

Εναλλακτική Φωτο-Βολταϊκή Ανάπτυξη Τεχνολογίας ΕΦ-ΒΑΤ



ΣΧΟΛΕΣ ΕΜΠ

Πολιτικών Μηχανικών
Μηχανολόγων Μηχανικών
Χημικών Μηχανικών

Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών
Εφαρμοσμένων Μαθηματικών & Φυσικών Επιστημών

ΚΑΠΕ

HZB - TU-BERLIN

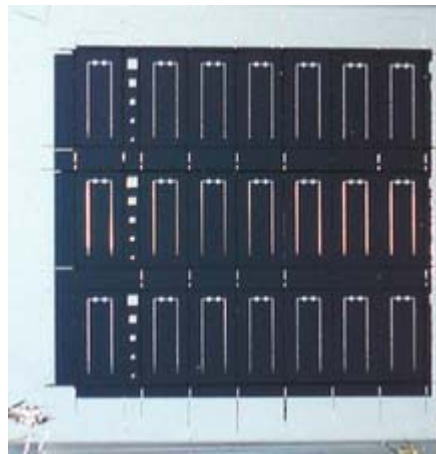
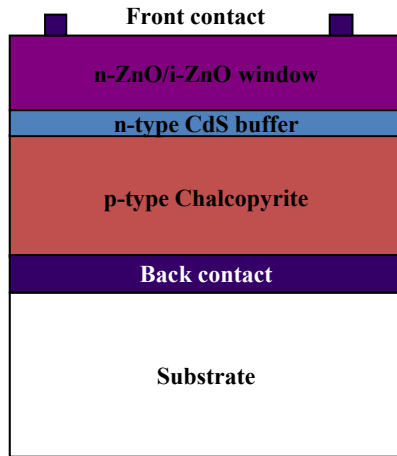
D.Papadimitriou, Ch.Panagopoulos, D.Manolakos, N.Markatos, J.Tzouvakis, S.Tselepis,
M.-Ch.Lux-Steiner, Th.Schedel-Niedrig, Ch.-H.Fischer, K. Fostiropoulos, N.Esser, P.Vogt, W.Richter.



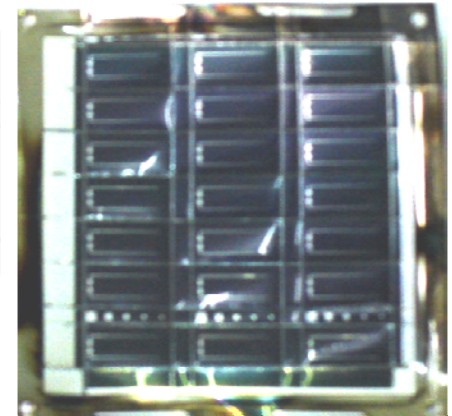
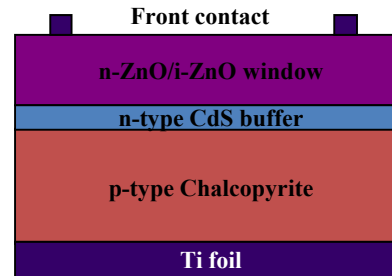
Εναλλακτική Φωτο-Βολταϊκή Ανάπτυξη Τεχνολογίας ΕΦ-BAT

CIS/CIGS & OSC

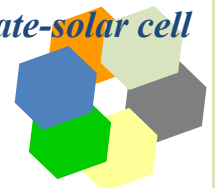
για μεγάλης, μεσαίας, και μικρής κλίμακας εφαρμογές



CIGS-on-glass-substrate-solar cell



CIGS-on-Ti-substrate-solar cell

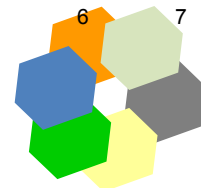
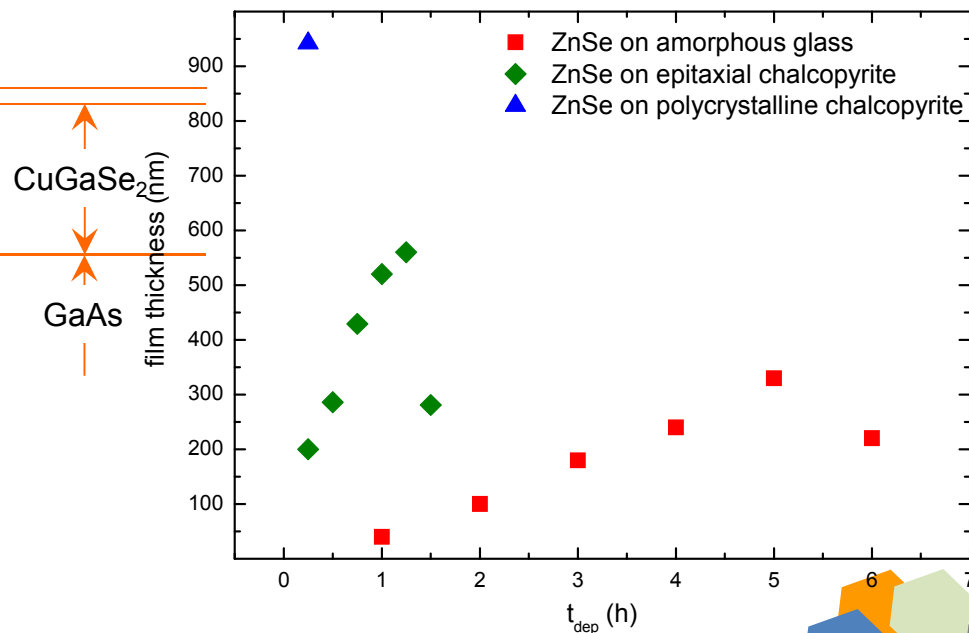
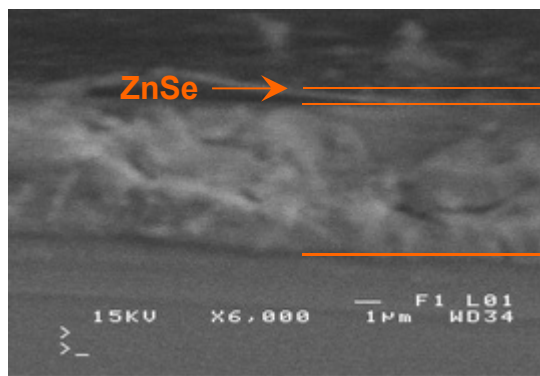




