

# 12<sup>ο</sup> ΕΘΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΓΙΑ ΤΙΣ ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



## ΤΟΜΟΣ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ

Θεσσαλονίκη

7-9 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2021

ΔΙΟΡΓΑΝΩΣΗ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΗΛΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ  
ΣΥΝΔΙΟΡΓΑΝΩΣΗ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΠΘ.

Υπό την αιγίδα της  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΤΟΥ ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

<https://solarinstitute.gr>



**12<sup>ο</sup> ΕΘΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΤΟΥ Ι.Η.Τ. ΓΙΑ ΤΙΣ ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

**ISSN 1108 - 3603**

**Επιμέλεια έκδοσης**

Ε. Κυριάκη, Γ. Μαρτινόπουλος, Γ. Τσιλιγκιρίδης

**Έκδοση**

Ινστιτούτο Ηλιακής Τεχνικής

Τ.Θ. 487, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

541 24 Θεσσαλονίκη

Τηλ.: 2310 996081, 2310 996084 - Fax: 2310 996087

<http://solarinstitute.gr/>, e-mail: [iht@eng.auth.gr](mailto:iht@eng.auth.gr)

Σελιδοποίηση - Επιμέλεια εξωφύλλου

**Δημήτρης Ε. Κατέρης**

**Εκτύπωση - Βιβλιοδεσία**

Εκδόσεις Γιαχούδη



Κ. Μελενίκου 15, τ.κ. 546 36, Θεσσαλονίκη

Τηλ.: 2310 216 779, 2310 245 333



**ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Μαρτινόπουλος Γεώργιος	Πρόεδρος επιτροπής, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος
Κυριάκη Έλλη	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμ. Μηχ. Μηχανικών
Κωτσόπουλος Θωμάς	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμ. Γεωπονίας
Μισηρλής Δημήτρης	Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος
Πανάρας Γεώργιος	Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Τμ. Μηχ. Μηχανικών
Παπακώστας Κωνσταντίνος	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμ. Μηχ. Μηχανικών
Τσικαλουδάκη Κατερίνα	Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμ. Πολ. Μηχανικών

**ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Παπαδόπουλος Άγις	Πρόεδρος Επιτροπής Α.Π.Θ., Τμ. Μηχανολόγων Μηχανικών
Ανδρίτσος Νικόλαος	Παν. Θεσσαλίας, Τμ. Μηχανολόγων Μηχανικών
Ανδρουτσόπουλος Ανδρέας	Κ.Α.Π.Ε., Τμ. Κτιρίων
Αξαρή Κλειώ	Α.Π.Θ., Τμ. Αρχιτεκτόνων Μηχανικών
Αραβαντινός Δημήτριος	Α.Π.Θ., Τμ. Πολιτικών Μηχανικών
Αραμπατζής Γαρύφαλλος	Δ.Π.Θ., Τμ. Δασολογίας & Διαχείρισης Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων
Αραμπατζής Γεώργιος	Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχ. Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
Αρβανίτης Απόστολος	Ι.Γ.Μ.Ε., Δ/ση Γεωθερμίας και Θερμομεταλλικών Νερών
Γιαμά Ευφροσύνη	Α.Π.Θ., Τμ. Μηχανολόγων Μηχανικών
Δούκας Χάρης	Ε.Μ.Π., Τμ. Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Η/Υ
Ζαχαριάδης Θεόδωρος	The Cyprus Institute/ Energy
Ηρακλέους Ελένη	Δι.Πα.Ε / Πα.ΚΕ.ΔΙ.Π.Σ. / Τμ. Επιστήμης και Τεχνολογίας
Θεοδοσίου Θεόδωρος	Α.Π.Θ., Τμ. Πολιτικών Μηχανικών
Καλδέλλης Ιωάννης	Παν. Δυτικής Αττικής, Τμ. Μηχανολόγων Μηχανικών
Καλογήρου Σωτήρης	Τ.Ε.Π.Α.Κ., Τμ. Μηχανολόγων Μηχανικών
Κατσιφάρακης Κώστας	Α.Π.Θ., Τμ. Πολιτικών Μηχανικών
Κατσούλας Νικόλαος	Παν. Θεσσαλίας, Τμ. Γεωπονίας
Κολοκοτσά Διονυσία	Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμ. Μηχανικών Περιβάλλοντος
Κούγιας Παναγιώτης	Ε.Λ.Γ.Ο. / ΔΗΜΗΤΡΑ
Κωτσόπουλος Θωμάς	Α.Π.Θ., Τμ. Γεωπονίας
Λαμπρίδης Δημήτριος	Α.Π.Θ., Τμ. Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Η/Υ
Λάμπας Άγγελος	Ε.Κ.Ε.Τ.Α. / Ι.Δ.Ε.Π.
Μαθιουλάκης Μανώλης	Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. "Δημόκριτος"
Μάμωλος Ανδρέας	Α.Π.Θ., Τμ. Γεωπονίας
Μαρτινόπουλος Γεώργιος	Δι.Πα.Ε / Πα.ΚΕ.ΔΙ.Π.Σ. / Τμ. Επιστήμης και Τεχνολογίας
Μισηρλής Δημήτρης	Δι.Πα.Ε, Τμ. Μηχανολόγων Μηχανικών
Μιχόπουλος Απόστολος	Παν. Κύπρου / Πολυτεχνική Σχολή
Μουσιόπουλος Νικόλαος	Α.Π.Θ., Τμ. Μηχανολόγων Μηχανικών
Μπαλαράς Κωνσταντίνος	Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών
Νικολόπουλος Νικόλαος	Ε.Κ.Ε.Τ.Α. / Ι.Δ.Ε.Π.

Πανάρας Γεώργιος	Π.Δ.Μ., Τμ. Μηχ. Μηχανικών
Παπαδάκης Γιώργος	Γεωπ. Παν. Αθηνών/ Τμ. Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων
Παπαδόπουλος Αθανάσιος	Ε.Κ.Ε.Τ.Α. / Ι.Δ.Ε.Π.
Παπακώστας Κωνσταντίνος	Α.Π.Θ., Τμ. Μηχανολόγων Μηχανικών
Σκούλου Βασιλική	University of Hull / Dept. of Chemical Engineering
Σουλιώτης Μανώλης	Π.Δ.Μ., Τμ. Μηχανολόγων Μηχανικών
Τολίκα Κωνσταντία (Ντία)	Α.Π.Θ., Τμ. Γεωλογίας
Τουρλιδάκης Αντώνης	Π.Δ.Μ., Τμ. Μηχανολόγων Μηχανικών
Τσαγκρασούλης Αριστείδης	Παν. Θεσσαλίας, Τμ. Αρχιτεκτόνων Μηχανικών
Τσικαλουδάκη Κατερίνα	Α.Π.Θ., Τμ. Πολιτικών Μηχανικών
Τσιλιγκιρίδης Γιώργος	Α.Π.Θ., Τμ. Μηχανολόγων Μηχανικών, Πρόεδρος Ι.Η.Τ.
Τσόκα Στέλλα	Α.Π.Θ., Τμ. Πολιτικών Μηχανικών
Τσούτσος Θεοχάρης	Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμ. Μηχανικών Περιβάλλοντος

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εναρκτήρια Ομιλία του Προέδρου του ΔΣ του ΙΗΤ καθ. Γιώργου Τσιλιγκιρίδη .....	3
<b>ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ</b> .....	5
<b>ΠΡΟΣΚΕΚΛΗΜΕΝΟΙ ΟΜΙΛΗΤΕΣ</b>	
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ	
<i>Ε. Αγγελιδάκη</i> .....	19
ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΑΠΟ ΑΠΕ ΠΡΟΣ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ: ΜΙΑ ΛΥΣΗ ΓΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΜΕ 100% ΑΠΕ ΚΑΙ Η ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΩΝ ΜΙΚΡΩΝ ΑΠΕ ΣΕ ΝΕΕΣ ΑΓΟΡΕΣ	
<i>Χ. Δημουλιάς</i> .....	35
ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	
<i>Δ. Ψυχογιός</i> .....	45
Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΩΝ ΣΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ	
<i>Δ. Αραβαντινός</i> .....	55
IGNORING CLIMATIC UNCERTAINTY AND HEALTH CHALLENGES: HOW BUILDINGS CAN KILL PEOPLE	
<i>I. Meir</i> .....	79
<b>ΒΙΟΜΑΖΑ-ΥΔΡΟΓΟΝΟ</b>	
ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΜΑΤΩΝ ΒΙΟΜΑΖΑΣ (PELLET) ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ	
<i>Σ. Μαργιώρου, Ι. Μπαρμπούτης</i> .....	99
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΞΥΛΩΔΟΥΣ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΑΠΟ 5-ΕΤΗ ΔΑΣΟΠΟΝΙΚΗ ΦΥΤΕΙΑ ΤΩΝ ΤΑΧΥΑΥΞΩΝ ΕΙΔΩΝ <i>Paulownia tomentosa</i> και <i>P. elongata</i> ΣΤΗ Β. ΕΛΛΑΔΑ	
<i>Κ. Σπανός, Δ. Γαϊτάνης</i> .....	111
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΜΑΖΑ	
<i>Α. Ναξάκη, Ι. Μπαρμπούτης, Β. Καμπερίδου</i> .....	119
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΕΙΦΟΡΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΑΠΟ ΕΛΑΙΟΚΡΑΜΒΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	
<i>Γ. Μαρτινόπουλος, Μ. Σουντουρλής, Ε. Ηρακλέους</i> .....	131
ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΦΛΟΙΟΥ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	
<i>Γ. Πασχαλίδου, Β. Καμπερίδου, Ι. Μπαρμπούτης</i> .....	141

ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΣΕ ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟΥ <i>Χρ. Βλαχοκόστας, Χ. Αχίλλας, Α.Β. Μιχαηλίδου, Ε. Φελέκη, Ν. Μουσιόπουλος</i> .....	151
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΥΝΘΕΤΙΚΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΜΕΣΩ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΟΥ Η <sub>2</sub> ΚΑΙ ΔΕΣΜΕΥΜΕΝΟΥ CO <sub>2</sub> ΑΠΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ <i>Γ. Βαρβούτης, Δ. Ιωάκνης, Ε. Μαντέλα, Μ. Κονσολάκης, Γ. Μαρνέλλος</i> .....	163
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΡΟΣΘΗΚΗΣ ΚΑΤΑΛΥΤΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ ΚΑΙ ΕΛΑΙΟΠΥΡΗΝΑ ΥΠΟ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ CO <sub>2</sub> <i>Α. Λαμπρόπουλος, Χ. Χρυσικός, Π. Πασχάλη, Μ. Κονσολάκης, Γ. Μαρνέλλος</i> .....	173
ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΓΛΥΚΕΡΟΛΗΣ ΣΕ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΥΨΗΛΗΣ ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΗΣ ΑΞΙΑΣ <i>Α. Σχιζοδήμου, Γ. Κυριάκου</i> .....	185
ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΙΛΥΟΣ ΑΠΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ <i>Φ. Σακαβέλη, Μ. Πεταλά, Β. Τσιρίδης, Ε. Νταρακάς</i> .....	193
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΕΝΑΝΤΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΣ ΛΥΜΑΤΟΛΑΣΠΗΣ <i>Φ. Μορσίνκ-Γεωργαλή, Α. Κυλίλη, Π. Φωκαΐδης</i> .....	207
ΣΥΝ-ΚΑΥΣΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΜΕ ΛΙΓΝΙΤΗ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ. ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΑΙ ΤΑΣΗ ΕΠΙΚΑΘΙΣΕΩΝ/ΕΠΙΣΚΩΡΙΩΣΕΩΝ <i>Δ. Βάμβουκα, Γ. Παναγόπουλος</i> .....	217
<b>ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ</b>	
ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΜΗ-ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ – ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ – ΗΛΕΚΤΡΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ <i>Ι. Κοσμαδάκης, Κ. Ελμασίδης</i> .....	227
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ <i>Χ. Καραβάς, Ε. Δημητρίου, Δ. Μανωλάκος, Γ. Παπαδάκης</i> .....	247
ΑΥΞΗΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΓΕΝΗΤΡΙΑΣ ΜΕΣΩ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΡΟΗΣ ΦΙΛΜ ΝΕΡΟΥ <i>Ι. Χρυσαφούδη, Γ. Μπάνης, Π. Παττακός, Σ. Κουτρούμπας, Δ. Κοσσυβάκης, Π. Τσαραμπάρης, Ν. Στεφανάκης, Ε. Χριστοφόρου</i> .....	257
ΑΝΑΓΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ: ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ ΤΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ <i>Ν. Κατσούλας, Α. Μπαξεβάνου, Δ. Φεΐδαρος</i> .....	265

