

ΤΕΙ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

Μελέτη υπολογισμού θερμικών απωλειών και προτάσεις βελτιστοποίησης με χρήση θερμομονωτικών υλικών στο κτίριο του 27^{ου} Δημοτικού Σχολείου Θεσσαλονίκης.

Φοιτήτριες:

Κτενά Ελένη

Νικολοπούλου Κωνσταντίνα

Επιβλέπων καθηγητής: Δημήτριος Μισηρλής

Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός ΑΠΘ

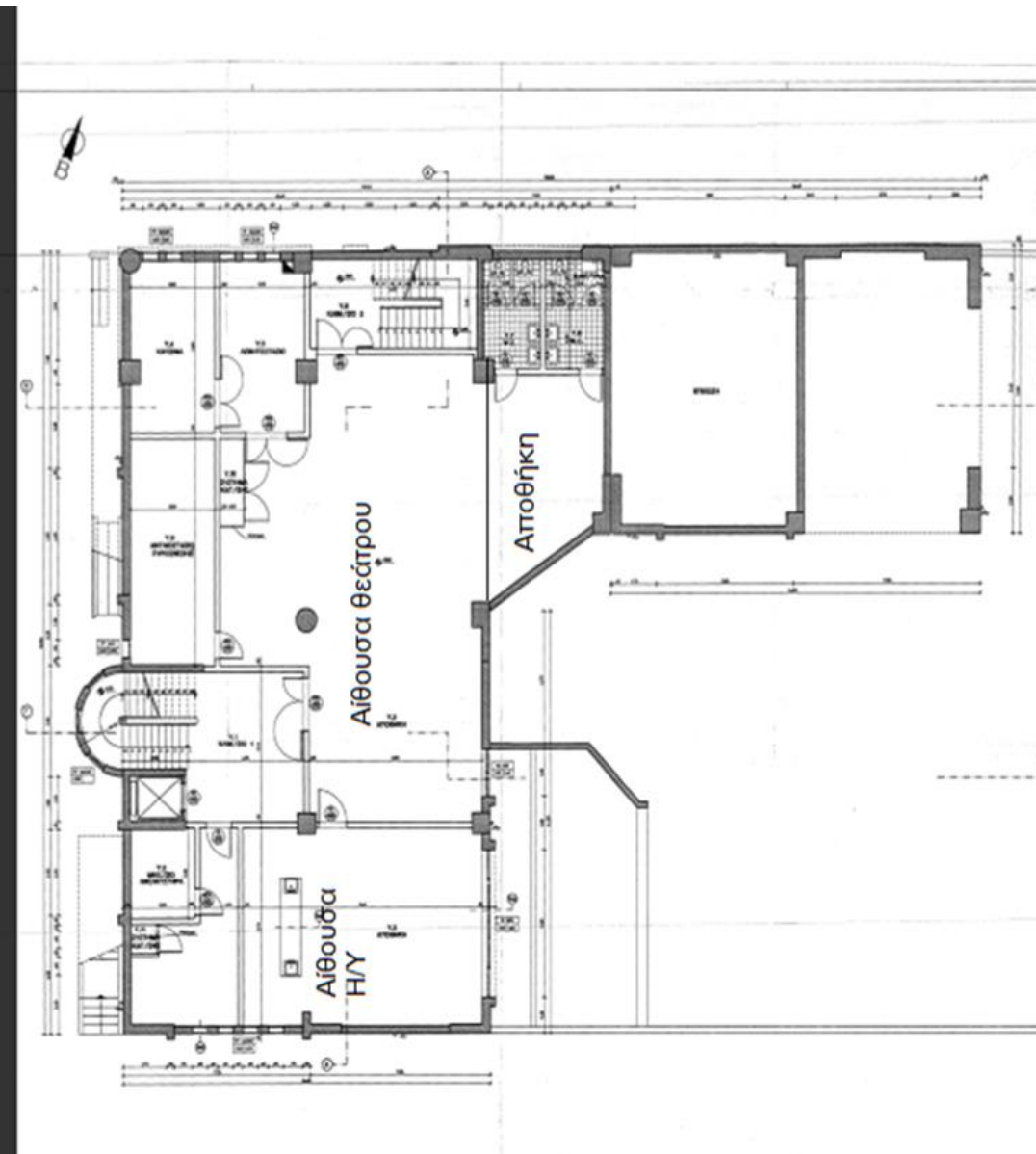
Σέρρες, Ιούνιος 2016

Κτενά Ελένη - Νικολοπούλου Κωνσταντίνα

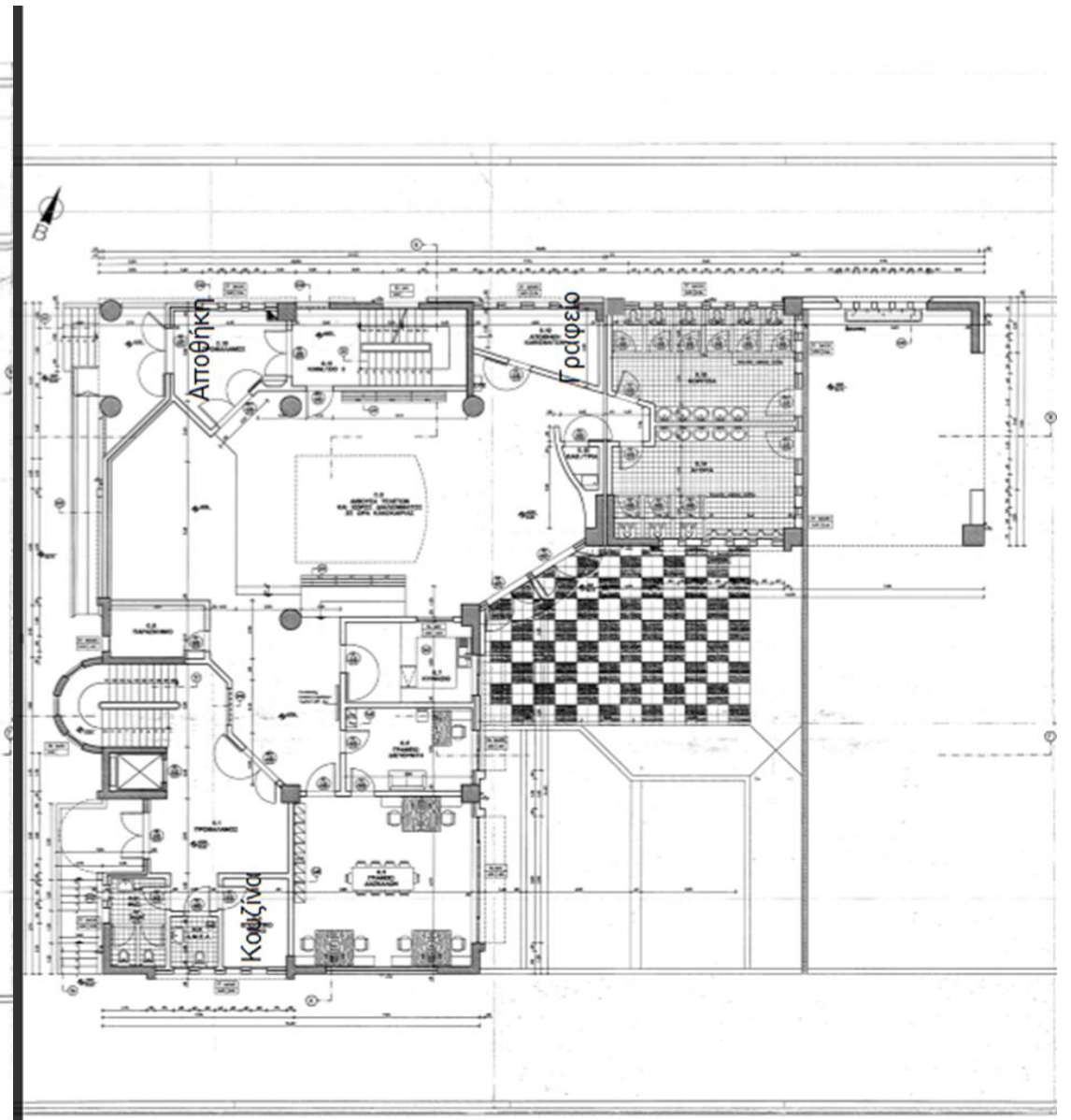
Εισαγωγή

- Το υπό μελέτη κτίριο βρίσκεται στην Κάτω Τούμπα Θεσσαλονίκης στην οδό Καισαρείας 15
- Αποτελείται από τρεις ορόφους και υπόγειο
- Στεγάζει το 27^ο Δημοτικό σχολείο Θεσσαλονίκης
- Λειτουργεί από το σχολικό έτος 2005-2006
- Ως μέσο θέρμανσης χρησιμοποιεί φυσικό αέριο