ΕΦ-BAT CIS/CIGS

Low-Cost – Large-Area – Fast-Deposition-Rate
Techniques

ZnSe buffer-layer grown by CBD

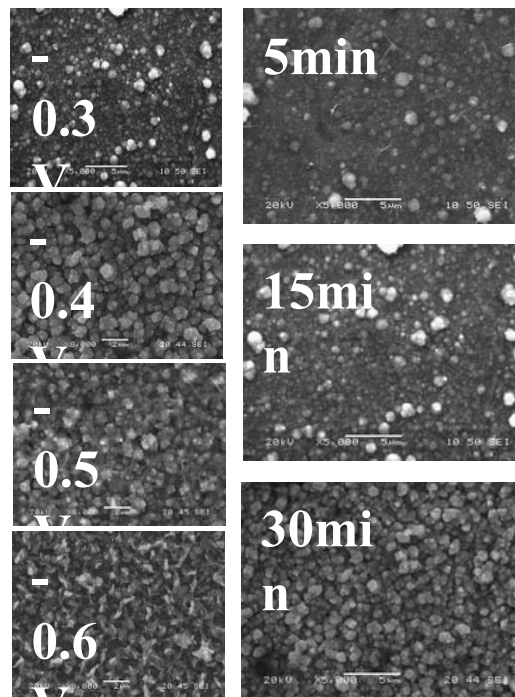
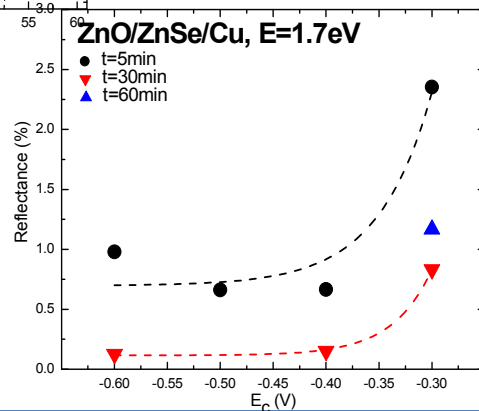
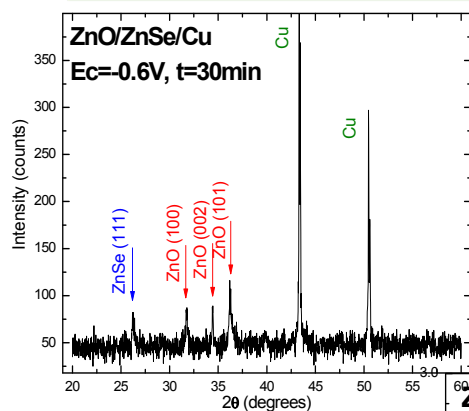




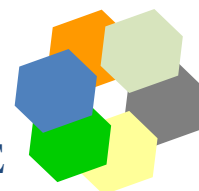
EΦ-BAT CIS/CIGS

Low-Cost – Large-Area – Fast-Deposition-Rate
Techniques

ZnO window-layer grown by ECD



$t=15\text{min}$ $E_c = -0.4\text{V}$ vs SCE

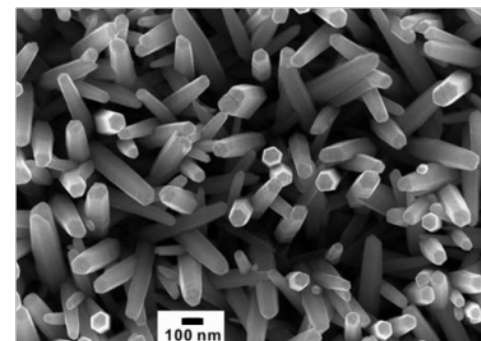
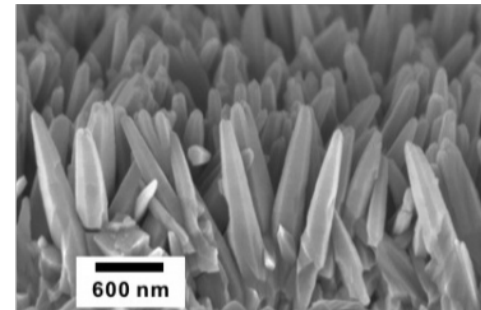
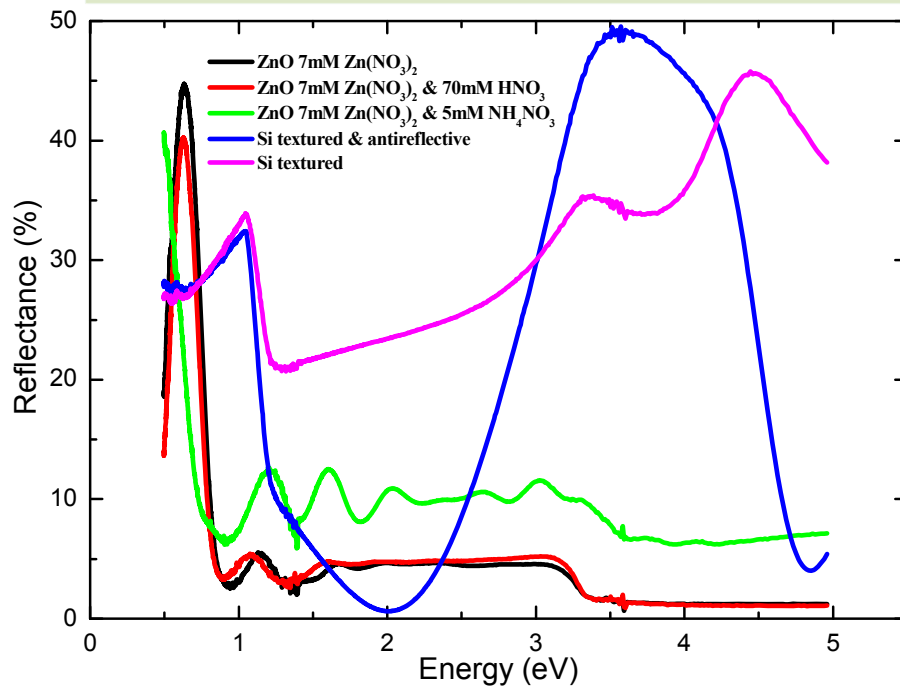