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΟ ΝΗΣΙ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΓΩΝΙΩΝ ΚΛΙΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ <i>Κ. Χριστόπουλος, Μ. Κωστόπουλος, Γ. Σπυρόπουλος, Ι. Καλδέλλης</i> .....	277
---	-----

ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΑΠΟΡΡΙΨΕΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ ΝΗΣΙΩΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΣΩ ΣΥΖΕΥΞΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΝΕΡΟΥ <i>Δ. Ζαφειράκης, Γ. Τζάνες, Χρ. Παπαποστόλου, Κ. Καββαδίας, Γ. Σπυρόπουλος, Κ. Χριστόπουλος, Αιμ. Κονδύλη, Ι. Καλδέλλης</i> .....	289
--	-----

## ΦΥΣΙΚΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΥΠΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΑΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΑΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ <i>Σ. Τσόκα</i> .....	303
--	-----

ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΣΤΗ ΒΟΡΕΙΑ ΕΛΛΑΔΑ <i>Κ. Γκριτζάπη, Γ. Πανάρας</i> .....	315
--	-----

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΚΑΙ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΥΠΟ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ <i>Α. Καραναύτη, Θ. Θεοδοσίου</i> .....	329
---	-----

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΓΙΑ ΦΥΣΙΚΟ ΦΩΤΙΣΜΟ (EN17037) ΣΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΚΤΙΡΙΩΝ ΓΡΑΦΕΙΩΝ <i>Α. Τσαγκρασούλης, Α. Κονταδάκης, Λ. Δούλος, Κ. Λάσκος</i> .....	341
--	-----

ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΙΧΟΥ ΤROMBE ΜΕ ΘΕΡΜΟΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ <i>Αι. Μπαξεβάνου, Δ. Φείδαρος, Α. Τσαγκρασούλης</i> .....	349
--	-----

2Δ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΙΧΟΥ ΤROMBE ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΟΥ ΣΕ ΟΙΚΙΣΚΟ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΡΕΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ <i>Δ. Φείδαρος, Α. Μπαξεβάνου, Α. Τσαγκρασούλης</i> .....	361
--	-----

ΡΗΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΡΙΝΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΙΧΟΥ TROMBE ΩΣ ΗΛΙΑΚΗ ΚΑΜΙΝΑΔΑ <i>Αι. Μπαξεβάνου, Δ. Φείδαρος, Α. Τσαγκρασούλης</i> .....	373
--	-----

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ ΣΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΧΩΡΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ <i>Θ. Μάντζαρης, Α. Τσαγκρασούλης, Θ. Καρακασίδης</i> .....	385
---	-----

ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΙΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΚΑ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ <i>Δ. Τσιριγώτη, Δ. Ζεγγίνης, Δ. Μπίκας</i> .....	397
---	-----



ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΘΕΡΜΟΦΥΣΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ & ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΩΝ ΟΨΕΩΝ <i>Μ. Συμεωνίδου, Π. Αντωνιάδου, Έ. Κυριάκη, Ε. Γιαμά, Α. Παπαδόπουλος</i> .....	407
ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ/ΘΕΡΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ <i>Έ. Κυριάκη, Ε. Γιαμά, Α. Αντωνίου, Α. Παπαδόπουλος</i> .....	419
ΑΠΟ ΤΗΝ ΗΛΙΑΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΤΟΝ ΒΙΩΣΙΜΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ. ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΔΙΑΛΕΞΕΙΣ / ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ Ε.Μ.Π. (1978-ΣΗΜΕΡΑ) <i>Ε. Αλεξάνδρου, Φ. Μπουγιατιώτη, Ε. Ευαγγελινός, Η. Ζαχαρόπουλος</i> .....	431
ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΣΤΟΝ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ <i>Π. Αντωνιάδου, Γ. Χαντζής, Μ. Συμεωνίδου, Ε. Γιαμά, Σ. Οξυζίδης, Δ. Κολοκοτσά, Α. Παπαδόπουλος</i> .....	443
<b>ΠΟΛΙΤΙΚΗ</b>	
ΟΙ ΑΠΟΨΕΙΣ ΚΑΤΟΙΚΩΝ ΤΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΛΙΓΝΙΤΟΠΟΙΗΣΗ ΩΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΣΥΜΦΩΝΙΑΣ ΤΟΥ 2019 <i>Γ. Κουτζή, Ε. Σαρδιανού, Ρ. Μητούλα, Κ. Αμπελιώτης</i> .....	455
ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΖΟΥΝ ΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΑΠΟΔΟΧΗ ΤΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ, ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ CO <sub>2</sub> ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΕΡΓΟΥ MOF4AIR <i>Σ. Καρύτσας, Ο. Πολύζου, Θ. Οικονόμου, Κ. Καρύτσας</i> .....	463
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ: ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ ΤΟΥ ΚΟΙΝΟΥ, ΠΡΟΘΕΣΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΘΕΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ <i>Σ. Καρύτσας, Ε. Θεοδωροπούλου</i> .....	475
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΚΑΙ Η ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ: ΤΟ ΕΙΔΙΚΟ ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΩΝ ΑΠΕ ΚΑΙ Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ <i>Μ. Τόσκα-Τάσιος, Ε. Θωίδου</i> .....	491
Η ΤΟΠΙΚΗ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ ΜΟΧΛΟΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΥΡΩΠΑΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΩΝ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ <i>Δ. Μπουλογιώργου, Φ. Μαρκόπουλος, Π. Κτενίδης, Ι. Καλδέλλης</i> .....	505
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΜΕΛΛΟΝ ΣΕ ΠΕΡΙΟΔΟΥΣ ΚΡΙΣΗΣ <i>Θ. Σλίνη, Χ. Τζιώγας, Ν. Μουσιόπουλος</i> .....	519
<b>ΗΛΙΑΚΑ ΘΕΡΜΙΚΑ</b>	
ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΒΟΛΙΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ ΜΕ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΜΠΕΤΟΝ, ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΤΜΟΥ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ <i>Π. Κτίστης, Ρ. Αγαθοκλέους, Σ. Καλογήρου</i> .....	533

ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΠΑΡΑΒΟΛΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ ΜΕ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ <i>Σ. Αλεξόπουλος, Σ. Καλογήρου</i> .....	547
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΜΕ ΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΗΡΑ <i>Σ. Αλεξόπουλος, Ο. Παναγόπουλος, Α. Αργυρίου</i> .....	553
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ ΑΣΒΕΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΘΕΡΜΟΧΗΜΙΚΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗΣ/ΑΣΒΕΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ <i>Σ. Σπύρογλου, Α. Σκαλτσογιάννης, Α. Λεμονίδου</i> .....	561
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ ΥΠΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ <i>Λ. Γεωργίου, Π. Φωκαΐδης</i> .....	573
ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗ – ΑΠΟΘΗΚΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ <i>Ν. Αρναουτάκης, Μ. Σουλιώτης, Σ. Παπαευθυμίου</i> .....	581
ΜΙΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΗΛΙΑΚΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ <i>Μ. Μιλούση, Εμμ. Σουλιώτης</i> .....	591

## ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΟΧΙΑΚΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΑΝΣΗ (SCOP) ΣΕ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ – ΝΕΡΟΥ <i>Γ. Μουζεβίρης, Κ. Παπακώστας</i> .....	603
ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΗΛΙΑΚΑ-ΤΡΟΦΟΔΟΤΟΥΜΕΝΟΥ ΨΥΚΤΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΨΥΚΤΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΜΠΟΡΙΚΗΣ ΨΥΞΗΣ ΜΕ CO <sub>2</sub> <i>Ε. Συγγούνας, Δ. Τσιμπούκης, Χ. Δαλαβούρας, Σ. Αναγνωστάτος, Μ. Βραχόπουλος</i> ....	617
ΕΥΦΥΗ ΚΤΙΡΙΑ ΓΙΑ ΕΥΦΥΕΙΣ ΠΟΛΕΙΣ: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΕΥΦΥΟΥΣ ΕΤΟΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΤΙΡΙΩΝ <i>Σ. Αθανασάκη, Κ. Τσικαλουδάκη</i> .....	631
ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΙΔΟΣΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΡΙΤΟΓΕΝΟΥΣ ΤΟΜΕΑ ΑΠΟ ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΩΝ & ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΕΩΝ <i>Κ. Δρούτσα, Κ. Μπαλαράς, Σ. Κοντογιαννίδης, Σ. Λυκούδης, Έ. Δασκαλάκη, Α. Αργυρίου</i> .....	643
ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΕΣ ΤΥΠΟΛΟΓΙΕΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΤΡΙΤΟΓΕΝΟΥΣ ΤΟΜΕΑ <i>Κ. Δρούτσα, Σ. Κοντογιαννίδης, Κ. Μπαλαράς, Έ. Δασκαλάκη, Α. Αργυρίου</i> .....	653

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΠΗΓΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΥΨΗ ΑΝΑΓΚΩΝ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ <i>Β. Κίλης, Γ. Πανάρας, Ν. Πλόσκας</i> .....	665
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙΝΟΤΟΜΩΝ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΕΝΑΝΤΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ <i>Σ. Τσόκα, Κ. Τσικαλουδάκη, Θ. Θεοδοσίου, Π. Χαστάς, Α. Καραούλης</i> .....	675
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΦΟΙΤΗΤΙΚΩΝ ΕΣΤΙΩΝ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΡΑΚΗΣ <i>Α. Παπατσούνης, Π. Μπότσαρης, Κ. Λυμπερόπουλος, Ρ. Ρώτας, Ζ. Κανελλιά, Π. Ηλιάδης, Ν. Νικολόπουλος</i> .....	687
ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΑ: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΕΩΝ ΣΕ ΣΧΟΛΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ <i>Ε. Μήτσιου, Ε. Αλεξανδρή</i> .....	701
ΑΝΑΘΕΩΡΗΜΕΝΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ: ΟΙ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ <i>Κ. Παπουής, Φ. Μόρσινκ-Γεωργαλή, Γ. Χαντζής, Π. Φωκαΐδης, Α. Παπαδόπουλος</i> .....	713
ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΥΦΥΟΥΣ ΕΤΟΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΤΗΡΙΩΝ (SMART READINESS INDICATORS): ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ <i>Α. Παναγίδου, Χ. Παντελή, Π. Φωκαΐδης</i> .....	725
ΟΙ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΚΟΖΑΝΗΣ ΣΤΗ ΜΕΤΑΛΙΓΝΙΤΙΚΗ ΕΠΟΧΗ <i>Ζ. Δημητριάδου, Ρ. Μητούλα, Ε. Σαρδιανού, Α. Οικονόμου</i> .....	735
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΥΓΕΙΑΣ ΣΕ ΣΧΕΔΟΝ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ <i>Α. Παμπούκα, Α. Δημούδη, Σ. Ζώρας</i> .....	747
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΥΚΛΟΥ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΝΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ ΠΡΟΒΛΕΠΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΚΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΡΕΥΣΤΟΥ <i>Α. Κυριακίδης, Θ. Προύσαλης, Α. Παπαδόπουλος, Ι. Hassan, Π. Σεφερλής</i> .....	753
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΥΕΛΙΞΙΑΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ <i>Γ. Χαντζής, Π. Αντωνιάδου, Μ. Συμεωνίδου, Ε. Γιαμά, Σ. Οξυζίδης, Δ. Κολοκοτσά, Α. Παπαδόπουλος</i> .....	763
Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΥΨΗΛΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΓΙΑ ΕΝΑ ΠΡΑΣΙΝΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ <i>Εμ. Κωστόπουλος, Κλ. Καλδέλλης, Μ. Καλούτσα, Αιμ. Κονδύλη, Ι. Καλδέλλης</i> .....	775

