

Ανάπτυξη Υλικών Βασισμένη στην Κυκλική Οικονομία

για την Προώθηση της Μετάβασης σε Βιώσιμα και Υψηλής
Ενεργειακής Απόδοσης Κτίρια σε Βέλτιστο Κόστος



November 2023 – April 2027

Συγχρηματοδοτείται από ΕΕ · UKRI · SERI

Dimitrios Mendrinou

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης
Ενέργειας



Co-funded by
the European Union



UK Research
and Innovation

Project funded by



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Federal Department of Economic Affairs,
Education and Research EAER
State Secretariat for Education,
Research and Innovation SERI

17 Εταίροι από 11 χώρες



Αριθμός Συμμετέχοντος	Όνομα Οργανισμού Συμμετέχοντος	Σύντομη Ονομασία	Χώρα
1	INSTITUTO TECNOLOGICO METALMECANICO, MUEBLE, MADERA, EMBALAJE Y AFINES-AIDIMME	AID	ES
2	BECSA SOCIEDAD ANONIMA	BEC	ES
2.1	GLOBALCYCLUS SL	GLO	ES
3	ASOCIACION EMPRESARIAL DE INVESTIGACION CENTRO TECNOLOGICO DE LA CONSTRUCCION REGION DE MURCIA	CTC	ES
4	UNIVERSITY OF STUTTGART	UST	DE
5	CHIMAR (HELLAS) AE - ANONYMI VIOMICHANIKI KAI EMPORIKI ETAIREIA CHIMIKON PROIONTON	CHI	EL
6	CRH NEDERLAND BV	CRH	NL
7	F6S NETWORK LIMITED	F6S	IE
8	CENTRE FOR RENEWABLE ENERGY SOURCES AND SAVING FONDATION	CRES	EL
9	BRIMATECH RESEARCH GGMBH	BRI	AT
10	KEEY AEROGEL	KEEY	FR
11	AUSTRIAN STANDARDS INTERNATIONAL - STANDARDISIERUNG UND INNOVATION	ASI	AT
12	HOGSKOLEN I OSTFOLD	HIO	NO
13	KASTAMONU ENTEGRE AGAC SANAYI VE TICARET ANONIM SIRKETI	KEAS	TR
14	TAKKENKAMP GROEP B.V.	TAK	NL
15	AGITEC AG	AGI	CH
16	LURTIS LTD	LUR	UK

Αποστολή

- Επαναστατικοποίηση της κατασκευής μέσω βιώσιμων λύσεων θερμικής μόνωσης που μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας σε όλη τη διάρκεια ζωής των κτιρίων

Προέγγιση

- Αρχές κυκλικής οικονομίας με χρήση υλικών από δομικά απόβλητα, εναλλακτικές χαμηλών εκπομπών άνθρακα και ενεργειακά αποδοτικό σχεδιασμό

Αντίκτυπος

- Μείωση λειτουργικών εκπομπών & εκπομπών ενσωματωμένης ενέργειας, επίτευξη αξιολογήσεων ZEB, αντιμετώπιση ενεργειακής φτώχειας με προσιτές λύσεις

Υλικά – Λύσεις SNUG



Αεριζόμενα Οικολογικά Τσιμεντόμπλοκ (AAC)