EΦ-BAT

CIS/CIGS & Si solar cells

Low-Cost – Large-Area – Fast-Deposition-Rate
Techniques

ZnO-Nanorod ARCs grown by ECD



Reflectance of ZnO-NR ARCs on treated Si-wafer surface

SEM image of ZnO NRs



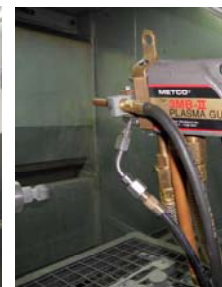
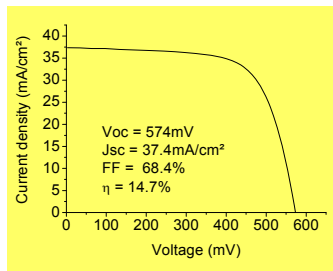


HZB Helmholtz
Zentrum Berlin

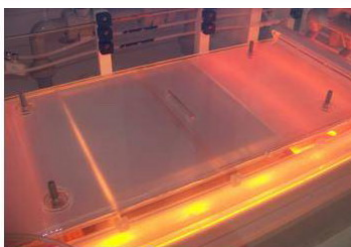
EΦ-BAT CIS/CIGS

Low-Cost – Large-Area – Fast-Deposition-Rate
Techniques

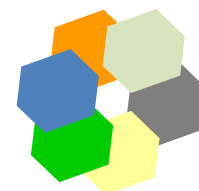
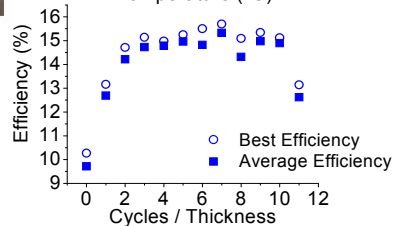
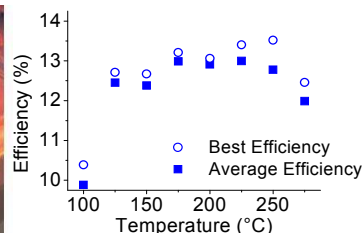
In₂S₃ & ZnO grown by ILGAR & PSP



Plasma-Spray Facility EMPI:
plasma-gun & precursor feed-in



ILGAR-line HZB:
30x30cm² SCs
10 mm/s
max.16.7%





HZB Helmholtz
Zentrum Berlin

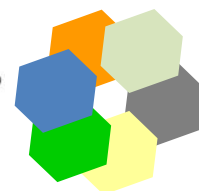
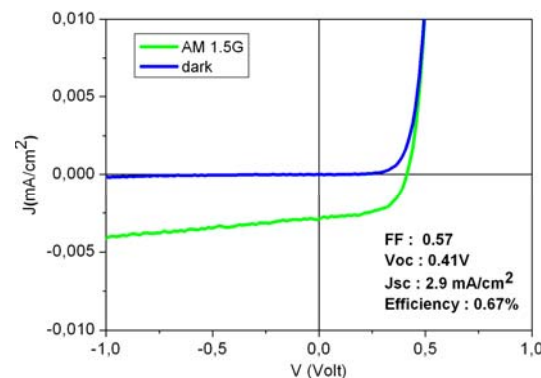
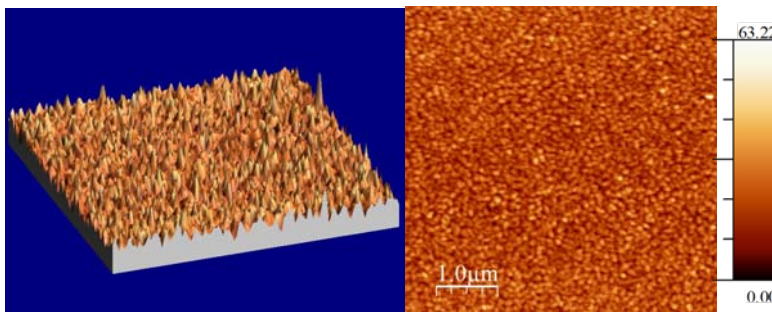
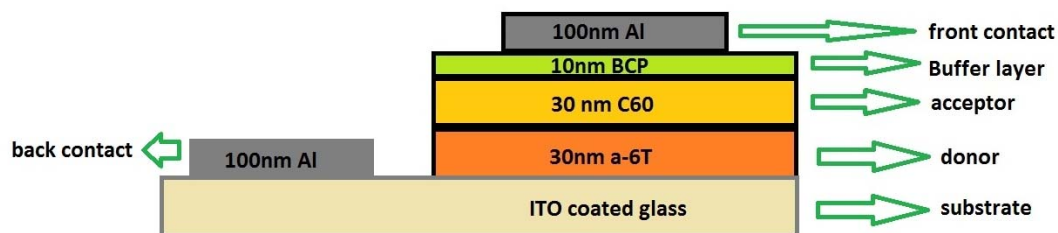


