοιχεία αύξησης της πυραντοχής σε ποσοστό από 1 έως 6% κατά τη διαδικασία παραγωγής της, παραμένει εύφλεκτο υλικό και κατατάσσεται στις B1 και B2 κατηγορίες πυραντοχής.

Το θερμοκρασιακό εύρος χρήσης της είναι σχετικά περιορισμένο, καθώς το κατώτερο όριο είναι -60°C και το ανώτερο όριο ανέρχεται σε 75°C .

Ο τρόπος παραγωγής της εξηλασμένης πολυστερίνης, δηλαδή η κατεργασία της εξέλασης, αποτελεί τον κύριο υπεύθυνο για τη μεγάλη αντοχή που παρουσιάζει στον εφελκυσμό (0,30 ως $0,35 \text{ N/mm}^2$) στη συμπίεση, στην αυξημένη αντίσταση στη διάχυση υδρατμών (80 ως 200) και στην απορρόφηση νερού. Η μέγιστη απορροφητικότητα φθάνει το 0,1 με 0,2% του όγκου του υλικού.

Τέλος, δεν χρησιμοποιείται ως ηχομονωτικό υλικό, καθώς δεν διαθέτει ικανοποιητικές ιδιότητες ηχοαπορρόφησης.



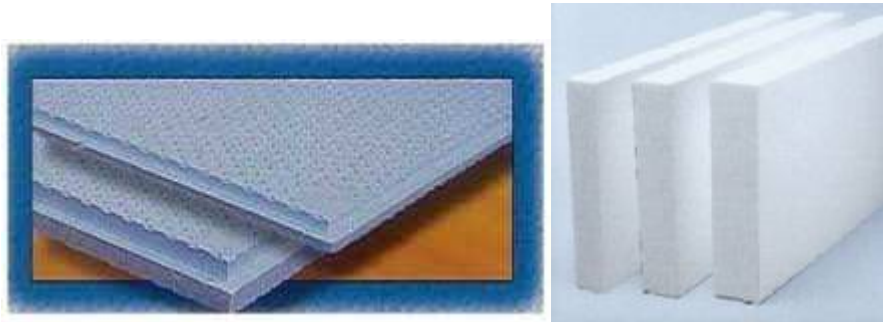
Εικόνα 21. Διάφορες μορφές της εξηλασμένης πολυστερίνης.

Στον πίνακα 4 παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εξηλασμένης πολυστερίνης

Πίνακας 4. Τεχνικά χαρακτηριστικά εξηλασμένης πολυστερίνης [Ceuterick, 1993], Heraklith F, 1994], [BASF F, 1994] και [G+H, 1994].				
Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	2	2,5/3/4/5	12
Πυκνότητα	kg/m ³	20	30/35/40/60	80
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²	0,3	0,33/0,34	0,35
Όριο θραύσης	N/mm ²			
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²	0,15	0,20/0,25/0,30/0,5	0,7
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ στους 10°C	W/(mK)	0,025	0,032/0,033	0,035
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-60		75
Ιδιότητες υγραπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	80	100/160/200	200
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία			<1	
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2		B1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-			
Βαθμός απορρόφησης στα 250Hz	-			
Βαθμός απορρόφησης στα 1000Hz	-			
Βαθμός απορρόφησης στα 4000Hz	-			
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²			
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³			
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	50		
Υλικά προστασίας από	-		όχι	

βιολογικούς παράγοντες				
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	23	28	32

3.5 Διογκωμένη πολυστερίνη EPS



Εικόνα 22. Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης.

Η διογκωμένη πολυστερίνη διαθέτει ικανοποιητική θερμομονωτική ικανότητα (0,029-0,041 W/mK). Ωστόσο απαιτείται προσοχή κατά την παραγωγή της, διότι αν σχηματιστούν κενά που δε διαμορφώνουν κλειστούς πόρους, είναι δυνατόν να εισχωρήσει νερό και να αυξηθεί σημαντικά ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ. Γενικότερα πάντως, η διογκωμένη πολυστερίνη παρουσιάζει καλή αντοχή στη διάχυση υδρατμών και στην απορρόφηση υγρασίας.

Η διογκωμένη πολυστερίνη ανήκει στα εύφλεκτα υλικά και παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιούνται βρωμιούχοι αλειφατικοί κυκλικοί υδρογονάνθρακες (κυρίως Hexabromocyclododecan), σε ποσοστό 5 ως 7%, ως μέσο αύξησης της πυραντοχής κατατάσσεται στις κατηγορίες πυραντοχής B1 και B2

Το θερμοκρασιακό εύρος χρήσης είναι μικρότερο από αυτό του υαλοβάμβακα και του πετροβάμβακα, καθώς κυμαίνεται από -70⁰C ως 90⁰C.

Διαθέτει καλές ιδιότητες όσο αφορά την αντοχή, τον εφελκυσμό και τη συμπίεση.

Δεν παρουσιάζει ηχοαπορροφητικές ιδιότητες και επομένως δεν χρησιμοποιείται για ηχομόνωση.

Ιδιαίτερο πλεονέκτημα της διογκωμένης πολυστερίνης αποτελεί η ευκολία τοποθέτησής της.

Η διογκωμένη πολυστερίνη χρησιμοποιείται από το 1954 και όλες οι μελέτες που έχουν γίνει μέχρι σήμερα για διάρκεια ζωής του υλικού στα 100 χρόνια έχουν

αποδειξει πως η διογκωμένη πολυστερίνη δεν χάνει τις ιδιότητες της στο χρόνο καθώς αποτελείται από πολλούς κόκκους που αποτελούνται από 98% αέρα και 2% σταρένιο. Ο αέρας είναι παγιδευμένος μέσα στους κόκκους με αποτέλεσμα την διάρκεια των ιδιοτήτων της διογκωμένης πολυστερίνης στο χρόνο.



Εικόνα 23. Ειδικοί κόκκοι διογκωμένης πολυστερίνης (EPS).

Στον πίνακα 5 παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά της διογκωμένης πολυστερίνης

Πίνακας 5. Τεχνικά χαρακτηριστικά διογκωμένης πολυστερίνης.				
Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	1,4	1,6/2/2,5/3/3,5	4
Πυκνότητα *	kg/m ³	8	13/15/20/30	50
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²	0,15		0,52
Όριο θραύσης	N/mm ²	0,09		0,22
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²	0,07		0,26
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ στους 10°C*	W/(mK)	0,029		0,041
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-70		90
Ιδιότητες υγροπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	25	30/40/50/60/70	200
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία			5	
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2		B1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-			
Βαθμός απορρόφησης στα 250Hz	-			
Βαθμός απορρόφησης στα 1000Hz	-			
Βαθμός απορρόφησης στα 4000Hz	-			
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²			
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³	60		100
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	50		
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		όχι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	151	190	269

*Ο κανονισμός θερμομόνωσης επιβάλλει τη χρήση του υλικού με πυκνότητα ίση ή μεγαλύτερη των 20 kg/m³. * Σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,041 \text{ W/(mK)}$ στους 10 °C

3.6 Αφρός πολυουρεθάνης PU



Εικόνα 24. Αφροί πολυουρεθάνης.

Ο αφρός πολυουρεθάνης αποτελεί το θερμομονωτικό υλικό με τον μικρότερο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda=0,02 \text{ W/(mK)}$. Ωστόσο, μετά την απαγόρευση της χρήσης FCKW από το 1995 ως προωθητικού μέσου και με την αντικατάστασή του από το πεντάνιο αυξήθηκε η τιμή του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και ως σήμερα ο αφρός πολυουρεθάνης δεν κατάφερε ακόμη να φτάσει στην κατηγορία θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0,02 \text{ W/(mK)}$.

Ο αφρός πολυουρεθάνης δεν παρέχει ικανοποιητική προστασία αν και κατά την παραγωγή του προστίθενται μέσα αύξησης της πυραντοχής και κατατάσσεται στις B1 και B2 κατηγορίες πυραντοχής. Για την εκπλήρωση των όρων πυρασφαλείας στις εφαρμογές στα κτίρια, ο αφρός μπορεί να περιέχει και άλλα μέσα αύξησης της πυραντοχής.

Το θερμοκρασιακό εύρος χρήσης είναι σχετικά περιορισμένο, αν συγκριθεί με αυτό του υαλοβάμβακα και του πετροβάμβακα με κατώτερο όριο τους -50 °C και ανώτερο 120 °C.

Όσον αφορά στην αντοχή σε εφελκυσμό ο αφρός πολυουρεθάνης αντέχει σε αναπτυσσόμενες τάσεις που κυμαίνονται από 20 έως 30 N/cm² και συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών από 50 έως και πάνω από 100 και παρουσιάζει εξαιρετικά μικρή απορρόφηση υγρασίας. Ουσιαστικά δηλαδή πρόκειται για ένα αδιάβροχο υλικό, λόγω της κλειστής δομής των κυψελίδων του.

Τέλος, το υλικό δεν παρέχει προστασία ηχομόνωσης και ως εκ τούτου δεν χρησιμοποιείται ως ηχομονωτικό υλικό.



Εικόνα 25. Πιστόλι αφρού πολυουρεθάνης.

Στον πίνακα 6 παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του αφρού πολυουρεθάνης

Πίνακας 6. Τεχνικά χαρακτηριστικά αφρού πολυουρεθάνης [IVPU F, 1994].				
Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm		1/2/2-20	
Πυκνότητα	kg/m ³	30	31-35	80
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²			
Όριο θραύσης	N/mm ²			
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²	10		>15
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ στους 10°C	W/(mK)	0,02		0,027
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-50	0,0125	120
Ιδιότητες υγρασιακής προστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	50	65	>100
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία			5	
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2		B1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-			
Βαθμός απορρόφησης στα 250Hz	-			
Βαθμός απορρόφησης στα 1000Hz	-			
Βαθμός απορρόφησης στα 4000Hz	-			
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²			
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³			
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	30	50	50
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		ναι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	16	28/33	36

Παράμετροι ποιότητας των θερμομονωτικών υλικών.

Η ποιότητα του υλικού ορίζεται ως η τήρηση των προδιαγραφών και η επίτευξη των ελάχιστων απαιτούμενων τιμών. Η θέσπιση ελαχίστων τιμών για τις ιδιότητες μηχανικής αντοχής και δομικής φύσης των δομικών υλικών και στοιχείων εκφράζεται με την τήρηση συγκεκριμένων κανονισμών-προτύπων, που διατυπώνονται από θεσμοθετημένους οργανισμούς, όπως είναι ο ΕΛΟΤ (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης), το πλέον γνωστό DIN (Deutsches Institut für Normung - Γερμανικό Ινστιτούτο Τυποποίησης) ή το διευρωπαϊκό CEN (Comite Europeen de Normalisation - Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης).

Στην Ελλάδα για την κοινοποίηση φορέων πιστοποίησης, επιθεώρησης και εργαστηριακών δοκιμών στην ευρωπαϊκή επιτροπή, αρμόδιος φορέας ήταν μέχρι πρόσφατα το ΥΠΑΝ με βάση το ΠΔ 334/94, ενώ σήμερα η αρμοδιότητα αυτή έχει περιέλθει στο Υπουργείο Οικονομίας, Ανταγωνιστικότητας και Ναυτιλίας.

Οι κοινοποιημένοι φορείς που υπάρχουν σήμερα για την πιστοποίηση ορισμένων δομικών υλικών στην Ελλάδα είναι τρεις: Ο ΕΛΟΤ και η EUROCERT που έχουν κοινοποιηθεί για την πιστοποίηση: τσιμέντων, δομικών στοιχείων (τούβλα), έτοιμων κονιαμάτων για ανέγερση τοιχοποιίας (λάσπη χτισίματος), αδρανών υλικών υψηλών απαιτήσεων και προσμίκτων σκυροδέματος και κονιαμάτων, και το Ελληνικό Κέντρο Ανάπτυξης Αλουμινίου (ΕΚΑΝΑΛ) που αποτελεί κοινοποιημένο εργαστήριο δοκιμών για προφίλ αλουμινίου, πόρτες, παράθυρα κτλ.

Σε όλα τα πρότυπα πρέπει να προσδιορίζονται οι ιδιότητες τις οποίες πρέπει να πληρούν τα θερμομονωτικά υλικά, ο τρόπος με τον οποίο αυτές ελέγχονται και η διαδικασία με την οποία πιστοποιείται το προϊόν. Η επιβεβαίωση της συμμόρφωσης ενός προϊόντος με τα πρότυπα γίνεται μέσω 6 συστημάτων (1+, 1, 2+, 2, 3, 4) ανάλογα με το βαθμό εμπλοκής ενός κοινοποιημένου οργανισμού στην αξιολόγηση της συμμόρφωσης του προϊόντος. Οι κοινοποιημένοι οργανισμοί που εμπλέκονται στην επιβεβαίωση της συμμόρφωσης είναι:

- Εργαστήρια δοκιμών
- Οργανισμοί επιθεώρησης και
- Οργανισμοί πιστοποίησης

Ο προσδιορισμός των ιδιοτήτων μπορεί να αναφέρεται στο θεωρητικό υπολογισμό τους, κατά το σχεδιασμό του προϊόντος, στην πειραματική μέτρησή τους σε εργαστηριακές συνθήκες και στη μέτρησή τους σε υφιστάμενα κτίρια. Παράλληλα δε, υπάρχουν και οι κανονισμοί που προσδιορίζουν την μετρητική διαδικασία, ώστε να επιτυγχάνονται αξιόπιστα και, κυρίως, συγκρίσιμα αποτελέσματα.

Ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία στην προσπάθεια ενίσχυσης της θερμικής προστασίας του κτιριακού κελύφους είναι η χρήση θερμομονωτικών υλικών υψηλής ποιότητας, όπως αυτή ορίζεται και πιστοποιείται στη βάση των επιταγών μίας ολόκληρης οικογενείας προτύπων EN που αφορούν τις επιμέρους οικογένειες θερμομονωτικών υλικών (διογκωμένη πολυστερίνη, εξηλασμένη πολυστερίνη, πετροβάμβακα κλπ) αλλά και των τεχνικών οδηγιών ETAG που αφορούν σύνθετα συστήματα, όπως είναι τα ολοκληρωμένα συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης.

Για σύνθετες κατασκευαστικές λύσεις για τις οποίες δεν υπάρχει σχετικό πρότυπο, η πιστοποίηση γίνεται με τη διαδικασία της συμμόρφωσης προς μία Ευρωπαϊκή Τεχνική Έγκριση (ETAG) σύμφωνα με το άρθρο 6 του Π.Δ. 334/1994, και θα φέρουν τη σήμανση CE σύμφωνα με τα ανωτέρω ευρωπαϊκά πρότυπα.

Αυτό ισχύει για κάθε σύνθετη λύση θερμομόνωσης, με χαρακτηριστική περίπτωση τα ολοκληρωμένα συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης (External Thermal Composite Insulation Systems – ETICS), τα οποία πρέπει να είναι πιστοποιημένα από κοινοποιημένο στον ΕΟΤΑ φορέα σύμφωνα με την ETAG 004 και, φυσικά, πρέπει να βασίζονται σε θερμομονωτικά υλικά πιστοποιημένα ανάλογα με τα επιμέρους πρότυπα.

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 τα εθνικά πρότυπα (ΕΛΟΤ, DIN) έχουν αρχίσει να συμπληρώνονται ή να υποκαθίστανται από τα ευρωπαϊκά πρότυπα (EN). Ωστόσο, σε περιπτώσεις, κατά τις οποίες τα πρώτα είναι αυστηρότερα, εξακολουθούν να διατηρούν την ισχύ τους σε εθνικό επίπεδο. Σε ότι αφορά την ελληνική πραγματικότητα στον τομέα των κανονισμών-προτύπων η Ελλάδα βρίσκεται σε διαδικασία εναρμόνισης με την ευρωπαϊκή νομοθεσία και ο ΕΛΟΤ έχει παραγάγει σημαντικό έργο, παρά τις δυσκολίες που υπάρχουν.

Σήμερα ένας παραγωγός υλικών στην Ελλάδα δεν μπορεί να πιστοποιήσει ένα δομικό προϊόν εάν αυτό δε συμπεριλαμβάνεται στα πρότυπα των ΕΛΟΤ, EUROCERT και ΕΚΑΝΑΛ. Καθώς για την παραγωγή των θερμομονωτικών υλικών, για τα οποία υπάρχουν εναρμονισμένα πρότυπα (EN) και η σήμανση CE είναι υποχρεωτική, δεν μπορούν να πιστοποιηθούν στην Ελλάδα γιατί δεν υπάρχουν εργαστήρια στα οποία θα εξακριβωθεί η συμμόρφωσή τους με τις προδιαγραφές των προτύπων, έτσι οι παραγωγοί των θερμομονωτικών υλικών :

Υποχρεούνται να συνεργαστούν με εργαστήρια εκτός Ελλάδος, κάνοντας τη διαδικασία πιστοποίησης αρκετά χρονοβόρα και με πολύ υψηλό κόστος.

Η εποπτεία της αγοράς, είναι ελλιπής, τόσο για τα εγχώρια παραγόμενα όσο και για τα εισαγόμενα προϊόντα, που ενδεχομένως να φέρουν σήμανση CE αμφιβόλου εγκυρότητας λόγω έλλειψης διαπιστευμένων εργαστηρίων δοκιμών και φορέων πιστοποίησης. Αυτό καθιστά τον ανταγωνισμό αθέμιτο μεταξύ ενός παραγωγού που θα τηρήσει τις διατάξεις και θα επιβαρυνθεί με επιπλέον κόστος το οποίο θα περάσει στο προϊόν του και μεταξύ ενός άλλου, είτε παραγωγού είτε εισαγωγέα, που έχει επισυνάψει μία μη έγκυρη σήμανση CE στα προϊόντα του.

Το ουσιαστικό, όμως, πρόβλημα έχει να κάνει με τις προδιαγραφές των δομικών υλικών που τελικά ενσωματώνονται στις κτιριακές κατασκευές και τη ασφάλεια που παρέχουν στους χρήστες αυτών των κτιρίων. Αυτό είναι κάτι που οφείλει να διασφαλίσει το κράτος στους πολίτες, με δεδομένη τη σημασία που έχουν τα δομικά υλικά για τη δημιουργία ασφαλών, μακρόβιων και λειτουργικών κτιριακών κατασκευών.

Δεν αρκεί λοιπόν να παράγει κανείς καλής ποιότητας θερμομονωτικά υλικά, εάν αυτά δεν συνοδεύονται από τις αντίστοιχες διαδικασίες πιστοποίησης, σε έγκυρα και έγκριτα εργαστήρια. Και βεβαίως, δεν αρκεί να παράγει κάποιος υψηλής ποιότητας υλικά, αν αυτά δεν χρησιμοποιούνται κατά τον βέλτιστο τρόπο.

Προϋπόθεση ώστε να γίνει ένας επιτυχημένος σχεδιασμός, να υλοποιηθεί και να γίνει μία αντίστοιχα επιτυχημένη κατασκευή είναι η προσεκτική μελέτη κάθε εφαρμογής, η γνώση των ειδικών χαρακτηριστικών του κάθε τύπου θερμομονωτικού υλικού και η επιλογή του καταλληλότερου υλικού για τις εξειδικευμένες απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής.

Ο ιδιώτης όμως πρέπει βάσει του νέου κανονισμού Θερμομόνωσης του Κ.ΕΝ.Α.Κ. (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων) να τηρεί φάκελο με τα παραστατικά αγοράς των θερμομονωτικών υλικών στα οποία να αναγράφεται το σύνολο της ποσότητας σε τετραγωνικά μέτρα του θερμομονωτικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε και ο τύπος του υλικού ο οποίος να αντιστοιχεί στο νόμιμο πιστοποιητικό το οποίο επίσης πρέπει να φυλάσσεται στον ίδιο φάκελο, ιδανικά μαζί με φωτογραφίες κατά την εφαρμογή. Τα στοιχεία αυτά πρέπει να τηρούνται για κάθε επέμβαση εξοικονόμησης ενέργειας που γίνεται στο κτίριο κατά την κατασκευή του, αλλά και εκ των υστέρων, καθώς θα τα ζητήσει ο ενεργειακός επιθεωρητής για την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης (Π.Ε.Α.) το οποίο κατατάσσει σε ενεργειακή κλάση το κτίριο.

Πρότυπα ελέγχου ποιότητας.

Ένας σημαντικός αριθμός προτύπων, διέπει τους κανονισμούς για την απόδοση και τις ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών. Τα σημαντικότερα από αυτά τα πρότυπα υπάρχουν στον πίνακα 7.

