



Συμβολή του Εργ. Ετερογενών Μειγμάτων και Συστημάτων Καύσης στην Ενεργειακή και περιβαλλοντική απόδοση δομικών υλικών

Μ. Φούντη

Καθ. Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών

Μετα-διδακτορικοί συνεργάτες: Δρ. Δ. Κολαΐτης, Δρ. Γ. Σκεύης, Δρ. Ελ. Κεραμίδα,
Δρ. Ν. Σουρής

Υποψ. Διδάκτορες: Δ. Γιαννόπουλος, Γ. Ζαννής, Δ. Κατσουρίνης,
Δ. Κοντογεώργος, Ι. Μανδηλαράς, Μ. Σταματιάδου,
Α. Τογκαλίδου

Γραμματειακή υποστήριξη: Ε. Φούντη, Ε. Διονυσοπούλου

Τεχνική υποστήριξη: Χ. Μαυράκης.

**Εργαστήριο Ετερογενών Μειγμάτων και Συστημάτων Καύσης
Τομέας Θερμότητας, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών**

ΕΜΠ, 4 Δεκεμβρίου 2007



Περιεχόμενα παρουσίασης

- Προφίλ - Ερευνητικοί Στόχοι Εργ. ΕΜΣΚ
- Αποτελέσματα Ερευνητικών Προγραμμάτων
- Συνεργασία με τη Βιομηχανία
- Παρεχόμενες Υπηρεσίες
- Προϊόντα, Ευρεσιτεχνίες
- Στατιστικά Στοιχεία





Προφίλ - Ερευνητικοί Στόχοι Εργ. ΕΜΣΚ

- Το Εργαστήριο Ετερογενών Μειγμάτων και Συστημάτων Καύσης θεσμοθετήθηκε το 2002.
- Αντικείμενο του Εργαστηρίου:
 - Μελέτη **πολυφασικών, πολυσυστατικών, αντιδρώντων μειγμάτων** με κύρια εφαρμογή σε συστήματα καύσης.
 - Μεταφορά των αποτελεσμάτων στη βιομηχανική πράξη (π.χ. καύση σε κλιβάνους και καυστήρες, πρωτότυπες διεργασίες καύσης, φυσικές και θερμοχημικές διεργασίες δύο φάσεων, κυψέλες καυσίμου, αερομεταφορά διαχωρισμός και λειοτρίβηση υλικών, μηχανική διάβρωση, ψεκασμός, ξήρανση και επικαλύψεις με ψεκασμό, διάδοση φωτιάς σε κλειστούς χώρους, αξιολόγηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων κλπ).
- Από το 1993 λειτουργεί επίσης η Μονάδα Τεχνολογίας Κόνεων με αντικείμενο την έρευνα στη περιοχή ξηρής λειοτρίβησης και κονιοποίησης υλικών.



Βελτιστοποίηση ιδιοτήτων διογκωμένου περλίτη

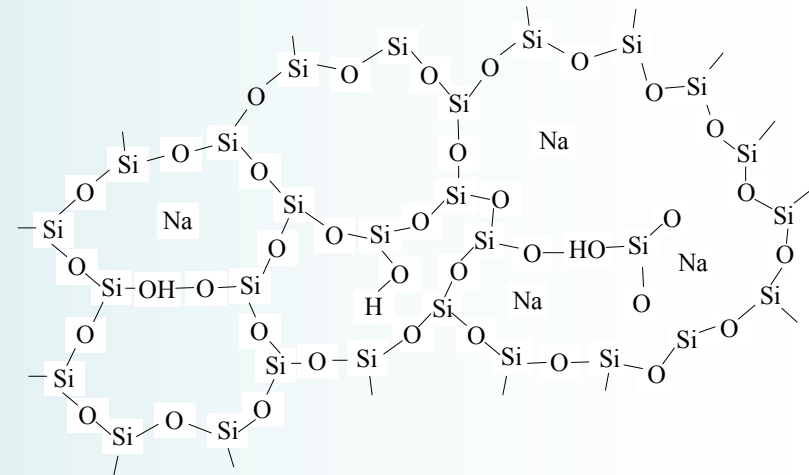
➤ ΠΕΡΛΙΤΗΣ:

- ΠΥΡΙΤΙΚΟ ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΓΕΝΕΣ ΠΕΤΡΩΜΑ (70-72% SiO_2).
- Με θέρμανση του σε κατάλληλο σημείο της περιοχής μαλακύνσεως του (800-1100°C) διογκώνεται 4–16 φορές προς τον αρχικό όγκο.
- Η διόγκωση οφείλεται στην παρουσία κρυσταλλικού νερού (2–6% κ.μ.).

