



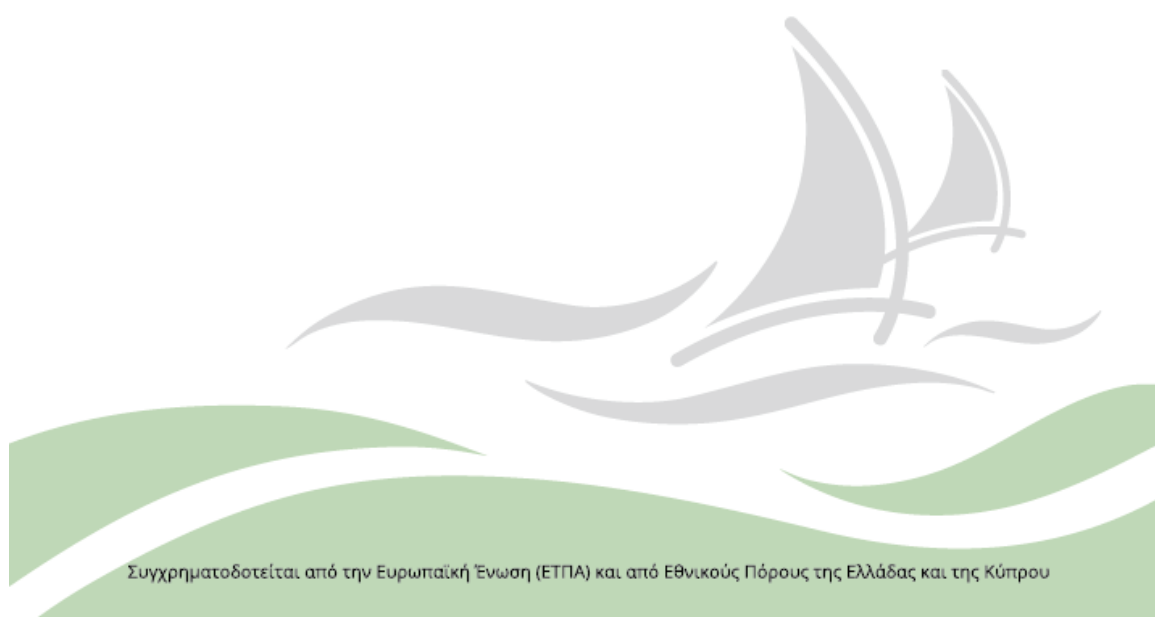
## ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 6.3.1

---

### ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΈΞΥΠΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Ημερομηνία: 25/05/2020

---



**Υπεύθυνος Συντάκτης Παραδοτέου:** Καθηγητής Γιώργος Η. Γεωργίου  
(Ερευνητική Μονάδα Ενεργειακής Αειφορίας ΦΩΣ)  
**Ομάδα Εργασίας:** Πανεπιστήμιο Κύπρου  
**Έκδοση:** Τελική  
**Ημερομηνία:** 25/05/2020

**Abstract:** Παραδοτέο 6.3.1 – Στο παρόν παραδοτέο παρουσιάζεται η λειτουργία του υλοποιημένου Συστήματος Έξυπνης Ενεργειακής Διαχείρισης στο Πανεπιστήμιο Κύπρου, την οποία έχουν αναλάβει οι Τεχνικές Υπηρεσίες του Πανεπιστημίου σε συνεργασία με την Ομάδα Τεχνικής Υποστήριξης του Τμήματος Πληροφορικής. Πέραν της λειτουργίας του δικτύου καταγραφής και διάθεσης δεδομένων που έχει εγκατασταθεί σε κομβικά σημεία του Κέντρου Δεδομένων, οι πιο πάνω Υπηρεσίες είναι επίσης υπεύθυνες για την καλή λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος που έχει εγκατασταθεί στο κτήριο, σύμφωνα με όσα προβλέπει η μελέτη εφαρμογής και διασύνδεσης του εν λόγω συστήματος που προέκυψε από προηγούμενο παραδοτέο. Ο συντονισμός της λειτουργίας όλων των συστημάτων θα γίνεται από την Ομάδα Τεχνικής Υποστήριξης του Τμήματος Πληροφορικής. Το Πανεπιστήμιο Κύπρου δεσμεύεται να συνεχίσει την λειτουργία των πιο πάνω υποδομών είτε με ιδίους πόρους, είτε μέσω άλλων χρηματοδοτικών εργαλείων και μετά το πέρας του έργου.  
Η ημερομηνία ολοκλήρωσης του παραδοτέου είναι το τέλος της διάρκειας του έργου (Μάρτιος 2020).