Πίνακας 7. Πρότυπα για την απόδοση και τις ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών

Α/Α	Πρότυπο	Αντικείμενο
1	ΕΛΟΤ 263	Πρότυπο που καθορίζει τους γενικούς όρους και τις κυριότερες μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιούνται στην ακουστική.
2	EN ISO 354	Πρότυπο που προδιαγράφει τη μέθοδο μέτρησης ηχοαπορρόφησης σε αίθουσα αντήχησης.
3	ΕΛΟΤ 571.01	Πρότυπο που καθορίζει πρότυπες συνθήκες θέρμανσης και πίεσης, μέθοδο δοκιμής και κριτήρια για τον καθορισμό της αντίστασης σε φωτιά δοκιμών στοιχείων διαφόρων κατηγοριών.
4	prEN ISO 11925-2	Πρότυπο που καθορίζει τη μέθοδο δοκιμών για τον προσδιορισμό της αναφλεξιμότητας προϊόντων υπό απευθείας πρόσκρουση φλόγας.
5	ΕΛΟΤ EN 12430	Πρότυπο που καθορίζει τον εξοπλισμό και τις διαδικασίες για τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς θερμομονωτικών προϊόντων κάτω από σημειακό φορτίο σε δοκίμια.
6	ΕΛΟΤ EN 12431	Πρότυπο που καθορίζει τον εξοπλισμό και τις διαδικασίες για τον προσδιορισμό του πάχους προϊόντων θερμομόνωσης για την επίδραση στην ηχομόνωση ψευδοδαπέδων.
7	EN 12667	Πρότυπο που καθορίζει τις αρχές και τις μεθόδους δοκιμών για τον προσδιορισμό της θερμικής αντίστασης δοκιμών με υψηλή ή μέση θερμική αντίσταση.
8	EN 12939	Πρότυπο που καθορίζει τις αρχές και τις μεθόδους δοκιμών για τον προσδιορισμό της θερμικής αντίστασης προϊόντων

		μεγάλου πάχους με υψηλή ή μέση θερμική αντίσταση.
9	prEN 13164	Πρότυπο που καθορίζει τις απαιτήσεις βιομηχανικών προϊόντων αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης με ή χωρίς επένδυση ή επικάλυψη που χρησιμοποιούνται για θερμομόνωση κτιρίων.
10	ΕΛΟΤ EN 13172	Πρότυπο που καθορίζει τις διαδικασίες και τα κριτήρια για την εκτίμηση συμμόρφωσης ενός θερμομονωτικού προϊόντος με τη σχετική ευρωπαϊκή προδιαγραφή.
11	EN 13501	Πρότυπο ταξινόμησης ως προς την πυραντοχή των δομικών υλικών και στοιχείων.
12	prEN 13820	Πρότυπο που καθορίζει τον εξοπλισμό και τις διαδικασίες για τον προσδιορισμό του οργανικού περιεχομένου των θερμομονωτικών υλικών.
13	ΕΛΟΤ EN 29053	Πρότυπο για τον καθορισμό δύο μεθόδων για τον προσδιορισμό της αντίστασης ροής του αέρα πορωδών υλικών ακουστικών εφαρμογών.
14	ΕΛΟΤ EN 29052.01	Πρότυπο που καθορίζει τις μεθόδους δοκιμών για τον προσδιορισμό της δυναμικής ακαμψίας (παράμετρος που προσδιορίζει την ηχομόνωση) υλικών που χρησιμοποιούνται σε κολυμπητά δάπεδα κατοικιών.
15	ΕΛΟΤ EN 20354	Πρότυπο που προδιαγράφει μία μέθοδο μέτρησης σε αίθουσες αντήχησης του συντελεστή ηχοαπορρόφησης ακουστικών υλικών που χρησιμοποιούνται για επικάλυψη τοίχων ή ορόφων.

Ο ΕΛΟΤ έχει εναρμονιστεί με την ευρωπαϊκή νομοθεσία με την αποδοχή του “πακέτου” προτύπων, που καθορίζουν μεθόδους δοκιμών για τον προσδιορισμό των διαστάσεων και των ιδιοτήτων θερμομονωτικών υλικών και προϊόντων. Ο πίνακας 8 παρουσιάζει την παραπάνω σειρά προτύπων και επεξηγεί το πεδίο εφαρμογής τους.

Πίνακας 8. Πρότυπα ΕΛΟΤ καθορισμού μεθόδων δοκιμών για τον προσδιορισμό των διαστάσεων και ιδιοτήτων θερμομονωτικών υλικών και προϊόντων

A/A	Πρότυπο	Τίτλος	Αντικείμενο
1	EN 822	Θερμομονωτικά προϊόντα για κτιριακές εφαρμογές. Προσδιορισμός μήκους και πλάτους .	Ο καθορισμός του εξοπλισμού και των διαδικασιών για τον προσδιορισμό του μήκους και του πλάτους πλήρους μεγέθους θερμομονωτικών προϊόντων.
2	EN 823	Θερμομονωτικά προϊόντα για κτιριακές εφαρμογές. Προσδιορισμός του πάχους.	Ο καθορισμός του εξοπλισμού και των διαδικασιών για τον προσδιορισμό του πάχους πλήρους μεγέθους θερμομονωτικών προϊόντων.
3	EN 824	Θερμομονωτικά προϊόντα για κτιριακές εφαρμογές. Προσδιορισμός της ορθογωνικότητας.	Ο καθορισμός του εξοπλισμού και των διαδικασιών για τον προσδιορισμό της απόκλισης της ορθογωνικότητας του μήκους, του πλάτους και του πάχους πλήρους μεγέθους θερμομονωτικών προϊόντων.
4	EN 825	Θερμομονωτικά προϊόντα για κτιριακές εφαρμογές. Προσδιορισμός της επιπεδότητας.	Ο καθορισμός του εξοπλισμού και των διαδικασιών για τον προσδιορισμό της απόκλισης της επιπεδότητας πλήρους μεγέθους θερμομονωτικών προϊόντων.
5	EN 826	Θερμομονωτικά προϊόντα για κτιριακές εφαρμογές. Προσδιορισμός της συμπεριφοράς σε θλίψη.	Ο καθορισμός του εξοπλισμού και των διαδικασιών για τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς σε θλίψη σε δοκίμια θερμομονωτικών προϊόντων.
6	EN 1602	Θερμομονωτικά προϊόντα για	Ο καθορισμός του εξοπλισμού

		κτιριακές εφαρμογές. Προσδιορισμός της φαινόμενης πυκνότητας.	και των διαδικασιών για τον προσδιορισμό της φαινόμενης πυκνότητας των θερμομονωτικών προϊόντων.
7	EN 1603	Θερμομονωτικά προϊόντα για κτιριακές εφαρμογές. Προσδιορισμός της σταθερότητας των διαστάσεων σε σταθερές κανονικές εργαστηριακές συνθήκες (23° C και 50 % σχετική υγρασία).	Ο καθορισμός του εξοπλισμού και των διαδικασιών για τον προσδιορισμό της σταθερότητας των διαστάσεων σε σταθερές κανονικές εργαστηριακές συνθήκες (23° C και 50 % σχετική υγρασία) θερμομονωτικών προϊόντων.
8	EN 1604	Θερμομονωτικά προϊόντα για κτιριακές εφαρμογές. Προσδιορισμός της σταθερότητας των διαστάσεων κάτω από καθορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας.	Ο καθορισμός του εξοπλισμού και των διαδικασιών για την εκτίμηση διαστασιακών μεταβολών σε δοκίμια θερμομονωτικών υλικών υπό προδιαγεγραμμένες συνθήκες θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας και διάρκειας έκθεσης.
9	EN 1605	Θερμομονωτικά προϊόντα για κτιριακές εφαρμογές. Προσδιορισμός της παραμόρφωσης σε καθορισμένο φορτίο θλίψης και συνθήκες θερμοκρασίας.	Ο καθορισμός του εξοπλισμού και των διαδικασιών για τον προσδιορισμό της παραμόρφωσης σε καθορισμένο φορτίο θλίψης και συνθήκες θερμοκρασίας.
10	EN 1606	Θερμομονωτικά προϊόντα για κτιριακές εφαρμογές. Προσδιορισμός του ερπυσμού σε θλίψη.	Ο καθορισμός του εξοπλισμού και των διαδικασιών για τον προσδιορισμό του ερπυσμού σε θλίψη σε δοκίμια θερμομονωτικών υλικών υπό διάφορες συνθήκες τάσεων.

11	EN 1607	Θερμομονωτικά προϊόντα για κτιριακές εφαρμογές. Προσδιορισμός της αντοχής σε εφελκυσμό κάθετα στις όψεις.	Ο καθορισμός του εξοπλισμού και των διαδικασιών για τον προσδιορισμό της αντοχής σε εφελκυσμό κάθετα στις όψεις θερμομονωτικών υλικών.
12	EN 1608	Θερμομονωτικά προϊόντα για κτιριακές εφαρμογές. Προσδιορισμός της αντοχής σε εφελκυσμό παράλληλα στις όψεις.	Ο καθορισμός του εξοπλισμού και των διαδικασιών για τον προσδιορισμό της αντοχής σε εφελκυσμό παράλληλα στις όψεις θερμομονωτικών υλικών.
13	EN 1609	Θερμομονωτικά προϊόντα για κτιριακές εφαρμογές. Προσδιορισμός της βραχύχρονης απορρόφησης νερού με μερική εμβάπτιση.	Ο καθορισμός του εξοπλισμού και των διαδικασιών για τον προσδιορισμό της βραχύχρονης απορρόφησης νερού δοκιμίων θερμομονωτικών υλικών με μερική εμβάπτιση.
14	EN 12085	Θερμομονωτικά προϊόντα για κτιριακές εφαρμογές. Προσδιορισμός των γραμμικών διαστάσεων των δοκιμίων.	Ο καθορισμός του εξοπλισμού και των διαδικασιών για τον προσδιορισμό των γραμμικών διαστάσεων των δοκιμίων.
15	EN 12086	Θερμομονωτικά προϊόντα για κτιριακές εφαρμογές. Προσδιορισμός των ιδιοτήτων μετάδοσης των υδρατμών.	Ο καθορισμός του εξοπλισμού και των διαδικασιών για τον προσδιορισμό του συντελεστή της μετάδοσης υδρατμών, της διαπέρασης υδρατμών και της διαπερατότητας των υδρατμών δοκιμίων θερμομονωτικών υλικών στην σταθερή κατάσταση κάτω από διαφορετικές σειρές καθορισμένων συνθηκών δοκιμής.
16	EN 12087	Θερμομονωτικά προϊόντα για	Ο καθορισμός του εξοπλισμού

		κτιριακές εφαρμογές. Προσδιορισμός της μακρόχρονης απορρόφησης νερού με εμβάπτιση.	και των διαδικασιών για τον προσδιορισμό της μακρόχρονης απορρόφησης νερού δοκιμών με μερική ή ολική εμβάπτιση.
17	EN 12088	Θερμομονωτικά προϊόντα για κτιριακές εφαρμογές. Προσδιορισμός της μακρόχρονης απορρόφησης νερού με διάχυση.	Ο καθορισμός του εξοπλισμού και των διαδικασιών για τον προσδιορισμό της μακρόχρονης απορρόφησης νερού με διάχυση.
18	EN 12089	Θερμομονωτικά προϊόντα για κτιριακές εφαρμογές. Προσδιορισμός της συμπεριφοράς σε κάμψη.	Ο καθορισμός του εξοπλισμού και των διαδικασιών για τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς σε κάμψη.
19	EN 12090	Θερμομονωτικά προϊόντα για κτιριακές εφαρμογές. Προσδιορισμός της συμπεριφοράς σε διάτμηση	Ο καθορισμός του εξοπλισμού και των διαδικασιών για τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς σε διάτμηση.
20	EN 12091	Θερμομονωτικά προϊόντα για κτιριακές εφαρμογές. Προσδιορισμός της αντοχής σε ψύξη – απόψυξη.	Ο καθορισμός του εξοπλισμού και των διαδικασιών για τον προσδιορισμό της αντοχής σε ψύξη και απόψυξη.

Εκτός από τα παραπάνω πρότυπα ορισμού των μεθόδων και διαδικασιών δοκιμών με στόχο τον προσδιορισμό των διαστάσεων και των ιδιοτήτων θερμομονωτικών υλικών και προϊόντων, ο ΕΛΟΤ έχει υιοθετήσει και πρότυπα, τα οποία αναφέρονται ξεχωριστά σε συγκεκριμένα θερμομονωτικά υλικά που συναντώνται στην ευρωπαϊκή αγορά.

Καθώς οι εξελίξεις στο χώρο των θερμομονωτικών υλικών συμπληρώνονται από την παράλληλη διαμόρφωση ενός θεσμικού πλαισίου που, με την ΚΥΑ 9451/208 ΦΕΚ 815/2007 από το Μάιο του 2008, απαγορεύει την παραγωγή, το εμπόριο και την χρήση θερμομονωτικών υλικών που να μην φέρουν το σήμα CE και δήλωση συμμόρφωσης σύμφωνα με τα σχετικά ευρωπαϊκά πρότυπα που τροποποιούνται και ισχύουν κάθε φορά και

έχουν ανακοινωθεί στην Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. Τα πρότυπα αφορούν το σύνολο των θερμομονωτικών υλικών και είναι τα εξής :

Πίνακας 9. Πρότυπα τα οποία αναφέρονται σε συγκεκριμένα θερμομονωτικά υλικά.

A/A	Πρότυπο	Αντικείμενο
1	ΕΛΟΤ EN 13162:2001	Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από ορυκτόμαλλο (MW)
2	ΕΛΟΤ EN 13163:2001	Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από διογκωμένη πολυστερίνη (EPS)
3	ΕΛΟΤ EN 13164:2001	Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από εξηλασμένο αφρό πολυστερίνης (XPS)
4	ΕΛΟΤ 13165: 2001	Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από άκαμπτο αφρό πολυουρεθάνης (PUR)
5	ΕΛΟΤ EN 13166:2001	Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από φαινολικό αφρό (PF)
6	ΕΛΟΤ EN 13167:2001	Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από κυψελώδες γυαλί (CG)
7	ΕΛΟΤ EN 13168:2001	Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από ξυλόμαλλο (WW)
8	ΕΛΟΤ EN 13169:2001	Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από διογκωμένο περλίτη (EPB)
9	ΕΛΟΤ EN 13170:2001	Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από διογκωμένο φελλό (ICB)
10	ΕΛΟΤ EN 13171:2001	Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από ίνες ξύλου (WF)

5.1 Πιστοποίηση θερμομονωτικών προϊόντων διογκωμένης πολυστερίνης

Η διογκωμένη πολυστερίνη (Expanded Polystyrene ή EPS) αποτελεί το ευρύτερο χρησιμοποιούμενο θερμομονωτικό υλικό για κτιριακές εφαρμογές στην ευρωπαϊκή αγορά. Ενώ έχει περισσότερα από 50 χρόνια παρουσίας στην αγορά, αποτελεί ένα εξαιρετικά σύγχρονο υλικό. Σε όλη την ιστορική διαδρομή η διογκωμένη πολυστερίνη είχε πολύ καλές θερμομονωτικές ιδιότητες, με καθοριστικό παράγοντα για την ποιότητά της να αποτελεί η πυκνότητά της, εκφραζόμενη σε κιλά ανά κυβικό μέτρο. Οι ιδιότητες θερμικής αγωγιμότητας λ, μηχανικής αντοχής και αντοχής στη διύγρανση, βελτιώνονται συναρτήσει της αυξανόμενης πυκνότητας, γεγονός που οδήγησε στην πράξη και στην κατηγοριοποίηση του υλικού με βάση την πυκνότητά του.

Οι κατηγορίες στις οποίες παράγεται και διατίθεται η διογκωμένη πολυστερίνη προσδιορίζονται από τις μηχανικές της ιδιότητες και κυρίως την αντοχή της σε θλίψη. Γι' αυτό και τα ονόματα των κατηγοριών αναφέρονται στην αντοχή του υλικού σε συμπίεση (EPS 50, EPS 80, EPS 100, EPS 150 και EPS 200).

Έτσι για παράδειγμα ο τύπος διογκωμένης πολυστερίνης με την επωνυμία EPS100 αντιστοιχεί στην κατηγορία πολυστερίνης με θλιπτική αντοχή $\geq 100\text{kPa}$, στην οποία αντιστοιχεί μία συγκεκριμένη τιμή συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ.

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, οι ιδιότητες σύμφωνα με τις οποίες ελέγχεται και αξιολογείται η διογκωμένη πολυστερίνη προσδιορίζονται από το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 13163 και ειδικότερα από τα επιμέρους πρότυπα που φαίνονται στον πίνακα 10.

Πίνακας 10 : Επιμέρους πρότυπα του EN13163

EN822	Προσδιορισμός Μήκους & Πλάτους
EN823	Προσδιορισμός Πάχους
EN824	Προσδιορισμός Ορθογωνικότητας
EN825	Προσδιορισμός Επιπεδότητας

EN826	Προσδιορισμός Θλιπτικής συμπεριφοράς
EN1603	Προσδιορισμός Διαστατικής σταθερότητας
EN1602	Προσδιορισμός Φαινόμενης πυκνότητας
EN1607	Προσδιορισμός Εφελκυστικής αντοχής
EN11925-2	Αντίδραση στη φωτιά
EN12087	Προσδιορισμός Μακροπρόθεσμης απορρόφηση ύδατος σε βύθιση
EN12089	Κάμψη συμπεριφοράς σε κάμψη
EN12667 /EN12939	Προσδιορισμός Θερμικής αντίστασης

Τα συστήματα στα οποία μπορεί να πιστοποιηθεί η διογκωμένη πολυστερίνη είναι:

- Το σύστημα 3.

Πρόκειται για την απλούστερη πιστοποίηση, κατά την οποία απαιτείται Αρχική Δοκιμή Τύπου (ITT) σε διαπιστευμένο εργαστήριο και κοινοποιημένο φορέα, ενώ η Δήλωση Συμμόρφωσης γίνεται από τον παραγωγό.

- Το σύστημα 2+.

Είναι σαφώς πιο απαιτητικό και είναι απαραίτητο για θερμομονωτικά υλικά που εφαρμόζονται σε Συστήματα Εξωτερικής Θερμομόνωσης – ETICS. Απαιτείται Αρχική Δοκιμή Τύπου (ITT) σε διαπιστευμένο εργαστήριο και κοινοποιημένο φορέα. Η Δήλωση Συμμόρφωσης από τον παραγωγό και ο Συνεχής Έλεγχος Παραγωγής καθώς και πιστοποίηση αυτού από κοινοποιημένο φορέα πιστοποίησης.

Στην εταιρία Γ.Μαριόγλου & Υιοί ABEE εφαρμόζεται αυστηρό σύστημα συνεχούς εσωτερικού ελέγχου, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN13172:2001 (Εκτίμηση της συμμόρφωσης) στο εργαστήριο τους διαθέτουν βαθμονομημένα και διαπιστευμένα όργανα για τη μέτρηση της θερμικής αγωγιμότητας, καθώς και ειδική διάταξη μέτρησης και ελέγχου μηχανικών ιδιοτήτων. Επίσης γίνονται μετρήσεις – έλεγχοι για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων όπως: Μήκος – Πλάτος – Πάχος, Ορθογωνικότητα – Μακροπρόθεσμη απορρόφηση ύδατος σε βύθιση και δοκιμές αντίδρασης στη φωτιά, σύμφωνα με τον πίνακα

11 .