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΥΠΟΒΟΗΘΟΥΜΕΝΟΥ ΑΠΟ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΚΑΛΥΨΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΚΟΛΥΜΒΗΤΗΡΙΟΥ <i>Η. Αναγνωστόπουλος, Λ. Ζουλούμης, Γ. Πανάρας</i> .....	789
--	-----

## ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΚΑΝΟΝΙΚΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ ΣΕ ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΜΠΟΡΙΚΗΣ ΨΥΞΗΣ CO <sup>2</sup> <i>Α. Σλιουσάρεγκο, Ε. Συγγούνας, Μ. Βραχόπουλος</i> .....	803
ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΕΘΝΙΚΟΥ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ <i>Β. Γαγάνης, Σ. Σταματάκη</i> .....	817
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΡΙΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΜΕ ΗΛΙΑΚΗ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗ <i>Γ. Ασπετάκης, Ν. Ανδρίτσος</i> .....	825
ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ <i>Μ. Παπαχρήστου, Ν. Ανδρίτσος, Α. Αρβανίτης, Π. Δαλαμπάκης, Δ. Μενδρινός</i> .....	833
ΝΕΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΩΝ Γ/Θ ΡΕΥΣΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΚΡΟΠΟΤΑΜΟΥ <i>Π. Δαλαμπάκης, Η. Κουφογιάννης, Μ. Παπαχρήστου, Ν. Ανδρίτσος, Α. Αρβανίτης, Κ. Λυμπερόπουλος, Π. Κολιός</i> .....	845

## ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΡΟΦΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΥΠΟ ΤΟ ΠΡΙΣΜΑ ΤΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ <i>Ι. Παυλίδου, Γ. Περκουλίδης, Ν. Μουσιόπουλος, Α. Μαλαμάκης, Γ. Μπανιάς</i> .....	859
ΑΠΟ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΑΠΟΘΕΜΑ: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΑΘΗΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΣΕ ΠΟΛΗ ΟΥΔΕΤΕΡΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ <i>Ε. Αλεξανδρή</i> .....	869
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΣ-ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΜΕΤΩΠΩΝ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΠΛΑΣΗΣ ΤΟΥ ΦΑΛΗΡΙΚΟΥ ΟΡΜΟΥ <i>Λ. Μπαζής, Ε. Αλεξανδρή</i> .....	881
ΑΕΙΦΟΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ <i>Ε. Χανιάς, Α. Δημούδη</i> .....	895

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΜΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΠΡΩΗΝ ΚΑΠΝΑΠΟΘΗΚΗΣ ΣΤΗ ΣΤΑΥΡΟΥΠΟΛΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ <i>Β. Αντωνίου, Ε. Ανδρέου</i> .....	907
--	-----

## ΚΛΙΜΑ

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ <i>Γ. Ευθυμίου, Φ. Μπάρμπας, Ν. Μουσιόπουλος</i> .....	921
ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ALL SKY ΚΑΜΕΡΩΝ <i>Σ. Λογοθέτης, Β. Σαλαμαλίκης, S. Wilbert, J. Remund</i> .....	931
ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΓΙΑ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΑΠΕ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΗΓΜΕΝΩΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ <i>Κ. Γκαράκης, Δ. Ανδρωνάς</i> .....	939
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΡΙΟ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΟ ΝΗΣΙ ΤΩΝ ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΩΝ <i>Ι. Καλδέλλης, Εμ. Πλειώνης, Αιμ. Κονδύλη, Α. Δήμου, Δ. Ζαφειράκης</i> .....	949

## ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ Α.Π.Ε. - ΑΙΟΛΙΚΑ

Ο ΥΒΡΙΔΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΣΙΦΝΟΥ. ΟΙ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΜΕΣΩ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ. <i>Δ. Κατσαπρακάκης, Ε. Δακανάλη, Γ. Γκύλλης, Α. Δημόπουλος</i> .....	963
ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΟΥ ΤΥΠΟΥ ΜΕ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΟΡΟΦΗ <i>Α. Μαρτζοπούλου, Β. Φιρφιρή, Θ. Κωτσόπουλος</i> .....	975
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΙΑΣ ΜΙΚΡΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΟΗΣ <i>Χ. Παπαδόπουλος, Π. Καπαρός-Τσάφος, Γ. Ιατρού, Ζ. Βλαχοστέργιος, Δ. Μισηρλής, Κ. Υάκινθος</i> .....	987
Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΗΠΙΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΝΗΣΙΩΝ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΝΙΣΥΡΟΥ <i>Π. Τριανταφύλλου, Αγγ. Καλδέλλης, Π. Κολλάς, Χρ. Κορωνάιος, Ι. Καλδέλλης</i> .....	997



## ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΦΟΙΤΗΤΙΚΩΝ ΕΣΤΙΩΝ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΡΑΚΗΣ

**Α. Γ. Παπατσούνης<sup>1\*</sup>, Π. Ν. Μπότσαρης<sup>1\*</sup>, Κ. Λυμπερόπουλος<sup>1</sup>, Ρ. Ρώτας<sup>2,3\*</sup>, Ζ. Κανελλιά<sup>2\*</sup>, Π. Ηλιάδης<sup>2,4\*</sup>, Ν. Νικολόπουλος<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Δημοκρίτειο Παν. Θράκης, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Τομέας Υλικών, Διεργασιών και Μηχανολογίας, Εργαστήριο Μηχανολογικού Σχεδιασμού, Ξάνθη,

<sup>2</sup> Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών και Ενεργειακών Πόρων, Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΙΔΕΠ/ΕΚΕΤΑ), Θέρμη,

<sup>3</sup> Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

<sup>4</sup> Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Ξάνθη

\*e-mail: [adpapat@gmail.com](mailto:adpapat@gmail.com), [panmpots@gmail.com](mailto:panmpots@gmail.com), [rotas@certh.gr](mailto:rotas@certh.gr), [z.kanellia@certh.gr](mailto:z.kanellia@certh.gr), [iliadis@certh.gr](mailto:iliadis@certh.gr)

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με την ψήφιση του νόμου 4513/2018 και το ΦΕΚ 3154/Β/31-7-20, για τις ενεργειακές κοινότητες στην Ελλάδα, επιταχύνονται οι διαδικασίες ένταξης των αυτοπαραγωγών κοινοτήτων στην ενεργειακή αγορά. Στη παρούσα μελέτη, παρουσιάζεται μια πρώτη εκτίμηση της λειτουργίας του συστήματος παραγωγής θερμότητας της ενεργειακής κοινότητας των φοιτητικών εστιών της Πολυτεχνικής Σχολής του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης. Η ενεργειακή κοινότητα διαθέτει ηλιακούς θερμικούς συλλέκτες, εναλλάκτες θερμότητας, δοχεία αποθήκευσης θερμικής ενέργειας, λέβητα βιομάζας και ψύκτη απορρόφησης, συστήματα ικανά να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες της κοινότητας των φοιτητών της Πολυτεχνικής Σχολής της Ξάνθης. Η κοινότητα αποτελείται από οκτώ (8) κτήρια φιλοξενίας των φοιτητών, ένα (1) εστιατόριο και ένα (1) αμφιθέατρο. Η εκτίμηση της λειτουργίας του συστήματος παραγωγής θερμικής ενέργειας πραγματοποιείται με την συγκριτική ανάλυση πραγματικών μετρήσεων πεδίου και προσομοιώσεων που πραγματοποιούνται με την χρήση κατάλληλων λογισμικών.

**Λέξεις Κλειδιά:** ενεργειακή κοινότητα, αποθήκευση θερμότητας, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, προσομοίωση, TRNSYS, Dymola

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τη θεσμοθέτηση των αυτοπαραγωγών κοινοτήτων, τα επερχόμενα ζητήματα στον ενεργειακό τομέα είναι η κάλυψη των αναγκών, ηλεκτρικών και θερμικών/ψυκτικών από 100% ανανεώσιμες πηγές. Μεγάλο πλεονέκτημα αποτελεί η πληθώρα πρωτογενών πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή, η αιολική, η γεωθερμική κ.α. Η ηλιακή αποτελεί μια από τις πιο διαδεδομένες, τόσο για παραγωγή ηλεκτρισμού όσο και για παραγωγή θέρμανσης/ψύξης, αφού η μέση μηνιαία ολική οριζόντια ακτινοβολία στον ελλαδικό χώρο ξεπερνά τις 1.800 kWh/m<sup>2</sup> [1]. Προκειμένου να ενισχυθεί η αξιοπιστία της, σε βάθος ημερήσιας αλλά και ετήσιας παραγωγής, απαντάται συνήθως σε μεγάλες εφαρμογές σε συνεργασία με λέβητες βιομάζας, είτε σε συμπαραγωγή ηλεκτρισμού θέρμανσης είτε μεμονωμένα για παραγωγή θέρμανσης [2][3].

Πλήθος βιβλιογραφίας, εξετάζει τη βιωσιμότητα, τη λειτουργία και την απόδοση υβριδικών συστημάτων ηλιακών-βιομάζας. Οι Luigi C. et al., ασχολήθηκαν με την κατασκευή ενός καινοτόμου λέβητα βιομάζας, τροφοδοτούμενο από θερμό ρευστό που προέρχεται από ηλιοθερμικά κάτοπτρα, ο οποίος μπορεί να εξυπηρετήσει τόσο τα ηλεκτρικά, όσο και τα θερμικά και μερικά από τα ψυκτικά φορτία του κτιρίου υπό εξέταση. Το μοντέλο τους δεν έχει ακόμα εξεταστεί εμπορικά καθώς λείπουν σημαντικά οικονομοτεχνικά στοιχεία καθώς και αναλύσεις κύκλου ζωής [2]. Οι Soutullo S. et al., διερεύνησαν σε επίπεδο προσομοίωσης, τη λειτουργία ενός συστήματος συμπαραγωγής τηλεθέρμανσης-ηλεκτρισμού για ενδεχόμενη εγκατάσταση σε 3 πιθανές πόλεις της Ισπανίας. Αν και η προσομοίωση έδειξε υψηλή διείσδυση ανανεώσιμων πηγών, δεν έχει υλοποιηθεί για εξακρίβωση των στοιχείων [4].

Οι Francesco C. et al., εκπόνησαν θερμο-οικονομική μελέτη ανάμεσα σε δύο διαφορετικές τεχνολογίες εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας, φωτοβολταϊκά πλαίσια και επίπεδου συλλέκτη κενού σε εγκατάσταση συμπαραγωγής ηλεκτρισμού-θέρμανσης/ψύξης. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν την αποτελεσματικότητα του συστήματος και την ευαισθησία του συντελεστή απόσβεσης στο μέγεθος του συστήματος αποθήκευσης [5]. Οι Tibor T. S. et al., διερεύνησαν τη δημιουργία μικρογραφίας αγοράς ενέργειας που προέρχεται από σύστημα τηλεθέρμανσης, τροφοδοτούμενο από υβριδικό σύστημα ηλιακό-βιομάζα. Η μελέτη αφορά ένα σύστημα στο οποίο και οι καταναλωτές συνεισφέρουν σε ένα κεντρικό σύστημα αποθήκευσης θερμικής ενέργειας. Αν και η κοινωνικό-τεχνική μελέτη είναι πολλά υποσχόμενη, ούτε εδώ έχει γίνει ακόμα οικονομοτεχνική για επιβεβαίωση της υλοποισιμότητας [6].