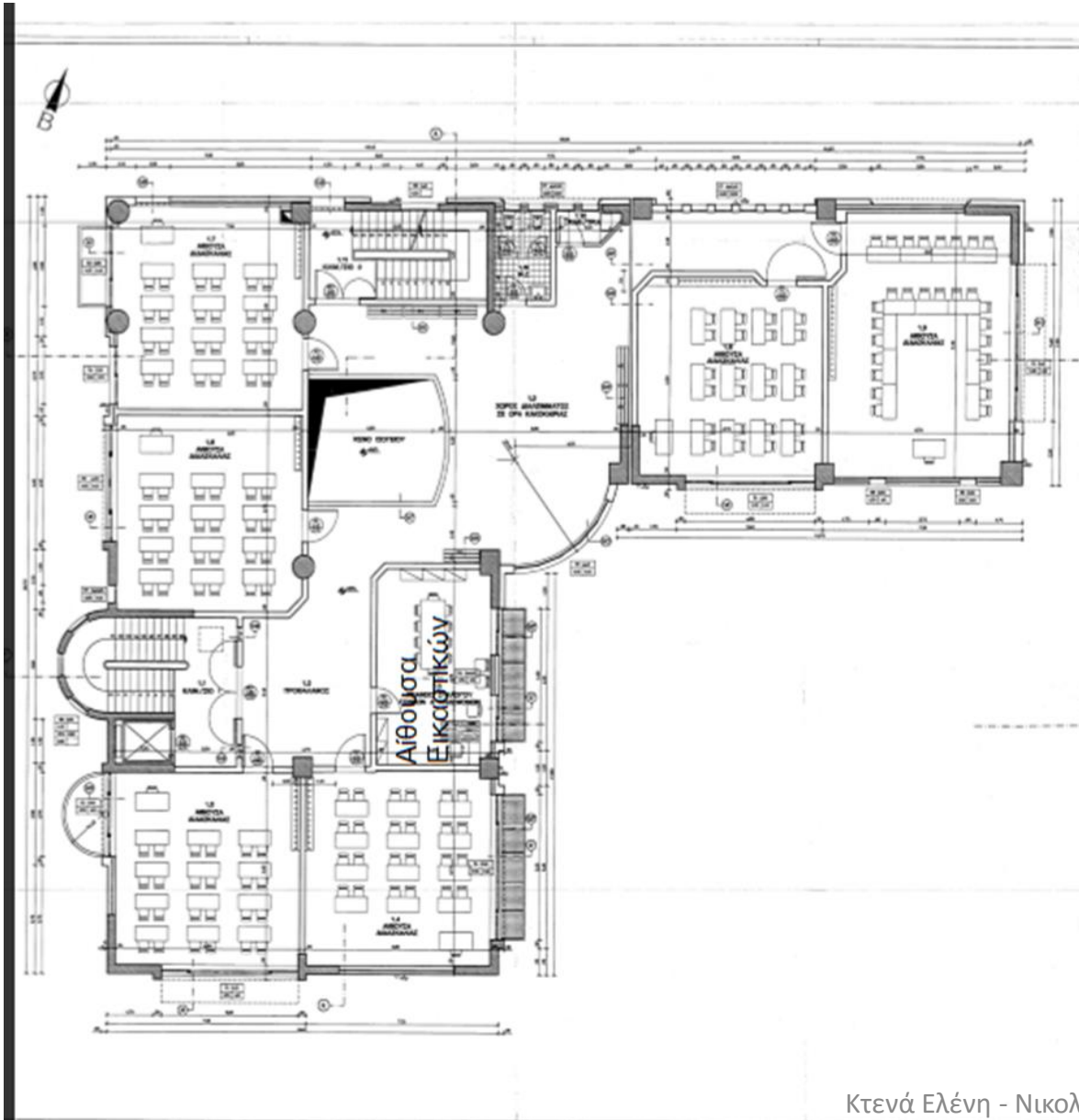
Κάτοψη υπογείου



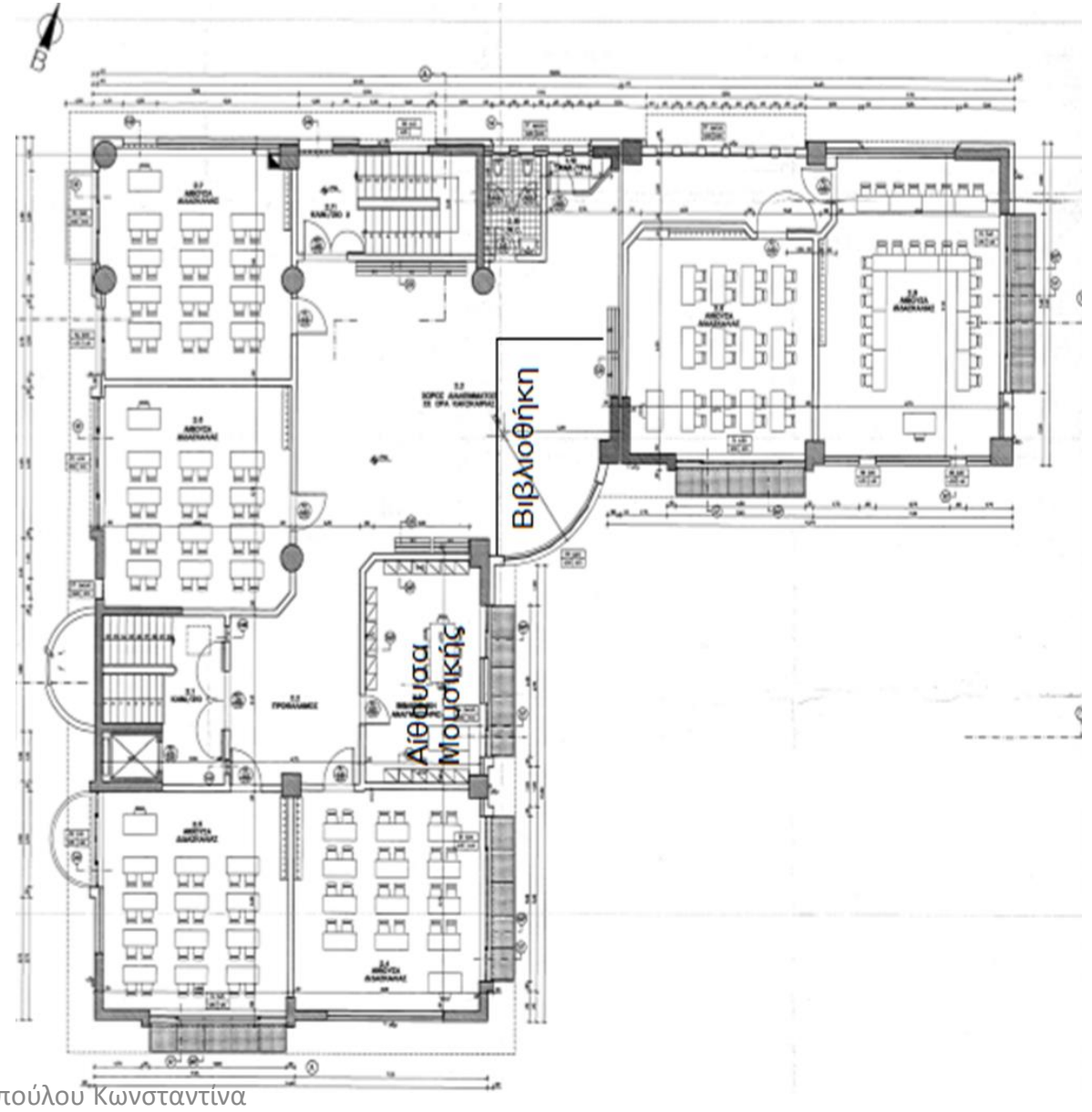
Κάτοψη Ισογείου



Κάτοψη 1^{ου} Ορόφου



Κάτοψη 2^{ου} Ορόφου



Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας

k	W/m²K	Kcal/m²h⁰C
Εξωτερικοί τοίχοι	0,7	0,6
Εσωτερικοί τοίχοι	0,7	0,6
Εσωτερικές πόρτες ξύλινες	2,33	2
Εξωτερικές πόρτες μεταλλική	5,825	5
Εξωτερικά παράθυρα αλουμινίου	3,49	3
Δάπεδο σε έδαφος	0,7	0,6
Γυψοσανίδα εσωτ. τοιχοποιίας	0,381	0,33
Οροφής	0,5	0,4

Καθώς το κτίριό είναι χτισμένο το 2005, και δεν υπήρχε δυνατότητα αυτοψίας στα πάχη των δομικών στοιχείων, υπολογίζουμε τους συντελεστές σύμφωνα με το Κ.Θ.Κ. Από το βιβλίο θέρμανση-κλιματισμός του Β.Η.Σελλούντος σελ. 4.21. Πίνακας 4.2.1. (ή από το Κ.Θ.Κ Πίνακας 2§ 7.2) ως συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικών τοίχων παίρνουμε τη δυσμενέστερη περίπτωση $K=0,6\text{kcal/m}^2\text{h}^0\text{C}$. Από τον ίδιο πίνακα πάρθηκε ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου και της οροφής. Καθώς το κτίριο βρίσκεται στη ζώνη Γ ο συντελεστής εσωτερικών τοίχων είναι επίσης $K=0,6\text{kcal/m}^2\text{h}^0\text{C}$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας γυψοσανίδας για εσωτερική τοιχοποιία πάρθηκε από την ιστοσελίδα www.mtmetalframe.com της εταιρίας M&M Theodorou trading ltd.

Επιθυμητές θερμοκρασίες χώρων

Τύπος χώρου	Επιθυμητή θερμοκρασία
ΣΧΟΛΙΚΕΣ ΑΙΘΟΥΣΕΣ	20
ΓΡΑΦΕΙΑ	20
ΑΠΟΘΗΚΗ	20
WC	15
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	15
ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟ	15
ΚΥΛΙΚΕΙΟ	20

Στοιχεία κτιρίου

Πόλη	Κάτω Τούμπα Θεσσαλονίκης
Είδος κτηρίου	Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
Μέση ελάχιστη εξ. θερμοκρασία	-5
Επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία	20
Θερμοκρασία μη θερμαινόμενου χώρου	3