Πίνακας 11: Τύπος υλικού, μετρούμενες ιδιότητες και συχνότητα ελέγχου παραγωγής

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΕΓΧΟΥ	EPS 30	EPS 50	EPS 80	EPS 100	EPS 150	EPS 200
Θλιπτική Αντοχή 10% παραμόρφωση	EN 826	1 Φορά την ημέρα	1 Φορά την ημέρα	1 Φορά την ημέρα	1 Φορά την ημέρα	1 Φορά την ημέρα	1 Φορά την ημέρα
Καμπτική αντοχή	EN 12089	1 Φορά την ημέρα	1 Φορά την ημέρα	1 Φορά την ημέρα	1 Φορά την ημέρα	1 Φορά την ημέρα	1 Φορά την ημέρα
Εφελκυστική τάση	EN 1607			1 Φορά την εβδομάδα			
Θερμική αγωγιμότητα	EN 12667	1 Φορά την ημέρα	1 Φορά την ημέρα	1 Φορά την ημέρα	1 Φορά την ημέρα	1 Φορά την ημέρα	1 Φορά την ημέρα
Μήκος & πλάτος	EN 822	1 φορά ανά 2 ώρες	1 φορά ανά 2 ώρες	1 Φορά ανά 2 ώρες	1 φορά ανά 2 ώρες	1 φορά ανά 2 ώρες	1 φορά ανά 2 ώρες
Πάχος	EN 823	1 φορά ανά 2 ώρες	1 φορά ανά 2 ώρες	1 φορά ανά 2 ώρες	1 φορά ανά 2 ώρες	1 φορά ανά 2 ώρες	1 φορά ανά 2 ώρες
Ορθογωνικότητα	EN 824	1 φορά ανά 4 ώρες	1 φορά ανά 4 ώρες	1 φορά ανά 4 ώρες	1 φορά ανά 4 ώρες	1 φορά ανά 4 ώρες	1 φορά ανά 4 ώρες
Επιπεδότητα	EN 825	1 φορά ανά 8 ώρες	1 φορά ανά 8 ώρες	1 φορά ανά 8 ώρες	1 φορά ανά 8 ώρες	1 φορά ανά 8 ώρες	1 φορά ανά 8 ώρες
Αντίδραση στη φωτιά	EN 11925-2	1φορά την εβδομάδα					

Γίνεται επομένως εύκολα αντιληπτό, ότι η συνεπής εφαρμογή ενός συστήματος ποιοτικού ελέγχου και η ολοκληρωμένη εφαρμογή του συστήματος ελέγχου της παραγωγής, αφενός μεν απαιτούν μία καλή υποδομή και οργάνωση, αφετέρου δε διασφαλίζουν την επίτευξη των επιθυμητών και απαιτούμενων ιδιοτήτων.

Μια άλλη εταιρεία η Γ. Κ. ΡΙΖΑΚΟΣ ΑΒΕΤΕ για την προστασία του καταναλωτή έχει προχωρήσει και αυτή στη τυποποίηση των εφαρμογών θερμομόνωσης και αντιστοίχιση του τύπου του θερμομονωτικού υλικού με αυτές. Οι τύποι δε αυτοί πιστοποιούνται από Γερμανικό φορέα πιστοποίησης και εργαστήριο του εξωτερικού πέρα από λόγους ποιότητας και κύρους και επειδή στην Ελλάδα δεν υπάρχουν κοινοποιημένα εργαστήρια ελέγχου για θερμομονωτικά υλικά.

Η τυποποίηση της γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης της Γ. Κ. ΡΙΖΑΚΟΣ ΑΒΕΤΕ που παράγεται από την α' ύλη Neopor της BASF γίνεται βάση του Ευρωπαϊκού προτύπου **EN13163:2008** με βάση την αντοχή σε συμπίεση σε παραμόρφωση 10%. Οι μηχανικές ιδιότητες αποτελούν τον ασφαλέστερο τρόπο τυποποίησης για τον καταναλωτή σε σχέση με το βάρος και την πυκνότητα (πχ 20kg/m³) επειδή αυτό δεν εξασφαλίζει τις ανάλογες μηχανικές ιδιότητες.

Η εταιρεία ΡΙΖΑΚΟΣ με την πολύχρονη εμπειρία της στην παραγωγή γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης και στην εφαρμογή της στην θερμομόνωση κατέληξε στους εξής 3 τύπους για το Neopor:

1. **EPS80THPRFCE**($\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$ ή 0,028 kcal/mh°C) για την εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης κτιρίων με πιστοποιημένο σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης βάση της Ευρωπαϊκής Τεχνικής Οδηγίας ETAG004
2. **EPS100 TX-TTRFCE**($\lambda = 0,031 \text{ W/mK}$ ή 0,027 kcal/mh°C) για την εφαρμογή της θερμομόνωσης στον πυρήνα της τοιχοποιίας, σε κεκλιμένη στέγη και σε συμβατική θερμομόνωση δώματος
3. **EPS150 BTRFCE**($\lambda = 0,031 \text{ W/mK}$ ή 0,027 kcal/mh°C) για την εφαρμογή της θερμομόνωσης στα στοιχεία από σκυρόδεμα με τοποθέτηση στον ξυλότυπο πριν τη σκυροδέτηση, όπως κολώνες, δοκάρια και πλάκες

Έτσι ο τύπος διογκωμένης πολυστερίνης με την επωνυμία EPS100 δηλώνει αντοχή σε συμπίεση, σε παραμόρφωση 10% 100kpa, δηλαδή 10 τόνους ανά τετραγωνικό μέτρο.

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ , πρέπει να είναι το μέτρο σύγκρισης ανάμεσα σε διαφορετικά θερμομονωτικά υλικά συγκρίνοντας το ίδιο πάχος.

Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζει ο καταναλωτής ότι το λευκή και η γραφιτούχας διογκωμένη πολυστερίνη έχουν το ίδιο λ σε όλα τα παραγόμενα πάχη που ξεκινούν

από 1 εκατοστό και φθάνουν μέχρι 40 και παραπάνω εκατοστά ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής και του κλίματος.

Παράλληλα το λ αυτό δεν μεταβάλλεται με το πάχος και παραμένει αναλλοίωτο στο χρόνο. Δεν ισχύει το ίδιο με όλα τα θερμομονωτικά υλικά και είναι στην ευθύνη του παραγωγού να δηλώνει το σωστό συντελεστή βάση του Ευρωπαϊκού προτύπου σε ισχύ.

Επειδή το λ δηλώνει την ποσότητα της θερμότητας που περνά μέσα από τη μάζα του θερμομονωτικού υλικού στο χρόνο, όσο μικρότερο είναι τόσο καλύτερο και το θερμομονωτικό υλικό. Είναι σημαντικό λοιπόν, η τιμή του θερμομονωτικού να συμβαδίζει με την θερμομόνωση που προσφέρει και καθορίζεται από το λ για να αποφεύγονται φαινόμενα αγοράς υπερτιμημένου ή παραπλανητικά υποτιμημένου θερμομονωτικού υλικού.

Για την σωστή ενημέρωση του καταναλωτή η εταιρεία ΡΙΖΑΚΟΣ παραθέτει φωτογραφίες από το δέμα, την ετικέτα σήμανσης και το πιστοποιητικό της γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης που παράγεται με α' ύλη το Neopor από την BASF βάση των κανονισμών και νόμων του Ελληνικού κράτους και της Ευρωπαϊκής Ένωσης και παρακαλεί τους ενδιαφερόμενους καταναλωτές να ζητούν τα ανάλογα έγγραφα κατά την έρευνα αγοράς τους.



Εικόνα 26. Το πιστοποιητικό της γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης που παράγεται με α' ύλη το Neopor από την BASF βάση των κανονισμών και νόμων του Ελληνικού κράτους και της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Είναι σημαντικό ο καταναλωτής, το συνεργείο εφαρμογής και ο μηχανικός/μελετητής να αναγνωρίζουν τις διαφορές και να εξασφαλίζουν διαφάνεια στον τύπο του προϊόντος, αλλά και στην α' ύλη από την οποία προέρχεται. Το γκρι χρώμα ή η χρήση α' ύλης Neopor δεν εξασφαλίζει την ποιότητα_αν δεν συνοδεύονται από την κατάλληλη σήμανση στο δέμα και τα νόμιμα πιστοποιητικά, που αποδεικνύουν τη σήμανση CE.

Εφαρμογές των πολυμερών θερμομονωτικών υλικών.

6.1 Υαλοβάμβακας

Ο υαλοβάμβακας χρησιμοποιείται ως ενισχυτικό υλικό για πολλά πολυμερή προϊόντα, δημιουργώντας σύνθετα υλικά γνωστά ως «πολυμερή ενισχυμένα με ίνες» (fiber-reinforced polymers FRP) ή «πλαστικά ενισχυμένα με γυαλί» (glass-reinforced plastic GRP).

Οι παραγωγοί γυαλιού είχαν πειραματιστεί από παλιά με τις ίνες γυαλιού, αλλά η μαζική παρασκευή υαλοβάμβακα έγινε δυνατή μόνο με την εμφάνιση των ιδιαίτερα λεπτών εργαλειομηχανών. Το 1893 ο Edward Drummond Libbey παρουσίασε ένα φόρεμα στην Παγκόσμια Κολομβιανή Έκθεση με ίνες γυαλιού και υφής μεταξιού. Το υλικό όμως που σήμερα είναι γνωστό ως υαλοβάμβακας εφευρέθηκε το 1938 από τον Russell Games Slayter της εταιρείας Όουενς-Κόρνιν (Owens-Corning) ως μονωτικό υλικό. Η αγγλική λέξη για τον υαλοβάμβακα Fiberglass είναι εμπορικό σήμα της Όουενς-Κόρνιν που σήμερα είναι ένα από τα ονόματα που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν το προϊόν ανεξάρτητα από τον κατασκευαστή, αν και η κυρίως χρησιμοποιούμενη λέξη είναι το «glasswool».

Ο υαλοβάμβακας βρίσκει εφαρμογή, για θερμομόνωση, ηχομόνωση και πυροπροστασία.

- Χρησιμοποιείται ευρέως στην οικοδομή, τη βιομηχανία, τη ναυτιλία σε μορφή λαναρισμένου μαλλιού για μόνωση αλλά και για την ενίσχυση πλαστικών.
- Τα προϊόντα υαλοβάμβακα παράγονται σε τυποποιημένες μορφές, πυκνότητες και διαστάσεις ή σε ειδικές διαστάσεις με παραγγελία σε μορφή παπλώματος είτε σε ρολά χωρίς επένδυση είτε με επένδυση αλουμινίου (επικάλυψη φύλλου αλουμινίου, υαλοϋφάσματος ή χαρτιού Kraff από τη μία τους πλευρά) είτε με ενισχυμένο μεταλλικό πλέγμα, σε μορφή πλακών και σε μορφή ειδικά μορφοποιημένα κογχυλιών για χρήση ως μόνωση σωληνώσεων χωρίς επικαλύψεις ή με επικάλυψη όπως ενισχυμένο αλουμινόφυλλο, υαλοπίλημα, χαρτί..

- Ανάλογα με τις απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής, επιλέγεται και η αντίστοιχη μορφή του υαλοβάμβακα για θερμομόνωση ή ηχομόνωση σε κατασκευές:
 - ο εσωτερικής ή εξωτερικής τοιχοποιίας,
 - ο στεγών, δαπέδων,
 - ο συστημάτων ξηράς δόμησης και ακουστικών ψευδοροφών,
 - ο αεραγωγών θέρμανσης – κλιματισμού,
 - ο μηχανολογικών και υδραυλικών εγκαταστάσεων και κατασκευών,
 - ο δεξαμενές ζεστού νερού κλπ.



Εικόνα 27. Υαλοβάμβακας με επικάλυψη χαρτιού KRAFF.



Εικόνα 28. Κοχύλια υαλοβάμβακα.



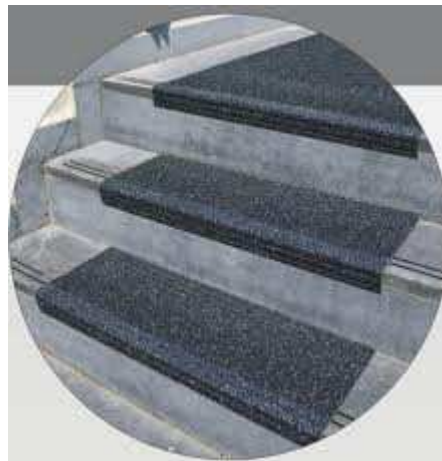
Εικόνα 29. Υαλοβάμβακας σε πάπλωμα με αλουμίνιο.



Εικόνα 30. Υαλοβάμβακας κεραμικός.



Εικόνα 31. Στο εσωτερικό των τοίχων και ορόφων μεταξύ των τούβλων τοποθετούνται μονωτικά υλικά (φενιζόλ, υαλοβάμβακας).



Εικόνα 32. Υαλοβάμβακας με επικάλυψη PVC αφρού.

6.2 Πετροβάμβακας

Πετροβάμβακας χρησιμοποιείται σε οικοδομικές και βιομηχανικές εφαρμογές αλλά και σε τεχνικές εφαρμογές.

- Στο εμπόριο συναντάται σε πάπλωμα χωρίς επένδυση ή με επένδυση μεταλλικού πλέγματος ή σκληρών πλακών, καθώς και σε μορφή κοχυλιών.
- βρίσκει εφαρμογή σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις;
 - στη μόνωση λεβήτων,
 - σε πόρτες πυρασφαλείας,
 - σε κατασκευές που αφορούν στην πυρασφάλεια σε πλοία,

- στην περιοχή της τεχνολογίας
- στον εξαερισμό (αγωγοί εξαερισμού, αεραγωγούς θέρμανσης - κλιματισμού – καυσαερίων).
- Ακόμα ο πετροβάμβακας χρησιμοποιείται σε εφαρμογές, για θερμομόνηση, σε :
 - εσωτερική ή εξωτερική τοιχοποιία,
 - στέγες,
 - δάπεδα και οροφές,
 - συστήματα ξηράς δόμησης και ψευδοροφές,
 - σωληνώσεις και δεξαμενές με ρευστά πολύ υψηλών ή πολύ χαμηλών θερμοκρασιών



Εικόνα 33. Πετροβάμβακας με επίστρωση.

Εικόνα 34. το πάπλωμα του πετροβάμβακα GEOLAN με σύρμα παράγεται σε 3 πυκνότητες

65, 80 και 100 kg/m³ και χρησιμοποιείται

κυρίως σε βιομηχανικές εφαρμογές.



Εικόνα 35. Πετροβάμβακας σε μορφή ελαφρού παπλώματος με επικάλυψη στην μία πλευρά.



Εικόνα 36. Πλάκες πετροβάμβακα χωρίς επικάλυψη, σε διάφορα πάχη.



Εικόνα 37. Δύο κελύφη τοιχοποιίας τούβλων, με ενδιάμεσο θερμοηχομονωτικό κέλυφος πετροβάμβακα.



Εικόνα 38. Τα κοχύλια πετροβάμβακα διατίθενται με ή χωρίς επικάλυψη αλουμινίου και χρησιμοποιούνται για θερμο-ηχομόνωση σωλήνων σε βιομηχανικές εφαρμογές όπου υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις προστασίας λόγω υψηλών θερμοκρασιών.

6.3 Εξηλασμένη πολυστερίνη XPS

Η εξηλασμένη πολυστερίνη έχει μονωτικές ιδιότητες λόγω παγίδευσης αερίου σε κλειστές κυψελίδες. Ένα κύριο χαρακτηριστικό της είναι οι κλειστοί πόροι και η

έλλειψη απορρόφησης νερού, κάτι που κάνει την εξηλασμένη πολυστερίνη κατάλληλη για εφαρμογές σε υψηλή υγρασία.

- Η εξηλασμένη πολυστερίνη χρησιμοποιείται κατεξοχήν σε κτιριακά έργα, για θερμομόνωση :
 - σε εξωτερική τοιχοποιία και στοιχεία από σκυρόδεμα,
 - σε δώματα και στέγες,
 - σε τοιχία υπόγειων χώρων,
 - σε δάπεδα,
 - σε ψυκτικούς θαλάμους.



Εικόνα 39. Τοποθέτηση XPS.

Πιο αναλυτικά χρησιμοποιείται σε :

1. Πλάκες οροφών (Roofmate SL-A)



Εικόνα 40. Εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες, με επιδερμίδα εξέλασης στην επιφάνεια της πλάκας.
Για θερμομόνωση δωματίων, δαπέδων και υπογείων.

2. Πλάκες τοίχων (Wallmate CW-A)



Εικόνα 41. Εξηλασμένη πολυστερίνη σε πλάκες, με επιδερμίδα εξέλασης στην επιφάνεια της πλάκας. Για θερμομόνωση τοίχων με διάκενο.

3. Πλάκες ξυλοτύπων (Shapemate GR easy-cut)



Εικόνα 42. Πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης χωρίς επιδερμίδα, με επιφανειακές αυλακώσεις.

Για μόνωση φέροντος οργανισμού, όπως υποστηλώματα, δοκοί και στέγες με επικάλυψη λασπωτού κεραμιδιού.

4. Πλάκες Styrofoam SP-A



Εικόνα 43. Πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης με επιδερμίδα εξέλασης.

Για μόνωση δαπέδων με κανονικά φορτία, για ψυκτικές εφαρμογές, επένδυση προσόψεων.

5. Πλάκες υψηλών αντοχών (Floormate 500-A)



Εικόνα 44. Πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης με επιδερμίδα εξέλασης.

Για μόνωση δαπέδων με υψηλά φορτία, για ψυκτικούς θαλάμους, σε εφαρμογές όπου απαιτείται μεγάλη αντοχή στη

συμπίεση.

6. Πλάκες DOW Xenergy



Εικόνα 45. Πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης νέας γενιάς με πολύ χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας (λ), υψηλές μηχανικές ιδιότητες και εύκολη τοποθέτηση.

Ιδανικές για θερμομόνωση σε διάφορα σημεία της οικοδομής όπως: δώματα, κεκλιμένες στέγες, τοιχοποιίας, στοιχείων σκυροδέματος, υπογείων αλλά και ως μονωτικό υλικό σε

Συστήματα

Εξωτερικής

Θερμομόνωσης

Κτιρίων

(ETICS).

7. Θερμομονωτικό πλακίδιο Polytile



Εικόνα 46. Σύνθετο θερμομονωτικό πλακίδιο, αποτελούμενο από μια πλάκα εξηλασμένης πολυστερίνης και μια στρώση από ειδικό υπόλευκο προστατευτικό χυτό κονίαμα, πάχους 20mm.

Κατασκευάζεται σε διαστάσεις 600 x 300 mm, και η πλάκα εξηλασμένης πολυστερίνης μπορεί να έχει πάχος από 50 έως και 80 mm.

6.4 Διογκωμένη πολυστερίνη EPS

Είναι ένα οικονομικό, εύχρηστο και ευέλικτο υλικό, ανθεκτικό στην υγρασία, και χρησιμοποιείται σχεδόν παντού.

- Έχει πλήθος εφαρμογών στην κατασκευή:
 - θερμομόνωση τοιχοποιίας,
 - εξωτερική θερμομόνωση,
 - θερμομόνωση στοιχείων από σκυρόδεμα.,
 - θερμομόνωση στεγών και δωμαίων,
 - πλήρωση κενών πλακών Zollner
 - πλήρωση αρμών διαστολής,
 - καλούπια για κορνίζες ή σχήματα στις επιφάνειες σκυροδέματος.
 - Στο εμπόριο συναντάται σε πλάκες για εφαρμογές σε τοίχους, τοιχία, πλάκες σκυροδέματος και υπόγεια.
 - Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής διογκωμένης πολυστερίνης χρησιμοποιείται σε εφαρμογές στα κτίρια ως θερμομόνωση δωμαίων, τοίχων και πατωμάτων.

Ιδιαίτερο πλεονέκτημα της διογκωμένης πολυστερίνης αποτελεί η ευκολία τοποθέτησής της.

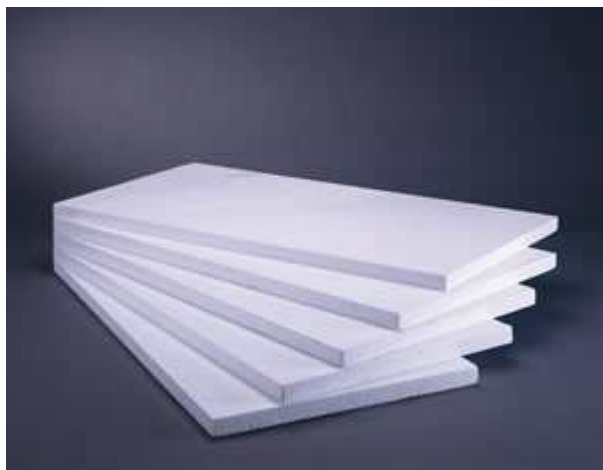


Εικόνα 47. Θερμομονωτικές πλάκες EPS. **Εικόνα 48.** Πλάκες EPS για θερμομονώση κεραμοσκεπών.