Η Πράξη "Εξοικονόμηση ενέργειας σε δημόσια Πανεπιστημιακά κτίρια με κέντρα δεδομένων - ΕΝΕΔΗ" του Προγράμματος Συνεργασίας INTERREG V-A Ελλάδα - Κύπρος 2014-2020 με κωδικό MIS 5028274 συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΤΠΑ) και από Εθνικούς πόρους της Ελλάδας και της Κύπρου.

Η Πράξη ΕΝΕΔΗ συμβάλλει στην επίτευξη των στόχων που καθορίζονται στο Πρόγραμμα Συνεργασίας. Η ακαδημαϊκή/ερευνητική κοινότητα παγκόσμια χρησιμοποιεί μεγάλα κέντρα δεδομένων που αυξάνουν το ενεργειακό αποτύπωμα. Στην Ελλάδα η ΕΔΕΤ λειτουργεί τα τρία μεγαλύτερα Κέντρα Δεδομένων (datacenters), αν και λαμβάνει όλα τα δυνατά μέτρα για μείωση της κατανάλωσης τους, αυτή παραμένει υψηλή. Δεδομένης της πρόβλεψης για αύξηση ζήτησης σε πόρους είναι απαραίτητο να ληφθούν ειδικά μέτρα. Οι ενεργειακές ανάγκες των πανεπιστημίων Κρήτης και Κύπρου αποτελούν σημαντικό τμήμα του λειτουργικού τους κόστους. Για τις ανάγκες τους τα πανεπιστήμια λειτουργούν κέντρα δεδομένων και επιπλέον η ΕΔΕΤ έχει εγκαταστήσει μεγάλο κέντρο δεδομένων που εξυπηρετεί τις ανάγκες δεκάδων νοσοκομείων της Ελλάδος σε κτήριο του Παν. Κρήτης στο Ηράκλειο.

Οι τρεις δημόσιοι φορείς από κοινού προτείνουν να προχωρήσουν σε παρεμβάσεις εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας και παραγωγής ΑΠΕ, ενταγμένες σε μια ευρύτερη στρατηγική εξοικονόμησης ενέργειας και περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης της ακαδημαϊκής κοινότητας και του ευρύτερου δημόσιου τομέα. Η συλλογή/ανάλυση δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας αποτελεί εξαιρετικά σημαντικό στάδιο στην λήψη ορθών αποφάσεων. Θα βοηθήσει τον στρατηγικό σχεδιασμό και την αποφυγή αποσπασματικών παρεμβάσεων για μεγιστοποίηση του καθαρού οφέλους και επίτευξη των απαραίτητων συνεργιών σε ένα ευρύτερο σύνολο των δημόσιων κτηρίων. Η γεωγραφική θέση των περιοχών ευνοεί τις υψηλές θερμοκρασίες κατά το μεγαλύτερο μέρος του έτους κάνοντας αναγκαία την χρήση σχετικά μεγαλύτερων συστημάτων απαγωγής θερμότητας στα κέντρα δεδομένων αλλά ταυτόχρονα οι μεγάλες περίοδοι ηλιοφάνειας ευνοούν την παραγωγή ρεύματος μέσω φωτοβολταϊκών.