Επίσης, οι Mohamed K. et al., εξέτασαν τέτοιο υβριδικό σύστημα τροφοδοτώντας σύστημα υψηλής ζήτησης σε ζεστό νερό χρήσης (ZNX), στο Μαρόκο. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν την αποτελεσματικότητα και την υλοποισιμότητα τέτοιου συνδυασμού, για εφαρμογές μεγάλης κλίμακας, σε περιοχές με υψηλό ηλιακό δυναμικό [7]. Οι Meisam S. et al., αξιολόγησαν διαφορετικά μοντέλα ηλιακών συλλεκτών, σε λειτουργία υβριδικού συστήματος με συμβατικό σύστημα θέρμανσης, για αποθήκευση ψυκτικής ενέργειας. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν την βιωσιμότητα του συστήματος για την υπό εξέταση χρήση, παρόλα αυτά ο συντελεστής απόσβεσης για ηλιακά συστήματα ψύξης είναι ακόμα υψηλότερος των συμβατικών [8]. Η εργασία των Eduardo A. P. et al., πάνω σε σύστημα παραβολικών κατόπτρων-λέβητα βιομάζας-μηχανής οργανικού κύκλου Rankine (Organic Rankine Cycle – ORC) καταλήγει επίσης, σε μη βιωσιμότητα ενός τέτοιου συστήματος που προχωράει σε πώληση της παραγόμενης ενέργειας στο δίκτυο καθώς, προς στιγμήν, τόσο τα κίνητρα όσο και η τεχνολογία που χρησιμοποιείται δεν είναι ενθαρρυντικά [9].

Από την άλλη, οι Heng C. et al., σε εργασία τους για σύστημα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού-θέρμανσης, με υβριδικό ηλιακό-βιομάζα, καταδεικνύουν την υψηλή βιωσιμότητα τέτοιων συστημάτων ειδικά τις περιόδους με ανάγκη θέρμανσης, όπου ο συντελεστής απόδοσης του συστήματος αυξάνεται [10]. Τη βιωσιμότητα, με κατάλληλο σχεδιασμό και διαστασιολόγηση, υβριδικού συστήματος ηλιακού-βιομάζας, κατέδειξε και η δουλειά των Fitsum B. et al, που προσομοίωσαν τέτοιο σύστημα τροφοδοτώντας κοντινή βιομηχανία. Η εφαρμογή αφορούσε περιοχή της Αιθιοπίας, περιοχή με υψηλό ηλιακό δυναμικό, όπου η υφιστάμενη κατάσταση παραγωγής ενέργειας είναι χαμηλής αξιοπιστίας και κυρίως παραγόμενη από μη ανανεώσιμες πηγές [11].

Η διαθέσιμη βιβλιογραφία, υποδεικνύει τη βιωσιμότητα τέτοιων υβριδικών συστημάτων σε μεγάλες και μικρές κλίμακες. Η βασική προϋπόθεση φαίνεται να είναι το υψηλό ηλιακό δυναμικό, η ορθή διαστασιολόγηση και το μέγεθος του συστήματος υπό εξέταση. Σημαντικό εργαλείο αποτελούν οι προσομοιώσεις με λογισμικά μεταβατικών συστημάτων τόσο κατά τη φάση σχεδιασμού όσο και κατά την αξιολόγηση λειτουργίας [4][5][7][11]. Παρόλα αυτά, λίγες είναι οι αναφορές στις οποίες έχει διεξαχθεί πειραματική επιβεβαίωση σε εγκατεστημένα συστήματα. Η παρούσα εργασία, σκοπεύει να

παρουσιάζει τη λειτουργία ενός τέτοιου υβριδικού σταθμού, που λειτουργεί στα Κιμμέρια Ξάνθης, στην Βόρειο-ανατολική Ελλάδα [12]. Θα παρουσιαστούν τόσο αποτελέσματα προσομοιώσεων με δύο διαφορετικά λογισμικά σε αντιπαραβολή, όσο και αποτελέσματα πραγματικών μετρήσεων κατά τη λειτουργία του συστήματος.

## 2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Το σύστημα βρίσκεται στα Κιμμέρια Ξάνθης, όπου τροφοδοτεί με θερμική ενέργεια τις φοιτητικές εστίες του Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης (ΔΠΘ). Το παλαιό σύστημα θέρμανσης, αποτελούνταν από 2 λέβητες πετρελαίου ισχύος  $1,16 \text{ MW}_{th}$  και έναν τρίτο σε εφεδρεία της ίδιας ισχύος. Το κεντρικό αυτό σύστημα θέρμανσης, που βρίσκεται σε παρακείμενο κτίριο που ονομάζεται «Ενεργειακό Κέντρο», διαμοίραζε την ενέργεια στο σύμπλεγμα κτιρίων του ΔΠΘ που αποτελούνταν από 8 κτίρια εστιών, 1 αμφιθέατρο και 1 εστιατόριο, υπεύθυνο για την σίτιση των φοιτητών. Τα κτίρια, περιλαμβάνουν, επίσης, δοχεία 2.500 λίτρων το καθένα (εκτός από δύο κτίρια που η χωρητικότητα είναι 4.500 λίτρα) που παρέχουν το απαραίτητο ΖΝΧ στο εκάστοτε κτίριο. Χρησιμοποιούν ηλεκτρικές αντιστάσεις των  $36 \text{ kW}_e$  για θέρμανση του νερού τις ώρες ή τις ημέρες που η κεντρική θέρμανση δε λειτουργεί.

Η υφιστάμενη κατάσταση διαφέρει με την προαναφερθείσα σε επίπεδο παραγωγής ενέργειας, καθώς εκμεταλλεύεται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών. Το 2016, στο πλαίσιο του προγράμματος «REUNI», έγινε εγκατάσταση ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού που είχε ως στόχο την 100% αυτονομία του συστήματος θέρμανσης των εστιών των Κιμμερίων και ο προϋπολογισμός του ξεπέρασε το 1 εκατ. € [12]. Το σύστημα πλέον εκμεταλλεύεται την ηλιακή ακτινοβολία για τη θέρμανση νερού, είτε εξυπηρετεί στην απόδοση νερού υψηλότερης θερμοκρασίας από αυτής του δικτύου, προς έναν λέβητα βιομάζας. Ακολουθεί η περιγραφή του υβριδικού αυτού συστήματος, με τη σειρά σύνδεσης να είναι από το ηλιοθερμικό πεδίο προς τα δοχεία TES (Thermal Energy Storage) και τελικά στον λέβητα βιομάζας (άποψη της ενεργειακής κοινότητας του ΔΠΘ στην Εικ.1).



Εικόνα 1: Αέρια φωτογραφία του κτιριακού συμπλέγματος των εστιών των Κιμμερίων Ξάνθης. Φαίνονται, από πάνω αριστερά, το ηλιοθερμικό πεδίο και το ενεργειακό κέντρο που περιέχει τα TES και τον λέβητα βιομάζας [12].

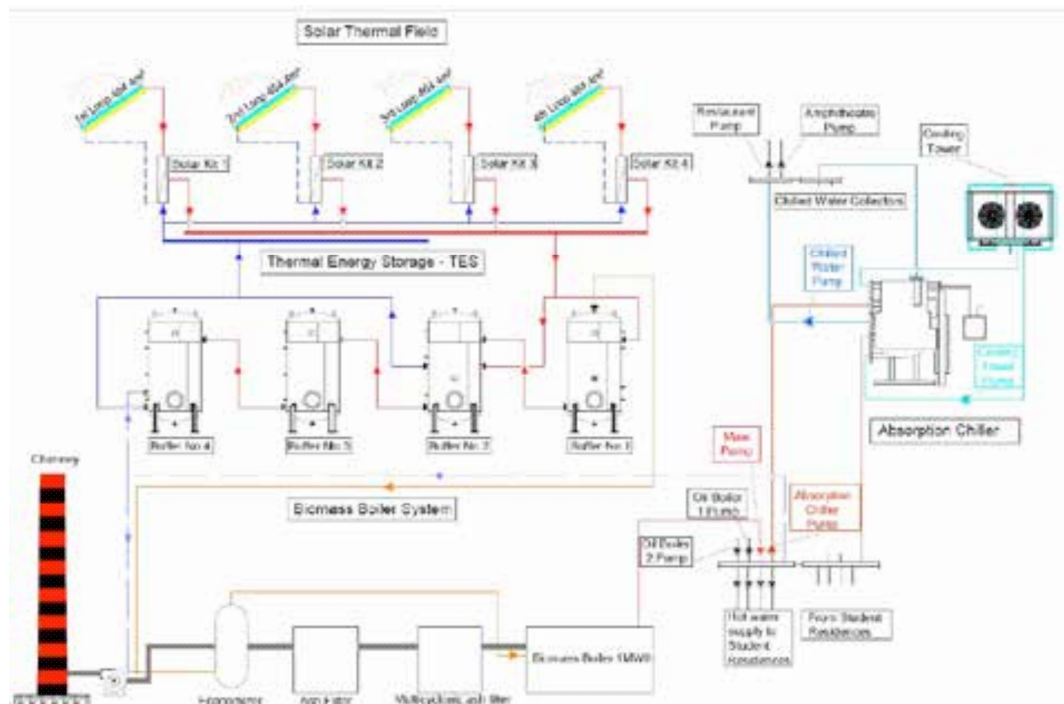
### 2.1. Ηλιοθερμικοί συλλέκτες

Στο βόρειο-δυτικό σημείο του οικοπέδου των εστιών του ΔΠΘ, εγκαταστάθηκαν 720 ηλιακοί συλλέκτες επιφάνειας  $2,58 \text{ m}^2$  ο καθένας, που χρησιμοποιούν ως εργαζόμενο μέσο, μείγμα νερού-γλυκόλης αναλογίας 60/40. Οι συλλέκτες είναι χωρισμένοι σε 4 κλάδους των 180 συλλεκτών. Κάθε κλάδος, ισχύος  $295 \text{ kW}_{th}$ , εναλλάσσει θερμότητά με έναν ηλιακό σταθμό, ο οποίος περιέχει 1) έναν πλακοειδή εναλλάκτη U-σωλήνα (συντελεστής εναλλαγής  $56.640 \text{ W/K}$ ) στον οποίο γίνεται η εναλλαγή με το νερό που είναι αποθηκευμένο στα 4 δοχεία αποθήκευσης ζεστού νερού TES το καθένα με χωρητικότητα  $10 \text{ m}^3$ , και 2) τους κυκλοφορητές πρωτεύοντος (μείγμα νερού-γλυκόλης) και δευτερεύοντος (νερό στα TES) δικτύου. Η σειρά φόρτισης των δοχείων καθώς και η συνδεσμολογία πρωτεύοντος και δευτερεύοντος δικτύου απεικονίζονται στην Εικ. 2.

## 2.2. Λέβητας Βιομάζας

Το νερό που αποθηκεύεται στα TES, δεν καλύπτει απευθείας την κατανάλωση, καθώς αυτά είναι συνδεδεμένα σε σειρά με λέβητα βιομάζας. Ο λέβητας, είναι ισχύος 1,15 MW<sub>th</sub> και συνοδεύεται από έναν οικονομητήρα 50 kW, ένα πολυκυκλωνικό φίλτρο, ένα σκάφι-φίλτρο σωματιδίων μικρότερων των 10 mg/Nm<sup>3</sup> και μία καπνοδόχο ύψους 12 m και διαμέτρου 640 mm.

Το νέο αυτό σύστημα θέρμανσης είναι συνδεδεμένο παράλληλα με το παλιό σύστημα των λεβήτων πετρελαίου, το οποίο λειτουργεί πλέον ως εφεδρεία [12]. Η λειτουργία του λέβητα βιομάζας έχει ως εξής: είτε παραλαμβάνει το προθερμασμένο νερό από τα TES και ανάλογα με τη ζήτηση ενεργοποιείται και ανεβάζει τη θερμοκρασία του, είτε λειτουργεί ως δοχείο αδρανείας μεταξύ των TES και του συλλέκτη ζεστού νερού της θέρμανσης που τροφοδοτεί τα κτίρια.



Εικόνα 2: Μονογραμμικό σχέδιο της συνδεσμολογίας του υβριδικού συστήματος παραγωγής θερμικής ενέργειας του Ενεργειακού Κέντρου του ΔΠΘ [12].