Θερμοκρασία μη θερμαινόμενου υπογείου	7
Ζώνη	Γ
Αριθμός επιπέδων κτηρίου	4

Υπολογισμός θερμικών απωλειών στην αίθουσα 2.4 του κτιρίου

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ								ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ			
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΟΥ	ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ Ή ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ	ΔΙΑΚΟΠΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΧΩΡΟΥ
		(cm)	(m)	(m)	(m ²)		(m ²)	(m ²)	Kcal/m ² h ⁰ C	C ⁰	Kcal/h	(%)	(%)	(1+%)	Kcal/h
Τεξ1	N		6,8	3	20,4			20,4	0,6	25	306	-5	25	1,2	367,2
Τεσ1			6,7	3	20,1			20,1	0,6	0	0		25	1,25	0
Τεσ2			6,8	3	20,4		2,42	17,98	0,6	5	53,94		25	1,25	67,425
Τεξ2	A		6,7	3	20,1		7,5	12,6	0,6	25	189	0	25	1,25	236,25
Θεσ			1,1	2,2	2,42			2,42	2	5	24,2		25	1,25	30,25
Πεξ	A		5	1,5	7,5			7,5	3	25	562,5	0	25	1,25	703,125
Ο			6,8	6,7	45,56			45,56	0,4	22	400,928		25	1,25	501,16
										$Q_0=$	1536,568			$Q_T=$	1905,41
					$Q_{α.εξ.} = α * ΣΙ * R * H * (t_0 - t_a) * Z_E =$									$Q_{α.εξ.} =$	254,5
	$α =$	1,5		$R =$	0,9		$Z_E =$	1		$D =$	0,36			$Q =$	2159,91
	$ΣΙ =$	13		$H =$	0,58		$Δθ =$	25							

Τρόπος υπολογισμού θερμικών απωλειών

- Υπολογισμός μέσης θερμοπερατότητας D

$$D = Q_0 / F_{o\lambda} (t_0 - t_a) \quad [1]$$

- $Q_0 = 1536,568 \text{ Kcal/h}$

- $(t_0 - t_a) = \Delta\Theta = 25$

- $F_{o\lambda} = 2[(6,8 \cdot 3) + (6,7 \cdot 3) + (6,8 \cdot 6,7)] \rightarrow F_{o\lambda} = 172,12 \text{ m}^2$

Από [1] $D = 0,36 \rightarrow$ άρα προσαυξήσεις διακοπών λειτουργίας **25%**

Λειτουργία ανά 24ωρο	ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ D			
	0,1 έως 0,3	0,3 έως 0,7	0,7 έως 1,5	άνω του 1,5
I	7	7	7	7
II	20	15	15	15
III	30	25	20	15

Συντελεστής διεισδυτικότητας (R)