ΕΦ-BAT OSCs

Low-Cost – Precursor-Materials

Low-Cost – Techniques

Novel α -sexithiophen – fullerene 6T:C60



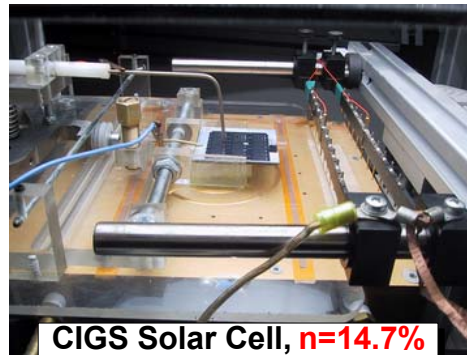


ΕΦ-ΒΑΤ

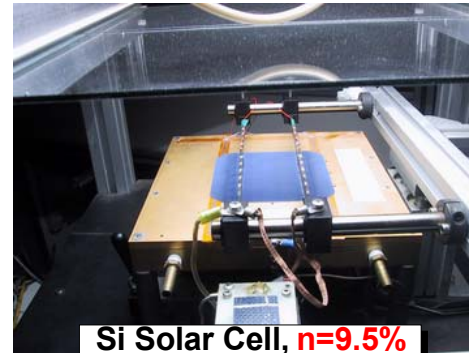
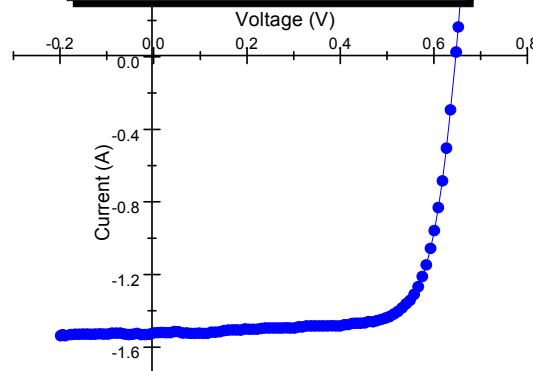
Solar Cells & Modules

I-V Characteristics – Sun Simulator

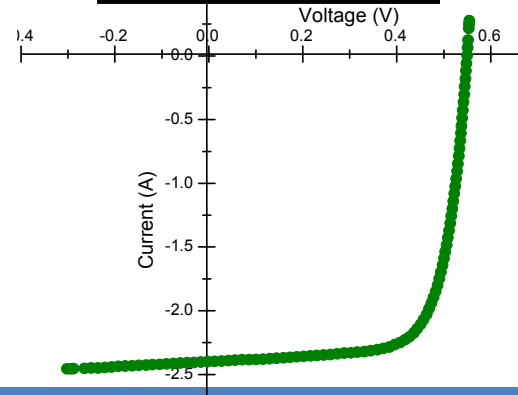
Efficiency of CIGS & poly-Si Solar Cells