- Σε έργα πολιτικού μηχανικού χρησιμοποιείται για:
 - Θερμομόνωση και ηχομόνωση σε παντός είδους κτίρια, σε τοίχους, οροφές, δάπεδα,
 - Κατασκευή εξωτερικών μονώσεων σε παλαιά και νέα κτίρια,
 - Κατασκευή εξωτερικών και εσωτερικών διακοσμητικών κτιρίων,
 - Αναπαλαιώσεις κτιρίων υψηλού αισθητικού και ιστορικού ενδιαφέροντος,
 - Τοποθετήσεις ενδοδαπέδιων συστημάτων θέρμανσης,
 - Σεισμική θωράκιση των κτιρίων τόσο περιμετρικά στα θεμέλια όσο και σε γενική κοιτόστρωση (ανεστραμμένη πλάκα),
 - Κατασκευές κτιρίων με ελαφρά συστήματα τύπου πάνελ και βοηθητικών κατασκευών,
 - Ελαφρύ επίχωμα (υπόβαση) και συμπλήρωση πρανών σε χαλαρά, μικρής αντοχής εδάφη σε έργα οδοποιίας,
 - Κατασκευή προβλητών μικρών σκαφών σε λιμενικά έργα,
 - Κατασκευή ψυγείων και θερμοθαλάμων.
 - Κατασκευή ελαφρών και ταυτόχρονα μονωτικών κονιαμάτων στη διάστρωση δαπέδων από πάσης φύσεως υλικά

Πιο αναλυτικά χρησιμοποιείται σε:

1. Πλάκες εξωτερικής θερμομόνωσης



Εικόνα 49. Διογκωμένη πολυστερίνη με υψηλές μηχανικές αντοχές και μεγάλη σταθερότητα διαστάσεων, σε πλάκες.

Για εξωτερική θερμομόνωση κτιρίων σε διάφορα πάχη . Συνεργάζεται πολύ καλά με υλικά επικόλλησης και διάφορων επιχρισμάτων καταλλήλων για εξωτερική θερμομόνωση κτιρίων.

2. Πλάκες EPS-P



Εικόνα 50. Διογκωμένη πολυστερίνη με ειδική πατούρα στις τέσσερις πλευρές για τέλεια συναρμογή .

Για μόνωση σε δοκάρια ,κολώνες , πυλωτές και οροφές εξ αιτίας της ειδικής διαμόρφωσης με πρόσφυση στο σκυρόδεμα, σοβά κτλ.

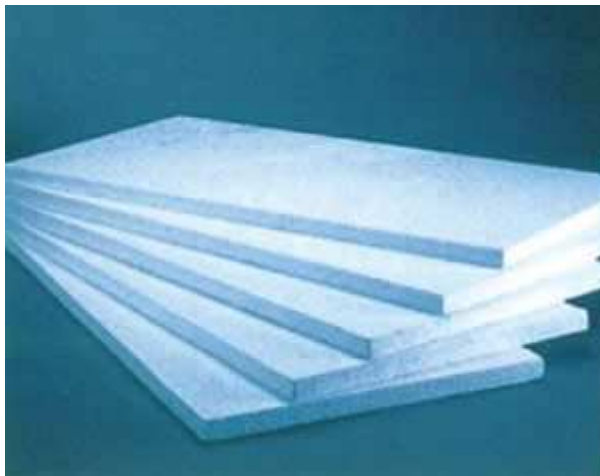
3. Πλάκες λευκού χρώματος (EPS-L)



Εικόνα 51. Διογκωμένη πολυστερίνη λευκή, πυκνότητας από 12 έως 25 kg/m³ σε πλάκες.

Για μόνωση , για διάκενα αρμών διαστολής κτιρίων και για συσκευασίες διαφόρων προϊόντων.

4. Πλάκες μπλέ χρώματος (EPS-B)



Εικόνα 52. Διογκωμένη πολυστερίνη μπλε, αυτοσβενύμενη με πατούρες στα άκρα.

Για μόνωση προσόψεων και διπλών τοίχων στα κτίρια.

5. Πλάκες EPS-Θεμελίωση



Εικόνα 53. Διογκωμένη πολυστερίνη με υψηλές μηχανικές αντοχές και αντισεισμικές ιδιότητες. Για θεμελιώσεις κτιρίων .Δεν απαιτείται να τοποθετηθεί ξυλότυπος στα πέδιλα και πεδιλοδοκούς.

- Στην βιομηχανία για την παραγωγή και την συσκευασία προϊόντων όπως:
 - Παιχνιδιών και εξαρτημάτων προστασίας (κράνη, προστατευτικά παιδότοπων κ.λπ.)
 - Ηλεκτρικών συσκευών και λευκών ειδών,
 - Παντός είδους εξαρτημάτων για την ασφαλή μεταφορά τους,
 - Τροφίμων και ποτών,
 - Ψυχρών και θερμών προϊόντων (παγωτά, πάστες, πίτσες, έτοιμα φαγητά),
 - Μεταφορά οικοσκευών,
 - Σερβίρισμα και μεταφορά κρύων και ζεστών ροφημάτων (καφέδες, αναψυκτικά)
 - Κατασκευή κυψελών στην μελισσοκομία,
 - Ανάπτυξη σποροφύτων στα θερμοκήπια,
 - Κατασκευή επίπλων κήπου
 - Κατασκευή πλαστικών προϊόντων υψηλής ποιότητας (κτένες, στυλό κ.λπ.)
 - Προφυλακτήρες και εξαρτήματα ταπετσαρίας αυτοκινήτων.



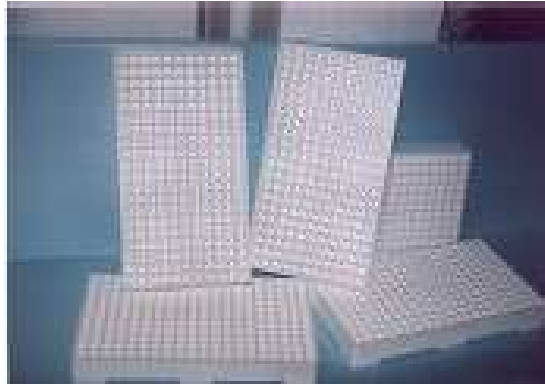
Εικόνα 54. Η διογκωμένη πολυστερίνη είναι καινοτόμος συσκευασία για τη συντήρηση των ευαίσθητων κηπευτικών.



Εικόνα 55. Η διογκωμένη πολυστερίνη έχει ιδιότητες που την καθιστούν ιδανική συσκευασία για τρόφιμα, όπως ψάρια, κρέας, φρούτα και λαχανικά, είδη ζαχαροπλαστικής.



Εικόνα 56. Σκεύη αλουμινίου- φενιζολ από διογκωμένη πολυστερίνη.



Εικόνα 57. Τα ριζωτήρια είναι κατασκευασμένα από ψηλής πυκνότητας διογκωμένη πολυστερίνη και είναι ειδικά σχεδιασμένα για την ανάπτυξη μικρών φυτών καπνού και λαχανικών.

6.5 Αφρός πολυουρεθάνης PU

Σήμερα, η πολυουρεθάνη είναι ένα από τα πλέον σημαντικά και ασταθή μέλη της οικογένειας των πλαστικών, και αυτή ακριβώς η σύνθεσή της είναι που την κάνει τόσο εύχρηστη. Το εύρος των εφαρμογών της πολυουρεθάνης είναι πολύ μεγάλο. Χρησιμοποιείται στα κτίρια, πολύ περισσότερο όμως στην βιομηχανία και τις εγκαταστάσεις, λόγω του ότι διατηρεί τις ιδιότητές της ακόμη και σε χαμηλές θερμοκρασίες.

- Η πολυουρεθάνη βρίσκει εφαρμογή σε μια ευρεία γκάμα προϊόντων:
 - Δημιουργία ειδικών καλουπιών, (αυτά εφαρμόζονται στις βιομηχανικές μονώσεις, σε σωλήνες και σε εξαρτήματα , όπως, βάνες, ταφ, κλπ για δίκτυα διανομής ρευστών και σε δεξαμενές αποθήκευσης ρευστών).
 - Σε οδοντιατρικά μηχανήματα.
 - Σε εξαρτήματα επαγγελματικών ψυγείων.
 - Σε κουβούκλια.
 - Σε Η/Υ.
 - Σε σκαλιστά μέρη επίπλων.
 - Σε μηχανήματα αισθητικής.

- Σε spoiler αυτοκινήτων.
- Διατίθεται στο εμπόριο σε μορφή αφρού, που χρησιμοποιείται για την επικάλυψη των καθαρών από ξένες ουσίες επιφανειών, στο εργοτάξιο με επί τόπου ψεκασμό, αφού, προσκολλάται στα περισσότερα οικοδομικά υλικά και ιδιαίτερα σε κυλινδρικές, σφαιρικές και καμπύλες επιφάνειες, επειδή διαθέτει ιδιαίτερα καλές συγκολλητικές ιδιότητες.
- Σε μορφή σκληρών πλακών και μορφοποιημένων κομματιών από αφρό, πλακών με επιφανειακή επίστρωση αδιαβροχοποιημένου χαρτιού, πολλαπλών στρωμάτων ή φύλλων αλουμινίου. Οι τελευταίες παράγονται και σχηματοποιούνται από τον αφρό πολυουρεθάνης στο εργοστάσιο και οι πλάκες έρχονται έτοιμες για τοποθέτηση στο εργοτάξιο. Οι πλάκες εφαρμόζονται στη θερμομόνωση:
 - Εξωτερικής τοιχοποιίας.
 - Δωματών -Στεγών -Δαπέδων.
 - Ψυκτικών θαλάμων και αυτοκινήτων ψυγείων.
 - Αγροτικών κτιρίων.
- Σε ειδικά μορφοποιημένα κοχύλια που βρίσκουν εφαρμογή στη μόνωση σωληνώσεων. Τα κοχύλια εφαρμόζονται (θερμοκρασία λειτουργίας μέχρι 100 °C) σε:
 - Σωληνώσεις μεταφοράς αερίων.
 - Σωληνώσεις ψύξης.
 - Σωληνώσεις θέρμανσης.
 - Σωληνώσεις κλιματισμού.



Εικόνα 58. Απαλό νάιλον βελούδινης υφής συζευγμένο με αφρό πολυουρεθάνης για δυνατότητα αναπνοής.



Εικόνα 59. Ένας κύβος φτιαγμένος με αφρό πολυουρεθάνης. Όλο το σώμα είναι διάτρητο από διάσπαρτα τρίγωνα ώστε να μην είναι συμπαγές και να μπορεί να διπλωθεί μόλις δεχτεί πίεση.



Εικόνα 60. Σωσίβιο με εσωτερικό γέμισμα από πολυουρεθάνης.



Εικόνα 61. Στρώμα με αφρό αφρό πολυουρεθάνης .



Εικόνα 62. Για στεγάνωση και προστασία.



Εικόνα 63. Γαλβανισμένη λαμαρίνα και εσωτερική μόνωση αφρού πολυουρεθάνης.



Εικόνα 64. Αρχικά γεμίστηκαν τα κενά με αφρό πολυουρεθάνης.



Εικόνα 65. Δημιουργία προσομοίωσης
Η πράσινη είναι λαβής από
αφρό πολυουρεθάνης.



Εικόνα 66. Στα περιμετρικά τοιχώματα της πισίνας τοποθετούνται πάνελ πολυουρεθάνης διαστάσεων. Τα πάνελ πολυουρεθάνης αποτελούνται από δύο ειδικά διαμορφωμένα ελασματόφυλλα, ανάμεσα στα οποία εγχύεται και ωριμάζει μέσα σε θερμαινόμενη πρέσσα σκληρός αφρός πολυουρεθάνης.. Τα ελασματόφυλλα αποτελούνται από γαλβανισμένη εν θερμό λαμαρίνα με και είναι βαμμένα με ακρυλική βαφή.

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις – γήρανση των πολυμερών θερμομονωτικών υλικών.

7.1 Υαλοβάμβακας

Ο υαλοβάμβακας:

- Δε συρρικνώνεται, δε σχίζεται, δε θρυμματίζεται.
- Διατηρεί εξαιρετική χημική συμπεριφορά με εξαίρεση στο υδροχλωρικό οξύ.
- Δεν διαβρώνει τα μέταλλα.
- Είναι άκαυστο υλικό.
- Δεν φθείρεται με το πέρασμα του χρόνου, διατηρώντας παράλληλα όλες τις ιδιότητές του.
- Δεν προσβάλλεται από έντομα και παράσιτα.
- Οι ιδιότητές του δεν επηρεάζονται από την ηλιακή ακτινοβολία.
- Είναι άοσμος.

7.2 Πετροβάμβακας

Ο πετροβάμβακας είναι :

- Χημικά αδρανής, δεν διαβρώνει τα μέταλλα και δεν προσβάλλεται από διαλύτες.
- Δεν σαπίζει.
- Είναι άκαυστο υλικό.
- Εφαρμόζεται σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών.
- Δεν φθείρεται με το πέρασμα του χρόνου, διατηρώντας παράλληλα όλες τις ιδιότητές του και την σταθερότητα των διαστάσεών του.
- Δεν προσβάλλεται από έντομα, παράσιτα και μύκητες.
- Οι ιδιότητές του δεν επηρεάζονται από την ηλιακή ακτινοβολία.
- Είναι άοσμος.

7.3 Εξηλασμένη πολυστερίνη XPS

Η εξηλασμένη πολυστερίνη:

- Προσβάλλεται από έντομα και τρωκτικά (Η τεχνική λύση για την αποφυγή της προσβολής της από έντομα και τρωκτικά συστήνει τον εγκλωβισμό της εξηλασμένης πολυστερίνης στο δομικό στοιχείο ή την επικάλυψη της με επίχρισμα).
- Είναι ευαίσθητη στους διαλύτες και στην ηλιακή ακτινοβολία, η οποία αποχρωματίζει την επιφάνειά της και καθιστά τις κυψέλες της εύθραυστες.(Η προστασία της από την ηλιακή ακτινοβολία επιτυγχάνεται επίσης με επικάλυψη με τσιμεντοσανίδες, πλάκες ορυκτών ινών και ψευδομωσαϊκού, γυψοσανίδες ή ξηρή χαλικόστρωση).
- Αυτοσβενόμενο υλικό.
- Έχει ομοιομορφία μάζας και σταθερότητα διαστάσεων

7.4 Διογκωμένη πολυστερίνη EPS

Η διογκωμένη πολυστερίνη είναι ένα από τα καλύτερα μονωτικά υλικά σε ότι αφορά το σεβασμό του περιβάλλοντος. Δεν περιέχει και δεν χρησιμοποιεί CFCs ή HCFCs κατά τη διάρκεια της κατασκευής της και συνεπώς, δεν βλάπτει το όζον.

Τα περιβαλλοντικά αποτελέσματα της κατασκευής των πρώτων υλών της διογκωμένης πολυστερίνης (διαστελλόμενη σταγόνα πολυστερίνης) και η μετατροπή τους σε μόνωση διογκωμένης πολυστερίνης, είναι μικρά.

Καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της μόνωσης διογκωμένης πολυστερίνης τα κύρια περιβαλλοντικά αποτελέσματα είναι αυτά των ουσιών που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα, κυρίως όταν οι πρώτες ύλες της δημιουργούνται και όταν η μονωτική σανίδα παραδίδεται στους χρήστες. Η κυριότερη ουσία είναι το πεντάνιο (χρησιμοποιείται ως μέσον διόγκωσης), που απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της μετατροπής των πρώτων υλών σε σανίδα μόνωσης, κι έχει ένα ελάχιστο ενδεχόμενο παγκόσμιας θερμότητας συνεισφέροντας μηδαμινά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Όταν η διογκωμένη πολυστερίνη εγκατασταθεί σε ένα κτίριο, τα επίπεδα εκπομπής

είναι αμελητέα, εν μέρει εξαιτίας του γεγονότος ότι ο όγκος της αποτελείται από 98% αέρα ακόμα:

- Είναι ευαίσθητη στην ηλιακή ακτινοβολία, καθώς σε εκτεταμένη διάρκεια έκθεσης της στον ήλιο, αλλάζει το χρώμα της σε ελαφρώς κιτρινωπό, σκληραίνεται και θρυμματίζεται. .
- Η διογκωμένη πολυστερίνη προσβάλλεται από έντομα, τρωκτικά και ποικιλία χημικών διαλυτών (κετόνες, βενζόλιο, βενζίνη κ.ά.) και δεν προτείνεται η χρήση ασφαλτόπανων.

7.5 Αφρός πολυουρεθάνης PU

Ο αφρός πολυουρεθάνης:

- επηρεάζεται αν μείνει εκτεθειμένος στην ηλιακή ακτινοβολία, καθώς οι επιφανειακές κυψέλες αδυνατίζουν και το υλικό θρυμματίζεται και κατά την καύση του παράγει σε μικρές ποσότητες τοξικά αέρια.
- Σταθερότητα διαστάσεων.
- Αντοχή στη γήρανση και τη σήψη.
- Χημικά αδρανής.
- Αυτοσβενόμενο υλικό.
- προσβάλλεται από τρωκτικά.

Ανακύκλωση των πολυμερών θερμομονωτικών υλικών

8.1 Υαλοβάμβακας

Ο υαλοβάμβακας σε σχέση με κάθε άλλο προϊόν, ως προς την σωστή και αποτελεσματική μόνωση κάθε κατασκευής εξασφαλίζει βελτίωση συνθηκών διαμονής και εργασίας, υγιεινή διαβίωση και ποιότητα ζωής, εξοικονόμηση ενέργειας και σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα απόσβεση της αξίας του. Ακόμα συμβάλει στην προστασία του περιβάλλοντος.

Ο υαλοβάμβακας είναι το μοναδικό υλικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κάθε είδους μόνωση από τη μικρή κατοικία μέχρι και την βαριά βιομηχανία, συμβάλλοντας δηλαδή ουσιαστικά στην αποφόρτιση της ατμόσφαιρας από τις τοξικές και δηλητηριώδεις ουσίες και στην προστασία του φυσικού μας περιβάλλοντος.

8.2 Πετροβάμβακας

Ο πετροβάμβακας στο τέλος της ωφέλιμης ζωής του πρακτικά δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Είναι όμως ανακυκλώσιμος και η συνηθέστερη πρακτική αφορά στη χρησιμοποίησή του ως πρώτη ύλη για την παραγωγή καινούριου πετροβάμβακα.

Μπορεί επίσης να τοποθετηθεί σε χώρο υγειονομικής ταφής απορριμμάτων χωρίς να επηρεάζει το έδαφος, καθώς το ποσοστό του οργανικού άνθρακα που εμπεριέχει βρίσκεται κάτω από το 1,5% της συνολικής μάζας, αρκετά δηλαδή πιο χαμηλά από το επιτρεπτό όριο.

8.3 Εξηλασμένη πολυστερίνη XPS

Η εξηλασμένη πολυστερίνη λόγω της χημικής της σύστασης δεν μπορεί να ανακυκλωθεί, δεν μπορεί να θαφτεί ούτε να καεί λόγω των χημικών που έχουν χρησιμοποιηθεί. Είναι ένα υλικό που θα δημιουργήσει ένα σημαντικό πρόβλημα στο μέλλον όταν οι ποσότητες που έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές θα πρέπει να απομακρυνθούν είτε λόγω παλαιότητας είτε λόγω ανακαίνισης είτε λόγω αντικατάστασης.

8.4 Διογκωμένη πολυστερίνη EPS

Η διογκωμένη πολυστερίνη ανακυκλώνεται πολύ εύκολα. Η ανακύκλωση, της μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας την πολυστερίνη ως πρώτη ύλη για την παραγωγή καινούριας πολυστερίνης, μια πρακτική η οποία υιοθετείται από τη βιομηχανία παραγωγής μονωτικών υλικών.

Επίσης μπορεί να ανακυκλωθεί αν ανακτηθεί, χωρίς μολύνσεις, από άλλα υλικά. Τα απορρίμματα της μπορούν να αλεσθούν και να αναμειχθούν με νέα διογκωμένη πολυστερίνη και να παράγουν νέα αφρώδη προϊόντα. Δηλαδή να χρησιμοποιηθούν ως χυτά τεμάχια, κυρίως ως υλικά συσκευασίας και προστασίας κατά τις μεταφορές, μετά από κατάλληλη θερμική επεξεργασία.

Η πολυστερίνη μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί μετά από θερμική επεξεργασία, για την παρασκευή άκαυστου, υψηλών προδιαγραφών, ελαφρού σκυροδέματος (ελαφρομετό), πρώτη ύλη για καύση, ανακυκλωμένο πλαστικό κ.α.

Εναλλακτικά, μπορεί να λιωθεί και να συμπιεστεί με σκοπό να δημιουργηθεί συμπαγής πολυστερίνη, για είδη όπως γλάστρες, φυτά, κρεμάστρες, 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, η διογκωμένη πολυστερίνη 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.

Αν και είναι ένα οικολογικό, αδρανές και φιλικό προς το περιβάλλον υλικό δεν επιτρέπεται να ρίχνεται στις χωματερές λόγω της αντοχής της στο χρόνο.