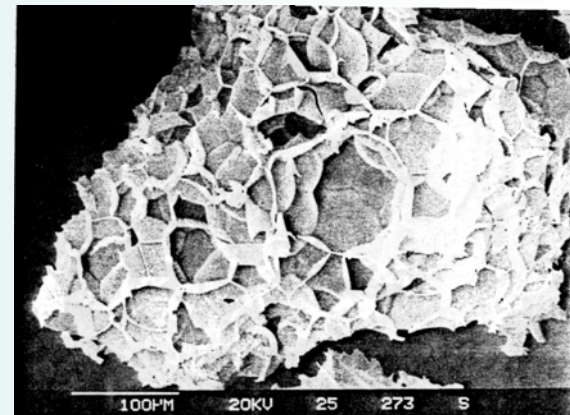
➤ ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ:

- Δομικά υλικά – μονώσεις
- Αγροτικές καλλιέργειες - υδροπονία
- Μέσο διήθησης και διαύγασης
- Κρυογενική

➤ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗ ΔΟΜΗ:



➤ ΔΙΟΓΚΩΜΕΝΟΣ ΠΕΡΛΙΤΗΣ:

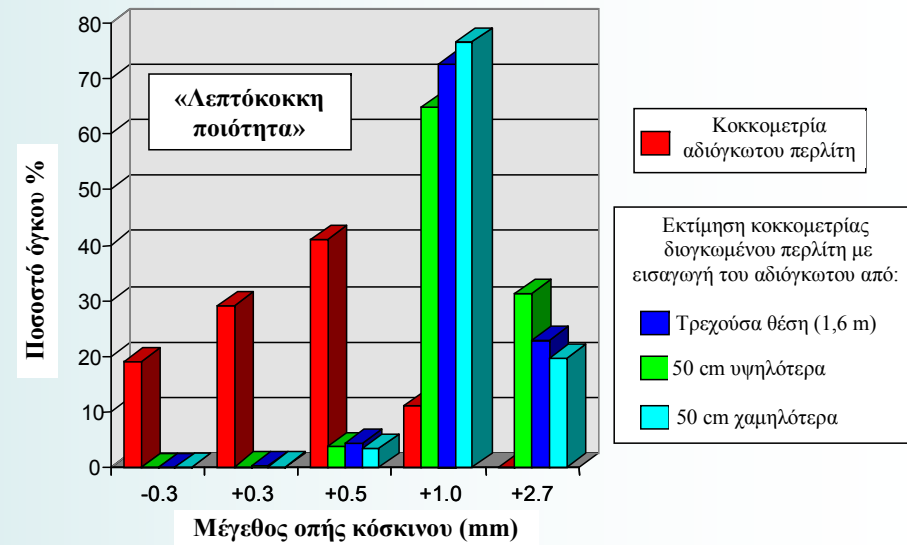




Βελτιστοποίηση ιδιοτήτων διογκωμένου περλίτη

➤ ΣΥΜΒΟΛΗ:

- Σχεδιασμός και κατασκευή πρωτότυπης εργαστηριακής μονάδας διόγκωσης περλίτη.
- Ανάπτυξη υπολογιστικού κώδικα προσομοίωσης βιομηχανικής παραγωγής διογκωμένου περλίτη – έλεγχος τροφοδοσίας κατανομής μεγέθους πρώτης ύλης.
- Βελτιστοποίηση της διεργασίας διόγκωσης περλίτη.
- Η χρήση της μεθόδου μπορεί να οδηγήσει στη βελτιστοποίηση βιομηχανικών διεργασιών συμβάλλοντας στην αύξηση του βαθμού απόδοσης της εγκατάστασης και στον έλεγχο της ποιότητας του τελικού προϊόντος.
- Σήμερα παράγονται βελτιωμένα δομικά υλικά με βάση τη μέθοδο.