CIGS Solar Cell, $\eta=14.7\%$



Si Solar Cell, $\eta=9.5\%$



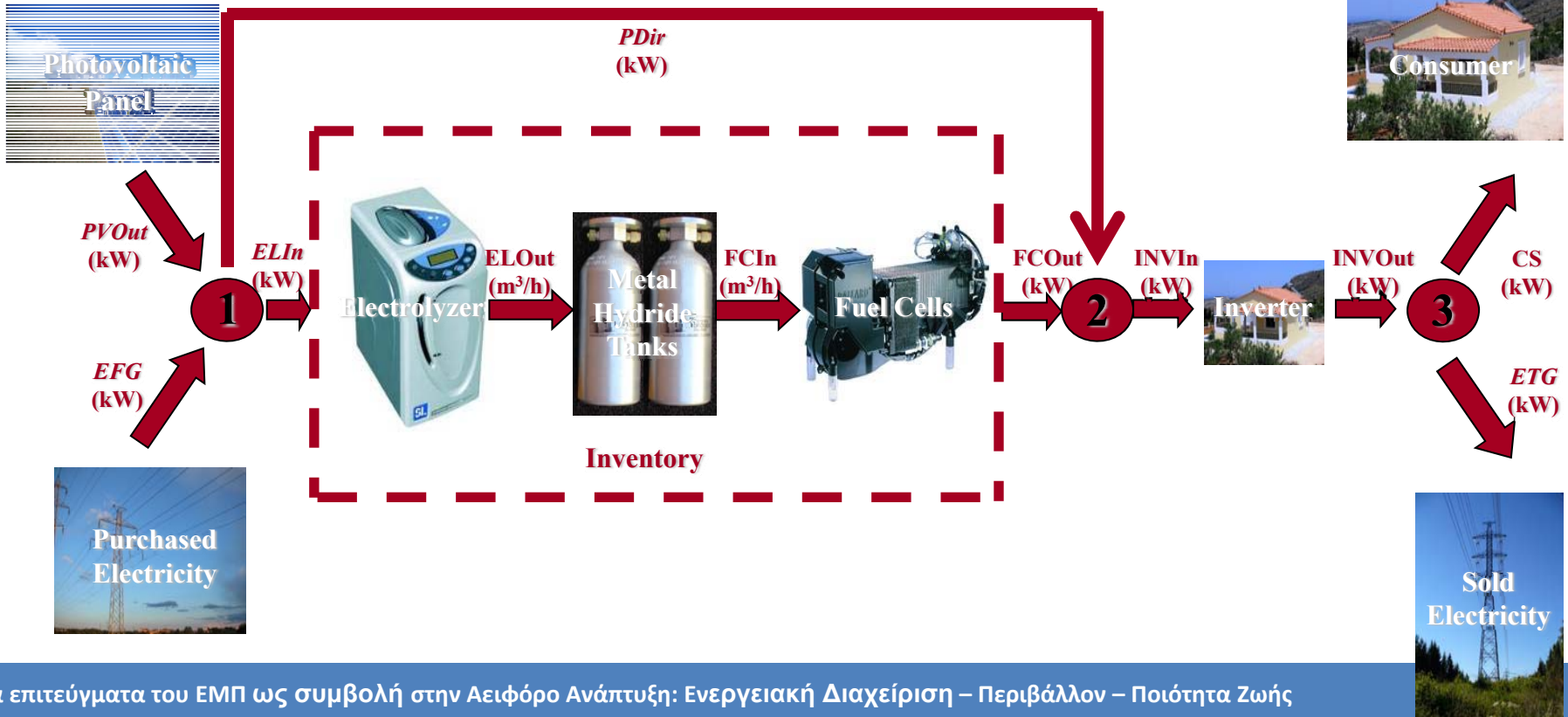


ΕΦ-ΒΑΤ

Υβριδικά Συστήματα **RESHS**

Hybrid Power Generation Systems

Renewable Energy Systems with Hydrogen Storage





ΕΦ-ΒΑΤ

Υβριδικά Συστήματα **RESHS**

Renewable Energy Systems with Hydrogen Storage

State=1-6
(Weather Forecast)

L (Half of Daylight
Duration)

Neural
Network Model

Prediction of parameters in
the Gaussian function

Adjusted
Gaussian
Global Solar
Irradiance
Model

- A number of modeling techniques were used to develop a **model** that realistically describes the **performance** and the **constraints** of a **hybrid system** consisting of PVs and hydrogen technologies
- **Formulation** and **solution** of an optimization problem that **minimizes the cost for purchasing electrical energy**. The formulation takes into account the estimated photovoltaic power generation over a future prediction horizon. **Updated information** improves the performance of the system.
- The framework can be extended to other **RES** or **conventional power generation technologies**, such as wind turbines, gas turbines etc.



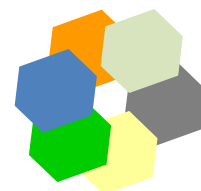
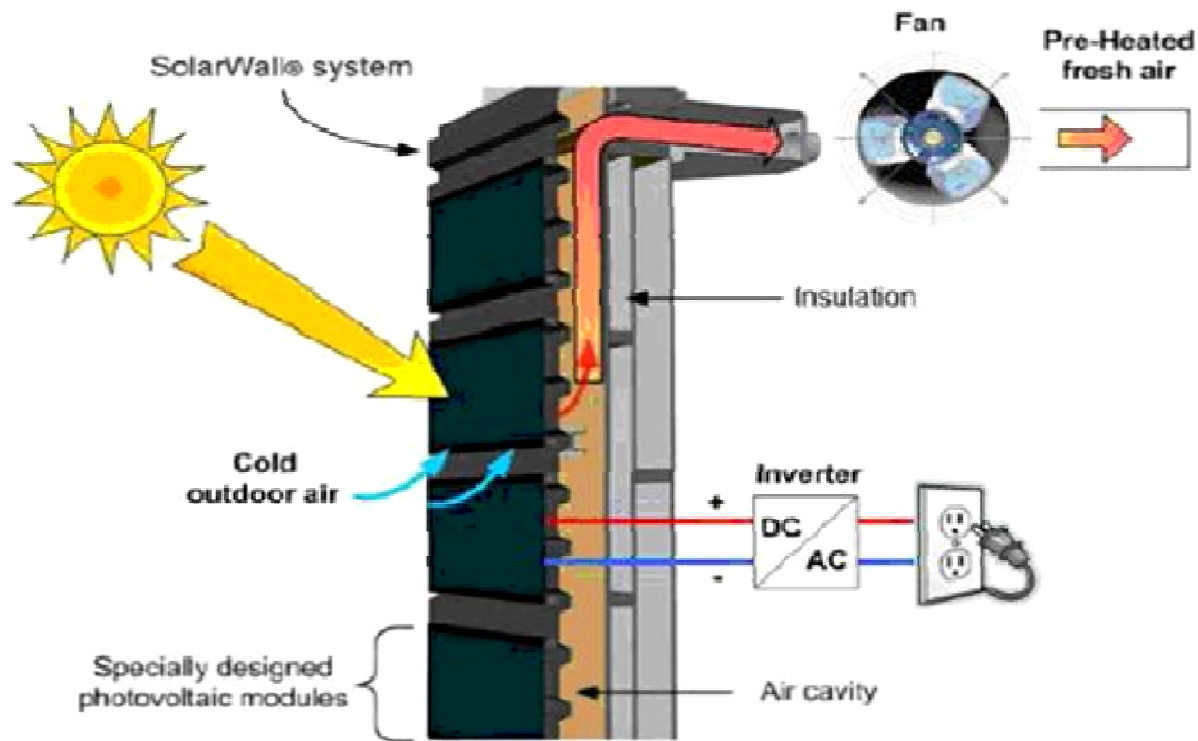