8.5 Αφρός πολυουρεθάνης PU

Προς το παρόν δεν υπάρχουν λεπτομερή στοιχεία σχετικά με τυχόν περιβαλλοντική τοξικότητα του αφρού πολυουρεθάνης, συνεπώς πρέπει να αποφεύγεται η έκλυσή του στην αποχέτευση και στο υδάτινο περιβάλλον και η ελευθέρωση του στο περιβάλλον.

Πειραματικό μέρος

9.1 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν – μηχανή δοκιμασίας

Για την υλοποίηση του πειραματικού μέρους της συγκεκριμένης πτυχιακής χρησιμοποιήθηκαν:

- a) 10 δοκίμια εξηλασμένης πολυστερίνης XPS πυκνότητας $28-32 \text{ kg/m}^3$ και διαστάσεων $7 \times 7 \times 5 \text{ cm}$



Εικόνα 67. Πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης.

- b) καθώς και 10 δοκίμια διογκωμένης πολυστερίνης EPS από τρεις διαφορετικές πυκνότητες

1. EPS 20 ή EPS 100 που αντιστοιχεί σε πυκνότητα $18-20 \text{ kg/m}^3$,
2. EPS 16 ή EPS 80 που αντιστοιχεί σε πυκνότητα $14-16 \text{ kg/m}^3$
3. EPS ΟΙΚ ή EPS 50 που αντιστοιχεί σε πυκνότητα $8-10 \text{ kg/m}^3$

διαστάσεων $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}$.



Εικόνα 68. Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης.

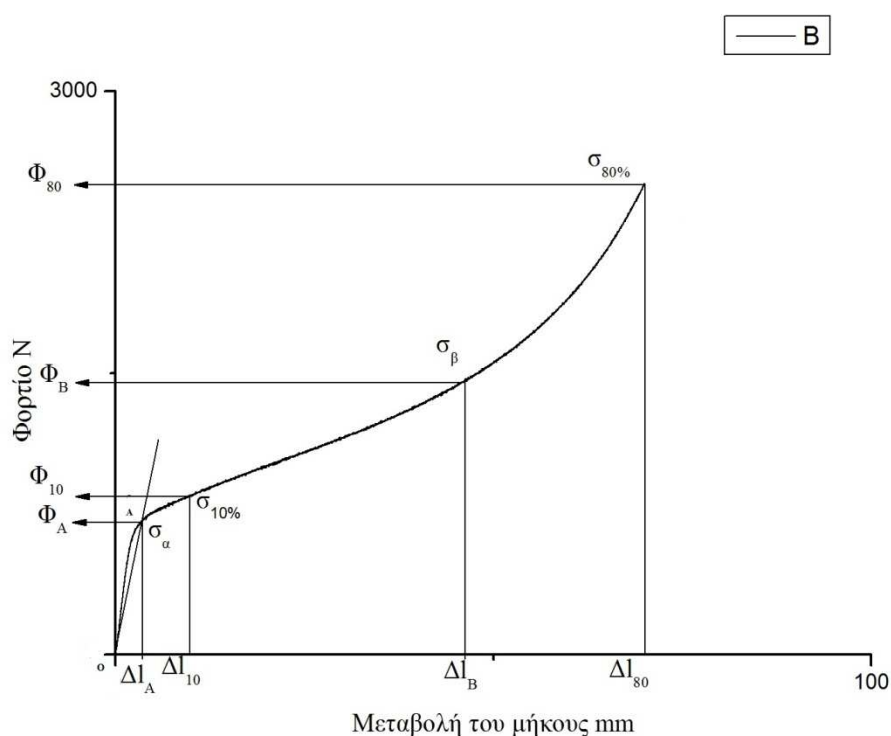
Τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν έγιναν για συμπίεση 80% των 5 δοκιμίων του κάθε υλικού και για κόπωση σε τρεις φάσεις για 10% στα υπόλοιπα 5 δοκίμια του κάθε υλικού στην παρακάτω μηχανή δοκιμασίας ‘ΠΡΕΣΑ’



Εικόνα 69. Μηχανή δοκιμασίας ‘ΠΡΕΣΑ’.

9.2 Αποτελέσματα

Οι δοκιμασίες συμπίεσης (θλίψεως) των δοκιμιών έγιναν με βάση το πρότυπο ISSN 1392 – 1320. Η ταχύτητα εφαρμογής τάσης ήταν 12,7 min/mm για όλες τις δοκιμασίες. Από κάθε δοκιμασία θλίψεως προέκυπτε ένα διάγραμμα “Φορτίου N – Μεταβολής του μήκους mm” . Τα διαγράμματα θλίψεως είχαν την τυπική μορφή της εικόνας.70



Εικόνα 70. Διάγραμμα “Φορτίου N – Μεταβολής του μήκους mm”

Από το κάθε διάγραμμα υπολογίστηκαν οι παρακάτω παράμετροι:

$\sigma_A = \frac{\Phi_A}{S}$: Αντιστοιχεί στη μέγιστη τάση στην οποία το υλικό διατηρεί την ελαστική συμπεριφορά, δηλαδή η τάση είναι ανάλογη της παραμόρφωσης.

$\sigma_{10\%} = \frac{\Phi_{10}}{S}$: Αντιστοιχεί στη τάση που προκύπτει παραμόρφωση 10%.

$\sigma_B = \frac{\Phi_B}{S}$: Αντιστοιχεί στη τάση που τελειώνει η πλαστική περιοχή του υλικού.

Είναι η τάση που κυψελίζει τη δομή του υλικού και αρχίζουν να χάνουν τη σταθερότητα τους.

$\sigma_{80\%} = \frac{\Phi_{80}}{S}$: Αντιστοιχεί στη τάση που προκύπτει παραμόρφωση 80%. Στη τάση

αυτή η διάρρηξη των κυψελίδων του υλικού είναι σχεδόν πλήρης.

Από το ευθύγραμμο τμήμα της καμπύλης ΟΑ το οποίο αντιστοιχεί στην ελαστική περιοχή του υλικού υπολογίζεται η κλίση $\frac{N}{mm}$ και από την κλίση το μέτρο ελαστικότητας με βάση τον μετασχηματισμό.

$$E \text{ (μέτρο ελαστικότητας)} = \frac{\text{(κλίση)} \cdot d \text{ (πάχος δοκιμίου)}}{S \text{ (διατομή δοκιμίου)}} \Rightarrow$$

$$E \text{ (μέτρο ελαστικότητας)} = \frac{N}{mm} * \frac{mm}{mm^2} \Rightarrow$$

$$E \text{ (μέτρο ελαστικότητας)} = \frac{N}{mm^2} \Rightarrow$$

$$E \text{ (μέτρο ελαστικότητας)} = \frac{N}{m^2} * 10^6 \Rightarrow$$

$$E \text{ (μέτρο ελαστικότητας)} = P_a * 10^6 \Rightarrow$$

$$E \text{ (μέτρο ελαστικότητας)} = MP_a$$

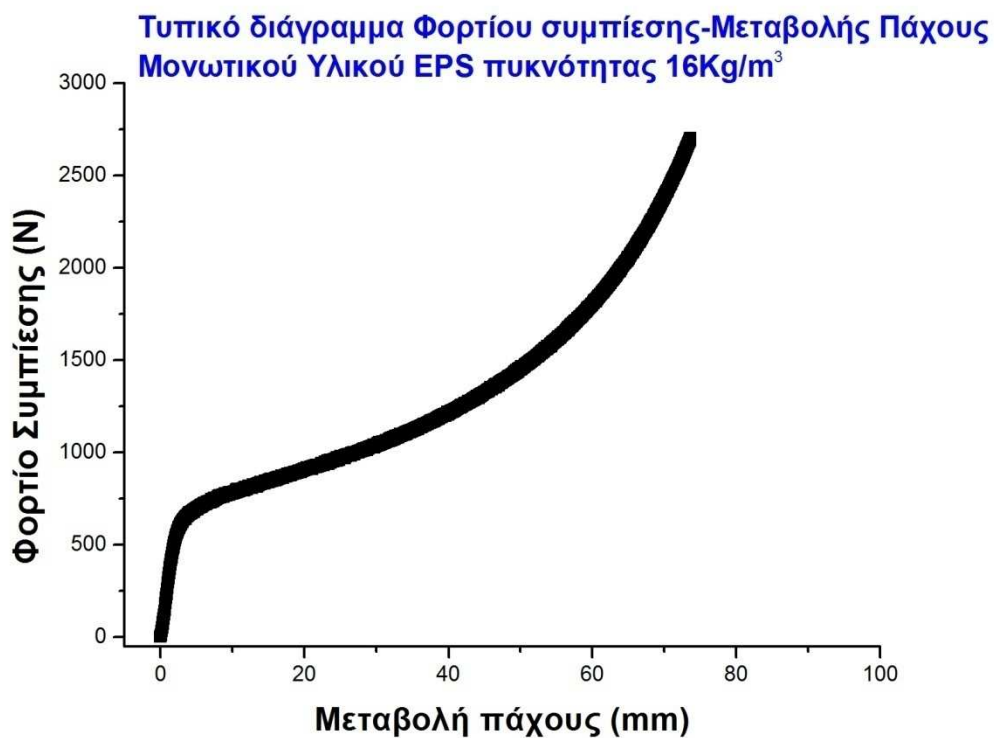
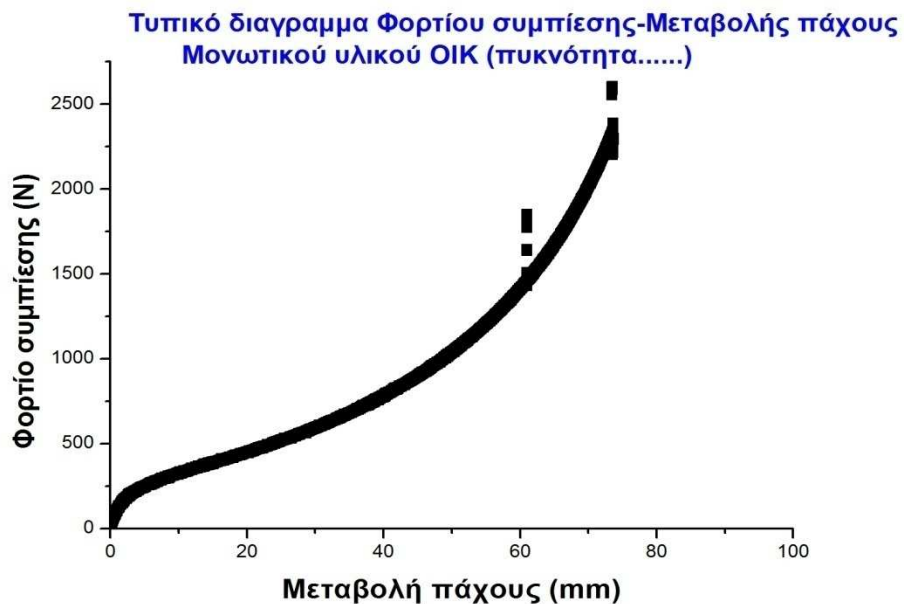
9.2.1 Πίνακες μετρήσεων - αποτελεσμάτων

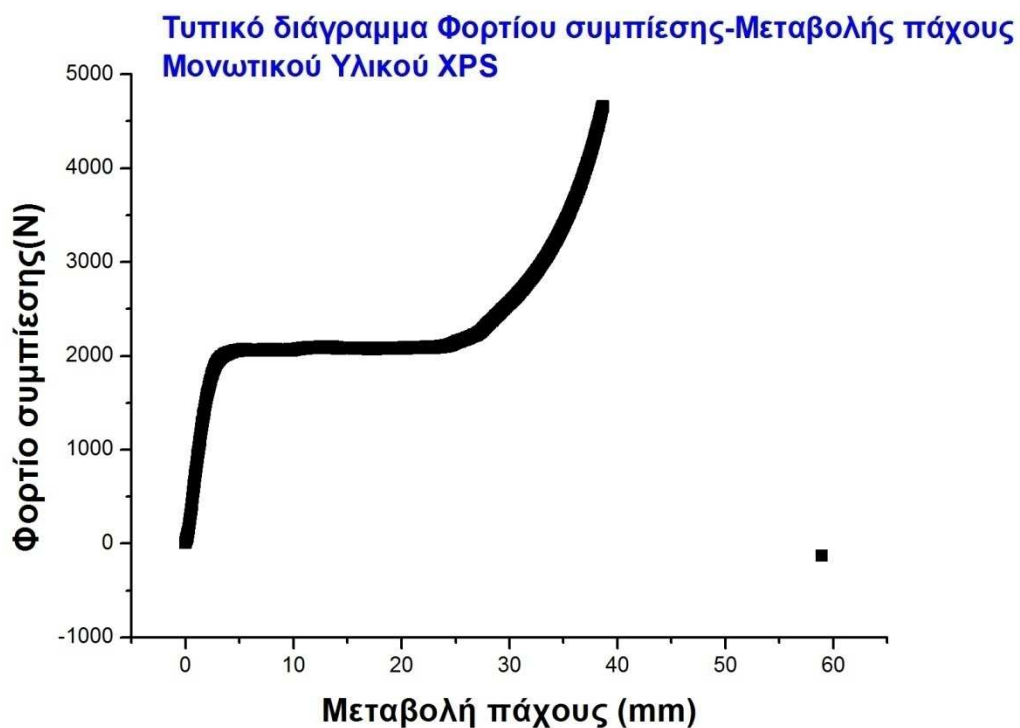
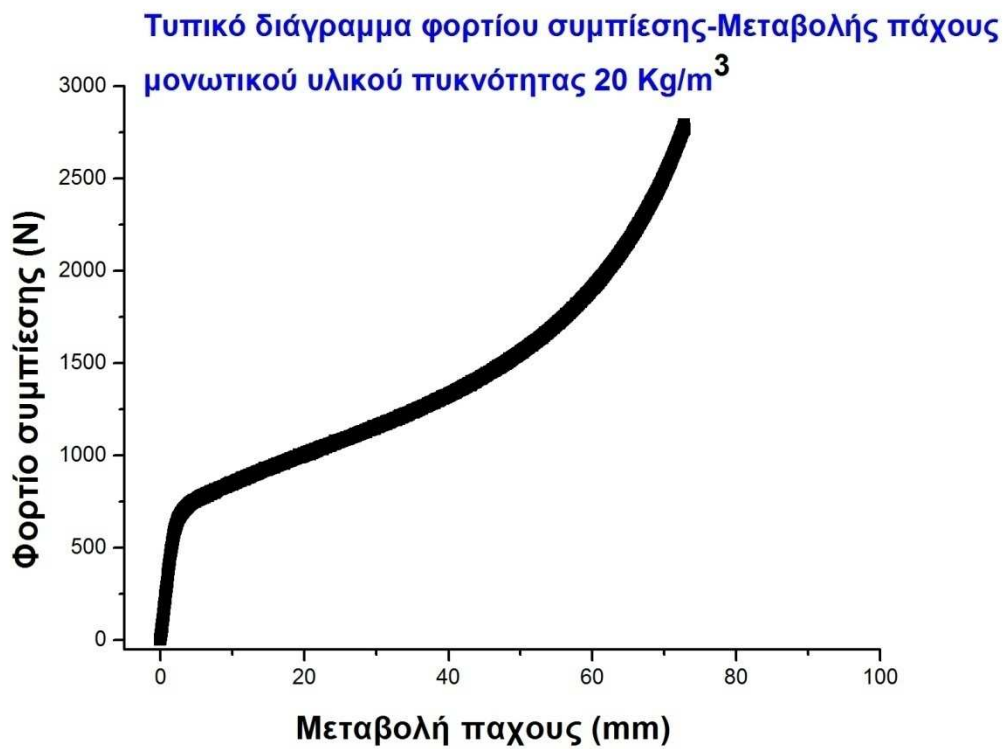
Πίνακας 12. Αποτελεσμάτων Πειραμάτων Συμπίεσης (θλίψεως)

Υλικό EPS-16					Ελαστική περιοχή των διαγραμμάτων
Δοκίμιο	Φ_{α} (N)	$\Phi_{10\alpha}$ (N)	Φ_{β} (N)	Φ_{80} (N)	N/mm
1	681	913	1664	4000	293
2	615	790	1400	3700	320
3	587	718	1338	3900	300
4	545	688	1403	3900	259
5	410	544	1168	3400	294
MO	607	777	1451	3875	293,2
Υπολογισμός μηχανικών τάσεων-Μέτρου Ελαστικότητας					
σ_{α} (MPa)	$\sigma_{10\%}$ (MPa)	σ_{β} (MPa)	$\sigma_{80\%}$ (MPa)	E(MPa)	
6,07	8	15	38,75	29,3	
Υλικό EPS-20					Ελαστική περιοχή των διαγραμμάτων
Δοκίμιο	Φ_{α} (N)	$\Phi_{10\alpha}$ (N)	Φ_{β} (N)	Φ_{80} (N)	N/mm
1	646	851	1795	4000	546
2	770	1004	1940	4200	584
3	740	954	2057	4100	535
4	714	923	1943	4300	590
5	753	875	1995	4320	570
MO	744	939	1984	4230	565
Υπολογισμός μηχανικών τάσεων-Μέτρου Ελαστικότητας					
σ_{α} (MPa)	$\sigma_{10\%}$ (MPa)	σ_{β} (MPa)	$\sigma_{80\%}$ (MPa)	E(MPa)	
7,44	9,39	19,84	42,3	56,5	
Υλικό EPS-OIK					Ελαστική περιοχή των διαγραμμάτων
Δοκίμιο	Φ_{α} (N)	$\Phi_{10\alpha}$ (N)	Φ_{β} (N)	Φ_{80} (N)	N/mm
1	112	301	1071	2750	136
2	90	308	1062	3150	112
3	124	322	1147	3200	141
4	125	340	1194	3250	101
5	102	364	1241	3250	144
MO	110,6	327	1143	3120	126,8
Υπολογισμός μηχανικών τάσεων-Μέτρου Ελαστικότητας					
σ_{α} (MPa)	$\sigma_{10\%}$ (MPa)	σ_{β} (MPa)	$\sigma_{80\%}$ (MPa)	E(MPa)	
1,11	3,24	11,43	31,2	12,7	
Υλικό XPS					Ελαστική περιοχή των διαγραμμάτων
Δοκίμιο	Φ_{α} (N)	$\Phi_{10\alpha}$ (N)	Φ_{β} (N)	Φ_{80} (N)	N/mm
1	1043	1316	1527	4700	940
2	1612	1967	2156	4800	955
3	1716	2051	2215	4900	1130
4	1750	2150	2245	4700	1058
5	1650	1996	2336	5300	980
MO	1682	2041	2238	4925	1012,6
Υπολογισμός μηχανικών τάσεων-Μέτρου Ελαστικότητας					
σ_{α} (MPa)	$\sigma_{10\%}$ (MPa)	σ_{β} (MPa)	$\sigma_{80\%}$ (MPa)	E(MPa)	
34,1	41,64	45,66	100,47	103,33	

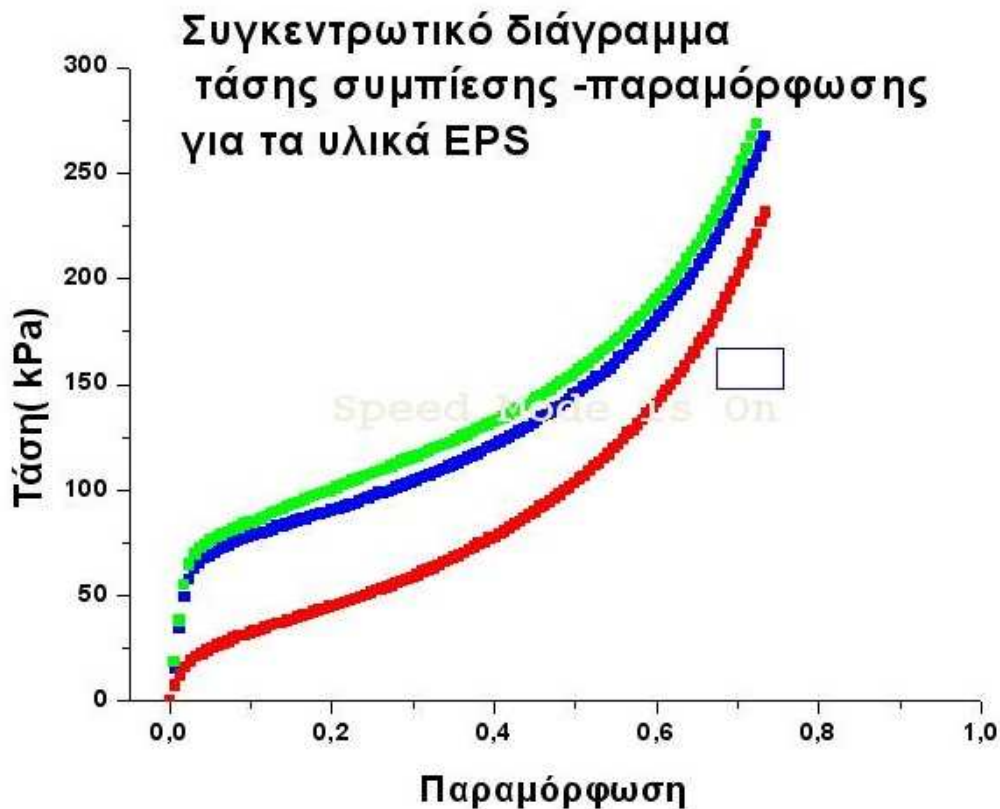
9.2.2 Διαγράμματα

Στην εικόνα 71 δίνεται το τυπικό διάγραμμα “Φορτίου N – Μεταβολής του πάχους mm” για τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν με τη πυκνότητα τους.