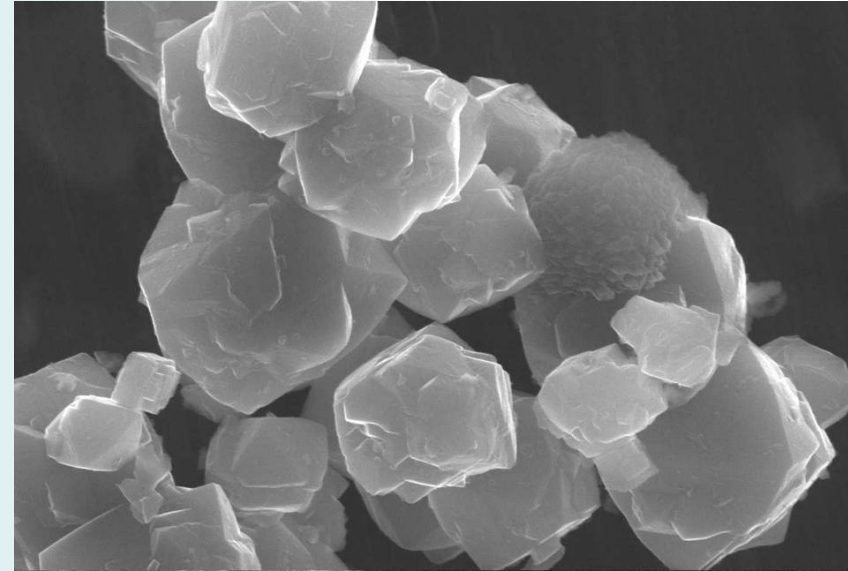
Εφαρμογή ζεολίθων σε συστήματα ξηράς δόμησης

➤ ΖΕΟΛΙΘΟΙ:

- Ένυδρα αργυλοπυριτικά άλατα των αλκαλιμετάλλων και των αλκαλικών γαιών.
- Τύποι φυσικών ζεολίθων: Ανάλκιμο, Χαμπαζίτης, Μορντενίτης, Φιλλιπσίτης, Κλινοππιλόλιθος, Ευλανδίτης.

➤ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ:

- Ιοντοανταλλακτικές ιδιότητες
- Προσρόφηση και μοριακός ηθμός
- Καταλυτικές ιδιότητες
- Αφυδάτωση – ενυδάτωση



➤ ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ:

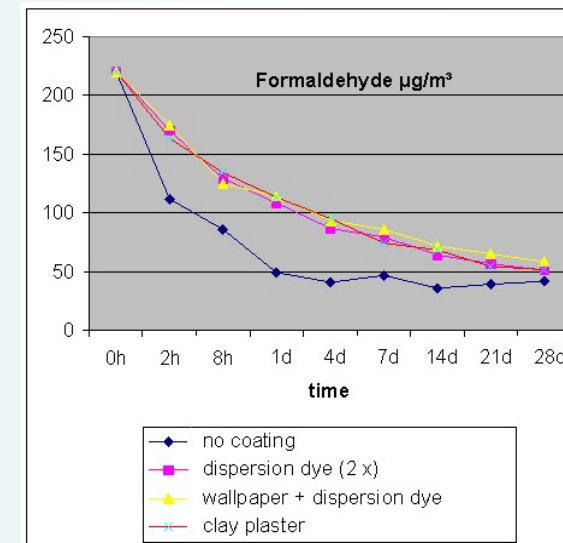
- Οικοδομική – κατασκευαστική βιομηχανία
- Περιβαλλοντολογικές εφαρμογές
- Γεωργία – Κτηνοτροφία
- Ιατρική



Εφαρμογή ζεολίθων σε συστήματα ξηράς δόμησης

➤ ΣΥΜΒΟΛΗ:

- Διαμόρφωση κοκκομετρίας ζεολίθων.
- Διαπιστώθηκε ότι οι ινο-γυψοσανίδες που περιέχουν ζεόλιθους χαμηλής κοκκομετρίας συντελούν στην αποσύνθεση της **φορμαλδεΐδης** και του **βενζολίου** που εμφανίζονται στον ατμοσφαιρικό αέρα και που μπορεί να προέρχονται, για παράδειγμα, από διάφορους τύπους ξύλινων επίπλων, από καπνό τσιγάρου, από ατελή καύση κλπ.
- Οι ζεο-ινο-γυψοσανίδες μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την ποιότητα του αέρα σε κλειστούς χώρους που απαιτούν καλή ποιότητα αέρα ή χώρους στους οποίους υπάρχει σοβαρή επιβάρυνση λόγω χρήσης (π.χ. νοσοκομεία, σχολεία, αίθουσες διασκέδασης, καφενεία κλπ) προσφέροντας επί πλέον αυξημένη ασφάλεια (π.χ. σε περίπτωση φωτιάς) και άνεση (θεμομόνωση και ηχομόνωση).
- Τα προϊόντα κυκλοφορούν στη διεθνή αγορά με την εμπορική ονομασία «CLEANEO».





Βελτίωση ενεργειακών ιδιοτήτων δομικών υλικών

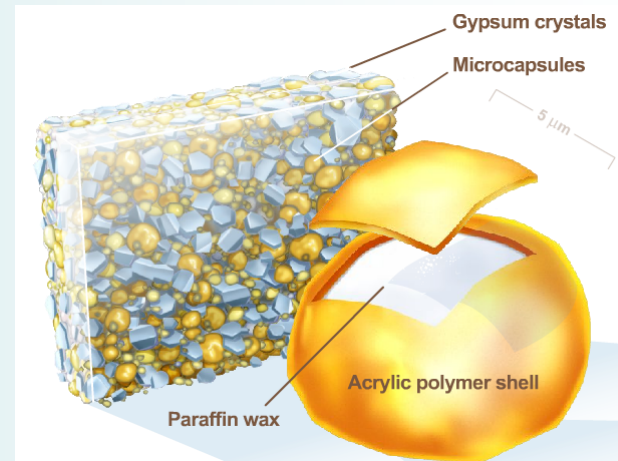
- Αποθήκευση θερμότητας:
 - Χρονική μετατόπιση θερμικών φορτίων εκτός των ωρών αιχμής
 - Επέκταση χρήσης της ηλιακής ενέργειας
 - Αύξηση θερμοχωρητικότητας δομικών υλικών
 - Βελτίωση της θερμικής άνεσης
 - Μείωση κατανάλωσης ενέργειας

- Αποθήκευση ενέργειας σε κτήρια:

Ενσωμάτωση PCM σε:

- Δομικά στοιχεία
- Συστήματα Κλιματισμού
- Ενδοδαπέδια θέρμανση
- Κύκλωμα Ζεστού νερού

- Υλικά Αλλαγής Φάσης (PCMs):



- Επίδραση ενσωμάτωσης PCM σε διακοσμητικά πετρώματα:

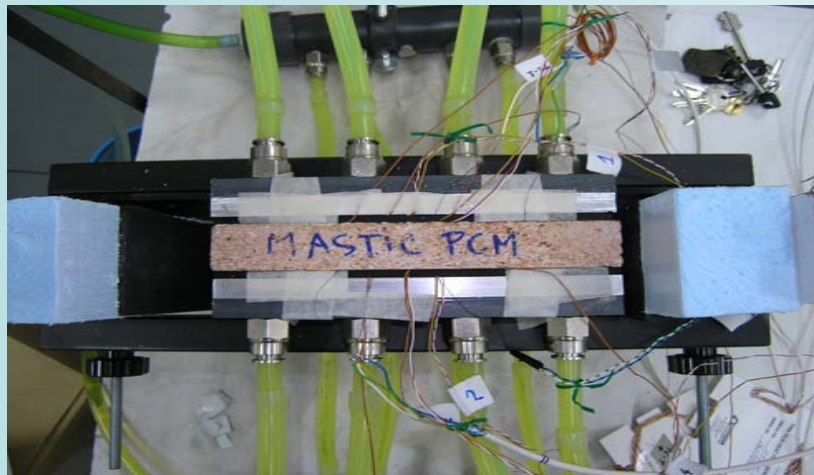
- Μείωση μέγιστης θερμοκρασίας υλικού κατά 1– 3°C
- Η μέγιστη θερμοκρασία εμφανίζεται με καθυστέρηση περίπου 2 ωρών
- Αναλλοίωτες μηχανικές ιδιότητες