Η διασύνδεση των κέντρων μεταξύ τους και ο συνδυασμός των μεθόδων και μηχανισμών βελτιστοποίησης της ενεργειακής απόδοσης και μείωσης του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να έχει πολλαπλασιαστικά οφέλη. Θα μελετηθούν και θα εφαρμοστούν καινοτόμα συστήματα ενεργής διαχείρισης της κατανομής υπολογιστικού φορτίου ανάμεσα στις εγκαταστάσεις σε Ηράκλειο και Λευκωσία που θα έχουν ως αποτέλεσμα την συνολική μείωση της κατανάλωσης, και παράλληλα θα συντονιστεί η παραγωγή ενέργειας των φωτοβολταϊκών και μέσω της έξυπνης κατανομής φορτίου.

## Document Revision History

<b>Date</b>	<b>Issue</b>	<b>Author/Editor/Contributor</b>	<b>Summary of main changes</b>
20/03/2020	a	Prof. George E. Georghiou Mr Savvas Nikiforou Mr Costas Charalambous Mr Nikolas Chatzigeorgiou	First draft version
26/03/2020	b	Prof. George E. Georghiou Mr Savvas Nikiforou Mr Costas Charalambous Mr Nikolas Chatzigeorgiou	Draft update
30/04/2020	c	Prof. Marios Dikaiakos	Quality review
25/05/2020	d	Prof. George E. Georghiou Mr Savvas Nikiforou Mr Costas Charalambous Mr Nikolas Chatzigeorgiou	Document finalisation

## Περιεχόμενα

<b>1. Εισαγωγή .....</b>	<b>9</b>
<b>2. Ποιοτικά στοιχεία από τις παρεμβάσεις στο Κέντρο Δεδομένων .....</b>	<b>10</b>
2.1. ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ .....	10
2.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ .....	10
2.3. ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΞΥΠΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ .....	11
<b>3. Ποσοτικά στοιχεία κατανάλωσης ενέργειας και περιβαλλοντικών συνθηκών σε επιλεγμένους χώρους / κομβικά σημεία του Κέντρου Δεδομένων .....</b>	<b>15</b>
3.1. ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΚΕΝΤΡΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	15
3.2. ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΚΕΝΤΡΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	18
<b>4. Δικτυακή υποδομή εξαγωγής δεδομένων τηλεμετρίας του Κέντρου Δεδομένων .....</b>	<b>22</b>
4.1. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΔΙΚΤΥΑΚΗΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	23
<b>5. Συμπεράσματα .....</b>	<b>24</b>

## List of Figures

<i>Εικόνα 1: Διαχωρισμός ψυχρού και θερμού αέρα με την χρήση plexiglass.</i>	10
<i>Εικόνα 2: Θερμικές λήψεις με ειδικό εξοπλισμό μετά το πέρας της ενεργειακής αναβάθμισης του χώρου SR004.</i>	11
<i>Εικόνα 3: Έξυπνα τροφοδοτικά στο δωμάτιο SR002.</i>	12
<i>Εικόνα 4: Έξυπνα τροφοδοτικά στο δωμάτιο SR004.</i>	13
<i>Εικόνα 5: Ο πίνακας με τους έξυπνους μετρητές κατανάλωσης για τα κλιματιστικά (ένας μετρητής ανά δωμάτιο).</i>	13
<i>Εικόνα 6: Ο νέος εξυπηρετητής που αγοράστηκε στο πλαίσιο του έργου.</i>	14
<i>Εικόνα 7: Χρήση της αναβαθμισμένης ηλεκτρολογικής εγκατάστασης.</i>	14
<i>Εικόνα 8: Παραδείγματα από γραφικές παραστάσεις κατανάλωσης ισχύος όπως απεικονίζονται στην πλατφόρμα του ΣΕΕΔ για δύο διαφορετικά racks.</i>	16
<i>Εικόνα 9: Παραδείγματα από γραφικές παραστάσεις θερμοκρασίας όπως απεικονίζονται στην πλατφόρμα του ΣΕΕΔ για δύο διαφορετικά racks (μπροστά και πίσω από κάθε rack).</i>	19
<i>Εικόνα 10: Παραδείγματα από γραφικές παραστάσεις υγρασίας όπως απεικονίζονται στην πλατφόρμα του ΣΕΕΔ για δύο διαφορετικά racks (μπροστά και πίσω από κάθε rack).</i>	19
<i>Εικόνα 11: Διακύμανση θερμοκρασίας και υγρασίας για την περίοδο ενός μηνός (13 Φεβρουαρίου 2020 – 13 Μαρτίου 2020) για το SR002.</i>	20
<i>Εικόνα 12: Διακύμανση θερμοκρασίας και υγρασίας για την περίοδο ενός μηνός (13 Φεβρουαρίου 2020 – 13 Μαρτίου 2020) για το SR004.</i>	21
<i>Εικόνα 13: Δικτυακή υποδομή εξαγωγής δεδομένων τηλεμετρίας.</i>	22
<i>Εικόνα 14: Διαστρωμάτωση υποδομής εξαγωγής των δεδομένων τηλεμετρίας.</i>	22