Εικόνα 71. Τυπικά διαγράμματα “Φορτίου N – Μεταβολής του πάχους mm” για τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν με τη πυκνότητα τους.

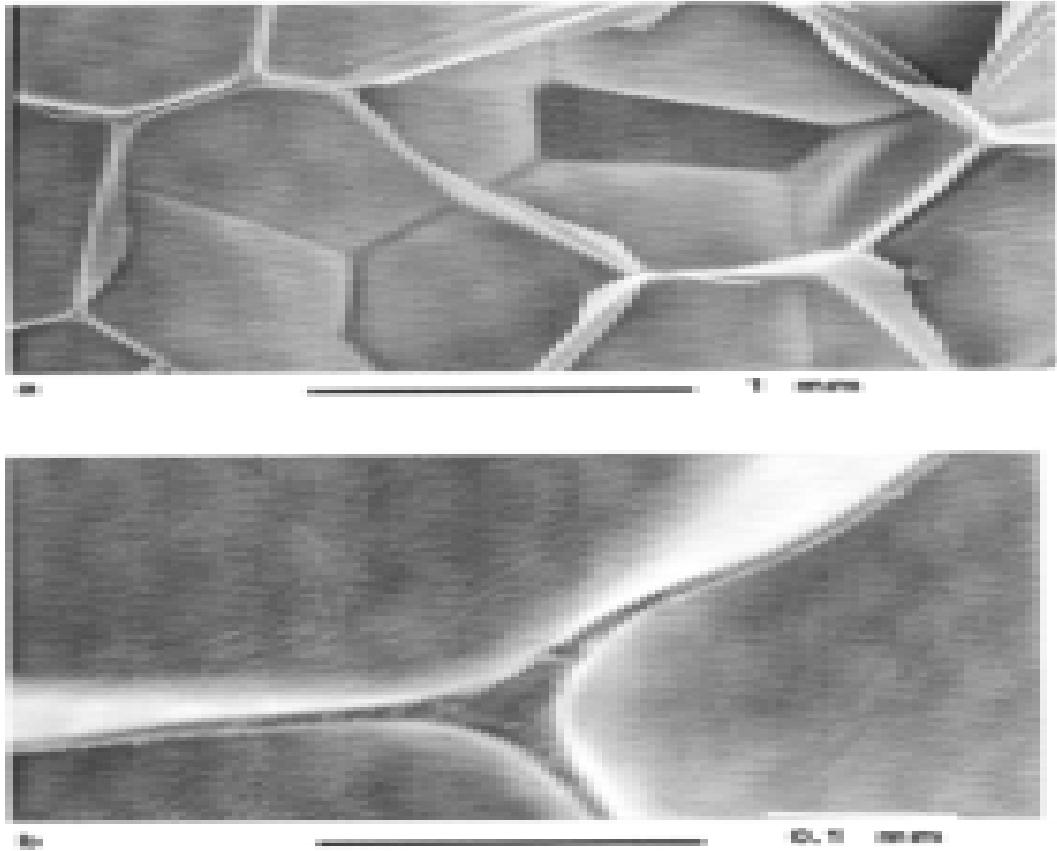


Εικόνα 72. Συγκεντρωτικό διάγραμμα τάσης συμπίεσης- παραμόρφωσης για τα υλικά EPS

9.3 Συζήτηση αποτελεσμάτων

Για τη κατανόηση των αποτελεσμάτων είναι απαραίτητο να αναφέρουμε τη δομή των υλικών που χρησιμοποιήσαμε στις διάφορες πυκνότητες.

Το υλικό EPS και XPS ανήκει στην κατηγορία των αφρώδων θερμοπλαστικών (Foams Thermoplastics). Η δομή τους δημιουργείται με εμφύσηση αερίου στο υγρό (τηγμένο υλικό). Καθώς οι φυσαλίδες αέρα κινούνται διαμέσου του υλικού δημιουργούν κυψελίδες στις οποίες εγκλωβίζεται αέριο. Καθώς η πυκνότητα του υλικού μειώνεται σχηματίζεται μια δομή κλειστών κυψελίδων και αυτά αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως αφρώδη πολυμερή κλειστών κυψελίδων. Στην εικόνα 73 απεικονίζεται η μικροδομή κλειστών κυψελίδων αφρώδους πολυστυρενίου.



Εικόνα 73. Δομή αφρώδους πολυστυρένιου κλειστών κυψελίδων.

Από τα δεδομένα μας προκύπτει ότι $\sigma_a < \sigma_{10\%} < \sigma_b < \sigma_{80\%}$. Δηλαδή παρατηρείται σκλήρυνση του υλικού με την αύξηση της παραμόρφωσης δηλαδή κάτι ανάλογο που παρατηρούμε στα μέταλλα και στα μη αφρώδη θερμοπλαστικά.

Η σκλήρυνση των αφρώδων υλικών, όταν αυτά συμπιέζονται, οφείλεται στην αύξηση της πίεσης του αερίου μέσα στις κλειστές κυψελίδες.

Λόγω της τακτικής συμπίεσης, δεν δίνεται η δυνατότητα στο αέριο να διαχυθεί μέσα από τα τοιχώματα, αυτών των κυψελίδων και έτσι το υλικό συμπεριφέρεται σαν αέριο μέσα σε πιστόνι. Η συμπίεση του αερίου στις κυψελίδες είναι μεταξύ αδιαβατικής και ισόθερμης και μπορούμε να θεωρήσουμε ότι εφαρμόζεται ο νόμος του Boyle για τα αέρια.

Με βάση αυτή την παραδοχή έχει αποδειχθεί η παρακάτω σχέση για τη συμπίεση αφρώδους υλικού.

$$p(\text{ή } \sigma) = \sigma_0 + \frac{P_0 \varepsilon}{1 - \varepsilon - R}$$

Όπου p ή σ : η πίεση που εφαρμόζεται στο υλικό σε Pa(N/m²)

σ_0 : σταθερά η οποία εξαρτάται από το δομικό υλικό

P_0 : η αρχική πίεση του αερίου μέσα στις κυψελίδες η οποία είναι της τάξης του 0,1 έως 0,2 MPa.

ε : η παραμόρφωση και

R : η σχετική πυκνότητα δηλαδή το κλάσμα

$$R = \frac{d_F}{d_m} = \frac{\text{πυκνότητα αφρώδους υλικού}}{\text{πυκνότητα μη αφρώδους υλικού}}$$

Από τη γραφική παράσταση της τάσης ως προς τη παραμόρφωση $\cdot \frac{\varepsilon}{1 - \varepsilon - R}$

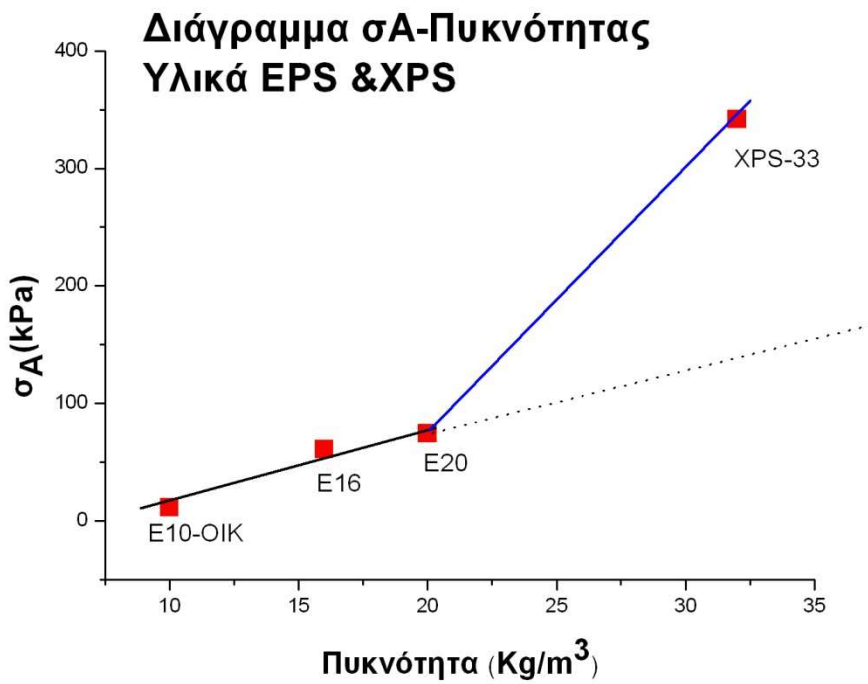
μπορούμε να υπολογίσουμε την πίεση P_0 του αερίου στις κλειστές κυψελίδες του υλικού.

9.3.1. Συσχέτιση πυκνότητας υλικών με τις παραμέτρους

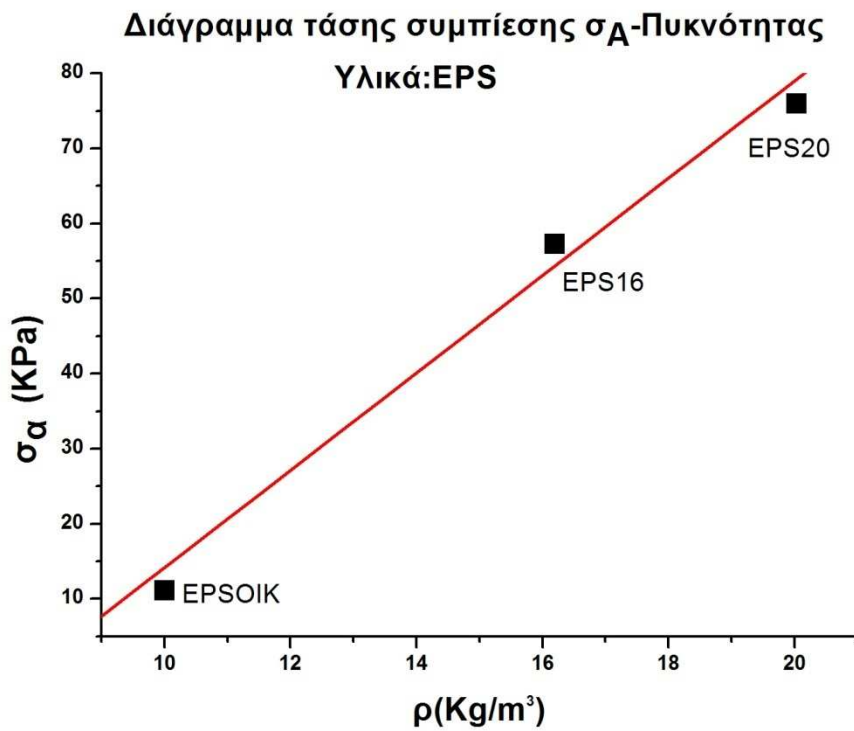
$$\sigma_a, \sigma_{10\%}, \sigma_b, \sigma_{80\%}, E$$

Στην εικόνα 74 απεικονίζεται το διάγραμμα της τάσης συμπίεσης σ_a συναρτήσει της πυκνότητας των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν. Παρατηρούμε ότι μεταξύ της τάσης σ_a και της πυκνότητας υπάρχει γραμμική συσχέτιση για τα υλικά τύπου EPS (Διογκωμένη Πολυστερίνη) ενώ το υλικό XPS (Εξηλασμένη Πολυστερίνη) φαίνεται να μην υπακούει στη συσχέτιση αυτή.

Στην εικόνα 75 απεικονίζεται το διάγραμμα της τάσης συμπίεσης σ_a συναρτήσει της πυκνότητας μόνο για τα υλικά τύπου EPS.



Εικόνα 74. Διάγραμμα γραμμικής συσχέτισης $\sigma_a - \rho$



Εικόνα 75. Διάγραμμα τάσης $\sigma_a - \rho$ μόνο για τα υλικά τύπου EPS

Από τα δεδομένα του σχήματος ($\sigma_a - \rho$) για τα υλικά EPS προκύπτει γραμμική συσχέτιση μεταξύ σ_a και ρ με συντελεστή γραμμικής συσχέτισης $R_{\sigma_a, \rho}^2 = 0,9805$ και μέση τετραγωνική απόκλιση $S_{tar} = 9,4$ KPa.

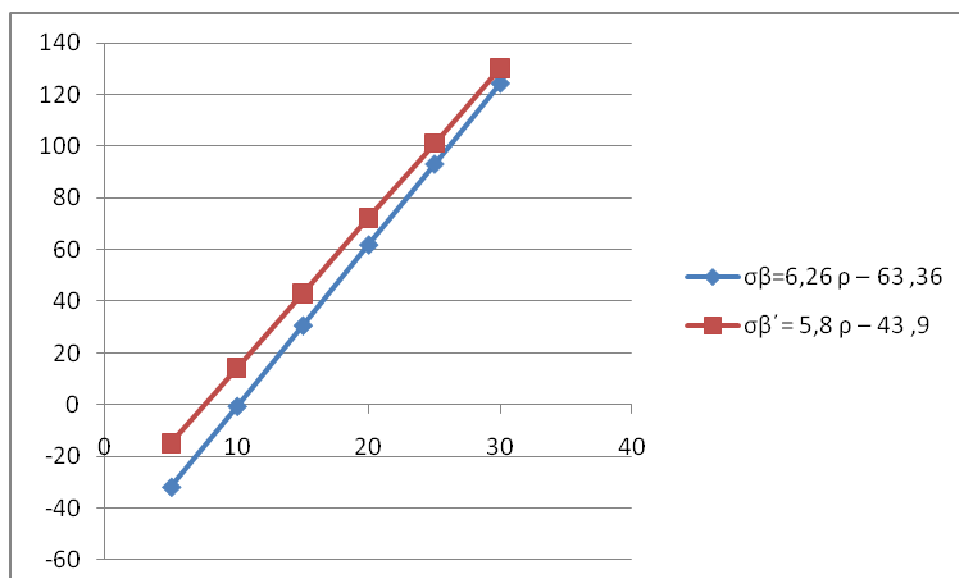
Η γραμμή ελάχιστων τετραγώνων που περιγράφει τη συσχέτιση εκφράζεται με τη σχέση $\bar{\sigma}_B = 6,48 \rho - 50,67$.

Το κάθε σημείο της γραμμής μας είναι αποτέλεσμα μέσου όρου 5 μετρήσεων. Δηλαδή η απεικόνιση μας είναι αποτέλεσμα 15 μετρήσεων. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία για μεγάλο αριθμό μετρήσεων η τιμή S_{tar} διορθώνεται με τον

συντελεστή 1,35 οπότε γίνεται : $\bar{S}_{tar} = 9,4 \text{ KPa} * 1,35 \Rightarrow$
 $\bar{S}_{tar} = 12,69 \text{ KPa}$

Οπότε η εξίσωση γραμμής γίνεται: $\bar{\sigma}_B = 6,26 \rho - 63,36$.

Η εξίσωση αυτή φαίνεται να βρίσκεται πολύ κοντά στην αντίστοιχη εξίσωση για υλικά EPS άλλης βιομηχανίας. Η εξίσωση αυτή είναι $\bar{\sigma}_B' = 5,8 \rho - 43,9$.

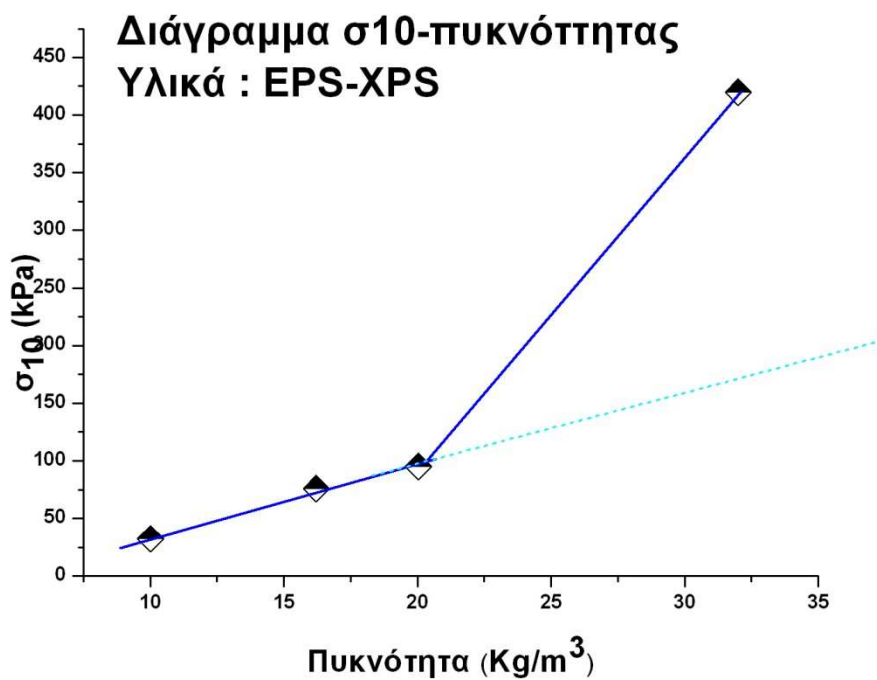


Εικόνα 76. Διάγραμμα σύγκρισης εξισώσεων

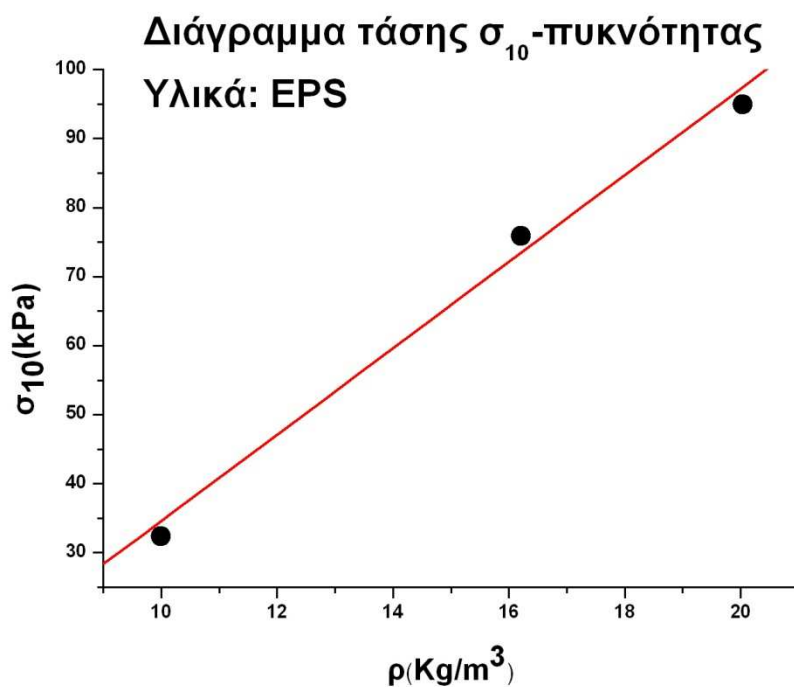
9.3.2. Συσχέτιση $\sigma_{10\%}$ με τις πυκνότητες ρ υλικών EPS

Παρατηρούμε και πάλι ότι το υλικό XPS δεν υπακούει στη γραμμική συσχέτιση. Οι λόγοι απόκλισης του υλικού XPS θα εξηγηθούν παρακάτω.

Στις εικόνες 77 και 78 απεικονίζεται η τάση $\sigma_{10\%}$ συναρτήσει της πυκνότητας ρ των υλικών.



Εικόνα 77. Διάγραμμα γραμμικής συσχέτισης $\sigma_{10\%}$ - ρ



Εικόνα 78. Διάγραμμα τάσης $\sigma_{10\%}$ - ρ μόνο για τα υλικά τύπου EPS

Από τα δεδομένα του σχήματος $\sigma_{10\%}$ - ρ για τα υλικά EPS προκύπτει γραμμική συσχέτιση μεταξύ $\sigma_{10\%}$ και ρ με συντελεστή γραμμικής συσχέτισης

$R^2_{\sigma_{10\%}, \rho} = 0,9885$ και μέση τετραγωνική απόκλιση $S_{tar} = 6,8$ KPa.