- AAC με συνδετικά υλικά από απόβλητα

Αυτοεπιπεδούμενα Κονιάματα + PCM

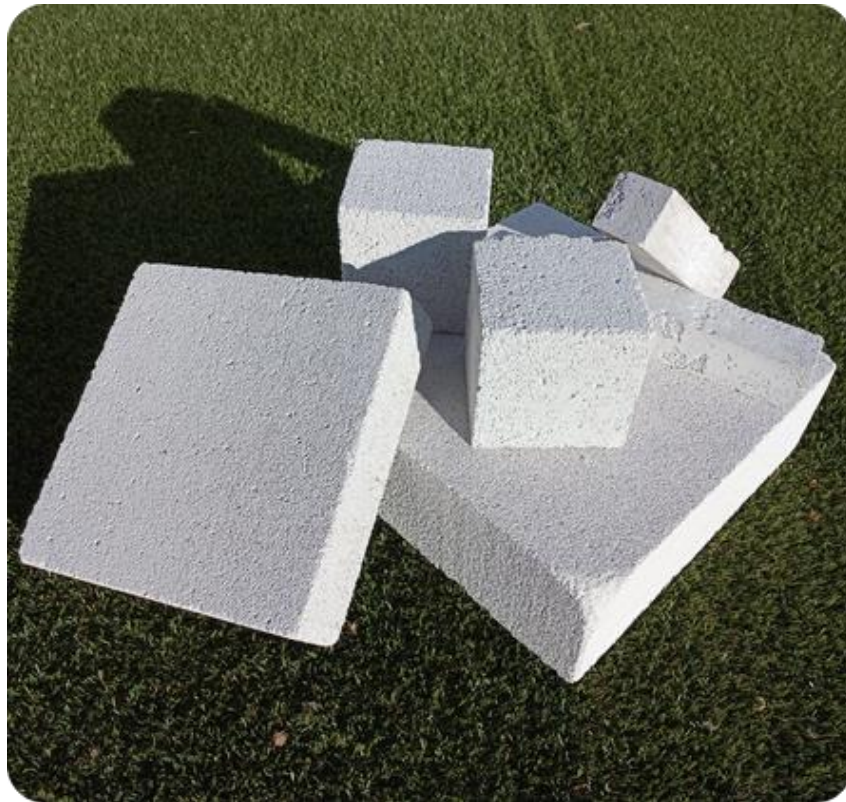
- Θερμική αποθήκευση αλλαγής φάσης

Μόνωση Βάσης Αεροτzell

- Υπερ-μόνωση από ανακυκλωμένα & CDW υλικά

Βιολογικά Πάνελ

- Ίνες κάνναβης + συγκολλητικό τανίνης



Αντικατάσταση τσιμέντου Portland με βιώσιμες εναλλακτικές από απόβλητα

Εφαρμογές

- Χρησιμοποιείται για φέρουσες & μη φέρουσες τοιχοποιίες
- Εσωτερικά χωρίσματα, δάπεδα & πάνελ οροφής
- Κατάλληλο για υψηλά κτίρια
- Ελαφρύ & ευέλικτο

Τσιμεντόμπλοκ AAC – Νέα Προσέγγιση



Βασική Καινοτομία

- Πλήρης αντικατάσταση τσιμέντου Portland με GGBFS (λεπτοαλεσμένη κοκκώδης σκωρία υψικαμίνου) + μερική αντικατάσταση ασβέστη με σκωρία ανθρακασβεστίου

18μηνιαία διαδικασία Έρευνας & Ανάπτυξης που απέδωσε 3 ξεχωριστές συνθέσεις

- Σύνθεση Α: Έτοιμη για βιομηχανική κλίμακα
- Σύνθεση Β: Έτοιμη για βιομηχανική κλίμακα
- Σύνθεση Γ: Προτείνεται για μελλοντική ανάπτυξη

Τσιμεντόμπλοκ AAC – Στόχοι



Βιώσιμο Υποκατάστατο

- Ανάπτυξη νέων συνθέσεων ως άμεσες αντικαταστάσεις εμπορικών τσιμεντόμπλοκ AAC σε όλες τις κατασκευαστικές εφαρμογές

Χωρίς Τσιμέντο

- Πλήρης αντικατάσταση τσιμέντου Portland με λεπτοαλεσμένη κοκκώδη σκωρία υψικαμίνου (GGBFS) για μείωση του αποτυπώματος άνθρακα

Μείωση Ασβέστη

- Μερική αντικατάσταση περιεχομένου ασβέστη με σκωρία ανθρακασβεστίου, βελτιώνοντας περαιτέρω το προφίλ βιωσιμότητας

Ισοδυναμία Απόδοσης

- Διατήρηση ή βελτίωση τεχνικών, ασφαλείας, περιβαλλοντικών και οικονομικών ιδιοτήτων σε σχέση με εμπορικό προϊόν αναφοράς