## List of Tables

<i>Πίνακας 1: Ηλεκτρική κατανάλωση συστήματος παρακολούθησης και καταγραφής συστοιχιών Η/Υ, αντίστοιχο λειτουργικό κόστος και αντίστοιχες εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>) για την περίοδο 24 Σεπτεμβρίου 2019 – 13 Μαρτίου 2020.</i>	17
<i>Πίνακας 2: Ηλεκτρική κατανάλωση συστήματος παρακολούθησης και καταγραφής κλιματιστικών, αντίστοιχο λειτουργικό κόστος και αντίστοιχες εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>) για την περίοδο 24 Σεπτεμβρίου 2019 – 13 Μαρτίου 2020.</i>	17
<i>Πίνακας 3: Ηλεκτρική κατανάλωση λειτουργιών Κέντρου Δεδομένων, αντίστοιχο λειτουργικό κόστος και αντίστοιχες εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>) για την περίοδο 24 Σεπτεμβρίου 2019 – 13 Μαρτίου 2020.</i>	17
<i>Πίνακας 4: Περιβαλλοντικά δεδομένα συστήματος παρακολούθησης και καταγραφής περιβαλλοντικών συνθηκών συστοιχιών Η/Υ του Κέντρου Δεδομένων για την περίοδο 24 Σεπτεμβρίου 2019 – 13 Μαρτίου 2020 (μέσες τιμές).</i>	18
<i>Πίνακας 5: Περιβαλλοντικά δεδομένα συστήματος παρακολούθησης και καταγραφής περιβαλλοντικών συνθηκών δωματίων του Κέντρου Δεδομένων για την περίοδο 24 Σεπτεμβρίου 2019 – 13 Μαρτίου 2020 (μέσες τιμές).</i>	18

## Glossary

<b>ΑΗΚ</b>	Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου
<b>Η/Υ</b>	Ηλεκτρονικός Υπολογιστής
<b>ΚΔ</b>	Κέντρο Δεδομένων
<b>ΟΤΥ</b>	Ομάδα Τεχνικής Υποστήριξης
<b>ΣΕΕΔ</b>	Σύστημα Έξυπνης Ενεργειακής Διαχείρισης
<b>ΦΒ</b>	Φωτοβολταϊκά
<b>API</b>	Application Programming Interface
<b>ASHRAE</b>	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>SNMP</b>	Simple Network Management Protocol
<b>SR</b>	Server Room
<b>VM</b>	Virtual Machine

## Επιτελική Σύνοψη

### **Τί πραγματεύεται το παραδοτέο;**

Το παραδοτέο πραγματεύεται την λειτουργία του Συστήματος Έξυπνης Ενεργειακής Διαχείρισης που υλοποιήθηκε στο Κέντρο Δεδομένων του Πανεπιστημίου Κύπρου (κτήριο ΘΕΕ-01, Server Rooms 002 και 004), ως αποτελέσματα των δράσεων του ιδρύματος στο πλαίσιο του έργου. Το Σύστημα Έξυπνης Ενεργειακής Διαχείρισης αποτελείται από διατάξεις τηλεμετρίας ηλεκτρικών παραμέτρων και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και περιβαλλοντικών συνθηκών για το Κέντρο Δεδομένων. Οι πιο πάνω διατάξεις είναι υπεύθυνες για συλλογή των ανάλογων μετρήσεων σε διαδικτυακό εξυπηρετητή για περαιτέρω αποθήκευση και ανάλυση.