ΠΑΡΑΘΥΡΑ	ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΘΥΡΕΣ	F_A / F_N	R
Ξύλινα και Πλαστικά	Μη στεγανά	<3	0,9
	Στεγανά	<1,5	
Μεταλλικά	Μη στεγανά	<6	
	Στεγανά	<2,5	
Ξύλινα και Πλαστικά	Μη στεγανά	3 έως 9	0,7
	Στεγανά	1,5 έως 3	
Μεταλλικά	Μη στεγανά	6 έως 20	
	Στεγανά	2,5 έως 6	

Συντελεστής γωνιακών παραθύρων (α)

Τιμές του συντελεστή διεισδύσεως αέρα (α) μέσω θυρών και παραθύρων	Υλικό θυρών και παραθύρων	
	Ξύλο ή πλαστικό	Μέταλλο
	α (σε kcal/mhK)	
Απλά παράθυρα και θύρες χωρίς εξώφυλλα	3	1,5
Απλά παράθυρα με εξώφυλλα	2,5	1,5
Διπλά παράθυρα και θύρες	2	1,2
Εσωτερικές θύρες		
Συνεχώς ανοικτές	40	
Συνήθως ανοικτές	40	

Συντελεστής θέσης και ανεμοπροσβολής του κτιρίου

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΘΕΣΗ	ΕΝ ΣΕΙΡΑ ΟΙΚΗΜΑΤΑ	ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΑ ΟΙΚΗΜΑΤΑ
Συνήθης περιοχή από πλευράς ισχύος ανέμων	(α)	0,24	0,34
	(β)	0,41	0,58
	(γ)	0,6	0,84
Περιοχή με ισχυρούς ανέμους	(α)	0,41	0,58
	(β)	0,6	0,84
	(γ)	0,82	1,13
(α) Προφυλαγμένη περιοχή (β) Εκτεθειμένη περιοχή (γ) Ασυνήθιστα εκτεθειμένη θέση			



Υπολογισμός απωλειών αερισμού

- $Q_L = \sum (\alpha l)_A R H (t_o - t_a) Z_E [1]$
- $F_A = 7,5$ $F_N = 2,42 \rightarrow F_A / F_N = 3,1$
Συντελεστής διεισδυτικότητας $R=0,9$
- Συντελεστής θέσης και ανεμοπροσβολή κτιρίου $H=0,58$
- $\Delta\Theta=25^{\circ}\text{C}$
- Συντελεστής γωνιακών παραθύρων $Z_E = 1$
- Για απλά παράθυρα και θύρες χωρίς εξώφυλλα $\alpha=1,5$
- Για τα εξωτερικά ανοίγματα $\Sigma I=13$
- Από [1] $Q_L = 254,5 \text{ Kcal/h}$

Υπολογισμός θερμικών απωλειών εσωτερικού χώρου διαλείμματος 1^{ου} Ορόφου

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ								ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΔΥΣΗΣΕΙΣ			
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΚΟΥ	ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΔΥΣΗΣ	ΠΡΟΣΔΥΣΗΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ	ΔΙΑΚΟΠΩΝ ΛΕΠΟΥΡΤΙΑΣ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕ ΠΡΟΣΔΥΣΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΧΩΡΟΥ
		(cm)	(m)	(m)	(m ²)		(m ²)	(m ²)	Kcal/m ² h ⁰ C	C ⁰	Kcal/h	(%)	(%)	(1+%)	Kcal/h
Τεσ1			4,75	3	14,25		4,84	9,41	0,6	-5	-28,23		30	1,3	-36,699
Τεσ2			5,15	3	15,45		3,96	11,49	0,6	0	0		30	1,3	0
Τεσ3			1,75	3	5,25			5,25	0,6	-5	-15,75		30	1,3	-20,475
Τεσ4			0,75	3	2,25			2,25	0,6	-5	-6,75		30	1,3	-8,775
Τεσ5			10,1	3	30,3		4,84	25,46	0,6	-5	-76,38		30	1,3	-99,294
Τεσ6			8,85	3	26,55		5,5	21,05	0,6	0	0		30	1,3	0
Τεσ7			2	3	6			6	0,6	0	0		30	1,3	0
Τεσ8			1,6	3	4,8		1,98	2,82	0,6	0	0		30	1,3	0
Τεσ9			1	3	3			3	0,6	0	0		30	1,3	0
Τεξ	B		7,8	3	23,4		2,16	21,24	0,6	20	254,88	5	30	1,35	344,088
Τεσ10			1,7	3	5,1		2,42	2,68	0,6	-5	-8,04		30	1,3	-10,452
Τεσ11			0,75	3	2,25			2,25	0,6	-5	-6,75		30	1,3	-8,775
Τεσ12			6,5	3	19,5		2,42	17,08	0,6	-5	-51,24		30	1,3	-66,612
Τεσ13			1	3	3			3	0,6	-5	-9		30	1,3	-11,7
Τεσ14			5,9	3	17,7			17,7	0,6	-5	-53,1		30	1,3	-69,03
Τεξ2κυκ	NA		6,12	3	18,37		6,975	11,395	0,6	20	136,74	-5	30	1,25	170,925
Τεσ15			4,2	3	12,6			12,6	0,6	-5	-37,8		30	1,3	-49,14
Τεσ16			0,5	3	1,5			1,5	0,6	-5	-4,5		30	1,3	-5,85
Τεσ17			6,5	3	19,5		1,98	17,52	0,6	-5	-52,56		30	1,3	-68,328
Θεσ1			1,1	2,2	2,42	6		14,52	2	-5	-145,2		30	1,3	-188,76
Θεσ2			1,8	2,2	3,96			3,96	5	0	0		30	1,3	0
Θεσ3			1,6	2,2	3,52			3,52	5	0	0		30	1,3	0
Θεσ4			0,9	2,2	1,98	2		3,96	2	0	0		30	1,3	0
Θεσ5			0,9	2,2	1,98			1,98	2	-5	-19,8		30	1,3	-25,74
Πεξ1	B		0,6	0,6	0,36	6		2,16	3	20	129,6	5	30	1,35	174,96
Πεξ2	NA		4,65	1,5	6,975			6,975	3	20	418,5	-5	30	1,25	523,125
										Q ₀ =	424,62			Q _T =	543,468
					Q _{α.εξ.} = α*ΣΙ*R*H*(t ₀ -t _a)*Z _E =		418,12		D=0,1					Q _{α.εξ.} =	418,12
					α=	1,5								Q=	961,588
					ΣΙ=	26,7									
					R=	0,9									
					H=	0,58									
					Z _E =	1									
					Δθ=	20									