ΕΦ-ΒΑΤ

Υβριδικά Συστήματα

PV - Thermal Solar για κτίρια

Hybrid PV-Thermal System for walls



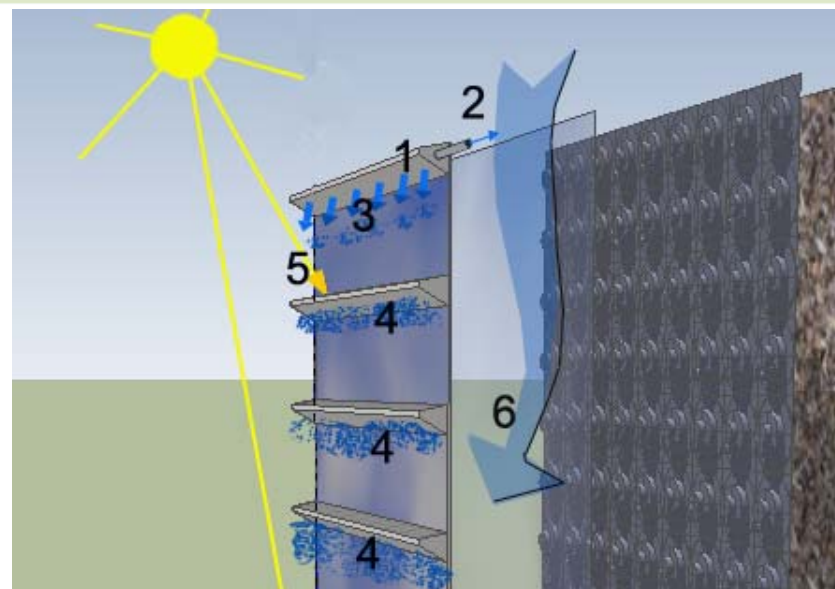
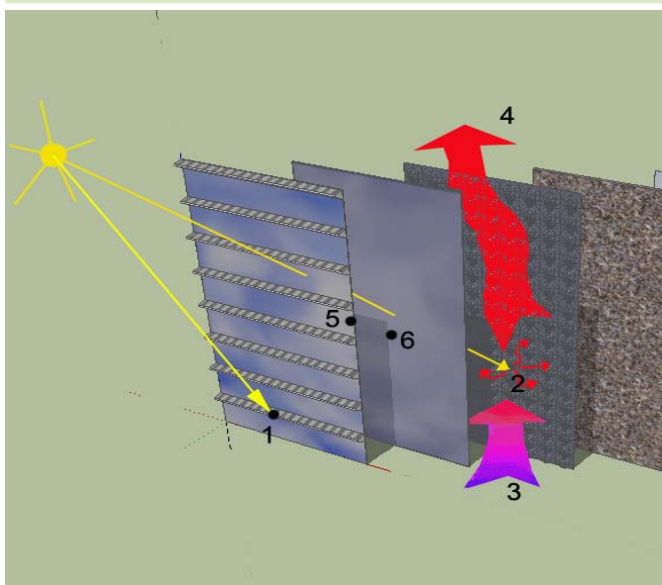


ΕΦ-ΒΑΤ

Υβριδικά Συστήματα

PV - Thermal Solar για κτίρια

Function of PVTs for wall installation



- In real (energy) terms hybrid PV-Thermal systems could improve energy efficiency up to 50% thermal KWh or 30% equivalent in oil terms.
- Thus become a good value added project and product for green energy installation companies and house holds.





ΕΦ-ΒΑΤ

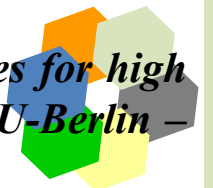
Ερευνητικά Προγράμματα / Scientific Research Projects

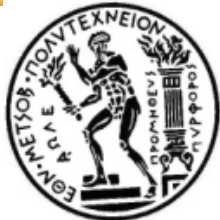


HZB Helmholtz
Zentrum Berlin



- **National Research Projects GSRT:**
“Development of Thin Film Photovoltaic Technology”, PENED 2003 – ED248, National Technical University of Athens (NTUA), Center Renewable Energy Sources (CRES), Helmholtz Zentrum Berlin fuer Materialien und Energie (HZB).
- **National Research Projects EU-MINEDU:**
 - ▶ *“Development of a wide-scan Spectroscopic Ellipsometer and Application in Education & Research”, PYTHAGORAS-II Project 2005-2007, NTUA – TU-Berlin.*
 - ▶ *“CIGS Photovoltaic Technology: Bandstructure and Defect Analysis of Chalcopyrite Heterostructures”, HERAKLEITOS Project 2003-2005, NTUA – HZB – TU-Berlin.*
- **Bilateral IKY-DAAD funded Projects:**
“Characterization and Optimization of multilayered Chalkopyrite structures for high efficiency - low cost Solar Cells”, Greece-Germany 2001-2003, NTUA – TU-Berlin – HZB.





HZB Helmholtz
Zentrum Berlin



ΕΦ-ΒΑΤ

Ερευνητικά Προγράμματα / Scientific Research Projects

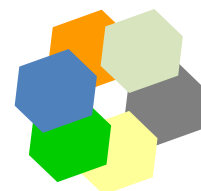
European Energy Research Alliance (EERA)

The key objective of the EERA is to accelerate the development of new energy technologies by conceiving and implementing Joint Research Programmes in support of the Strategic Energy Technology (SET) plan by pooling and integrating activities and resources, combining national and Community sources of funding and maximising complementarities and synergies.

The objective of the photovoltaics-related part, EERA-PV, is to accelerate the development of photovoltaic solar energy to an energy technology that can provide a large proportion of our electricity demand, through joint programming activities by key research institutes in Europe. (participants from Greece: CRES (NTUA), Germany: Helmholtz Association, etc.)

The areas selected for initial joint programming in EERA-PV are:

- *Silicon materials*
- *Inorganic thin film PV*
- *Organic PV*
- *Module technology*
- *Education and training and use of infrastructures*





ΕΦ-ΒΑΤ

Διπλώματα Ευρεσιτεχνίας



Θέμα:

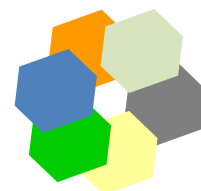
«ΕΥΚΑΜΠΤΟΣ ΗΛΙΑΚΟΣ ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΟΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΟΣ ΜΑΝΔΥΑΣ ΚΤΙΡΙΩΝ».
(Αρ. Αίτησης χορήγησης Διπλώματος Ευρεσιτεχνίας: 20100100347-/- 17-6-10, Αποδεκτή).

Σχόλιο:

Αφορά μικρού πάχους μανδύα από φθηνά πλαστικά υλικά, ο οποίος αναπτύσσεται σε νότιες επιφάνειες κτιρίων και συλλέγει ενέργεια, την οποία αποδίδει στο κτίριο. Είναι εύκαμπτος και μπορεί να περιτυλίσσεται σε μηχανισμό που του επιτρέπει να εκτείνεται ή να συρρικνώνεται ανάλογα τις καιρικές συνθήκες.

Καταθέτης: Β. Κεφαλάς, επικ. καθ ΣΕΜΦΕ -ΕΜΠ.