### **Υπάρχει συσχέτιση του παραδοτέου με άλλα παραδοτέα;**

Το συγκεκριμένο παραδοτέο συσχετίζεται με το παραδοτέο 3.3.1 το οποίο αποτέλεσε το σημείο εκκίνησης για την εγκατάστασή του Συστήματος Έξυπνης Ενεργειακής Διαχείρισης στο Κέντρο Δεδομένων του Πανεπιστημίου Κύπρου, καθώς τα αποτελέσματά του χρησιμοποιήθηκαν για την προκήρυξη και διεξαγωγή διαγωνισμού για την προμήθεια και εγκατάσταση των υλικών και του εξοπλισμού του εν λόγω συστήματος. Κατ' επέκταση, το παραδοτέο 6.3.1 συσχετίζεται πλήρως με το παραδοτέο 5.3.1, το οποίο αφορά την εκτέλεση των απαραίτητων εργασιών για την εγκατάσταση του εν λόγω συστήματος. Τέλος, το συγκεκριμένο παραδοτέο συσχετίζεται με το παραδοτέο 6.3.2, στο πλαίσιο της ανάλυσης των σχετικών μετρήσεων του Συστήματος Έξυπνης Ενεργειακής Διαχείρισης.

### **Τί περιέχει το παραδοτέο;**

Το παραδοτέο περιέχει πληροφορίες σχετικά με την υλοποίηση και την απρόσκοπτη λειτουργία του Συστήματος Έξυπνης Ενεργειακής Διαχείρισης στο Κέντρο Δεδομένων του Πανεπιστημίου Κύπρου. Επίσης, παρουσιάζει ποιοτικά στοιχεία από τις παρεμβάσεις στο Κέντρο Δεδομένων και στοιχεία κατανάλωσης ενέργειας στους επιλεγμένους χώρους/κομβικά σημεία, στο πλαίσιο συλλογής των μετρήσεων σε διαδικτυακό εξυπηρετητή για περαιτέρω αποθήκευση και ανάλυση.

### **Συμπεράσματα και Προτάσεις**

Τα αποτελέσματα του παραδοτέου 3.3.1 ήταν χρήσιμα για την αποτελεσματική εκτέλεση της προμήθειας και της εγκατάστασης των υλικών και του εξοπλισμού του Συστήματος Έξυπνης Ενεργειακής Διαχείρισης στο πλαίσιο του παραδοτέου 5.3.1, με το οποίο το Παραδοτέο 6.3.1 συσχετίζεται πλήρως. Οι όποιες καθυστερήσεις σε προηγούμενα παραδοτέα οφείλονται κυρίως σε γραφειοκρατικούς λόγους και είχαν επίπτωση στην εκτέλεση του παραδοτέου 6.3.1. Τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου παραδοτέου αποτελούν κομμάτι της τεκμηρίωσης της συμβολής του έργου στην εξοικονόμηση ενέργειας του Πανεπιστημίου Κύπρου μέσω ανάλυσης δεδομένων, η οποία παρουσιάζεται εκτενώς στο παραδοτέο 6.3.2.