Υπολογισμός θερμικών απωλειών Αίθουσα 2.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ								ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ				ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ			
ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ	ΠΑΧΟΣ ΤΟΙΧΟΥ	ΜΗΚΟΣ	ΥΨΟΣ Ή ΠΛΑΤΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΟΜΟΙΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	ΑΠΩΛΕΙΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ	ΔΙΑΚΟΠΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΤΕΛΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΧΩΡΟΥ
		(cm)	(m)	(m)	(m ²)		(m ²)	(m ²)	Kcal/m ² h ⁰ C	C ⁰	Kcal/h	(%)	(%)	(1+%)	Kcal/h
Τεξ1	N		6,7	3	20,1		1,8	18,3	0,6	25	274,5	-5	25	1,2	329,4
Τεσ1			6,5	3	19,5			19,5	0,6	0	0		25	1,25	0
Τεσ2			0,75	3	2,25			2,25	0,6	5	6,75		25	1,25	8,4375
Τεσ3			2,05	3	6,15		2,42	3,73	0,6	5	11,19		25	1,25	13,9875
Τεξ2	B		6,05	3	18,15			18,15	0,6	25	272,25	5	25	1,3	353,925
Τεξ3	A		9,1	3	27,3		8,1	19,2	0,6	25	288	0	25	1,25	360
Θεσ			1,1	2,2	2,42			2,42	2	5	24,2		25	1,25	30,25
Πεξ1	N		0,6	1,5	0,9	2		1,8	3	25	135	-5	25	1,2	162
Πεξ2	A		5,4	1,5	8,1			8,1	3	25	607,5	0	25	1,25	759,375
O1			6,5	6,7	43,55			43,55	0,4	25	435,5		25	1,25	544,375
O2			6,05	2,6	15,73			15,73	0,4	22	138,424		25	1,25	173,03
										Q₀=	2193,314			Q_T=	2734,78
					Q_{α.εξ.} = α*ΣΙ*R*H*(t₀-t_a)*Z_E =	364								Q_{α.εξ.} =	364
α=	1,5		R=	0,9		Z _E =	1		D=0,41					Q=	3098,78
ΣΙ=	18,6		H=	0,58		Δθ=	25								

Συνολικές απώλειες κτιρίου

52006 kcal/h → 60483W

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ

ΧΩΡΟΙ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ (kcal/h)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ (W)
Αίθουσα Η/Υ	2509,4	2918,4322
Αίθουσα θεάτρου	3089	3592,507
Αποθήκη	774,3	900,5109
WC 1	129,3	150,3759
WC 2	238,2	277,0266
Κλιμακοστάσιο 1	484,85	563,88055
Κλιμακοστάσιο 2	297	345,411
Σύνολο απωλειών Υπογείου	7522,05	8748,14415

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ 1^{ΟΥ} ΟΡΟΦΟΥ

ΧΩΡΟΙ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ (kcal/h)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ (W)
1.12	288,6	335,6418
Αίθουσα 1.3	916,5	1065,8895
Αίθουσα 1.4	2305	2680,715
Αίθουσα 1.5	2136,5	2484,7495
Αίθουσα 1.6	1414,7	1645,2961
Αίθουσα 1.7	1808,7	2103,5181
Αίθουσα 1.8	1343,3	1562,2579
Αίθουσα 1.9	2381,4	2769,5682
Κλιμακοστάσιο 1.1	438	509,394
Κλιμακοστάσιο 1.2	449	522,187
Εσωτ. Χώρος διαλείμματος 1 ^{ος}	962	1118,806
WC 1 ^{ος}	222	258,186

Σύνολο απωλειών 1^{ου} Ορόφου 14665,7 **17056,2**

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ 2^{ΟΥ} ΟΡΟΦΟΥ

ΧΩΡΟΙ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ (kcal/h)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ (W)
2.12	309,3	359,7159
Αίθουσα 2.3	1240,9	1443,1667
Αίθουσα 2.4	2160	2512,08
Αίθουσα 2.5	2630,15	3058,86445
Αίθουσα 2.6	1943,67	2260,48821
Αίθουσα 2.7	2267	2636,521
Αίθουσα 2.8	1782	2072,466
Αίθουσα 2.9	3099	3604,137
Βιβλιοθήκη	1417	1647,971
Κλιμακοστάσιο 2.1	292	339,596
Κλιμακοστάσιο 2.2	625,2	727,1076
Εσωτ. Χώρος διαλείμματος 2 ^{ος}	1102	1281,626
WC 2 ^{ος}	280,5	326,2215

Σημασία θερμομόνωσης

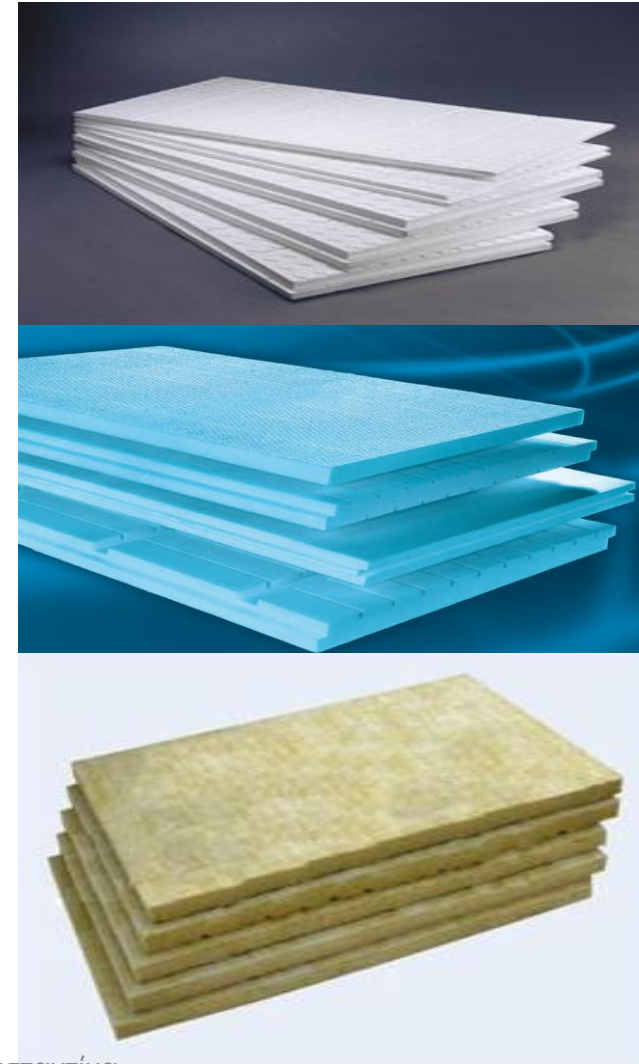
- Η θερμομόνωση σ' ένα κτίριο, ουσιαστικά παρέχει σ' αυτό ένα «προστατευτικό περίβλημα» το οποίο μειώνει τη μετάδοση θερμότητας από και προς το εσωτερικό του. Το χειμώνα μειώνει το ρυθμό με τον οποίο η θερμότητα χάνεται από το κτίριο και το καλοκαίρι μειώνεται ο ρυθμός με τον οποίο η θερμότητα εισάγεται σε αυτό.

Κριτήρια επιλογής θερμομονωτικών υλικών

- Θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά
- Τρόπος εφαρμογής
- Μηχανικές Ιδιότητες
- Χημική συμπεριφορά-ανθεκτικότητα
- Οικονομικά στοιχεία

Θερμομονωτικά Υλικά

- Διογκωμένη πολυστερίνη
- Εξηλασμένη πολυστερίνη
- Πετροβάμβακας

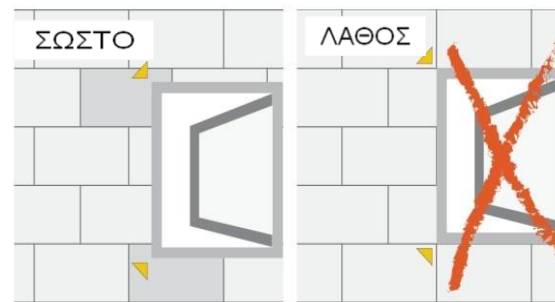
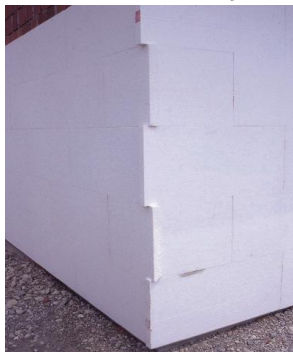
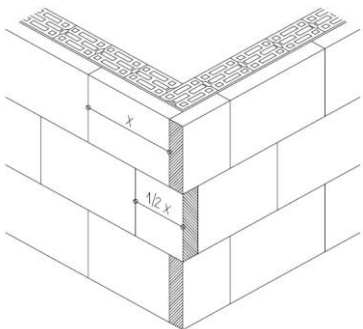