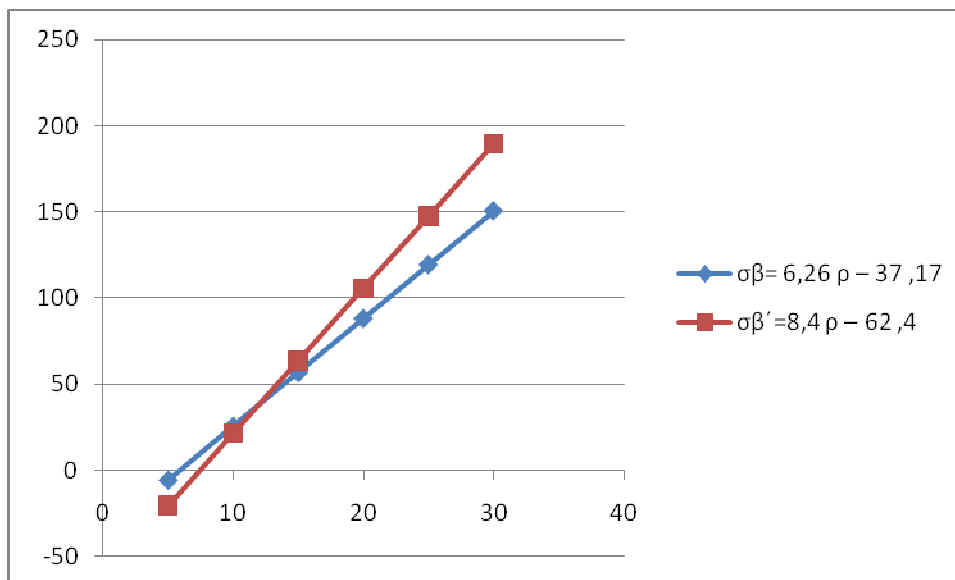
Η γραμμή ελάχιστων τετραγώνων που περιγράφει τη συσχέτιση $\sigma_{10\%} - \rho$ εκφράζεται με τη σχέση $\sigma_{10\%} = 6,26\rho - 27,99$ οποία μετά τη διόρθωση όπως έγινε παραπάνω

γίνεται: $\sigma_{10\%} = 6,26\rho - 37,17$, η οποία προσομοιάζει με την αντίστοιχη η οποία

δίνεται στη βιβλιογραφία για υλικά EPS άλλης βιομηχανίας η οποία είναι $\sigma_{10\%} =$

$8,4\rho - 62,4$.

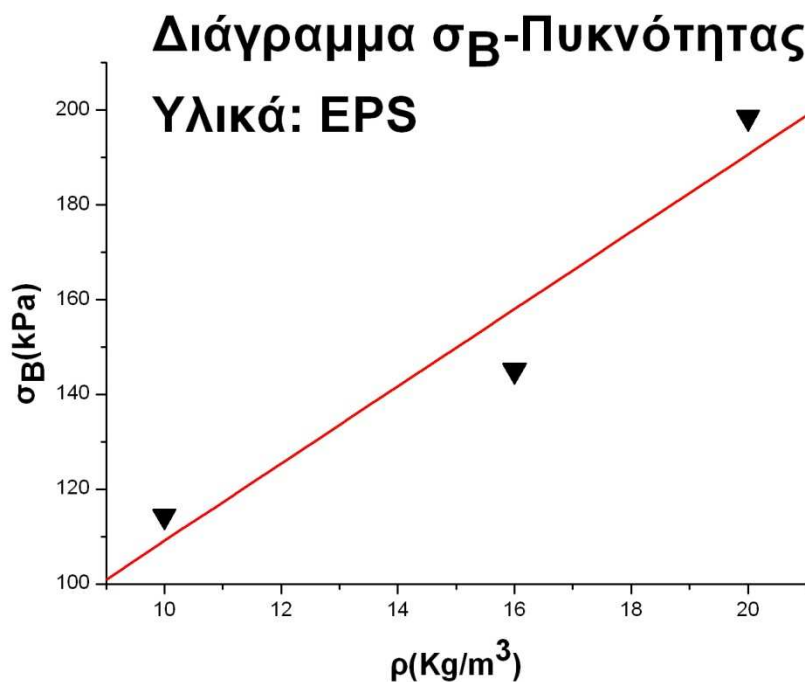
Η σύμπτωση των αποτελεσμάτων με αυτά που δίνονται στη βιβλιογραφία για αντίστοιχα υλικά δείχνει την ορθότητα των μετρήσεων μας αλλά και την ποιότητα των υλικών που χρησιμοποιήσαμε κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα.



Εικόνα 79. Διάγραμμα σύγκρισης εξισώσεων

9.3.3. Συσχέτιση σ_{β} με την πυκνότητα για υλικά EPS

Η γραμμική συσχέτιση παρουσιάζει σημαντική αβεβαιότητα λόγω της ασάφειας με την οποία προσδιορίζεται η τιμή σ_{β} . ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης είναι $R^2_{\sigma_{\beta}, \rho} = 0,96389$ δηλαδή σημαντικά μικρότερος της ιδανικής που είναι 1 (εικόνα 80).

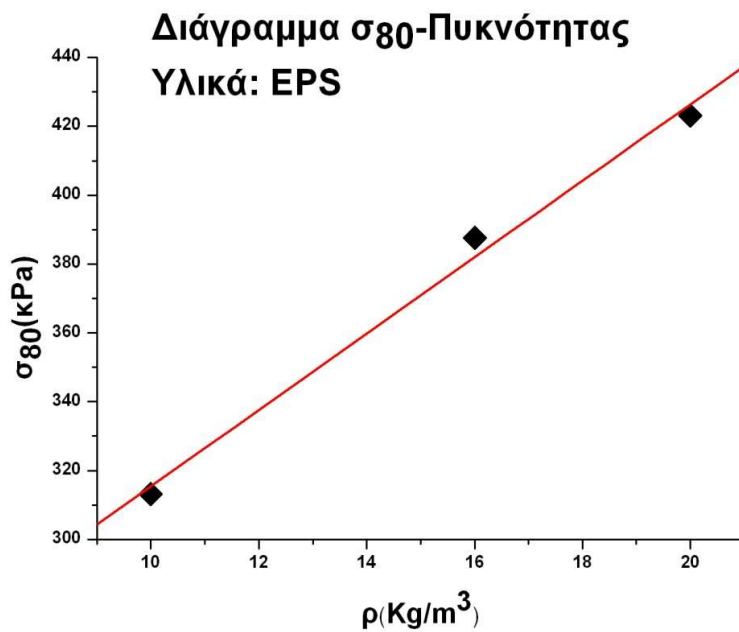


Εικόνα 80. Διάγραμμα συσχέτισης $\sigma_B - \rho$

9.3.4. Συσχέτιση σ_{80} με τις πυκνότητες ρ υλικών EPS

Η γραμμική συσχέτιση είναι πολύ καλή (εικόνα 80) $\sigma_{80\%} - \rho$ και αυτό οφείλεται σε αντίθεση με τις τιμές σ_B στην ακρίβεια με την οποία προσδιορίζονται από το διάγραμμα τάσης - παραμόρφωσης οι τιμές $\sigma_{80\%}$ αφού αντιστοιχούν σε παραμόρφωση 80%.

Ο συντελεστή γραμμικής συσχέτισης είναι $R_{\sigma_{80\%}-\rho}^2 = 0,996$.



Εικόν

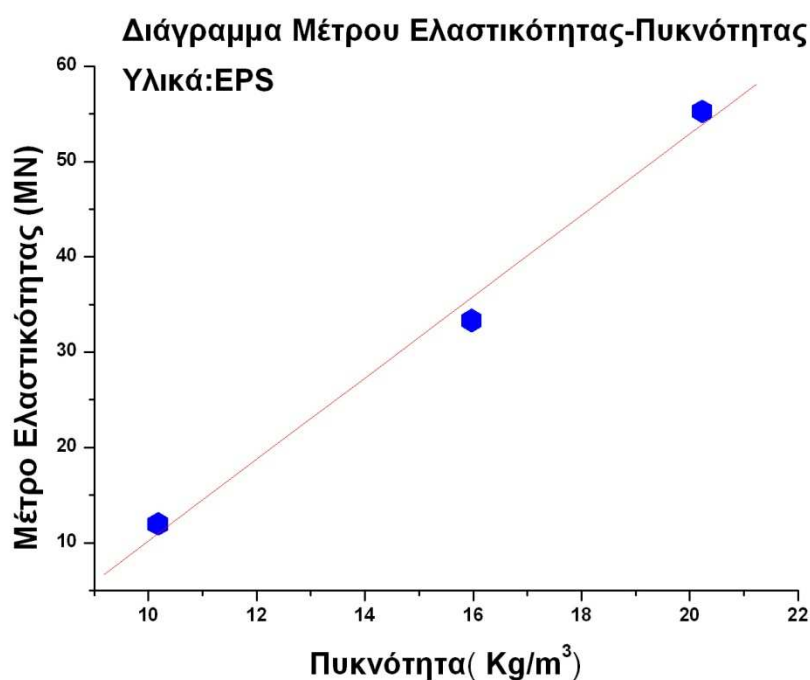
α 81. Διάγραμμα συσχέτισης $\sigma_{80\%} - \rho$

9.3.5. Συσχέτιση μέτρου ελαστικότητας E με την πυκνότητα

Η γραμμική συσχέτιση είναι πολύ καλή (εικόνα 82) και οφείλεται στο ότι η ελαστική περιοχή είναι διακριτή και το μέτρο ελαστικότητας υπολογίζεται χωρίς ασφάλεια.

Ο συντελεστή γραμμικής συσχέτισης είναι $R_{E,\rho}^2 = 0,995$.

Η πολύ καλή γραμμική συσχέτιση δείχνει ότι τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν έχουν πυκνότητες που αντιστοιχούν στη πραγματική τιμή δηλαδή ότι ποιοτικά ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές.



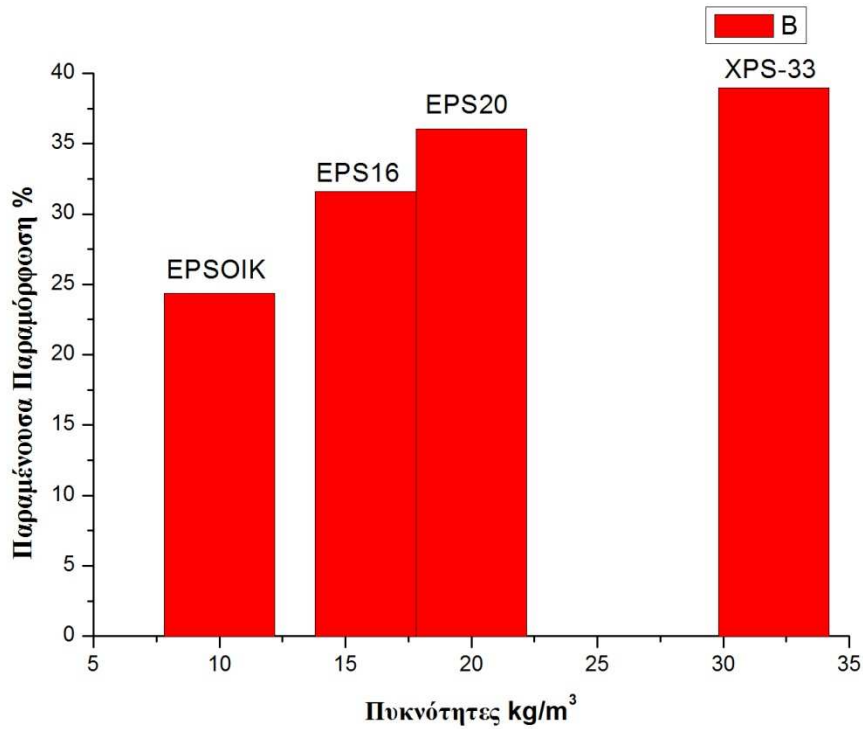
Εικόνα 82.Διάγραμμα συσχέτισης $\sigma_E - \rho$ μόνο για τα υλικά EPS

9.3.6. Συσχέτιση παραμένουσας παραμόρφωσης με την πυκνότητα

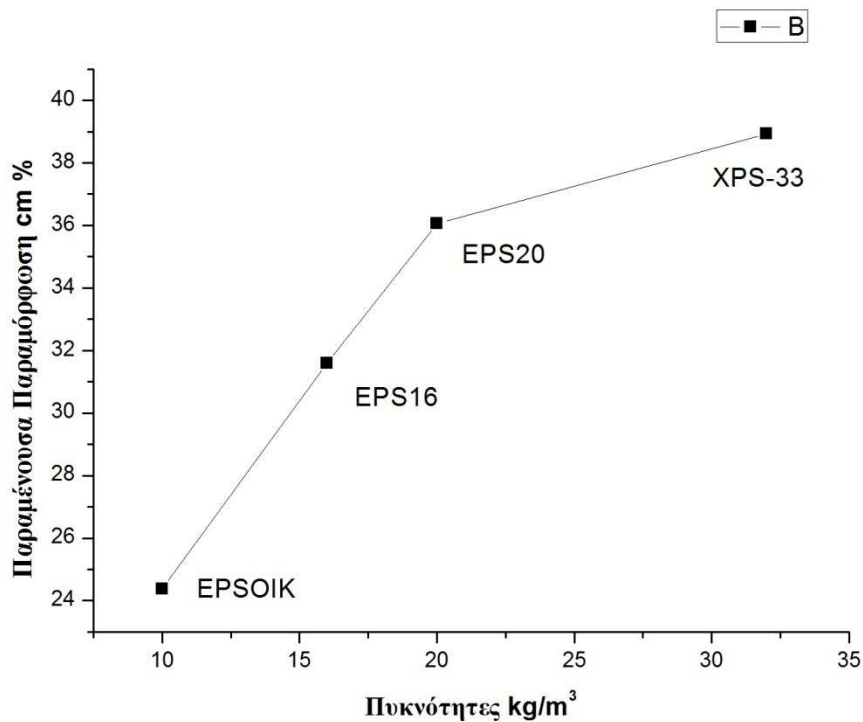
Αφου συμπιέσαμε τα υλικά μας στην πρέσσα για συμπίεση 80% τα αφήσαμε ελεύθερα να ανακτήσουν το αρχικό τους μήκος για μια ώρα και είδαμε κατά πόσο είχαν παραμορφωθεί. Τα ποτελέσματα φαινόνται στον πίνακα 13 και στις εικόνες 83 και 84.

Πινακάς 13. Παραμένουσας παραμόρφωσης των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν

EPS0IK 10 x 10 x 10 cm				
ΣΥΜΠΙΕΣΗ 80%				
A/A	Αρχικό πάχος mm	Τελικό πάχος mm	Κλάσμα διαφοράς	Διαφορά %
Δοκίμιο 1	100	77,09	0,23	22,91 %
Δοκίμιο 2	100	73,60	0,26	26,40%
Δοκίμιο 3	100	76,88	0,23	23,12%
Δοκίμιο 4	100	76,32	0,24	23,68%
Δοκίμιο 5	100	74,19	0,26	25,81%
Μέσος όρος		-	0,24	-
Μέσος όρος %		-	-	24,38%
EPS16 10 x 10 x 10 cm				
ΣΥΜΠΙΕΣΗ 80%				
A/A	Αρχικό πάχος mm	Τελικό πάχος mm	Κλάσμα διαφοράς	Διαφορά %
Δοκίμιο 1	100	69,13	0,31	30,87%
Δοκίμιο 2	100	69,11	0,31	30,89%
Δοκίμιο 3	100	67,22	0,33	32,78%
Δοκίμιο 4	100	69,46	0,31	30,54%
Δοκίμιο 5	100	67,10	0,33	32,90%
Μέσος όρος		-	0,32	-
Μέσος όρος %		-	-	31,60%
EPS20 10 x 10 x 10 cm				
ΣΥΜΠΙΕΣΗ 80%				
A/A	Αρχικό πάχος mm	Τελικό πάχος mm	Κλάσμα διαφοράς	Διαφορά %
Δοκίμιο 1	100	68,19	0,32	31,81%
Δοκίμιο 2	100	70,39	0,30	29,61%
Δοκίμιο 3	100	58,14	0,42	41,86%
Δοκίμιο 4	100	61,45	0,39	38,55%
Δοκίμιο 5	100	61,59	0,38	38,41%
Μέσος όρος		-	0,36	-
Μέσος όρος %		-	-	36,05%
XPS-33 7 x 7 x 5 cm				
ΣΥΜΠΙΕΣΗ 80%				
A/A	Αρχικό πάχος mm	Τελικό πάχος mm	Κλάσμα διαφοράς	Διαφορά %
1	50	30,62	0,39	38,76%
2	50	29,25	0,42	41,50%
3	50	30,19	0,40	39,60%
4	50	32,03	0,36	35,94%
5	50	30,56	0,39	38,88%
Μέσος όρος		-	0,39	-
Μέσος όρος %		-	-	38,94%



Εικόνα 83. Ιστόγραμμα παραμένουσα παραμόρφωσης με πυκνότητες.

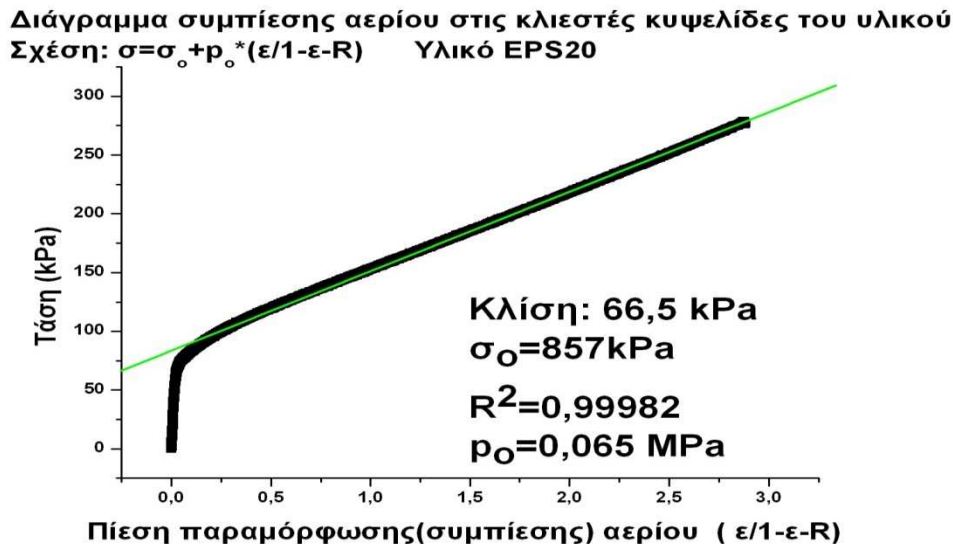


Εικόνα 84. Διάγραμμα παραμένουσα παραμόρφωσης με πυκνότητες.

Από ότι φαίνεται από τις εικόνες 83 και 84 όσο μεγαλύτερη πυκνότητα έχουν τα υλικά τόσο μεγαλύτερη παραμόρφωση κρατάνε.

9.3.7 Εφαρμογή της σχέσης $p(\text{ή } \sigma) = \sigma_0 + \frac{p_0 \varepsilon}{1-\varepsilon-R}$ για υλικό EPS 20.

Στην εικόνα 85 δείχνεται το διάγραμμα απλό



Εικόνα 85. Διάγραμμα τάσης - $\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon-R}$

Το διάγραμμα είναι συμβατό με αυτό που προβλέπει το θεωρητικό μοντέλο και από το ευθύγραμμο τμήμα του διαγράμματος παίρνουμε την κλίση, η οποία, αντιστοιχεί στη πίεση p_0 του αερίου μέσα στις κυψελίδες του υλικού.

Η τιμή που υπολογίζεται είναι 66,5 KPa, ενώ το θεωρητικό μοντέλο εκτιμά για τάση 70 KPa για πυκνότητα υλικού 20 kg/m^3 . Η τιμή αυτή θεωρούμε ότι είναι συμβατή με την θεωρία.

9.3.8 Αποτελέσματα κόπωσης

Πέντε δοκίμια από το κάθε υλικό υποβλήθηκε σε τρεις επαναλαμβανόμενες φορτίσεις μέχρι μείωσης του αρχικού πάχους του υλικού κατά 10%. Τα δοκίμια EPS που είχαν πάχος 10 cm συμπιεζόταν κατά 10 mm σε κάθε κύκλο φόρτισης. Μετά από κάθε φόρτιση το υλικό αποφορτιζόταν και επαναφορτιζόταν μέχρι συρρίκνωσης του πάχους κατά 10 mm. Σε κάθε κύκλο καταγραφόταν η μέγιστη τάση φόρτισης.