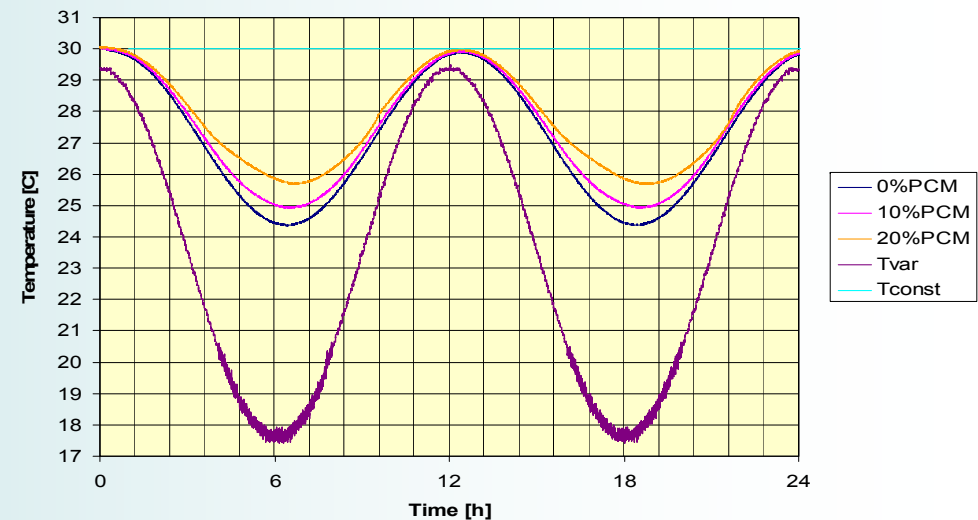
Βελτίωση ενεργειακών ιδιοτήτων δομικών υλικών

➤ ΣΥΜΒΟΛΗ:

- Θεωρητική μελέτη και **υπολογιστική προσομοίωση** της συμπεριφοράς **υλικών αλλαγής φάσης** (Phase Change Materials) με στόχο τη χρήση σε **εφαρμογές εξοικονόμησης ενέργειας** σε κτήρια.
- Πειραματικές μετρήσεις της **χωρο-χρονικής μεταβολής των θερμικών ιδιοτήτων** δομικών υλικών (π.χ. μάρμαρο) μετά την ενσωμάτωση υλικών αλλαγής φάσης.



Πειραματική διάταξη για τη μέτρηση θερμοκρασιών και ροής θερμότητας σε δομικά υλικά υπό μεταβατικές συνθήκες.



Επίδραση PCM στη μεταβολή θερμοκρασίας στις δύο επιφάνειες πλακιδίου μαρμάρου: Η μη καλυμμένη πλευρά διατηρείται σε σταθερή θερμοκρασία ενώ η πλευρά με επικάλυψη υπόκειται σε περιοδική μεταβολή της θερμοκρασίας.



Πρόληψη και ο έλεγχος της διάδοσης φωτιάς σε κλειστούς χώρους

➤ Φωτιά:

- Αποτέλεσμα φυσικό-χημικών διεργασιών.
- Περιλαμβάνει φαινόμενα καύσης, μεταφοράς θερμότητας και αεριοποίηση του συνήθως στερεού καυσίμου.
- Εξαιρετικά πολύπλοκο φαινόμενο.
- Η τεχνική υπολογιστικής προσομοίωσης των φαινομένων φωτιάς αναπτύχθηκε έντονα τα τελευταία 20 χρόνια με τη χρήση Η/Υ.



➤ Στόχοι:

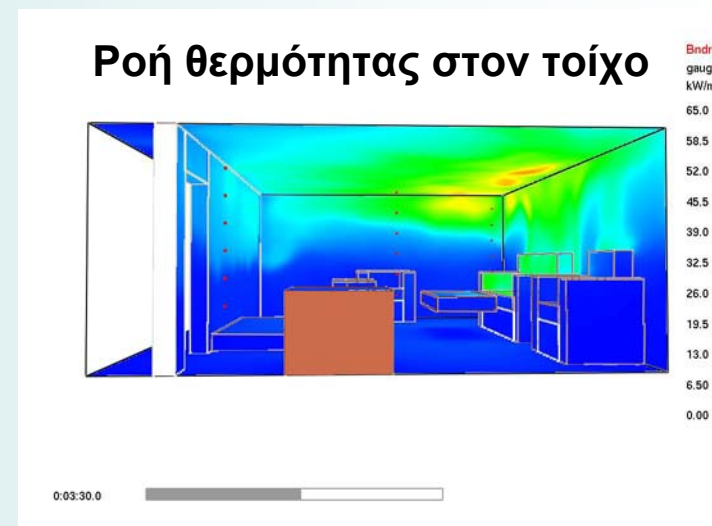
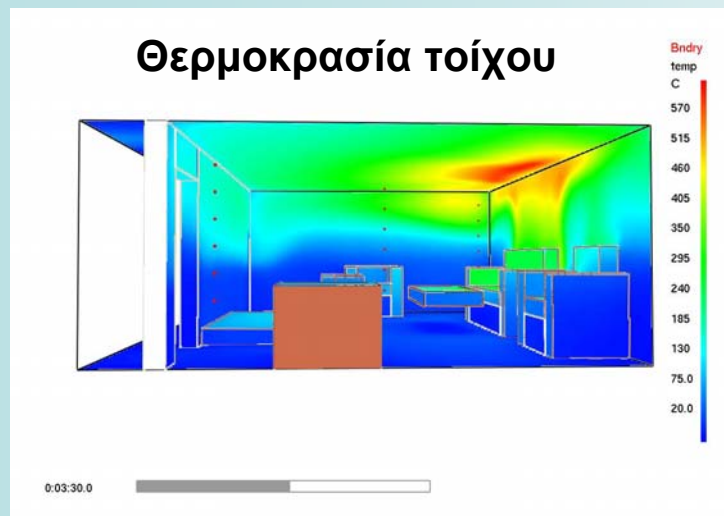
- ❖ Ανάπτυξη νέων συστημάτων εντοπισμού και κατάσβεσης της φωτιάς
- ❖ Σχεδίαση κτιρίων μεγαλύτερης ασφάλειας
- ❖ Δημιουργία νέων υλικών χαμηλών εκπομπών με αυξημένη αντοχή στις πυρκαγιές





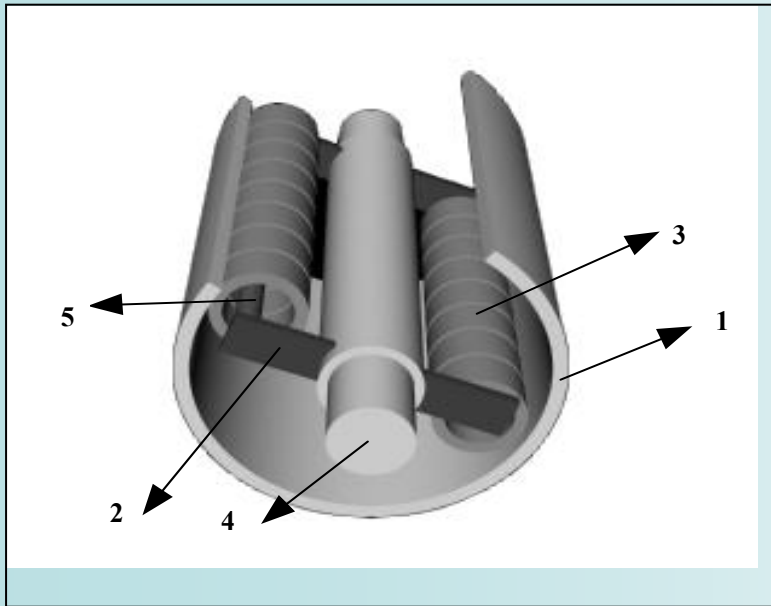
Θερμική συμπεριφορά εσωτερικού κελύφους κτιρίων σε συνθήκες φωτιάς

- **ΣΥΜΒΟΛΗ:**
 - Υπολογιστική μοντελοποίηση διάδοσης φωτιάς σε κτίρια.
 - Κατανόηση της αλληλεπίδρασης πηγής θερμότητας, κίνησης καπνού και μεταφοράς θερμότητας προς το κέλυφος του κτιρίου.
 - Ανάλυση φαινομένων μετάδοσης θερμότητας στο εσωτερικό γυψοσανίδας εκτεθειμένης σε φωτιά.
 - Μελέτη παθητικής πυρασφάλειας κτιρίων συνδυάζοντας τη τεχνολογία της καύσης (μεταφορά θερμότητας, χημική κινητική κλπ), με την τεχνολογία κατασκευών, την επιστήμη των υλικών, τοξικολογία, αξιολόγηση κινδύνων κλπ.
 - Πρόληψη και έλεγχος της εξάπλωσης της φωτιάς.
- **Φωτιά σε επιπλωμένο δωμάτιο:**