Συγκριτικός πίνακας μεταξύ των υλικών

ΥΛΙΚΟ			ΥΛΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	ΠΕΤΡΟΒΑΜΒΑΚΑΣ	ΕΞΗΛΑΣΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ	ΔΙΟΤΚΩΜΕΝΗ ΠΟΛΥΣΤΕΡΙΝΗ	ΑΦΡΟΣ ΠΟΛΥΟΥΡΕΘΑΝΗΣ
Φυσικές ιδιότητες	Πυκνότητα [kg/m ³]	min	13	30	20	8	30
		max	100	180	80	50	80
	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ [W/mK]	min	0,030	0,033	0,025	0,029	0,020
		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 A2 B1	A1 A2 B2	B1 B2	B1 B2	B1 B2
	Αντοχή στον εφελκυσμό [N/mm ²]	min	0,005*		0,30	0,15	
		max			0,35	0,52	
	Όριο θραύσης [N/mm ²]	min	0,00500	0,00012		0,09000	
max		0,01500	0,00750		0,22000		
Βαθμός απορρόφησης στα 125 Hz	min	0,10	0,05				
	max	0,79	0,19				
Βαθμός απορρόφησης στα 1000 Hz	min	0,71	0,92				
	max	0,97	0,99				
Περιβαλλοντικές ιδιότητες	Πρόσθετα για προστασία από βιολογικούς παράγοντες		OXI	OXI	OXI	OXI	ΝΑΙ
	Περιεχόμενη πρωτογενής ενέργεια [kWh/m ³]	min	90	110	85	151	15,8
		max	430	660	114	269	36,1

Εφαρμογή τοποθέτησης εξωτερικής θερμομόνωσης

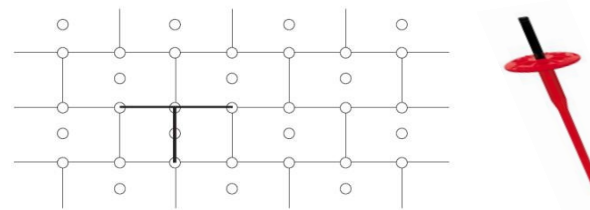
- Έλεγχος του υποστρώματος για σκόνη, υγρασία και καθαρισμός
- Εφαρμογή οδηγού εκκίνησης για σωστή τοποθέτηση των πλακών
- Για αποφυγή υγρασίας στεγανοποίηση του υποστρώματος με τσιμεντοειδές στεγανωτικό. Στη ζώνη στεγανοποίησης πρέπει να γίνει επίστρωση υαλοπλέγματος
- Κόλληση πλακών. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται κατά την εφαρμογή EPS στις γωνίες των ανοιγμάτων ώστε να μην δημιουργούνται οριζόντιοι ή κάθετοι αρμοί.



Κτενά Ελένη - Νικολοπούλου Κωνσταντίνα



- Κλείσιμο αρμών: Αν οι πλάκες EPS μετά την εφαρμογή δημιουργούν κενά ανάμεσά τους τότε το κλείσιμο αυτών πρέπει να γίνεται με αφρό πολυουρεθάνης
- Ακολουθεί η εφαρμογή των εκτονούμενων βυσμάτων τα οποία πρέπει να εφαρμόζονται σε σχήμα «T» και πρέπει να μπαίνουν βύσματα /m²



- Ακολουθεί ο οπλισμός του συστήματος με υαλόπλεγμα σε όλη την επιφάνεια.
- Πριν την εφαρμογή του τελικού επιχρίσματος πρέπει να γίνεται ρύθμιση της απορροφητικότητας του υποστρώματος με αστάρι νερού το οποίο εφαρμόζεται με ρολό
- 24 ώρες μετά την εφαρμογή του ασταριού μπορούμε να εφαρμόσουμε το τελικό επίχρισμα
- Μετά την εφαρμογή του τελικού επιχρίσματος και πριν στεγνώσει πρέπει να εφαρμόσουμε ομαλές κυκλικές κινήσεις με πλαστική σπάτουλα ώστε να έχουμε ομοιόμορφη κατανομή του χρώματος.

Νέοι συντελεστές θερμοπερατότητας

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας μετά την εφαρμογή διογκωμένης πολυστερίνης θα προκύψει από τον τύπο:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_{\text{παλιό}}} + \frac{dm}{\lambda m}$$

Όπου $dm = 60\text{mm}$ είναι το πάχος της διογκωμένης πολυστερίνης

$\lambda m = 0,036\text{W/m}\cdot\text{k}$ ή $0,03096\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{C}$ είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της διογκωμένης πολυστερίνης

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{0,6} + \frac{0,06}{0,03096}$$

$$\frac{1}{k} = 3,61$$

$$\mathbf{K = 0,28 \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C} \text{ ή } \mathbf{k = 0,33 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Νέοι συντελεστές θερμοπερατότητας

Αντίστοιχα ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας μετά την εφαρμογή εξηλασμένης πολυστερίνης θα προκύψει από τον τύπο:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_{\text{καλιό}}} + \frac{dm}{\lambda m}$$

Όπου $dm = 60\text{mm}$ είναι το πάχος της εξηλασμένης πολυστερίνης

$\lambda m = 0,033 \text{ W/m}^*\text{k}$ ή $0,2838 \text{ kcal/m}^*\text{h}^0\text{C}$ είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας της εξηλασμένης πολυστερίνης

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{0,6} + \frac{0,06}{0,02838}$$
$$\frac{1}{k} = 3,78$$

$$K = 0,26 \text{ kcal/m}^2\text{h}^0\text{C} \text{ ή } k = 0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Αντίστοιχα ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας μετά την εφαρμογή πετροβάμβακα θα προκύψει από τον τύπο:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_{\text{καλιό}}} + \frac{dm}{\lambda m}$$

Όπου $dm = 60\text{mm}$ είναι το πάχος του πετροβάμβακα

$\lambda m = 0,035 \text{ W/m}^*\text{k}$ ή $0,0301 \text{ kcal/m}^*\text{h}^0\text{C}$ είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του πετροβάμβακα

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{0,6} + \frac{0,06}{0,0301}$$
$$\frac{1}{k} = 3,66$$

$$K = 0,27 \text{ kcal/m}^2\text{h}^0\text{C} \text{ ή } k = 0.31 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Προτάσεις αλλαγής υαλοπινάκων

- Στο κτίριο υπάρχουν δίδυμοι μονωτικοί υαλοπίνακες με διάκενο 12mm και συντελεστή θερμοπερατότητας $k=3 \text{ kcal/m}^2\text{h}^0\text{C}$, πίνακας 4.2.3. σελ. 4.23 από το βιβλίο θέρμανση-κλιματισμός του Β.Η Σελλούντος. Προτείνεται η αντικατάστασή τους με ενεργειακούς. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας για διπλό ενεργειακό υαλοπίνακα με 12mm διάκενο είναι $k=1,6\text{W/m}^2\text{k}$ ή $k=1,37\text{kcal/m}^2\text{h}^0\text{C}$