## 2.3. Λοιπά Συστήματα

Την καλοκαιρινή περίοδο, λειτουργεί και ένας ψύκτης απορρόφησης θερμότητας LiBr/H<sub>2</sub>O, ισχύος 316,52 kW<sub>c</sub> που συνδυάζεται με έναν πύργο ψύξης 720,5 kW [12]. Ο ψύκτης είναι σε σειρά συνδεδεμένος με τον λέβητα βιομάζας και ενεργοποιείται μετά από εντολή σε τρίοδη ηλεκτροβάνα η οποία κατευθύνει το θερμό νερό αντί προς τον συλλέκτη ζεστού νερού των κτιρίων, προς τον ψύκτη. Η ψυκτική ενέργεια διοχετεύεται μόνο στο αμφιθέατρο του συμπλέγματος των κτιρίων και λόγω του χαμηλού φορτίου είναι εκτός της σκοπιάς της συγκεκριμένης εργασίας.

## 2.4. Ηλεκτρονικός Έλεγχος

Προκειμένου να διατηρηθεί το σύστημα σε ομαλή λειτουργία και υδραυλική ισορροπία, παρακολουθείται από αισθητήρες που ελέγχουν τις τιμές εισόδου – εξόδου (θερμοκρασίες, πιέσεις, αποδόσεις ισχύος) στο σύστημα. Ο έλεγχος αυτός, περιλαμβάνει συναρτήσεις ελέγχου άλγεβρας Boolean που ενεργοποιούν/απενεργοποιούν αντλίες και εναλλάκτες στο πρωτεύον κύκλωμα (πίεση στο πρωτεύον κύκλωμα μεγαλύτερη από 1,5 bar, θερμοκρασία εξόδου από τον πρώτο βρόγχο ηλιακών συλλεκτών μεγαλύτερη από 25°C), προκειμένου να φορτίσουν τα δοχεία. Τα δοχεία με τη σειρά τους, ελέγχονται ως προς το επίπεδο φόρτισής τους και ανάλογα (θερμοκρασία δοχείου 1 υψηλότερη από

τη θερμοκρασία επιστροφής από το σύμπλεγμα κτιρίων), ενεργοποιούνται οι αντίστοιχες τριόδες βάνες που οδηγούν το αποθηκευμένο ζεστό νερό προς τον λέβητα. Βάσει της λειτουργίας του πραγματικού συστήματος ακολουθεί η παρουσίαση των διατάξεων του συστήματος με τη χρήση δύο διαφορετικών λογισμικών, του TRNSYS 17 και του Dymola 2021.

## 2.5. Πραγματική λειτουργία - ζητήματα

Αξίζει να αναφερθεί ότι η λειτουργία του συστήματος της ενεργειακής κοινότητας του ΔΠΘ δεν έχει φτάσει ακόμα στο 100% των δυνατοτήτων της. Τεχνικά προβλήματα παρουσιάζονται σε διαφορετικά σημεία του συστήματος, περιορίζοντας έτσι την απόδοση των επιμέρους εξοπλισμών. Συγκεκριμένα, το σύστημα τροφοδοσίας του λέβητα βιομάζας τέλεσε σε περίοδο εκτός λειτουργίας (downtime) για πάνω από έναν χρόνο, θέτοντας την επιλογή της υβριδικής λειτουργίας ανέφικτη [12]. Επιπροσθέτως, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, όπου οι θερμοκρασίες του ηλιοθερμικού πεδίου είναι υψηλές και αποδίδουν το μέγιστο της ισχύος τους, τα φορτία από τα κτίρια είναι σε χαμηλά επίπεδα, καθώς η πλειοψηφία των φοιτητών απουσιάζει και τα καλοκαιρινά φορτία είναι μόνο φορτία ZNX. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη θερμοκρασία επιστροφής στο πρωτεύον κύκλωμα και την υπερβολική αύξηση της πίεσής του. Η κατάσταση αυτή, οδηγεί συχνά σε άνοιγμα των ασφαλιστικών βανων αδειάζοντας έτσι, μείγμα νερού-γλυκόλης.

Μία ακόμα παράμετρος είναι το ωράριο λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης των φοιτητικών εστιών. Ο λέβητας λειτουργεί με χρονοπρόγραμμα, 6 ώρες κάθε μέρα κατά την χειμερινή περίοδο (15 Οκτώβρη με 1 Απριλίου), 3 ώρες το πρωί 6:00-9:00 και 3 το απόγευμα 20:00-23:00. Η λειτουργία αυτή έχει ως αποτέλεσμα να μην υπάρχουν δεδομένα ζήτησης θερμικής ενέργειας καθώς ό,τι παράγεται, καταναλώνεται (συμψηφισμός με απώλειες μεταφοράς, καύσης και μόνωσης κτιρίου).

## 3. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ TRNSYS 17 / DYMOLA 2021

Η ενεργειακή κοινότητα του ΔΠΘ, όπως περιγράφηκε παραπάνω, απαρτίζεται από ένα πολυσύνθετο σύστημα παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας και από ένα συγκροτημα κτιρίων που διαμένουν οι φοιτητές της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου. Προκειμένου να αξιολογηθεί η λειτουργία και απόδοσή του, κατασκευάστηκαν 2 μοντέλα του συστήματος σε 2 διαφορετικά λογισμικά, το TRNSYS 17 και το Dymola 2021. Τα δύο αυτά λογισμικά, δέχονται σαν είσοδο τις επιμέρους μηχανολογικές διατάξεις ενός συστήματος και προσομοιώνουν τη λειτουργία τους σε βάθος ενός έτους. Προκύπτουν έτσι, γραφικές παραστάσεις των αποδόσεων του εξοπλισμού που αποτελούν βασικό γνώμονα αξιολόγησης είτε υφιστάμενων συστημάτων, είτε δυνητικών.

Τα δύο μοντέλα που σχεδιάστηκαν, έκαναν χρήση μετεωρολογικών δεδομένων για την πόλη της Ξάνθης για το έτος 2018, με πρωτόκολλο TMY (Typical Meteorological Year). Τα δεδομένα του πρότυπου TMY χρησιμοποιούνται ευρέως σε εφαρμογές προσομοιώσεων διαφόρων λογισμικών. Ένα τυπικό μετεωρολογικό έτος (TMY) είναι ένα σύνολο μετεωρολογικών δεδομένων με τιμές δεδομένων για κάθε ώρα σε ένα ημερολογιακό έτος για μια δεδομένη γεωγραφική θέση. Τα δεδομένα επιλέγονται από ωριαίες τιμές σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (συνήθως 10 έτη ή περισσότερα). Η επιλογή των μηνών για το TMY γίνεται χρησιμοποιώντας τη μέθοδο που περιγράφεται στο πρότυπο ISO 15927-4 [13].

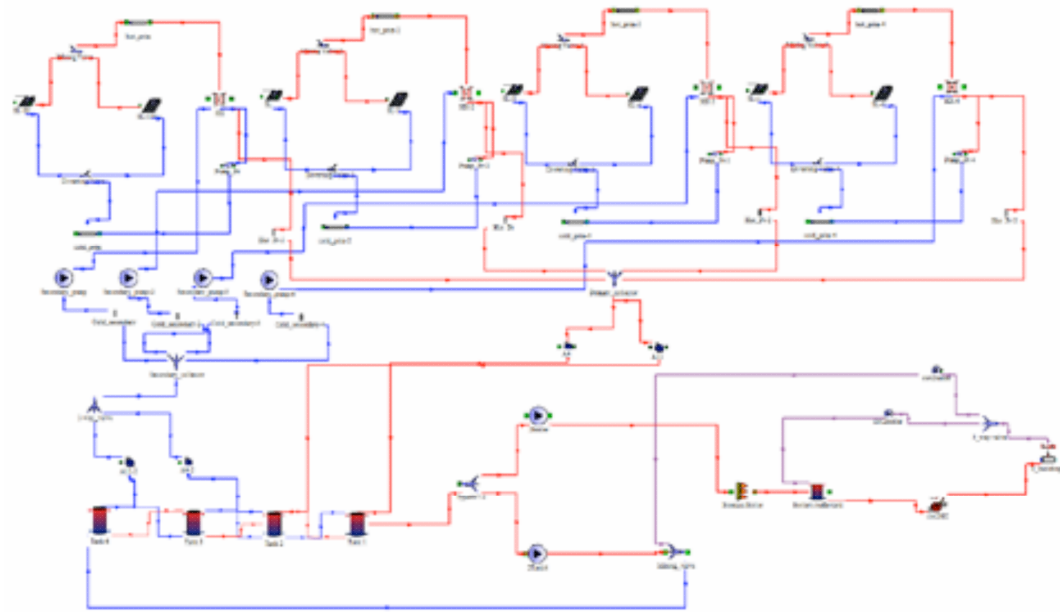
### 3.1. Μοντελοποίηση του συστήματος με το λογισμικό TRNSYS 17

Το TRNSYS είναι ένα λογισμικό προσομοίωσης δυναμικών μεταβατικών συστημάτων, που χρησιμοποιείται ευρέως από ερευνητές και μηχανικούς για σχεδιασμό, ανάλυση και αξιολόγηση. Είναι λογισμικό ανοικτού κώδικα (χρήση C, C++, Fortran κ.α.), προσφέροντας έτσι την δυνατότητα τροποποίησης παραμέτρων εξοπλισμού αλλά και δημιουργία νέου. Η κύρια λειτουργία του είναι η προσομοίωση συστημάτων παραγωγής και αποθήκευσης ζεστού νερού και ρεύματος, καθώς και η αξιολόγηση της λειτουργίας τέτοιων συστημάτων που τροφοδοτούν πολυζωνικά κτίρια, σε ένα ειδικό περιβάλλον που ονομάζεται Simulation Studio [14].

Ο σχεδιασμός του συστήματος του ΔΠΘ έγινε στο TRNSYS και η Εικ. 3 παρουσιάζει τη συνδεσμολογία του συστήματος στο Simulation Studio. Πρέπει να σημειωθεί, ότι το λογισμικό δεν έχει δυνατότητα προσομοίωσης υδραυλικών παραμέτρων, όπως η μανομετρική διαφορά μεταξύ του πρωτεύοντος και δευτερεύοντος δικτύου. Επίσης, η μεγάλη απόσταση μεταξύ των βρόγχων ηλιακών συλλεκτών και των εναλλακτών, στην πραγματικότητα αντιμετωπίζεται με σύστημα «ανάστροφης επιστροφής», μεταβάλλοντας δηλαδή σε συγκεκριμένα σημεία του κυκλώματος τις διατομές των



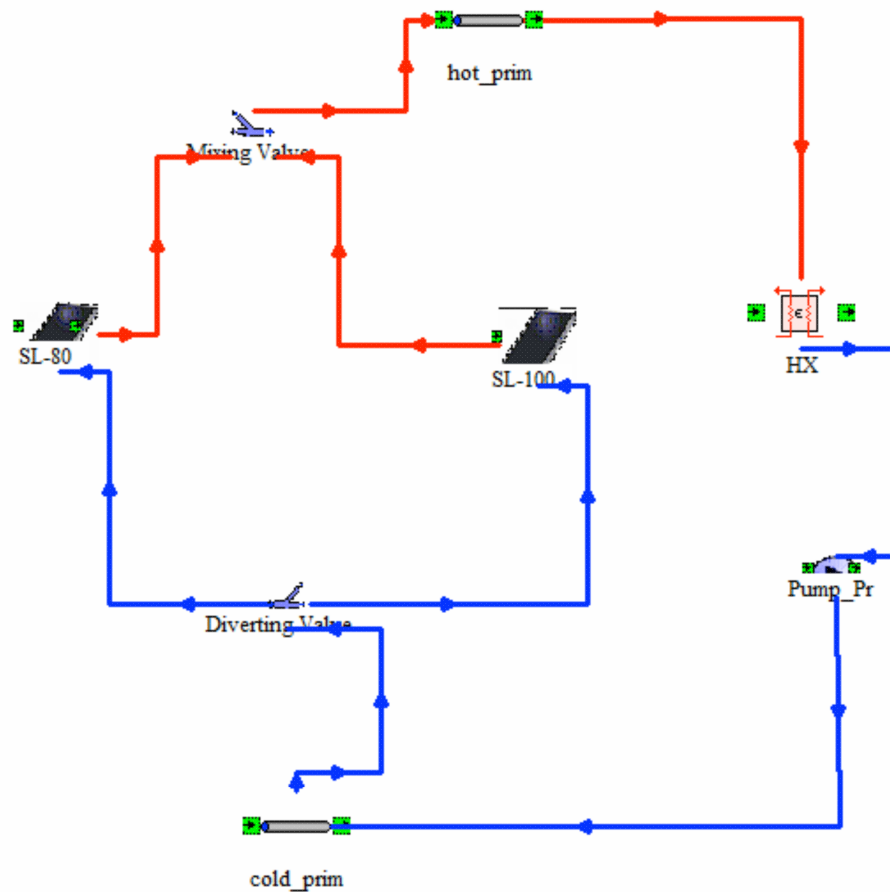
σωληνώσεων προκειμένου να αντιμετωπισθεί η πτώση πίεσης χωρίς τη χρήση ρυθμιστικών βανών. Στην προσομοίωση, η πτώση πίεσης των σωληνώσεων είναι αμελητέα. Εξαιτίας της αδυναμίας του λογισμικού να συμπεριλάβει φαινόμενα πίεσης, έχουν παραλειφθεί και τα δοχεία διαστολής που υπάρχουν στο πραγματικό σύστημα (4 δοχεία διαστολής, ένα για κάθε βρόγχο, το καθένα χωρητικότητας 600 λίτρων).