Τσιμεντόμπλοκ AAC – Βασικά Επιτεύγματα

100%

Τσιμέντο Portland
αντικαταστάθηκε
με GGBFS

40%

Ασβέστης
αντικαταστάθηκε με
σκωρία ανθρακασβεστίου

35%

Χρησιμοποιήθηκε σκωρία
υψικαμίνου
σε σχέση με το αρχικό
βάρος τσιμέντου

Αποτελέσματα

- Συνθέσεις A & B βελτιστοποιημένες για βιομηχανικές δοκιμές μεγάλης κλίμακας
- Τα παραγόμενα τσιμεντόμπλοκ ταιριάζουν με το εμπορικό προϊόν αναφοράς σε πυκνότητα 400 kg/m³
- Επιβεβαιώθηκαν σημαντικές βελτιώσεις σε περιβαλλοντικούς και οικονομικούς δείκτες
- Σύνθεση Γ — υψηλά βιώσιμα συστατικά, προτείνεται για μελλοντική Έρευνα & Ανάπτυξη

Τσιμεντόμπλοκ AAC – Επόμενα Βήματα



Προσαρμογή Βιομηχανικής Διαδικασίας

- Βελτιστοποίηση θερμοκρασίας μίγματος, σταθερότητας αφρού και χρόνου προσκλήρυνσης για σταθερή ποιότητα σε βιομηχανική κλίμακα

Δοκιμές Πυραντίστασης

- Κρίσιμες δοκιμές ασφαλείας θα διεξαχθούν μόλις παραχθούν επαρκείς ποσότητες τσιμεντόμπλοκ σε βιομηχανική κλίμακα

Αντιμετώπιση Προκλήσεων Κλίμακας

- Περιορισμένες προηγούμενες δημοσιεύσεις για νέες συνθέσεις παρουσιάζουν προκλήσεις — αφιερωμένη Έρευνα & Ανάπτυξη για επιτυχή είσοδο στην αγορά

Αυτοεπιπεδούμενα Κονιάματα με PCM (SLM)



Υλικά Αλλαγής Φάσης για θερμική αποθήκευση ενέργειας σε δάπεδα

Τι είναι τα SLM;

- Ρευστά κονιάματα που αυτοεπιπεδώνονται υπό τη βαρύτητα
- Χρησιμοποιούνται ως υπόστρωμα κάτω από τελικές επικαλύψεις δαπέδου
- Εμπλουτισμένα με PCM για αποθήκευση λανθάνουσας θερμότητας
- Συμβατά με συστήματα ακτινοβόλας θέρμανσης

Κονιάματα PCM – Λύση & Στόχοι

Επισκόπηση Λύσης

- SLM με 5% PCM γραφίτη (A20 (μm) στους 20°C + A34 (μm) στους 34°C)
- Εγκατεστημένο στον χώρο επίδειξης Νορβηγίας (δάπεδο μπάνιου)
- Πολυστρωματικά σύνθετα πάνελ με βιολογικά ή ξύλινα πάνελ
- Ελαχιστοποιημένες θερμογέφυρες, σχεδιασμένα για εύκολη ανακύκλωση