Συνδικαιούχος: Ι. Τζουβαδάκης επικ. καθ. Σχολής Πολ. Μηχ.- ΕΜΠ





ΕΦ-ΒΑΤ

Διπλωματικές Εργασίες

Diploma-thesis



1. «Τεχνολογία Φωτοβολταϊκών: Κατασκευή και Ποιοτικός Έλεγχος Ηλιακής Γεννήτριας Κρυσταλλικού Πυριτίου» (Μηχανολόγος Μηχ. ΕΜΠ Γεωργία Παπαδοπούλου, ΕΜΠ & ΚΑΠΕ 2005)
2. «Μελέτη Ηλιακών Κυψελών και Ηλιακών Γεννητριών» (Διπλ. Φυσικός Εφαρμογών Νικόλαος Στασινόπουλος, ΕΜΠ & ΚΑΠΕ 2006)
3. “The determination of step-influence to the adsorption process of Cyclopentene (C_5H_8) on $Si(001)$ ”, (Διπλ. Φυσικός Εφαρμογών Αγγελική Μπάλλιου, ΕΜΠ & TU-Berlin 2007)
4. «Μετρήσεις και Αξιολόγηση ΦΒ Εγκαταστάσεων του ΚΑΠΕ συνολικής Ισχύος 40 kWp διασυνδεδεμένων στο Δίκτυο» (Διπλ. Φυσικός Εφαρμογών Κωνσταντίνος Πελεκάνος, ΕΜΠ & ΚΑΠΕ, σε εξέλιξη)
5. «Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιδράσεων σε Υλικά και Διατάξεις της Φωτοβολταϊκής Τεχνολογίας» (Διπλ. Φυσικός Εφαρμογών Θεόδωρος Σιαπκαράς, ΕΜΠ & ΚΑΠΕ, σε εξέλιξη)
6. «Προηγμένα Υλικά και Διατάξεις της Φωτοβολταϊκής Τεχνολογίας: Εγκατάσταση και Έλεγχος της Λειτουργίας Θερμαντικού Στοιχείου σε Σύστημα ΕΒΕ» (Διπλ. Φυσικός Εφαρμογών Θεόδωρος Πάσχος, ΕΜΠ, σε εξέλιξη)





ΕΦ-ΒΑΤ

Διπλωματικές Εργασίες Diploma-thesis



HZB Helmholtz
Zentrum Berlin



7. «Χαρακτηρισμός τριμερών και τετραμερών Χαλκοπυριτικών Απορροφητών της Φωτοβολταϊκής Τεχνολογίας με Τεχνικές Οπτικής Διαμόρφωσης» (Διπλ. Φυσικός Εφαρμογών Νικόλαος Κουτσανδριάς, ΕΜΠ & HZB, σε εξέλιξη)
8. «Οπτικός Χαρακτηρισμός Χαλκοπυριτικών Απορροφητών και Ηλιακών Κυψελών Χαλκοπυριτών σε εξάρτηση από τη Θερμοκρασία» (Διπλ. Φυσικός Εφαρμογών Ι. Ζιάκας, ΕΜΠ & HZB, σε εξέλιξη)
9. “Organic Solar Cell (OSC) Technology: Development of a-6Thiophene based OSC” (Διπλ. Φυσικός Εφαρμογών Κ. Δεσποτέλης, ΕΜΠ, HZB & TU-Berlin, σε εξέλιξη)
10. «Κατασκευή Μηχανικής Ρυθμιστικής Διάταξης και Χρήση της σε Σύστημα Ηλεκτρικού Χαρακτηρισμού Ηλιακών Κυψελών» (Διπλ. Μηχανολόγος Μηχανικός Σ. Ντούσκας, ΕΜΠ 2009)
11. «Μικρο-επεξεργασία λεπτού υμενίου μολυβδενίου (Mo) με laser για εφαρμογή στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία» (Διπλ. Μηχανολόγος Μηχανικός Π. Κοράλλη, ΕΜΠ, 2010)





ΕΦ-ΒΑΤ

Μεταπτυχιακά Διπλ. Ειδίκευσης MSc-thesis



HZB Helmholtz
Zentrum Berlin



1. «Παρασκευή και Δομικός Χαρακτηρισμός Λεπτών Υμενίων ZnSe σε Υπόστρωμα από Γυαλί» (Διπλ. Φυσικός Γεωργία Καστρινάκη, ΕΜΠ 2006)
2. «Συγκριτική Μελέτη Μονοκρυσταλλικών Χαλκοपुरιτών» (Διπλ. Φυσικός Εφαρμογών ΕΜΠ Κωνσταντίνα Ανέστου, ΕΜΠ & HZB 2007)
3. «Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία Χαλκοपुरιτών CIS και CIGS: Μελέτη της Ηλεκτροχημικής Εναπόθεσης Λεπτών Υμενίων ZnSe» (Διπλ. Επιστήμης Υλικών Σοφία Χαϊντούτη, ΕΜΠ 2009)
4. «Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία Χαλκοपुरιτών CIS και CIGS: Μελέτη της Ηλεκτροχημικής Εναπόθεσης Λεπτών Υμενίων ZnO» (Διπλ. Επιστήμης Υλικών Αικατερίνη Ραφτοπούλου, ΕΜΠ 2009)
5. "Investigation of Organic Molecule Layers on Semiconductor Surfaces with Potential Applications in Micro-sensor Technology" (Διπλ. Επιστήμης Υλικών Βασιλική Σταμέλου, ΕΜΠ & UNI-Roma 2009)





Σχολή: Χημικών Μηχανικών

ΠΜΣ / ΔΠΜΣ	Μάθημα	Στόχοι / Περιεχόμενο	Αριθμός φοιτητών (μ.ο. 5 ετίας)
Επιστήμη & Τεχνολογία Υλικών	Εργαστηριακή Άσκηση: ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ: ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΙΑΚΩΝ ΚΥΨΕΛΩΝ ΛΕΠΤΩΝ ΥΜΕΝΙΩΝ CIS/CIGS	Προσδιορισμός της περιοχής ενεργειακής απορρόφησης ηλιακών κυψελών CIS/CIGS με Τεχνικές Οπτικής και Ηλεκτρικής Διαμόρφωσης	15