ΥΛΙΚΟ	k (W/m ² *K)
Πλαίσιο με συμβατικό προφίλ αλουμινίου	7
Πλαίσιο με θερμοδιακοπτόμενο προφίλ αλουμινίου	2,2~4,3
Τζάμι μονό πάχους 5mm	5,8
Τζάμι μονό πάχους 10mm	5,6
Τζάμι διπλό απλό (5mm - 12mm - 4mm)	2,8
Τζάμι διπλό απλό (5mm - 16mm - 4mm)	2,7
Τζάμι διπλό ενεργειακό (5mm - 12mm - 4mm)	1,6
Τζάμι διπλό ενεργειακό (5mm - 16mm - 4mm)	1,3
Τζάμι διπλό ενεργειακό (5mm - 16mm - 4mm) με argon	1

Τρεις πιθανές λύσεις

- Αλλαγή υαλοπινάκων με ενεργειακούς σε όλο το κτίριο και εφαρμογή στη βόρεια πλευρά του κτιρίου, που έχει και τις μεγαλύτερες απώλειες, διογκωμένης πολυστερίνης
- Αλλαγή υαλοπινάκων με ενεργειακούς σε όλο το κτίριο και εφαρμογή στη βόρεια πλευρά του κτιρίου εξηλασμένης πολυστερίνης
- Αλλαγή υαλοπινάκων με ενεργειακούς σε όλο το κτίριο και εφαρμογή στη βόρεια πλευρά του κτιρίου πετροβάμβακα

Συνολικές απώλειες του κτιρίου μετά την αλλαγή υαλοπινάκων και την εφαρμογή διογκωμένης πολυστερίνης

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ		
ΧΩΡΟΙ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ (kcal/h)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ (W)
Αίθουσα Η/Υ	2242,7	2608,2601
Αίθουσα θεάτρου	2987,2	3474,1136
Αποθήκη	774,3	900,5109
WC 1	70,92	82,47996
WC 2	178,5	207,5955
Κλιμακοστάσιο 1	322,12	374,62556
Κλιμακοστάσιο 2	127,1	147,8173
Σύνολο απωλειών Υπογείου	6702,84	7795,40292

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ		
ΧΩΡΟΙ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ kcal/h	ΑΠΩΛΕΙΕΣ W
Γραφείο Δασκάλων	1324,3	1540,1609
Γραφείο Διευθυντή	431	501,253
Αποθήκη	1521	1768,923
Γραφείο	510,8	594,0604
Κουζίνα	342,5	398,3275
Κυλικείο	247,5	287,8425
Παρασκήνιο	456,6	531,0258
Προθάλαμος	971,7	1130,0871
Εσωτ. Χώρος διαλείμματος ισογείου	-8,8	-10,2344
WC ΑΜΕΑ	143,12	166,44856
WC Ισογείου	409,7	476,4811
Εξωτερικό WC 1	1030,8	1198,8204
Εξωτερικό WC 2	1370,3	1593,6589
Κλιμακοστάσιο 2.0	118	137,234
Σύνολο απωλειών Ισογείου	8868,52	10314,08876

Συνολικές απώλειες του κτιρίου μετά την αλλαγή υαλοπινάκων και την εφαρμογή διογκωμένης πολυστερίνης

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ 1 ^{ΟΥ} ΟΡΟΦΟΥ			ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ 2 ^{ΟΥ} ΟΡΟΦΟΥ		
ΧΩΡΟΙ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ (kcal/h)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ (W)	ΧΩΡΟΙ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ (kcal/h)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ (W)
1.12	201	233,763	2.12	221,7	257,8371
Αίθουσα 1.3	789,4	918,0722	Αίθουσα 2.3	1137,7	1323,1451
Αίθουσα 1.4	1923,3	2236,7979	Αίθουσα 2.4	1839,5	2139,3385
Αίθουσα 1.5	1590	1849,17	Αίθουσα 2.5	2038,2	2370,4266
Αίθουσα 1.6	1058,8	1231,3844	Αίθουσα 2.6	1587,7	1846,4951
Αίθουσα 1.7	1198,9	1394,3207	Αίθουσα 2.7	1741,7	2025,5971
Αίθουσα 1.8	976,6	1135,7858	Αίθουσα 2.8	1478,5	1719,4955
Αίθουσα 1.9	1745,5	2030,0165	Αίθουσα 2.9	2409,4	2802,1322
Κλιμακοστάσιο 1.1	359,5	418,0985	Βιβλιοθήκη	1110,26	1291,23238
Κλιμακοστάσιο 1.2	229,3	266,6759	Κλιμακοστάσιο 2.1	292	339,596
Εσωτ. Χώρος διαλείμματος 1 ^{ος}	-9,1	-10,5833	Κλιμακοστάσιο 2.2	405,8	471,9454
WC 1 ^{ος}	143,03	166,34389	Εσωτ. Χώρος διαλείμματος 2 ^{ος}	903,2	1050,4216
Σύνολο απωλειών 1^{ου} Ορόφου	10206,23	11869,84549	WC 2 ^{ος}	200,6	233,2978
			Σύνολο απωλειών 2^{ου} Ορόφου	15366,26	17870,96038

Συνολικές απώλειες 41144Kcal/h → 47850W

Συνολικές απώλειες κτιρίου μετά την εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης και αλλαγής υαλοπινάκων.

	<u>EPS 80 ETICS</u> <u>1000*500*60mm</u> <u>(Styropan)</u> <u>και</u> <u>αλλαγή</u> <u>υαλοπινάκων</u>	<u>Fibran ETICS GFI</u> <u>1000*600*60mm</u> <u>και</u> <u>αλλαγή υαλοπινάκων</u>	<u>Πετροβάμβκας</u> <u>Fibran B-040</u> <u>1200*600*60mm</u> <u>και</u> <u>αλλαγή υαλοπινάκων</u>
	Απώλειες [Kcal/h]	Απώλειες [Kcal/h]	Απώλειες [Kcal/h]
Υπόγειο	6703	6613	6622
Ισόγειο	8869	8901	8923
1 ^{ος} Όροφος	10206	10426	10452
2 ^{ος} Όροφος	15366	15598	15625
<u>Σύνολο</u>	41144	41538	41622

Μεγαλύτερη διαφορά και καλύτερη βελτιστοποίηση των θερμικών απωλειών επιτυγχάνονται με τη χρήση διογκωμένης πολυστερίνης στη βόρεια πλευρά του κτιρίου σε συνδυασμό με αλλαγή των υαλοπινάκων

Παρατηρείται:

- 20,8% μείωση των θερμικών απωλειών με αλλαγή υαλοπινάκων και εφαρμογή διογκωμένης πολυστερίνης
- 20,1% μείωση των θερμικών απωλειών με αλλαγή υαλοπινάκων και εφαρμογή εξηλασμένης πολυστερίνης
- 19,9% μείωση των θερμικών απωλειών με αλλαγή υαλοπινάκων και εφαρμογή πετροβάμβακα

Κοστολόγηση εγκατάστασης θερμομονωτικών υλικών

- Για τη Βόρεια πλευρά του κτιρίου έχουμε

Συνολικό εμβαδόν εξωτερικών βόρειων τοίχων (m ²)	292
Αφαιρούμενη επιφάνεια (m ²)	16
Τελική επιφάνεια (m²)	276