Εικόνα 3: Το σύστημα παραγωγής ενέργειας του υβριδικού συστήματος του ΔΠΘ στο Simulation Studio του TRNSYS 17.

Μία ακόμα διαφοροποίηση του συστήματος στην προσομοίωση από το πραγματικό, είναι η λειτουργία των αντλιών. Οι πραγματικές αντλίες είναι μεταβλητής ισχύος (inverter) και λειτουργούν σε ένα εύρος τιμών παροχής (συναρτήσει του μανομετρικού) μεταξύ του 0 και της ονομαστικής παροχής τους. Οι αντλίες στην προσομοίωση ακολουθούν λογική 0 ή 1, λειτουργούν δηλαδή είτε πλήρως, είτε καθόλου, βάσει των συνθηκών ελέγχου που τις ρυθμίζουν.

Η ευαισθησία του συστήματος έγκειται στο μέγεθος του φορτίου, της απαιτούμενης θερμικής ισχύος από τα κτίρια και ταυτίζεται έτσι με την πραγματική κατάσταση λειτουργίας.



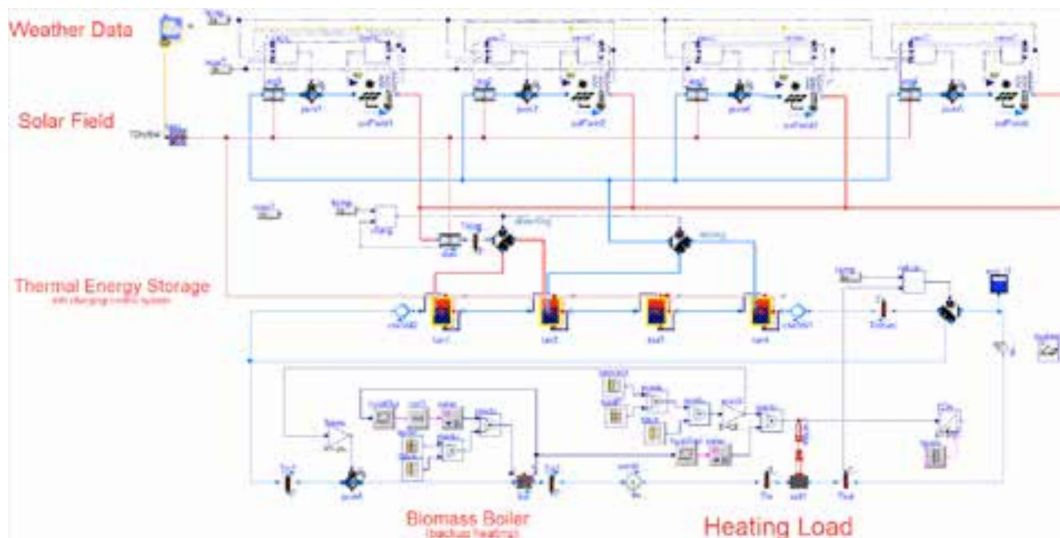
Εικόνα 4: Άποψη του πρωτεύοντος κυκλώματος νερού-γλυκόλης, όπως παραστάθηκε στο Simulation Studio του TRNSYS 17

### 3.2. Μοντελοποίηση του συστήματος με το λογισμικό Dymola

Το λογισμικό Dymola υποστηρίζει, μεταξύ άλλων, την ανάλυση ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων μέσω της γλώσσας Modelica. Η Modelica είναι μια αντικειμενοστραφής γλώσσα μοντελοποίησης σύνθετων φυσικών συστημάτων που βασίζεται σε εξισώσεις. Όπως κάθε αντικειμενοστραφής γλώσσα, αποτελείται από κλάσεις και τα στιγμιότυπα αυτών, τα οποία καλούνται αντικείμενα. Διαθέτει τη δυνατότητα επίλυσης διαφορικών-αλγεβρικών συνεχών εξισώσεων, καθώς και συστημάτων που περιλαμβάνουν διακριτές εξισώσεις. Η γλώσσα αυτή έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν εξειδικευμένοι αλγόριθμοι για την αποτελεσματική διαχείριση πολύπλοκων μοντέλων με περισσότερες από εκατό χιλιάδες εξισώσεις. Το βασικό της πλεονέκτημα είναι η μη-αιτιακή (acausal) ανάλυση δυναμικών συστημάτων, η οποία τη διαφοροποιεί από τις παραδοσιακά δομημένες διαδικασίες όπου η ροή των σημάτων εισόδου και εξόδου είναι αποκλειστικά προς μια κατεύθυνση. Με αυτό τον τρόπο διευκολύνεται η επαναχρησιμοποίηση ανεπτυγμένων δομών.

Η ανάπτυξη του μοντέλου πραγματοποιήθηκε στο γραφικό περιβάλλον του Dymola. Το μοντέλο αποτελείται από στοιχεία μηχανικών διατάξεων και στοιχεία λογικού ελέγχου. Στη γλώσσα Modelica διατίθεται ένας σημαντικός αριθμός βιβλιοθηκών ανοικτού κώδικα με μεγάλο εύρος δυνατοτήτων μοντελοποίησης. Για την ανάλυση του εγκατεστημένου υβριδικού συστήματος στο ΔΠΘ αξιοποιήθηκε η βιβλιοθήκη ανοικτού κώδικα Buildings, η οποία δίνει τη δυνατότητα προσομοίωσης συστημάτων θέρμανσης-ψύξης-κλιματισμού κτηριακών εγκαταστάσεων [15]. Ταυτόχρονα, η σχεδίαση των

διαδικασιών ελέγχου ακολούθησε τις κατευθύνσεις λειτουργίας του Κέντρου Ελέγχου του Ενεργειακού Συστήματος του ΔΠΘ, όπως έχουν περιγραφεί στο υποκεφάλαιο 2.4. Η διαγραμματική απεικόνιση του μοντέλου που αναπτύχθηκε παρουσιάζεται στην Εικόνα 5. Τα συστήματα ελέγχου βασίζονται στη δυνατότητα της γλώσσας Modelica να αναθέτει διακριτές τιμές στις μεταβλητές εξόδου, κατά την πραγματοποίηση ορισμένων συμβάντων. Αυτή η δυνατότητα συνδυαστικής επίλυσης διακριτών και συνεχών συστημάτων εξισώσεων που παρέχεται από τη Modelica, οδηγεί στην αύξηση της υπολογιστικής πολυπλοκότητας του συστήματος. Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, η προσομοίωση του συστήματος απαιτεί την επίλυση περισσότερων από 10.000 εξισώσεων.



Εικόνα 5: Μοντέλο υβριδικού συστήματος θέρμανσης ΔΠΘ στο γραφικό περιβάλλον του Dymola.

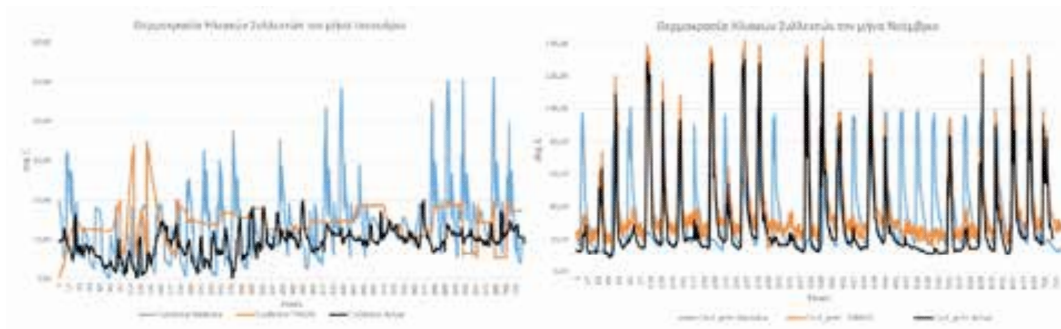
Η ανάλυση του συστήματος ηλιακής θέρμανσης λαμβάνει υπόψη τη διαθέσιμη ακτινοβολία, το ενεργειακό ισοζύγιο του συλλέκτη και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας της εγκατεστημένης διάταξης [12]. Σε ότι αφορά το σύστημα αποθήκευσης θερμότητας πραγματοποιήθηκε κατακόρυφη διακριτοποίηση των δεξαμενών, ούτως ώστε να λαμβάνεται υπόψη η θερμοκρασιακή κατανομή στο εσωτερικό της.

#### 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

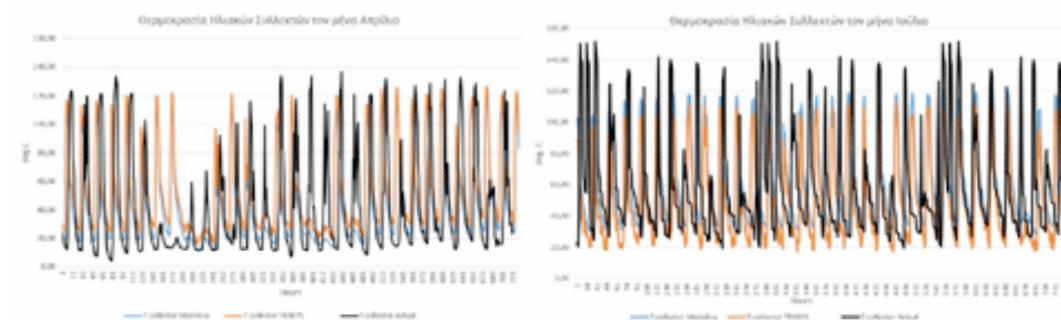
Στην παρούσα ενότητα, παρατίθενται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης στο λογισμικό TRNSYS και Dymola (γλώσσα Modelica) σε αντιπαραβολή με τα πραγματικά. Πρέπει να αναφερθεί, ότι οι τιμές που αντιστοιχούν στην πραγματική λειτουργία, περιορίζονται στις θερμοκρασίες των συλλεκτών και στην παραγόμενη από το ηλιοθερμικό πεδίο ενέργεια, καθώς η λειτουργία του δευτερεύοντος δεν έχει αξιοποιηθεί όπως έχει σχεδιαστεί (φόρτιση δοχείων είτε από το ηλιοθερμικό πεδίο, είτε από τον λέβητα βιομάζας) εξαιτίας του χρόνου εκτός λειτουργίας του λέβητα. Παρατίθενται, κατά σειρά, διαγράμματα θερμοκρασιών εξόδου των ηλιακών συλλεκτών (προσομοίωση και πραγματικά), η παραγόμενη θερμική ενέργεια από το πρωτεύον δίκτυο (προσομοίωση και πραγματική) και η θερμοκρασία της δεξαμενής 1 (Tank 1) (προσομοίωση και πραγματική, για να αναπαρασταθεί η δυνατότητα λειτουργίας των TES και το θερμοκρασιακό εύρος στο οποίο δυνητικά μπορούν να κυμανθούν όταν το υβριδικό σύστημα λειτουργεί κανονικά). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται για 4 ενδεικτικούς μήνες, τον Ιανουάριο, τον Απρίλιο, τον Ιούλιο και τον Νοέμβριο.