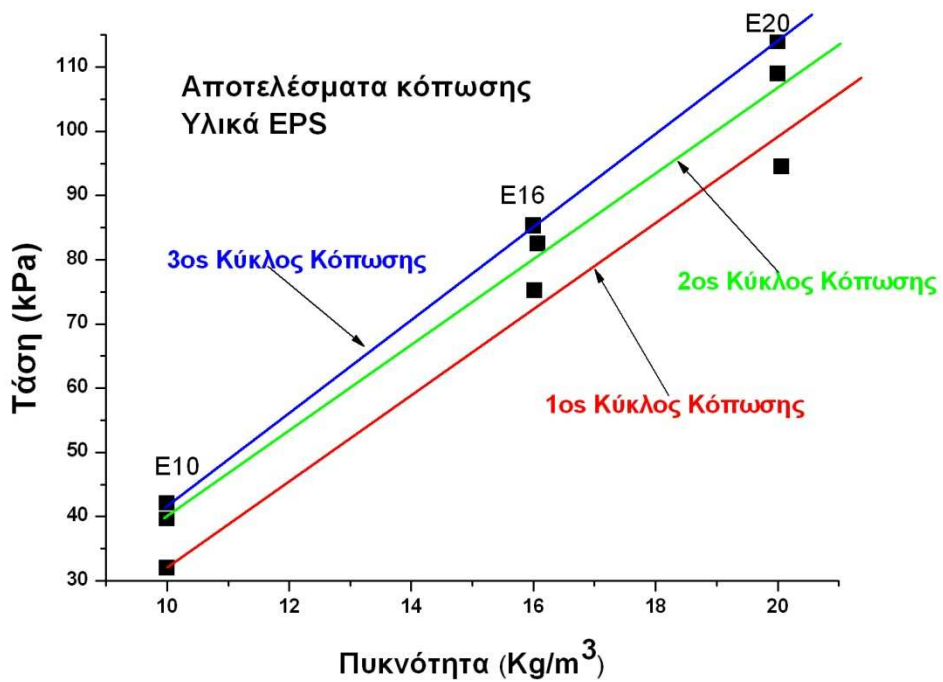
Τα δοκίμια XPS που είχαν πάχος 5 cm συμπιεζόταν κατά 5 mm σε κάθε κύκλο φόρτισης. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων συνοψίζονται στο παρακάτω πίνακα 14.

Πίνακας 14. Αποτελέσματα κόπωσης

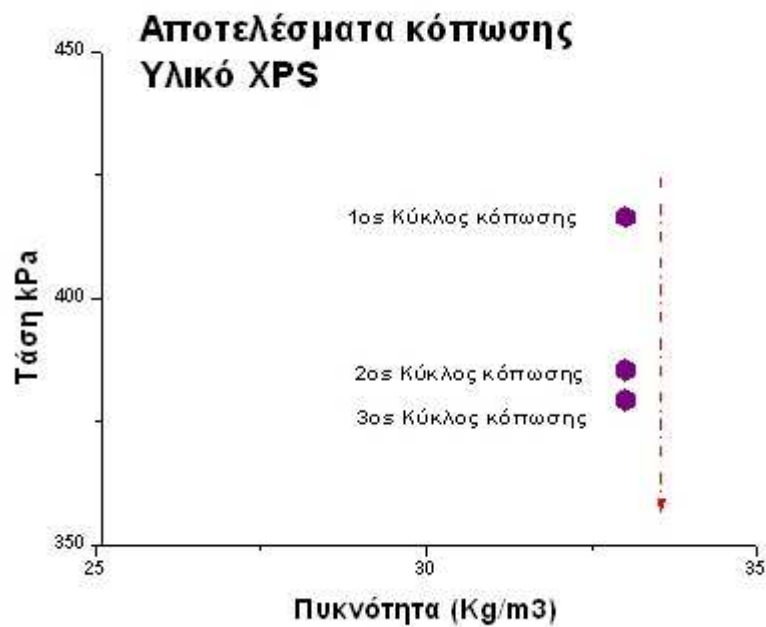
EPS-OIK			
A/A	1ος Κύκλος	2ος Κύκλος	3ος Κύκλος
Δοκίμιο 1	384	406	411
Δοκίμιο 2	353	368	381
Δοκίμιο 3	392	398	425
Δοκίμιο 4	313	401	440
Δοκίμιο 5	375	411	443
M.O	363,4	396,8	420
EPS-16			
A/A	1ος Κύκλος	2ος Κύκλος	3ος Κύκλος
Δοκίμιο 1	654	717	734
Δοκίμιο 2	379	400	412
Δοκίμιο 3	862	941	963
Δοκίμιο 4	735	797	814
Δοκίμιο 5	845	880	899
M.O	774	833,75	852,5
EPS-20			
A/A	1ος Κύκλος	2ος Κύκλος	3ος Κύκλος
Δοκίμιο 1	1020	1059	1044
Δοκίμιο 2	1075	1145	1229
Δοκίμιο 3	1007	1075	1108
Δοκίμιο 4	1049	1095	1177
Δοκίμιο 5	-	-	-
M.O	1037,75	1093,5	1140
XPS-33			
A/A	1ος Κύκλος	2ος Κύκλος	3ος Κύκλος
Δοκίμιο 1	1871	1961	1906
Δοκίμιο 2	1844	1782	1676
Δοκίμιο 3	1936	1827	1840
Δοκίμιο 4	2038	1932	1984
Δοκίμιο 5	1932	1955	1902
M.O	1924,2	1891,4	1862

Στις εικόνες 86 και 87 δίνονται τα αντίστοιχα διαγράμματα από τα οποία παρατηρούμε ότι για κάθε πυκνότητα υλικών EPS σε κάθε κύκλο φόρτισης η μέγιστη τάση που καταγραφόταν αυξανόταν.

Επίσης για κάθε κύκλο φόρτισης παρατηρήθηκε γραμμική μεταβολή της μέγιστης τάσης με την πυκνότητα.



Εικόνα 86. Διάγραμμα τάσης – πυκνότητας για τα υλικά EPS



Εικόνα 87. Διάγραμμα τάσης – πυκνότητας για το υλικό XPS

Η αύξηση της μέγιστης τάσης σε κάθε κύκλο φόρτισης αποδίδεται στην σκλήρυνση του υλικού, η οποία, οφείλεται στην παραμόρφωση των κλειστών κυψελίδων της δομής της διογκωμένης πολυστερίνης EPS.

Αντίθετα στο υλικό XPS παρατηρήθηκε ότι η μέγιστη τάση στο δεύτερο και τρίτο κύκλο φόρτισης μειώνεται. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο διαφορετικό τρόπο παραγωγής του υλικού, που σημαίνει ότι το υλικό αυτό έχει διαφορετική δομή κλειστών κυψελίδων.

Το υλικό για τη περιοχή φόρτισης (10% παραμόρφωση) δεν υφίσταται σκλήρυνση όπως η διογκωμένη πολυστερίνη EPS.

9.3.9 Διαφορές μεταξύ υλικών διογκωμένης πολυστερίνης EPS με εξηλασμένη πολυστερίνη XPS

Τόσο η εξηλασμένη όσο και η διογκωμένη χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη έχουν την πολυστερίνη.

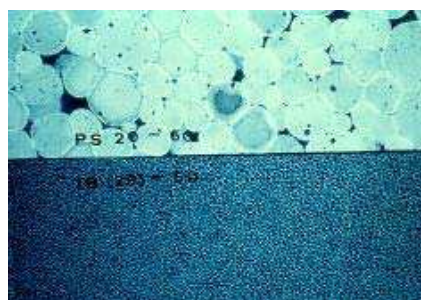
XPS : Extruded Polystyrene – Εξηλασμένη πολυστερίνη

EPS : Expanded Polystyrene – Διογκωμένη πολυστερίνη

Παρόλο που χρησιμοποιείται η ίδια πρώτη ύλη, υπάρχουν διαφορές μεταξύ XPS και EPS.

Η διαφορά οφείλεται στην τεχνολογία της παραγωγής. Η EPS αποτελείται από κόκκους που τους ονομάζουμε κυψελίδες. Οι κυψελίδες της EPS ενώνονται μεταξύ τους με θέρμανση και πίεση υδρατμών. Οι κυψελίδες ενώνονται μόνο στα σημεία επαφής τους.

Αντίθετα, η XPS παράγεται με την τεχνολογία εξέλασης έτσι ώστε να επιτυγχάνεται κλειστή κυψελωτή δομή. Η τεχνολογία αυτή μας δίνει το πλεονέκτημα της μη ύπαρξης τριχοειδών, μιας και δεν υπάρχουν κενά μεταξύ των κυψελίδων.



Εικόνα 88. Δομή EPS και XPS

Η Εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS), έχει ιδιότητες που τη διαφοροποιούν από άλλα είδη μονωτικών αφρωδών πλαστικών όπως η είναι η διογκωμένη πολυστερίνη (EPS).

Η XPS έχει υψηλότερη αντοχή σε θλίψη, μεγαλύτερη αντοχή στο νερό και υψηλότερη θερμική αντίσταση .

Η Εξηλασμένη πολυστερίνη κατασκευάζεται σύμφωνα με το πρότυπο ASTM C578, " Πρότυπο για άκαμπτη, κυψελωτή πολυστερίνη θερμομόνωσης." Το πρότυπο ASTM C578 αφορά γενικά τις μονώσεις και καθορίζει τις φυσικές ιδιότητες και για τους δύο τύπους πολυστερίνης την εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS) και την διογκωμένη (EPS)

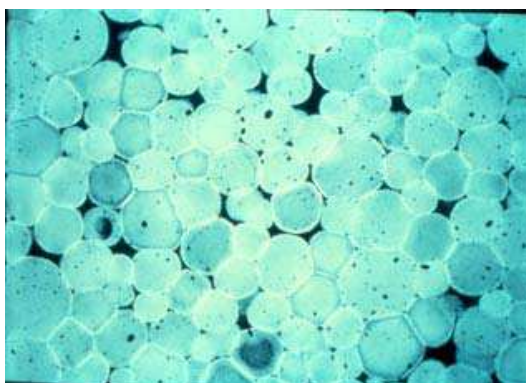
Υπάρχουν θεμελιώδεις διαφορές μεταξύ των ιδιοτήτων της EPS και της XPS. π.χ Η απορρόφηση νερού με ολική εμβάπτιση για την XPS είναι της τάξεως του 0,3 % κατ' όγκο, σε σύγκριση με 2,0 έως 4,0 % για το EPS, ανάλογα με την πυκνότητα της. Το ποσό της απορρόφησης του νερού είναι συνάρτηση της δομής του κάθε υλικού.

Αν παρατηρήσουμε την δομή των κυψελών της εξηλασμένης πολυστερίνης καλύτερα θα διαπιστώσουμε ότι οι κυψελίδες είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους. Η δομή της XPS αποτελείται από κλειστές υδρόφοβες κυψελίδες γεγονός που καθιστά το τελικό ανθεκτικό σε διείσδυση νερού. Οι θερμομονωτικές πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης είναι κλειστής κυψελωτής δομής. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχουν κενά μεταξύ των κυψελών και κατά συνέπεια δεν παρουσιάζονται τριχοειδή, άρα και απορρόφηση νερού. Επίσης, έχουν υψηλή αντοχή στη συμπίεση, χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και άριστη διαστασιολογική σταθερότητα.



Εικόνα 89. Δομή εξηλασμένης πολυστερίνης XPS

Η δομή της EPS αποτελείται από κόκκους. Κάθε κόκκος αποτελείται από κλειστές υδρόφοβες κυψελίδες. Οι θερμομονωτικές πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης είναι ανοιχτής κυψελωτής δομής. Αυτό σημαίνει ότι μεταξύ των κυψελών υπάρχουν διαστήματα αέρα, όπου το νερό και η υγρασία βρίσκουν χώρο να εγκατασταθούν και προσδίδουν στο υλικό χαμηλότερη αντοχή στη συμπίεση. Κατά συνέπεια η διογκωμένη πολυστερίνη όταν βρέχεται η θερμομονωτική της ικανότητα επηρεάζεται αρνητικά καθώς αυξάνεται ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας.



Εικόνα 90. Διογκωμένης πολυστερίνης EPS

9.3.10 Συμπεράσματα

1. Τα υλικά EPS που χρησιμοποιήθηκαν είχαν μηχανικές ιδιότητες που ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές που δίνει ο κάθε κατασκευαστής.
2. Οι ιδιότητες των υλικών EPS που χρησιμοποιήθηκαν έδωσαν αποτελέσματα που είναι συγκρίσιμα με άλλα αποτελέσματα για άλλα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν σε διάφορες ερευνητικές εργασίες και προέρχονται από άλλο κατασκευαστή.
3. Οι παράμετροι σ_a , $\sigma_{10\%}$, σ_b , $\sigma_{80\%}$ και το μέτρο ελαστικότητας παρουσίασαν γραμμική συσχέτιση με την πυκνότητα των υλικών EPS.
4. Η πίεση του αερίου μέσα στις κλειστές κυψελίδες ήταν συμβατή και περίπου ίδια με αυτή που προβλέπεται θεωρητικά για τα υλικά EPS.
5. Η κόπωση έδειξε σκλήρυνση των υλικών μετά από επαναλαμβανόμενες φορτίσεις για ίδια παραμόρφωση.

6. Τα αποτελέσματα για το XPS δεν ήταν συμβατά και δεν συσχετιζόταν με τα αποτελέσματα των υλικών EPS και αυτό αποδίδεται στον διαφορετικό τρόπο παραγωγής του υλικού XPS.
7. Το υλικό XPS δεν παρουσίαζε αύξηση της σκλήρυνσης μετά από κόπωση αλλά σε αντίθεση με το EPS παρουσίασε μείωση της σκλήρυνσης (τάσης) για επαναλαμβανόμενες φορτίσεις για ίδια παραμόρφωση φόρτισης 10%.

Βιβλιογραφία

- Μπαλλά Χαρούλα, *Διπλ.Μηχανολόγος Μηχανικός, Υπεύθυνη Ποιοτικού Ελέγχου*, Πιστοποίηση και εφαρμογή θερμομονωτικών υλικών για την αναβάθμιση υφιστάμενων κτιρίων.
- *Τσίππρας Κωνσταντίνος*, *Πολιτικός Μηχανικός*, Θερμομονωτικά υλικά που μπορεί κανείς να βρει στην ελληνική αγορά.
- *ISSN 1392–1320 MATERIALS SCIENCE (MEDŽIAGOTYRA). Vol. 15, No. 4.*
The Analysis of Interlaboratory Testing Results of Rock Wool Products
Vladislovas KERŠULIS*, Ivan GNIP, Saulius VAITKUS, Sigitas VĖJELIS
VGTU Institute of Thermal Insulation, Linkmenu st. 28, LT-08217 Vilnius, Lithuania 15 October 2009
- Μουσιόπουλος Νικόλαος, Καθηγητής, Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής Α.Π.Θ. , Εφαρμογές επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης δομικών υλικών στο τέλος της ζωής τους.
- Σούλης Σπυρίδων, Δρ. Μηχανικός ΕΜΠ, Σχεδιασμός συστήματος πολυουρεθάνης – ινών ως θερμομονωτικού ενισχυμένου δομικού υλικού.
- Παπαδόπουλος Άγις (Επιστημονικός Υπεύθυνος), «Προδιαγραφές ιδιοτήτων θερμομονωτικών υλικών», Παραδοτέο έργου «Σχεδιασμός & Ανάπτυξη Καινοτόμων Προϊόντων Πετροβάμβακα για την Ενεργειακή Αναβάθμιση Υφισταμένων & Νεόδμητων Κτιρίων», (2004).
- Παπαδόπουλος Άγις , Καθηγητής Α.Π.Θ. Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Α.Π.Θ., τμήμα μηχανολόγων μηχανικών, Θερμομονωτικά υλικά 10/11/2010.
- Παντενιώτης Παντελής, Επιθεωρητής σε Ο.Κ Γενικός Διευθυντής Συνδέσμου Παραγωγών Διογκωμένης Πολυστερίνης στον Πανελλήνιο Σύνδεσμο, Εφαρμογές της διογκωμένης πολυστερίνης EPS σε έργα Πολιτικού Μηχανικού 09/12/2010.
- Καπακλής Βασίλειος, Διδακτορική Διατριβή Πανεπιστήμιο Πατρών Γενικό Τμήμα Πολυτεχνική Σχολή, Αλληλεπίδραση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με νανοδομημένους ημιαγωγούς, Πάτρα, Μάιος 2006
- Τσίππρας Κωνσταντίνος ,Πολιτικός Μηχανικός, Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων.

- Κτενιαδάκης Μιχάλης, Επίκουρος Καθηγητής ΤΕΙ Μηχανολογίας Κρήτης, Εφαρμογές Μετάδοσης Θερμότητας.
- Polymer Science and Engineering Department University of Massachusetts Amherst. Massachusetts, Compressive Behavior Of Microcellular Polystyrene Foams Processed In Supercritical Carbon Dioxide
- N.J Mills, H.X. Zhu, Journal of the Mechanics and Physics of Solids University of Birmingham, The High Strain Compression Of Closed Cell Polymer Foams ,
- Joel. M. Williams, Materials science and technology, Los Alamos National Laboratory, Compression Module Of Some PMP Microcellular Foams.
Jun Zhang Noboru Kikuchi VictotliI, Albert Yee and Guy Nusholtz, Department of Mechanical Engineering and Applied Mechanics, Department of Civil and Environmental Engineering, Department of Material Science and Engineering, The University of Michigan, Constitutive Modeling Of Polymeric Foam Material Subjected To Dynamic Crash Loading.
- <http://www.fragoulakis.gr/monotika-ylika.html>
- http://www.spitia.gr/greek/eksoplismos/oikologika_ilika/thermomonositi.htm
- <http://www.house-service.gr/page.php?id=42>
- <http://www.tiktas.gr/sss.el.aspx>
- <http://www.tiktas.gr/68D76DC2.el.aspx>
- <http://www.epshellas.com/downloads.php>
- http://monosimacon.blogspot.com/2010/04/blog-post_7085.html
- http://monosimacon.blogspot.com/2010/04/blog-post_7085.html
- http://www.foam.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=39&Itemid=41
- <http://translate.google.gr/translate?hl=el&langpair=en%7Cel&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Polyurethane>
- <http://www.focusmag.gr/articles/view-article.rx?oid=204953>
- http://www.isoren.gr/index.php?main_page=index&cPath=23
- http://www.protectivo.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=168:isover-&catid=75:-eco&Itemid=187
- <http://www.knaufinsulation.gr/el/ti-einai-petrovamvakas>

- http://www.fixall.eu/fixall/index.php?option=com_content&task=view&id=14&Itemid=33&lang=el
- http://courseware.mech.ntua.gr/ml00001/mathimata/A1_Polimeri_Genika.pdf
- <http://diocles.civil.duth.gr/links/home/museum/mater/glass/glass3.html>
- <http://e-oikodomos.blogspot.com/2011/08/xps.html>
- <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CE%B1%CE%BB%CE%BF%CE%B2%CE%AC%CE%BC%CE%B2%CE%B1%CE%BA%CE%B1%CF%82>
- <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%BF%CE%B2%CE%AC%CE%BC%CE%B2%CE%B1%CE%BA%CE%B1%CF%82>
- http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%BF%CE%B3%CE%BA%CF%89%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B7_%CF%80%CE%BF%CE%BB%CF%85%CF%83%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%AF%CE%BD%CE%B7
- <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%BF%CE%BB%CF%85%CE%BF%CF%85%CF%81%CE%B5%CE%B8%CE%AC%CE%BD%CE%B7>
- http://www.ergatex.gr/products/eps_properties.php
- http://www.alto.gr/default.php?pname=products_category&la=1&cat_id=228
- http://www.alto.gr/?pname=products_category&la=1&cat_id=61
- http://www.panmonotiki.gr/gr_eps.asp
- <http://www.ktirio.gr/innet/UsersFiles/sa/documents/articles/2010-03-79.pdf>
- <http://www.fao.org/docrep/006/Y5013E/y5013e08.htm>
- <http://www.zhongji.com/News/Industry-News/105.Html>
- <http://www.buildings.com/ArticleDetails/tabid/3334/Default.aspx?ArticleID=8498>
- <http://www.roofingcontractor.com/taxonomies/2720-technology>