Βασικοί Στόχοι

- 18% Μείωση κόστους ηλεκτρικής ενέργειας
- 7% Μείωση εκπομπών CO₂

Κονιάματα PCM – Επιτεύγματα & Επόμενα Βήματα

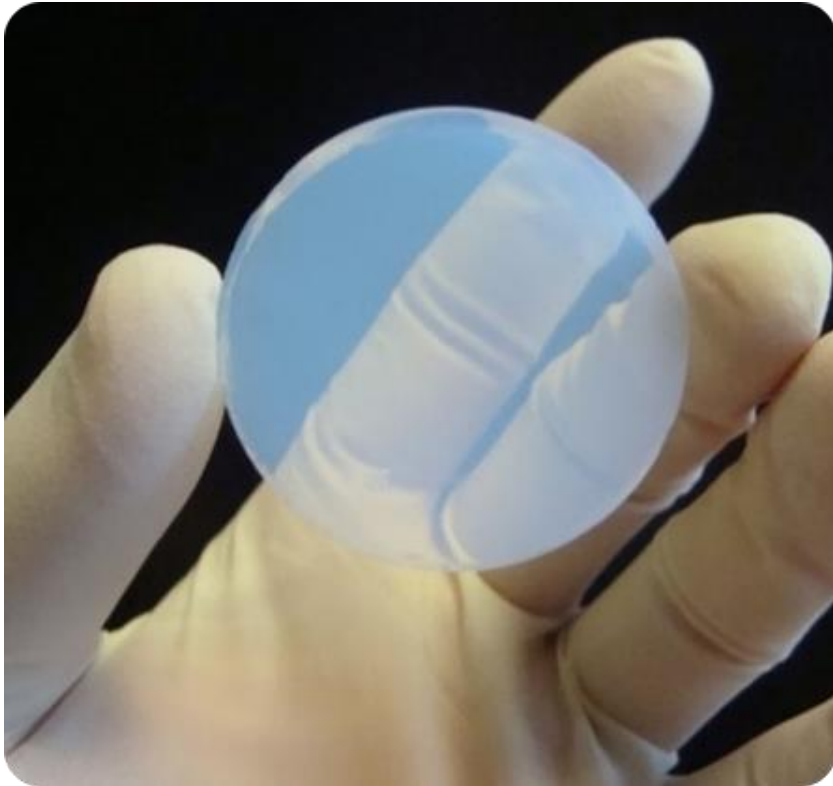


Επιτεύγματα

- Κονίαμα εγκατεστημένο στον χώρο επίδειξης Νορβηγίας
- Εργασιμότητα ίδια ή ανώτερη του εμπορικού προϊόντος αναφοράς
- Πληροί όλες τις απαιτήσεις Κανονισμού ΤΕΚ17
- Βιολογικές συνθέσεις εργαστηρίου δοκιμάστηκαν επιτυχώς

Επόμενα

- Αντικατάσταση εμπορικής βάσης κονιάματος με μίγμα OPC/Γεωπολυμερούς
- Μετάβαση σε βιολογικά PCM (λάδι καρύδας σε μήτρα βιοκάρβουνου)
- Ανάλυση εξοικονόμησης ενέργειας από καταγραφή μετρήσεων στη Νορβηγία
- Έρευνα βελτιωμένης πρόσφυσης μεταξύ κονιάματος και βιολογικών πάνελ
- Εύρεση οικονομικά αποδοτικής παροχής PCM για βιομηχανική κλίμακα



Υπερ-μόνωση από ανακυκλωμένα
αεροτζελ και ρεύματα αποβλήτων CDW

Γιατί Αεροτζελ;

- Έως 99,8% αέρας — νανοπορώδης δομή
- Χαμηλότερη θερμική αγωγιμότητα από οποιοδήποτε στερεό
- Ανώτερη πυραντίσταση
- Υδρόφοβες ιδιότητες
- Ελάχιστο απαιτούμενο πάχος μόνωσης

Προϊόντα Αεροτzell – Δύο Κατευθύνσεις



ΠΡΟΪΟΝ 1 - Εμφυσούμενη Μόνωση

- Χρησιμοποιεί απορρίμματα Agitherm (σύνθετο μελαμίνης-αεροτzell)
- Χρησιμοποιεί επίσης κοκκώδη αεροτzell βάσης CDW
- Σχεδιασμένο για ανακαίνιση κοιλοτήτων τοίχων
- Διατηρεί περιεχόμενο αεροτzell για σταθερή απόδοση

ΠΡΟΪΟΝ 2 - Ασβεστοκονιάματα & Επιχρίσματα

- Ενσωματώνει κόκκους αεροτzell βάσης CDW
- Κατάλληλο για σύγχρονα και παραδοσιακά κτίρια
- Επίχρισμα μόνωσης υψηλής ενεργειακής απόδοσης
- Καλή πρόσφυση με βάση ασβεστοκονιάματος

CDW Εμφυσούμενη Μόνωση

- Θερμική αγωγιμότητα ίδια με εμπορικό αεροτzell· επιτεύχθηκε χαμηλότερη απορρόφηση νερού

Agitherm Αλλαγή

- Αλλαγή από Pureflex to Agitherm απόβλητα — διατηρεί περιεχόμενο αεροτzell για σταθερή απόδοση

Ασβεστοκονίαμα (εμπορικό αεροτzell)

- Αναπτύχθηκε επιτυχώς, χαρακτηρίστηκε, καλή τιμή λ , επιβεβαιώθηκε λογική πρόσφυση

Καινοτομία Κοκκωδών CDW

- Αποτελέσματα συγκρίσιμα με φυσικά προϊόντα βάσης πυριτίου, αποδεικνύοντας τη βιωσιμότητα CDW

Δοκιμές Αντοχής

- Πρακτική επικύρωση ασβεστοεπιχρίσματος με εμπορικό αεροτζελ στο κτίριο επίδειξης