##### 4.1. Διαγράμματα λειτουργίας Ηλιοθερμικού Πεδίου

Η λειτουργία του ηλιοθερμικού πεδίου κατά τους χειμερινούς και φθινοπωρινούς μήνες χαρακτηρίζεται γενικά από χαμηλές θερμοκρασίες εξόδου ( $< 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) (Εικ. 5), καθώς η οριζόντια προσπίπτουσα ακτινοβολία είναι κατά μέσο όρο χαμηλότερη από  $600\text{ W/m}^2$ . Αντίθετα, κατά τους ανοιξιάτικους και καλοκαιρινούς μήνες ή μέση θερμοκρασία συλλεκτών είναι άνω των  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Εικ. 6), καθώς η μέση οριζόντια προσπίπτουσα ακτινοβολία είναι πάνω από  $1.200\text{ W/m}^2$ .



Εικόνα 5: Θερμοκρασία συλλεκτών τους μήνες Ιανουάριο και Νοέμβριο.

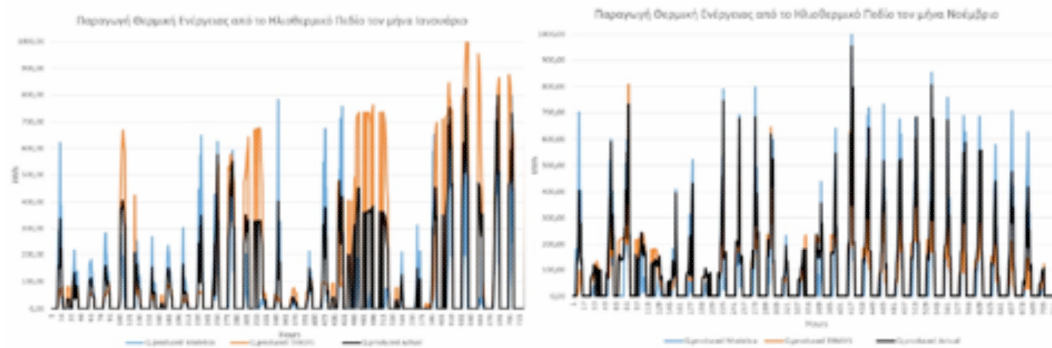


Εικόνα 6: Θερμοκρασία συλλεκτών τους μήνες Απρίλιο και Ιούλιο.

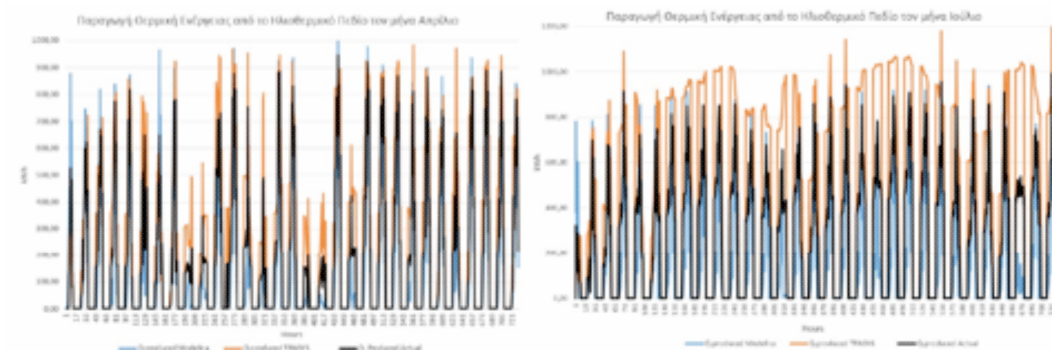
Τους χειμερινούς και φθινοπωρινούς μήνες, τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων και με τα δύο λογισμικά, δεν αποκλίνουν σημαντικά σε σχέση με το πραγματικό θερμοκρασιακό. Τον Ιανουάριο, παρατηρείται σημαντική απόκλιση των αποτελεσμάτων του λογισμικού Dgmoia και των πραγματικών λόγω υποεκτίμησης των θερμικών απωλειών των σωληνώσεων του πρωτεύοντος δικτύου. Επίσης, οι τιμές θερμοκρασίας του λογισμικού TRNSYS για τον Ιανουάριο είναι αρκετά σταθερότερες, λόγω της λειτουργίας του πρωτεύοντος δικτύου, τακτικότερα από ότι στην πραγματικότητα, εξαιτίας της απώλειας της συνθήκης της επαρκούς πίεσης στο κύκλωμα ( $P_{\text{κυκ}} > 1,5 \text{ bar}$ ).

#### 4.2. Διαγράμματα παραγωγής θερμικής ενέργειας από το Ηλιοθερμικό Πεδίο

Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων της παραγόμενης θερμικής ενέργειας διαφέρουν σε σύγκριση με τα πραγματικά από χειμερινούς/φθινοπωρινούς σε ανοιξιάτικους/καλοκαιρινούς μήνες. Τον Ιανουάριο, τα αποτελέσματα της προσομοίωσης με το λογισμικό TRNSYS, αποδίδουν υψηλότερα ποσά ενέργειας, κάποιες ημέρες σε σύγκριση με το πραγματικό. Αυτό έχει τις εξής πιθανές εξηγήσεις: το μοντέλο δεν λαμβάνει υπόψη του τη παράμετρο της πίεσης μέσα στο κύκλωμα. Επομένως, το μοντέλο της προσομοίωσης που εξετάζει μόνο την παράμετρο της θερμοκρασίας ( $T_{\text{πρωτ.δίκτ.}} > 25^\circ\text{C}$ ), ενεργοποιεί τους κυκλοφορητές τακτικότερα του πραγματικού με αποτέλεσμα να παρουσιάζει ορισμένες μέρες διαφορά με την πραγματικά παραγόμενη ενέργεια.



Εικόνα 7: Παραγωγή θερμικής ενέργειας από το ηλιοθερμικό πεδίο του μήνες Ιανουάριο και Νοέμβριο.



Εικόνα 8: Παραγωγή θερμικής ενέργειας από το ηλιοθερμικό πεδίο του μήνες Απρίλιο και Ιούλιο.

Τους μήνες Απρίλιο και Νοέμβριο, οι διαφορές μεταξύ τιμών μετρήσεων και προσομοίωσης δε διαφέρουν σημαντικά για το μεγαλύτερο ποσοστό των ημερών του μήνα, ενώ τον μήνα Ιούλιο υπάρχει σημαντική απόκλιση. Η απόκλιση αυτή οφείλεται κυρίως στην έλλειψη φορτίου στο πραγματικό σύστημα, γεγονός που προκαλεί χαμηλή διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ προσαγωγής και επιστροφής στο πρωτεύον και επομένως χαμηλότερης παραγόμενης ενέργειας. Οι προσομοιώσεις, αντίθετα, λειτουργούν υπό θερμικό φορτίο και κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (γεγονός που αιτιολογείται είτε ως φορτίο ZNX είτε ως φορτίο ψύξης δυνητικά-μέσω της λειτουργίας του ψύκτη απορρόφησης). Μία ακόμα διαφορά μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο μοντέλων και των πραγματικών τον μήνα αυτό, είναι ότι τα μοντέλα του TRNSYS και του Dymola αποδίδουν θερμική ισχύ κοντά στην ονομαστική του συστήματος ( $1,18 \text{ MW}_{th}$ ) – αξιοποιώντας το ηλιακό δυναμικό σε υψηλό ποσοστό.

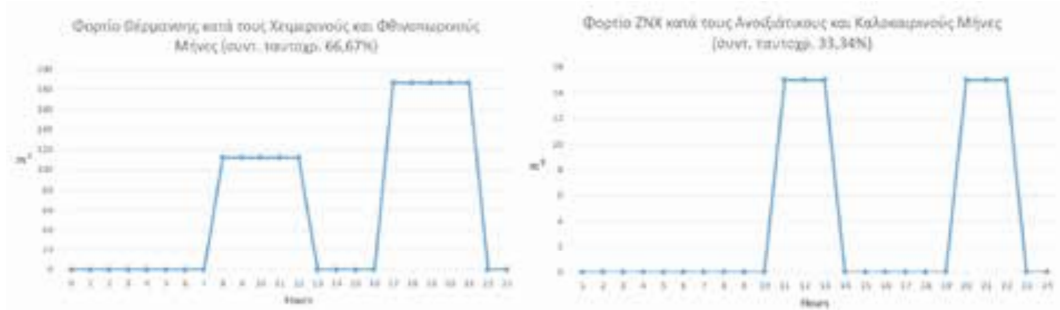
Γίνεται αντιληπτό, ότι όσο μεγαλύτερο το φορτίο και ο κύκλος λειτουργίας του συστήματος, τόσο μεγαλύτερη η παραγωγή θερμικής ενέργειας και τόσο μεγαλύτερη η συνολική απόδοση του συστήματος. Η μεταβλητή η οποία αξίζει να εξεταστεί, είναι ο θερμοκρασιακός κύκλος των δεξαμενών αποθήκευσης κατά τους μήνες αυτούς. Καθώς δεν υπάρχουν δεδομένα για τη λειτουργία του συστήματος 1) υπό φορτίο, τους ανοιξιάτικους και καλοκαιρινούς μήνες και 2) της υβριδικής λειτουργίας του συστήματος λόγω βλάβης της τρίοδης ηλεκτροβάνας που αλλάζει τη ροή της επιστροφής των κτιρίων προς τις δεξαμενές (αν η θερμοκρασία των δεξαμενών είναι χαμηλότερη από αυτή που επιστρέφει, κατευθύνεται προς τις δεξαμενές και τις φορτίζει· αλλιώς κατευθύνεται προς τον λέβητα βιομάζας), τα δεδομένα των προσομοιώσεων αντιπαραβάλλονται με τα πραγματικά με σκοπό την προβολή της δυνητικής υβριδικής λειτουργίας του συστήματος. Ακολουθούν τα διαγράμματα θερμοκρασίας μόνο της δεξαμενής 1 (Tank 1).

#### 4.3. Διαγράμματα θερμοκρασίας της Δεξαμενής 1

Σύμφωνα με τις Εικ. 9 και 10, παρατηρούνται σημαντικές διαφορές του θερμοκρασιακού εύρους μεταξύ της πραγματικής θερμοκρασίας των δεξαμενών και της προσομοιωμένης με λειτουργία του υβριδικού συστήματος. Κατά τους χειμερινούς και φθινοπωρινούς μήνες, οι θερμοκρασίες των δεξαμενών στην πραγματικότητα, χωρίς την φόρτιση από τον λέβητα (όταν η θερμοκρασία αυτών είναι χαμηλότερη από αυτή που επιστρέφει από τα κτίρια), φορτίζονται μόνο από το ηλιοθερμικό πεδίο, που



προσφέρει χαμηλά ποσά ενέργειας (Εικ. 7, 8). Σε αυτό το σημείο, είναι σκόπιμο να παρουσιαστεί το φορτίο που λαμβάνεται υπόψιν για τη διεκπεραίωση του σεναρίου λειτουργίας.