ΕΦ-ΒΑΤ

Διδακτορικές Διατριβές

PhD-thesis

CIS/CIGS TFSCs



1. **«Structural and Optical Investigation of CuGaSe₂ Thin Films for Solar Cell Device Applications»** (Δρ. Chen Yang Xue, ΕΜΠ, HZB & TU-Berlin 2003)
2. **“CIGS Thin Film Photovoltaic Technology: “Energy Band-Gap and Lattice Defect Analysis in Chalcopyrite Semiconductor Heterostructures” / «CIGS Τεχνολογία Φωτοβολταϊκών Λεπτών Υμενίων: Μελέτη Ενεργειακών Χασμάτων και Πλεγματικών Ατελειών σε Ημιαγωγιμες Ετεροδομές Χαλκοπυριτών»** (Δρ. Διπλ. Χημικός Σοφία Θεοδωροπούλου, ΕΜΠ, HZB & TU-Berlin 2008)
3. **“Development and Characterization of Chalcopyrite based Thin Film Solar Cells” / «Ανάπτυξη και Χαρακτηρισμός Χαλκοπυριτικών Ετεροκυψελών»** (Διπλ. Φυσικός Εφαρμογών ΕΜΠ Κωνσταντίνα Ανέστου, ΕΜΠ & HZB, σε εξέλιξη)
4. **«Παρασκευή και Χαρακτηρισμός Λεπτών Υμενίων Ημιαγωγών»** (Διπλ. Φυσικός Γεώργιος Ρούπακας, ΕΜΠ & HZB, σε εξέλιξη)
5. **«Τεχνολογία Ηλιακών Κυψελών Λεπτών Υμενίων: Ανάπτυξη και Χαρακτηρισμός Νανοκρυσταλλικών Απορροφητών CIS & CIGS»** (Διπλ. Φυσικός Εφαρμογών Αναστασία Καρκατζίνου, ΕΜΠ & HZB, σε εξέλιξη)





ΕΦ-ΒΑΤ

Διδακτορικές Διατριβές PhD-thesis

Διαχείριση Ενέργειας και Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική



1. Μαραγκάκης Αντώνιος. Θέμα: «Χρηματοδότηση – Προγραμματισμός – Διαχείριση των Δημοσίων Έργων στην Ελλάδα στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης» 2005.
2. Μπάτσος Δημήτριος του Βασιλείου, Αρχιτέκτων Μηχανικός -Πολιοδόμος. Θέμα: «Συμβολή στην έρευνα των παραμέτρων άνεσης και ασφάλειας σε χώρους Σταθμών ΜΕΤΡΟ». 2006.
3. Βενέτης Ιωάννης του Κωνσταντίνου, Θέμα: «Βιοκλιματική προσέγγιση της δράσης του ανέμου στα κτίρια».
4. Ξενάκης Μενέλαος του Σταύρου. Θέμα: «Επιπτώσεις εφαρμογής της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής στην προκατασκευή κτιρίων».
5. Σκλάβου Ευαγγελία του Χαρίτωνος, Θέμα: «Προσδιορισμός παραμέτρων ποιοτικής αξιολόγησης κτιρίων μέσω συσχετισμού και αλληλοεπίδρασης των δομικών και ενεργειακών χαρακτηριστικών τους. Εφαρμογή στους χώρους Υγείας».





ΕΦ-ΒΑΤ

Διδακτορικές Διατριβές

PhD-thesis

Διαχείριση Ενέργειας και Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική



6. Πιερή Στέλλα του Κωνσταντίνου, Θέμα: «Αξιολόγηση τουριστικών καταλυμάτων στο πλαίσιο της ελαχιστοποίησης των ρύπων».
7. Ζαργκλή Αλεξάνδρα του Παναγιώτη, Αρχιτέκτων Μηχανικός. Θέμα: «Περιβαλλοντικός σχεδιασμός αστικού χώρου σε παράκτιες πόλεις».
8. Μίχος Γεώργιος του Χαραλάμπους, Πολιτικός Μηχανικός. Θέμα: «Αξιολόγηση αλγορίθμων προσομοίωσης θέρμανσης και ψύξης του κελύφους κτιρίων».
9. Γούσης Χρήστος του Δημητρίου, Πολιτικός Μηχανικός. Θέμα: «Βιοκλιματική προσέγγιση στεγάστρων».
10. Μώρου Χρύσα -Μαρία του Κωνσταντίνου, Πολιτικός Μηχανικός. Θέμα: «Προσδιορισμός και αξιολόγηση κριτηρίων για την επιθεώρηση και πιστοποίηση περιβαλλοντικής συμπεριφοράς κτιρίων. – Εφαρμογή σε κτίρια εκπαιδευτικού χαρακτήρα».
11. Μάντζαρη Βασιλική του Χαραλάμπους, Θέμα: «Διερεύνηση εφαρμογών ηλιακής ενέργειας σε κτήρια για οικιακή χρήση, με έμφαση σε τεχνολογίες φωτοβολταϊκών».



ΕΦ-BAT & Eu-Watt!!!



ΣΧΟΛΕΣ ΕΜΠ

Πολιτικών Μηχανικών

Μηχανολόγων Μηχανικών

Χημικών Μηχανικών

Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών

Εφαρμοσμένων Μαθηματικών & Φυσικών Επιστημών

ΚΑΠΕ

HZB - TU-BERLIN

D.Papadimitriou, Ch.Panagopoulos, D.Manolakos, N.Markatos, J.Tzouvakis, S.Tselepis,
M.-Ch.Lux-Steiner, Th.Schedel-Niedrig, Ch.-H.Fischer, K. Fostiropoulos, N.Esser, P.Vogt, W.Richter.