Πρωτότυπη μηχανή λειοτρίβησης για τη βιομηχανική παραγωγή υπέρλεπτων κόνεων ($< 2 \mu\text{m}$)



Δακτυλιόμυλος

- ❖ Βελτιστοποίηση λειτουργικής συμπεριφοράς καινοτομικού οριζόντιου δακτυλιοειδούς μύλου υπέρλεπτης άλεσης.
- ❖ Αρχή λειτουργίας: περιστροφική κίνηση μιας σειράς μεταλλικών δακτυλίων.
- ❖ Επιτυχής παρασκευή υπέρλεπτων κόνεων για μια πλειάδα υλικών διαφορετικής σκληρότητας (CaCO_3 , περλίτης, ολιβίνης).
- ❖ Αξιολόγηση χρήσης τελικού προϊόντος για τη παραγωγή υλικών υψηλής προστιθέμενης αξίας (π.χ. βιομηχανία χάρτου, καινοτόμα δομικά υλικά, καταλύτες κ.α.).

Πλεονεκτήματα

- Δυνατότητα κατά βούληση επιλογής της σχέσης της δύναμης συμπίεσης προς την δύναμη διάτμησης στις οποίες υπόκειται το προς λειοτρίβηση υλικό.
- Προσαρμογή στο κριτήριο θραύσης του εκάστοτε υλικού με αποτέλεσμα την επίτευξη συνθηκών βέλτιστης ενεργειακής λειτουργίας, καθώς και τη βελτίωση των κοκκομετρικών χαρακτηριστικών του παραγομένου υλικού.



Βιομηχανικές εφαρμογές

Δυνατότητες Χρήσης Εναλλακτικών Καυσίμων στη τσιμεντοβιομηχανία

- ❖ Αξιολόγηση των περιβαλλοντικών και τεχνολογικών επιπτώσεων της μερικής υποκατάστασης (συν-καύση) συμβατικού καυσίμου με **υδατικό διάλυμα ελαίων κατεργασίας μετάλλων**, στον κλίβανο και τον προασβεστοποιητή μονάδας παραγωγής τσιμέντου.
- ❖ Υπολογιστικές προσομοιώσεις για τον προσδιορισμό των εκπομπών NO_x , SO_x , CO , χλωριωμένων υδρογονανθράκων και βαρέων μετάλλων.

Δυνατότητες Εξοικονόμησης Ενέργειας στη βιομηχανία Γύψου

- ❖ Αποτύπωση και αξιολόγηση των ενεργειακών μεταβολών παραγωγικής διαδικασίας
- ❖ Οι λύσεις μπορούν να εφαρμοσθούν σε πάνω από εκατό εργοστάσια παραγωγής γυψοσανίδας στην Ευρώπη.



Συνεργασία με βιομηχανία

- ❖ Ελληνικές και Ευρωπαϊκές βιομηχανίες δομικών και βιομηχανικών υλικών π.χ. KNAUFGips KG, ΚΝΑΟΥΦ Γυψοποιία ΑΒΕΕ, Deutsche Perlit, S&B Βιομηχανικά Ορυκτά ΑΕ, ΠΕΡΛΙΤ ΕΛΛΑΣ ΑΕ, ΜΟΝΩΣΤΥΡ Α.Ε., ΠΕΤΡΟΧΗΜ Α.Ε., ΜΑΡΜΑΡΑ ΔΙΟΝΥΣΟΥ ΑΒΕΕ, ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΒΟΙΩΤΙΑΣ ΑΒΕΕ, ΜΟΝΩΣΤΥΡ ΑΕ, ΜΑΡΜΑΡΑ ΛΑΣΚΑΡΙΔΗ ΑΕ, ΘΕΡΜΟΛΙΘ ΑΕ, ΜΑΡΜΟΛ COMPAS, ΓΕΩΑΝΑΛΥΣΗ ΑΕ.
- ❖ Ευρωπαϊκές βιομηχανίες ενεργειακών συστημάτων: ANSALDO FUEL CELLS S.p.A., Johnson Matthey - PLD, AEG Netcontrol GmbH, Merloni TermoSanitari SpA, Ikerlan S. Coop, ELCO Shared Services GmbH, OMV AG, Hovalwerk AG, OWI, κ.α.
- ❖ Ευρωπαϊκές βιομηχανίες στο κλάδο των μεταφορών: AIRBUS Γερμανία, FINCANTIERI Cantieri Navali Italiani S.p.A