- Κόστος θερμομονωτικών υλικών

	EPS	XPS	Πετροβάμβακας
Τιμή/m ² [€]	3,01	4,8	2,16
Τελική επιφάνεια [m ²]	276	276	276
Κόστος μονωτικών [€]	830,76	1324,8	596,16

- Υπολογισμός ποσότητας και τιμής παρελκόμενων υλικών

Υλικό	Κατανάλωση [m ²]	[m ²]	Ποσότητα	Δέμα	Παραγγελία	Τιμή	€
Υλικό Επικόλλησης	4kg/m ²	276	1104	25kg	45	11,99	539,55
Υαλόπλεγμα	1,1m ² /m ²	276	303,6	50m	7	46.74	327,18
Βύσματα	5τμχ/m ²	276	1380	1τμχ	1380	0.12	165.6
Βασικό επίχρισμα	4kg/m ²	276	1104	25kg	45	15.68	705,6
Τελικό σιλικονούχο επίχρισμα	2,4kg/m ²	276	662.4	18kg	37	44.28	1638,36
Σύνολο							3376,29

- Υπολογισμός κόστους εργατικών

Αριθμός εργατών	4
Διάρκεια εργασιών	10-15
Εργατικά	13 € / m ²
Σκαλωσιές	2.5 € / m ²
Σύνολο έργου	4278

- Συνολικό κόστος για την εξωτερική θερμομόνωση της Βόρειας πλευράς του κτιρίου

	EPS	XPS	Πετροβάμβακας
Κόστος μονωτικών [€]	830,76	1324,8	596,12
Κόστος Υλικών [€]	3376,29	3376,29	3376,29
Κόστος εργατικών [€]	4278	4278	4278
Σύνολο [€]	8485	8979	8250

- Κόστος αλλαγής υαλοπινάκων

	[€/m ²]	[m ²]	[€]
Τιμή ενεργειακού υαλοπίνακα μαζί με εργατικά	135	173	23355
ΣΥΝΟΛΟ			23355

Συνολικό κόστος εξωτερικής θερμομόνωσης στη βόρεια πλευρά του κτιρίου και αλλαγή υαλοπινάκων

	Κόστος θερμομόνωσης	Κόστος υαλοπινάκων	Σύνολο
EPS και αλλαγή υαλοπινάκων	8485	23355	31840
XPS και αλλαγή υαλοπινάκων	8979	23355	32334
Πετροβάμβακας και αλλαγή υαλοπινάκων	8250	23355	31605

Απόσβεση εξωτερικής θερμομόνωσης και αλλαγής υαλοπινάκων

- Καταναλώσεις κτιρίου για το σχολικό έτος 2014-2015

Περίοδος	Κατανάλωση (m ³)
23/10/14-22/11/14	234
23/11/14-22/12/14	722
23/12/14-22/01/15	1786
23/01/15-25/02/15	1485
26/02/15-23/03/15	899
24/03/15-22/04/15	331
Σύνολο για το σχολικό Έτος 2014-2015	5457

- Για να μετατρέψουμε τα m^3 σε κιλοβατόρες [kWh] θα χρειαστούμε τη θερμογόνο δύναμη του φυσικού αερίου.
- Από τα στοιχεία της ΕΠΑ Θεσσαλονίκης η θερμογόνος δύναμη για το μήνα Απρίλιο του 2016 ήταν $11,5545kWh/m^3$ και η τιμή για το μήνα Απρίλιο 2016 ήταν $0,03731€/m^3$.
- Ο υπολογισμός θα γίνει ως εξής:
- Το κτίριο για το σχολικό έτος 2014-2015 κατανάλωσε $5457m^3$. Για να μετατρέψουμε τα m^3 σε κιλοβατόρες (kWh) πολλαπλασιάζουμε επί τη θερμογόνο δύναμη του φυσικού αερίου ($11,5545kWh/Nm^3$ για το μήνα Απρίλιο 2016) και στη συνέχεια με $0,03731€/m^3$ που ήταν η τιμή για τον Απρίλιο του 2016.
- **$5457m^3/χρόνο = 63052,9 kWh = 2353€$**

- Μετά την εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης με διογκωμένη πολυστερίνη στη βόρεια πλευρά του κτιρίου και αλλαγή υαλοπινάκων καταφέραμε να ρίξουμε τις απώλειες από 60,483 KW σε 47,85 KW.

60,483 KW

2353€

47,85 KW

x

= 1862 €

- Διαιρώντας το άθροισμα του κόστους της θερμομόνωσης με διογκωμένη πολυστερίνη της βόρειας πλευράς του κτιρίου και τις αλλαγές των υαλοπινάκων βρίσκουμε σε πόσο χρόνο θα γίνει η απόσβεση.

$31840 \text{ €} / 1862 \text{ €} = 17$

- Η απόσβεση της εφαρμογής διογκωμένης πολυστερίνης στη βόρεια πλευρά του κτιρίου και αλλαγή υαλοπινάκων σε όλο το κτίριο θα γίνει σε 17 χρόνια.

Απόσβεση των τριών πιθανών λύσεων

Εφαρμογή	Απόσβεση (χρόνια)
EPS + Αλλαγή Υαλοπινάκων	17
XPS + Αλλαγή Υαλοπινάκων	16,85
Πετροβάμβακας + Αλλαγή Υαλοπινάκων	16,78

Συμπεράσματα

- Ως καλύτερη επιλογή για το κτίριό προτείνεται είτε η εξηλασμένη πολυστερίνη είτε ο πετροβάμβακας σε συνδυασμό με αλλαγή υαλοπινάκων καθώς ο χρόνος απόσβεσης είναι παρόμοιος
- Το υπό μελέτη κτίριο είναι ένα καινούργιο σχολικό κτίριο, δεκαετίας περίπου, επομένως μια επένδυση με τέτοιο χρόνο απόσβεσης θα ήταν μια αποδεκτή λύση

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Θέρμανση-Κλιματισμός Β. Η. Σελλούντος

[2] Τεχνική θερμοδυναμική Δ. Δ. Χασάπης

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

[3] www.mtmetalframe.com

[4] www.mie.uth.gr

[5] www.teicm.gr

[6] <http://27dim-thess.thess.sch.gr>

[7] www.aerioattikis.gr

[8] www.epathessaloniki.gr

[9] www.depa.gr

[10] www.rae.gr

[11] <http://el.m.wikipedia.org>

[12] www.iefimerida.gr

[13] www.eco-gas.gr

[14] <http://portal.tee.gr>

[15] www.e-greenbuilding.gr

[16] www.thermansipress.gr

[17] www.monodomiki.gr

[18] www.digital-in.info

[19] www.mcit.gov.cy

[20] www.anakainisispitiou.gr

[21] www.isoren.gr

[22] www.technomorfi.gr

[23] www.ergatex.gr

[24] www.fibran.gr

[25] www.unisol.gr

[26] www.monosimacon.blogspot.com

[27] www.baufox.com

[28] www.monosi-fragoulakis.gr

[29] www.koufomata-myconstructor.gr

[30] www.praktikal.gr

[31] www.monotikaylika.gr

[Οι παραπάνω ιστοσελίδες χρησιμοποιήθηκαν την περίοδο Μαρτίου-Απριλίου 2016]