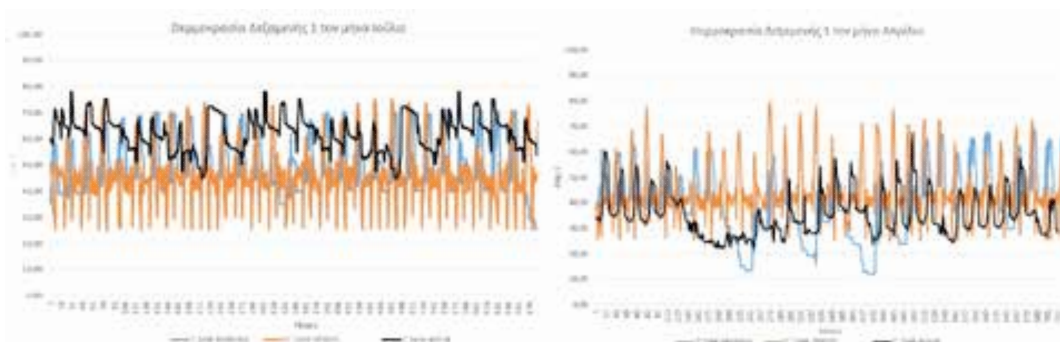
Εικόνα 9: Φορτία θέρμανσης κατά τους χειμερινούς/φθινοπωρινούς μήνες (αριστερά) και φορτία ZNX τους ανοιξιάτικους/καλοκαιρινούς μήνες (δεξιά), σε κυβικά ζεστού νερού.

Ο συνολικός αριθμός των φοιτητών που διαμένουν στο κτιριακό συγκρότημα των Κιμμερίων, είναι 600. Για τις ανάγκες της προσομοίωσης του φορτίου, χρησιμοποιήθηκε το πραγματικό φορτίο θέρμανσης με συντελεστή ταυτοχρονισμού 66,67%, που ανταποκρίνεται προσεγγιστικά σε 186,7 m<sup>3</sup> ζεστού νερού ενώ για το φορτίο ZNX, κατασκευάστηκε ένα προσεγγιστικό μοντέλο καταναλώσεων όπως φαίνεται στην Εικ. 9 χρησιμοποιώντας συντελεστή ταυτοχρονισμού 33,34%. Αυτό ανταποκρίνεται σε ωριαία ζήτηση σε 15 m<sup>3</sup> ZNX, φορτίο το οποίο καλύπτεται από τα TES σε ποσοστό >90% ημερησίως.

Οι Εικ. 10 και 11, παρουσιάζουν τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων για τη θερμοκρασία της δεξαμενής 1, σύμφωνα με τα φορτία της Εικ. 9.



Εικόνα 10: Θερμοκρασία δεξαμενής 1, αντιπαραβολή πραγματικής θερμοκρασίας με προσομοίωση της πλήρους λειτουργίας του υβριδικού συστήματος, για τους μήνες Ιανουάριο και Νοέμβριο.



Εικόνα 11: Θερμοκρασία δεξαμενής 1, αντιπαραβολή πραγματικής θερμοκρασίας με προσομοίωση της πλήρους λειτουργίας του υβριδικού συστήματος, για τους μήνες Απρίλιο και Ιούλιο.

Οι τιμές θερμοκρασίας των προσομοιώσεων, είναι υψηλότερες σε ποσοστό έως και 71%, καθώς ο λέβητας προσφέρει θερμότητα στις δεξαμενές τις ώρες που λειτουργεί. Κατά τους ανοιξιάτικους και καλοκαιρινούς μήνες, που η προσφερόμενη από το ηλιοθερμικό πεδίο θερμότητα, είναι υψηλή, αλλά το φορτίο χαμηλό, οι πραγματικές τιμές θερμοκρασίας των δεξαμενών είναι σαφώς υψηλότερες (έως 78,5%) από αυτές των προσομοιώσεων. Η διαφορά αυτή παρατηρείται κυρίως λόγω της εκφόρτισης των δεξαμενών, στην προσομοίωση, καθώς αποδίδουν την αποθηκευμένη ενέργεια τους στην εξυπηρέτηση των φορτίων (είτε ZNX είτε ψυκτικών – με χρήση του ψύκτη απορρόφησης).

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΕΠΟΜΕΝΑ ΒΗΜΑΤΑ

Στην ενότητα 4 παρουσιάστηκαν σε αντιπαραβολή, οι μετρήσεις πεδίου του συστήματος παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας της ενεργειακής κοινότητας του ΔΠΘ με τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων του συστήματος. Έγινε χρήση δύο διαφορετικών λογισμικών, του TRNSYS και του Dymola, προκειμένου να προσεγγιστεί κατά το δυνατόν με υψηλότερη ακρίβεια η λειτουργία του υβριδικού συστήματος, ηλιοθερμικού πεδίου-λέβητα βιομάζας. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων υπέδειξαν ομοιότητα σε ποσοστό >70% σε ότι αφορά τις πραγματικές μετρήσεις των θερμοκρασιών εξόδου και της παραγόμενης θερμικής ενέργειας, για το σύνολο των ημερών, κρίνοντας τη λεπτομέρεια των μοντέλων αξιόπιστη.

Εφόσον τα μοντέλα ήταν επαρκώς αξιόπιστα, προσεγγίστηκε το σενάριο πλήρους λειτουργίας του υβριδικού συστήματος, δηλαδή η φόρτιση των δεξαμενών και από τον λέβητα, σενάριο το οποίο λόγω αστοχιών σε μείζονα εξαρτήματα του συστήματος, δεν ήταν εφικτή στην πραγματικότητα. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος στην κατάσταση αυτή, καθώς οι θερμοκρασίες των δεξαμενών βελτιώνονται ανάλογα με την εποχή. Ο κύκλος φόρτισης των δεξαμενών κατά τους χειμερινούς μήνες αυξάνεται σε ποσοστό 63% ενώ τους καλοκαιρινούς μήνες, αντιμετωπίζεται το πρόβλημα της εκφόρτισης των δεξαμενών σε ποσοστό 23,4%. Επίσης, κατά τους χειμερινούς μήνες, παρατηρείται εκφόρτιση των δοχείων σε μέσο διάστημα 13 ωρών (κατάσταση φόρτισης  $T_{\text{tank1}} > 50^{\circ}\text{C}$ , ενώ εκφόρτισης  $T_{\text{tank1}} < 25^{\circ}\text{C}$ ) ενώ τους καλοκαιρινούς σε μέσο διάστημα 32 ωρών. Η κύρια παράμετρος για την υλοποίηση ενός τέτοιου σεναρίου είναι η ύπαρξη φορτίου και το καλοκαίρι, προκειμένου το εγκατεστημένο σύστημα να λειτουργεί σε σημαντικό ποσοστό της ισχύος του. Το φορτίο προς εξυπηρέτηση θα μπορούσε να είναι ZNX, με την προϋπόθεση ότι υπάρχει ποσοστό πληρότητας στις φοιτητικές εστίες. Άλλο φορτίο, θα μπορούσε να είναι η χρήση της παραγόμενης θερμικής ενέργειας για την παραγωγή ψυκτικής μέσω του ψύκτη απορρόφησης. Οι προσομοιώσεις κατέδειξαν πως η λειτουργία του είναι δυνατή με την απόδοση θερμικής ενέργειας που έχει το υβριδικό σύστημα, για σχεδόν 6 ώρες ημερησίως, όλη την καλοκαιρινή περίοδο.

Επόμενα βήματα της παρούσας δουλειάς θα ήταν σίγουρα η περαιτέρω προσομοίωση του συστήματος και για άλλα κομβικά σημεία, όπως λέβητας βιομάζας – ο κύκλος λειτουργίας του και η τροφοδοσία του με προθερμασμένο νερό από τις δεξαμενές καθώς και η μεταβολή των οικονομοτεχνικών του χαρακτηριστικών, ο ψύκτης απορρόφησης – με σενάρια κύκλων λειτουργίας/φορτίου, η ενδεχόμενη απόθεση της απορριπτόμενης θερμότητας του συστήματος κατά τους καλοκαιρινούς μήνες στο κοντινό γεωθερμικό πεδίο – αύξηση της απόδοσης του γεωεναλλάκτη. Επιπροσθέτως, θα ήταν άξια διερεύνησης η χρήση της απορριπτόμενης θερμότητας για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με χρήση της νέας εγκατάστασης συστήματος ORC.

Σύμφωνα με τη [12], η ενεργειακή κοινότητα του ΔΠΘ, εξαιτίας των προαναφερθέντων ζητημάτων, απορρίπτει ετησίως 100 MWh<sub>th</sub>. Οι παραπάνω προτάσεις έχουν ως στόχο την εξάλειψη του μεγαλύτερου ποσοστού αυτού, και της εκμετάλλευσης του 100% της ισχύος του εγκατεστημένου υβριδικού συστήματος.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι συγγραφείς θα ήθελαν να ευχαριστήσουν το ερευνητικό πρόγραμμα “Renaissance” (Renewable Integration & Sustainability in Energy Communities, HORIZON 2020, GA 824342), για τη χρηματοδότηση αυτής της προσπάθειας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Katopodis, T., Markantonis, I., Politi, N., Vlachogiannis, D., & Sfetsos, A. (2020). High-Resolution Solar Climate Atlas for Greece under Climate Change Using the Weather Research and Forecasting (WRF) Model. *Atmosphere*, 11(7), 761.
- [2] Crema, L., Bozzoli, A., Alberti, F., Bertaso, A., Casalegno, F., & Scagnetti, G. (2012). Novel Energy Provision System for the Sustainable Connected Home. In *World Renewable Energy Forum* (pp. 13-17).
- [3] Palomba, V., Borri, E., Charalampidis, A., Frazzica, A., Cabeza, L. F., & Karellas, S. (2020). Implementation of a solar-biomass system for multi-family houses: Towards 100% renewable energy utilization. *Renewable Energy*, 166, 190-209.
- [4] Soutullo, S., Bujedo, L. A., Samaniego, J., Borge, D., Ferrer, J. A., Carazo, R., & Heras, M. R. (2016). Energy performance assessment of a polygeneration plant in different weather conditions through simulation tools. *Energy and Buildings*, 124, 7-18.
- [5] Calise, F., Cappiello, F. L., Dentice d'Accadia, M., & Vicidomini, M. (2020). Thermo-economic analysis of hybrid solar-geothermal polygeneration plants in different configurations. *Energies*, 13(9), 2391.
- [6] Sebestyén, T. T., Pavičević, M., Dorotić, H., & Krajačić, G. (2020). The establishment of a micro-scale heat market using a biomass-fired district heating system. *Energy, Sustainability and Society*, 10(1), 1-13.
- [7] Krarouch, M., Ruesch, F., Hamdi, H., Outzourhit, A., & Haller, M. (2020). Dynamic simulation and economic analysis of a combined solar thermal and pellet heating system for domestic hot water production in a traditional Hammam. *Applied Thermal Engineering*, 180, 115839.
- [8] Sadi, M., & Arabkoohsar, A. (2020). Techno-economic analysis of off-grid solar-driven cold storage systems for preventing the waste of agricultural products in hot and humid climates. *Journal of Cleaner Production*, 275, 124143.
- [9] Pina, E. A., Lozano, M. A., Serra, L. M., Hernández, A., & Lázaro, A. Design and thermoeconomic analysis of a solar parabolic trough-ORC-Biomass cooling plant for a commercial center. *Solar Energy*, 215, 92-107.
- [10] Chen, H., Xue, K., Wu, Y., Xu, G., Jin, X., & Liu, W. (2020). Thermodynamic and economic analyses of a solar-aided biomass-fired combined heat and power system. *Energy*, 214, 119023.
- [11] Tilahun, F. B., Bhandari, R., & Mamo, M. (2020). Design optimization of a hybrid solar-biomass plant to sustainably supply energy to industry: Methodology and case study. *Energy*, 119736.
- [12] Botsaris, P. N., Lymperopoulos, K., & Pechtelidis, A. (2020, January). Preliminary evaluation of operational results of RES systems integrated in students' residences in Xanthi, Greece. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 410, No. 1, p. 012048). IOP Publishing.
- [13] Pernigotto, G., Prada, A., Gasparella, A., & Hensen, J. L. (2014). Analysis and improvement of the representativeness of EN ISO 15927-4 reference years for building energy simulation. *Journal of Building Performance Simulation*, 7(6), 391-410.
- [14] McDowell, T. P., Bradley, D. E., Thornton, J. W., & Kummert, M. (2016). Simulation synergy: expanding TRNSYS capabilities and usability. *Proceedings of SIMBUILD*, 1(1).
- [15] Wetter, M., Zuo, W., Nouidui, T. S., & Pang, X. (2014). Modelica buildings library. *Journal of Building Performance Simulation*, 7(4), 253-270.