Παρεχόμενες Υπηρεσίες

- ❖ Λειτουργιότητες βιομηχανικών ορυκτών σε πιλοτική μονάδα δυναμικότητας 500 τόνων ανά έτος.
- ❖ Διογκώσεις περλίτη σε πιλοτική εγκατάσταση διόγκωσης περλίτη.
- ❖ Μετρήσεις κοκκομετρικής κατανομής κόνεων (0-2 mm) σε υγρή και αέρια διασπορά (MALVERN 2000 και SCIROCCO 2000).
- ❖ Μετρήσεις κατανομής θερμοκρασιών σε επιφάνειες (μέχρι 2000°C) για καταγραφή θερμικών δυσλειτουργιών (τοπικές υπερθερμάνσεις, διαρροές, ψύξη) με θερμική κάμερα (FLIR SYSTEMS ThermaCAM SC 595).
- ❖ Μετρήσεις τοπικών θερμοκρασιών με θερμο-ζεύγη και υπέρυθρο θερμόμετρο (χωρίς επαφή).
- ❖ Διεξαγωγή ενεργειακών επιθεωρήσεων, πολυκριτηριακών αναλύσεων και αναλύσεων κύκλου ζωής για τεχνολογική, οικονομική και περιβαλλοντική αξιολόγηση θερμικών μηχανών, τεχνολογιών, συστημάτων και εγκαταστάσεων.
- ❖ Υπολογιστικές προσομοιώσεις ενεργειακών συστημάτων, κτιρίων, φωτιάς.
- ❖ Μετρήσεις θερμοροής σε δομικά υλικά με δυναμική ενεργειακή συμπεριφορά.



Προϊόντα

- ❖ Δακτυλιόμυλοι με κατασκευαστικά χαρακτηριστικά προσαρμοσμένα στις απαιτήσεις του τελικού προϊόντος.
- ❖ «**2PHASE**»: Εξειδικευμένος κώδικας υπολογιστικής προσομοίωσης για τη πρόβλεψη κατανομής ταχυτήτων, θερμοκρασιών, συγκεντρώσεων κλπ σε διφασικά πεδία ροής και σε φαινόμενα καύσης.
- ❖ «**Π.Υ.Θ.Ι.Α**»: «**Πολυκριτηριακή Υποστήριξη σε Θέματα λήψης αποφάσεων μέσω υπολογιστικού Αλγόριθμου**». Υπολογιστικό εργαλείο πολυκριτηριακής ανάλυσης για συνολική αξιολόγηση – αποτίμηση καινοτόμων τεχνολογιών στον ενεργειακό τομέα σε συνδυασμό με μεθοδολογία της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (π.χ. τεχνολογιών κυψέλης καυσίμου, αεριοποίησης βιομάζας, αστικών απορριμμάτων).
- ❖ «**HETRAN**»: Κώδικας υπολογιστικής προσομοίωσης μεταβατικών φαινομένων μεταφοράς θερμότητας και μάζας σε δομικά υλικά.



Στατιστικά Στοιχεία

➤ ΣΥΜΒΟΛΗ:

- Ερευνητικά Προγράμματα από το 2000 ως σήμερα:
 - ❖ 11 Ευρωπαϊκά, 3 Διαρθρωτικά ΓΓΕΤ, 5 Βιομηχανικά, 3 ΕΠΕΑΕΚ
 - ❖ Συνολικός προϋπολογισμός 3,000,000 €.
- 170 Δημοσιεύσεις σε διεθνή περιοδικά, πρακτικά διεθνών και εθνικών συνεδρίων
- Οργάνωση 19 Ημερίδων στο ΕΜΠ.
- 16 Βιβλία και Διδακτικές Σημειώσεις για το ΕΜΠ.