Ολοκλήρωση Επιχρίσματος CDW

- Ανάπτυξη και χαρακτηρισμός ασβεστόεπιχρίσματος μόνωσης με αεροτζελ ΚΕΕΥ CDW, βελτίωση ιδιοτήτων σύνδεσης

Δοκιμές Agitherm

- Δοκιμές με νέο υλικό απόβλητων Agitherm για εμφυσούμενη μόνωση

Εκτίμηση Κύκλου Ζωής

- Πρώτη εκτίμηση LCA της ενσωματωμένης ενέργειας και μείωσης αποτυπώματος άνθρακα για λύσεις βάσης CDW

Περαιτέρω Χαρακτηρισμός

Βιώσιμα Βιολογικά Πάνελ



Ίνες κάνναβης + συγκολλητικό τανίνης
— μια καθαρή, υπεύθυνη επιλογή

Εφαρμογές

- Πάνελ μόνωσης
- Δομικοί τοίχοι
- Συστήματα δαπέδων
- Εξωτερική επένδυση
- Εσωτερικά χωρίσματα

Βιολογικά Πάνελ – Απόδοση



Μηχανικές

- Αντοχή σε διάτμηση, θλίψη, εφελκυσμό, κάμψη

Ασφάλεια

- Αντίσταση σε μύκητες
- Θετική πυρική απόδοση
- Χαμηλές εκπομπές VOC

Επιχρίσματα

- Κονιάματα εξωτερικού φλοιού ίσα ή ανώτερα του εμπορικού προϊόντος αναφοράς

Θερμική αγωγιμότητα

$< 0,055 \text{ W/m}\cdot\text{K}$

καλύτερη από
 $0,06 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ KPI έργου και
ελάχ. $0,1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ισπανικό CTE

Βιολογικά Πάνελ – Αντίκτυπος Βιωσιμότητας

70%

Μείωση σε
Ενσωματωμένη
Ενέργεια

50%

Μείωση σε
Εκπομπές CO₂

**Δεξαμενή
CO₂**

Τα υλικά ενεργά
απορροφούν
άνθρακα

σε σχέση με εναλλακτικές πετρελαϊκής βάσης

Επόμενα Βήματα

- Πλήρης LCA βιομηχανικής κλίμακας για ποσοτικοποίηση ενσωματωμένης ενέργειας και CO₂
- Μείωση απορρόφησης υγρασίας (κύρια πρόκληση) μέσω προσαρμογών σύνθεσης
- Ολοκλήρωση δοκιμών πρόσφυσης μεταξύ στρώματος κονιάματος και βιοπάνελ κάνναβης
- Ανάπτυξη και δοκιμή μηχανικού συστήματος στερέωσης για σάντουιτς πάνελ

Τρεις Χώροι Επίδειξης στον Πραγματικό Κόσμο



Ανακαίνιση κατοικίας στο Kilchberg, Ελβετία

- Πολυκατοικία 3-ωροφη + σοφίτα. 300 m² πρόσοψη, 250 m² υαλοστάσια. Δοκιμή πολλαπλών λύσεων SNUG μεμονωμένα και συνδυαστικά.

Ανακαίνιση βιομηχανικού κτιρίου στη Almassora, Ισπανία

- Μονώροφο βιομηχανικό κτίριο ιδιοκτησίας BECSA. Σύγκριση δοκιμαστικού δωματίου με δωμάτιο αναφοράς για λύσεις ανακαίνισης μόνωσης

Νέα κατασκευή – κατοικία στο Fredrikstad, Νορβηγία

- Νέα κατασκευή από Værste AS με εμπορικό ισόγειο και δύο κατοικήσιμους πύργους. Ένα διαμέρισμα για δοκιμές σε σχέση με διαμέρισμα αναφοράς

Χρονοδιάγραμμα Έργου



**Νοέμ.
2023**

**Απρ.
2027**



Νοέμβριος 2023 – Απρίλιος 2027 / 42 μήνες / Συγχρηματοδοτείται: EE + UKRI + SERI



Ευχαριστώ



Co-funded by
the European Union



UK Research
and Innovation

Project funded by



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Federal Department of Economic Affairs,
Education and Research EAER
State Secretariat for Education,
Research and Innovation SERI