## 1. Εισαγωγή

Βασισμένο στην εκτέλεση των παραδοτέων των Πακέτων Εργασίας 3 και 5, το παραδοτέο 6.3.1 περιέχει πληροφορίες σχετικά με την υλοποίηση και την απρόσκοπτη λειτουργία του Συστήματος Έξυπνης Ενεργειακής Διαχείρισης (ΣΕΕΔ) στο Κέντρο Δεδομένων (ΚΔ) του Πανεπιστημίου Κύπρου (κτήριο ΘΕΕ-01, Server Rooms (SR) 002 & 004). Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζει ποιοτικά στοιχεία από τις παρεμβάσεις στο ΚΔ και στοιχεία κατανάλωσης ενέργειας και περιβαλλοντικών συνθηκών στους επιλεγμένους χώρους/κομβικά σημεία του, στο πλαίσιο συλλογής των μετρήσεων σε διαδικτυακό εξυπηρετητή για περαιτέρω αποθήκευση και ανάλυση. Η συλλογή των μετρήσεων από το ΣΕΕΔ αποτελεί κομμάτι της τεκμηρίωσης της συμβολής του έργου στην εξοικονόμηση ενέργειας του Πανεπιστημίου Κύπρου μέσω ανάλυσης δεδομένων, η οποία παρουσιάζεται εκτενώς στο παραδοτέο 6.3.2.

Την λειτουργία του ΣΕΕΔ την έχουν αναλάβει οι Τεχνικές Υπηρεσίες του Πανεπιστημίου σε συνεργασία με την Ομάδα Τεχνικής Υποστήριξης (ΟΤΥ) του Τμήματος Πληροφορικής. Πέραν της λειτουργίας του δικτύου καταγραφής και διάθεσης δεδομένων που έχει εγκατασταθεί σε κομβικά σημεία του ΚΔ, οι πιο πάνω Υπηρεσίες είναι επίσης υπεύθυνες για την καλή λειτουργία του φωτοβολταϊκού (ΦΒ) συστήματος που έχει εγκατασταθεί στο κτήριο, σύμφωνα με όσα προβλέπει η μελέτη εφαρμογής και διασύνδεσης του εν λόγω συστήματος που προέκυψε από προηγούμενο παραδοτέο. Ο συντονισμός της λειτουργίας των πιο πάνω συστημάτων θα γίνεται από την ΟΤΥ του Τμήματος Πληροφορικής. Το Πανεπιστήμιο Κύπρου μέσω των Τεχνικών Υπηρεσιών σε συνεργασία με την ΟΤΥ του Τμήματος Πληροφορικής (η οποία κατέχει μεγάλη εμπειρία στην ανάπτυξη δικτύων δεδομένων και στις εφαρμογές πληροφορικής), είναι σε θέση να λειτουργήσουν με βέλτιστο τρόπο τα εν λόγω συστήματα. Η όλη λειτουργία των συστημάτων εντάσσεται στην ενεργειακή στρατηγική του Πανεπιστημίου Κύπρου με απώτερο στόχο την πλήρη ενεργειακή αυτονομία του ιδρύματος. Το Πανεπιστήμιο Κύπρου δεσμεύεται να συνεχίσει την λειτουργία των ανωτέρω υποδομών είτε με ιδίους πόρους, είτε μέσω άλλων χρηματοδοτικών εργαλείων και μετά το πέρας του έργου.

Η υλοποίηση του παρόντος παραδοτέου πραγματοποιήθηκε με προσωπικό του Πανεπιστημίου Κύπρου, υπό την επίβλεψη και καθοδήγηση του Επιστημονικού Υπευθύνου της Ερευνητικής Μονάδας Ενεργειακής Αειφορίας «ΦΩΣ» του Πανεπιστημίου και τη συμβολή της ΟΤΥ του Τμήματος Πληροφορικής και των Τεχνικών Υπηρεσιών του Πανεπιστημίου.

## 2. Ποιοτικά στοιχεία από τις παρεμβάσεις στο Κέντρο Δεδομένων

Η ενεργειακή αναβάθμιση του ΚΔ βασίστηκε κυρίως στην συγκέντρωση δεδομένων ενεργειακής κατανάλωσης, καθώς και άλλων ηλεκτρικών παραμέτρων του χώρου και υλοποιήθηκε με προκήρυξη και διεξαγωγή διαγωνισμού για την προμήθεια και εγκατάσταση υλικών και εξοπλισμού ενεργειακής αναβάθμισης για το SR004 του κτηρίου ΘΕΕ-01, όπου στεγάζεται μέρος του ΚΔ του Πανεπιστημίου Κύπρου.

### 2.1. Παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης

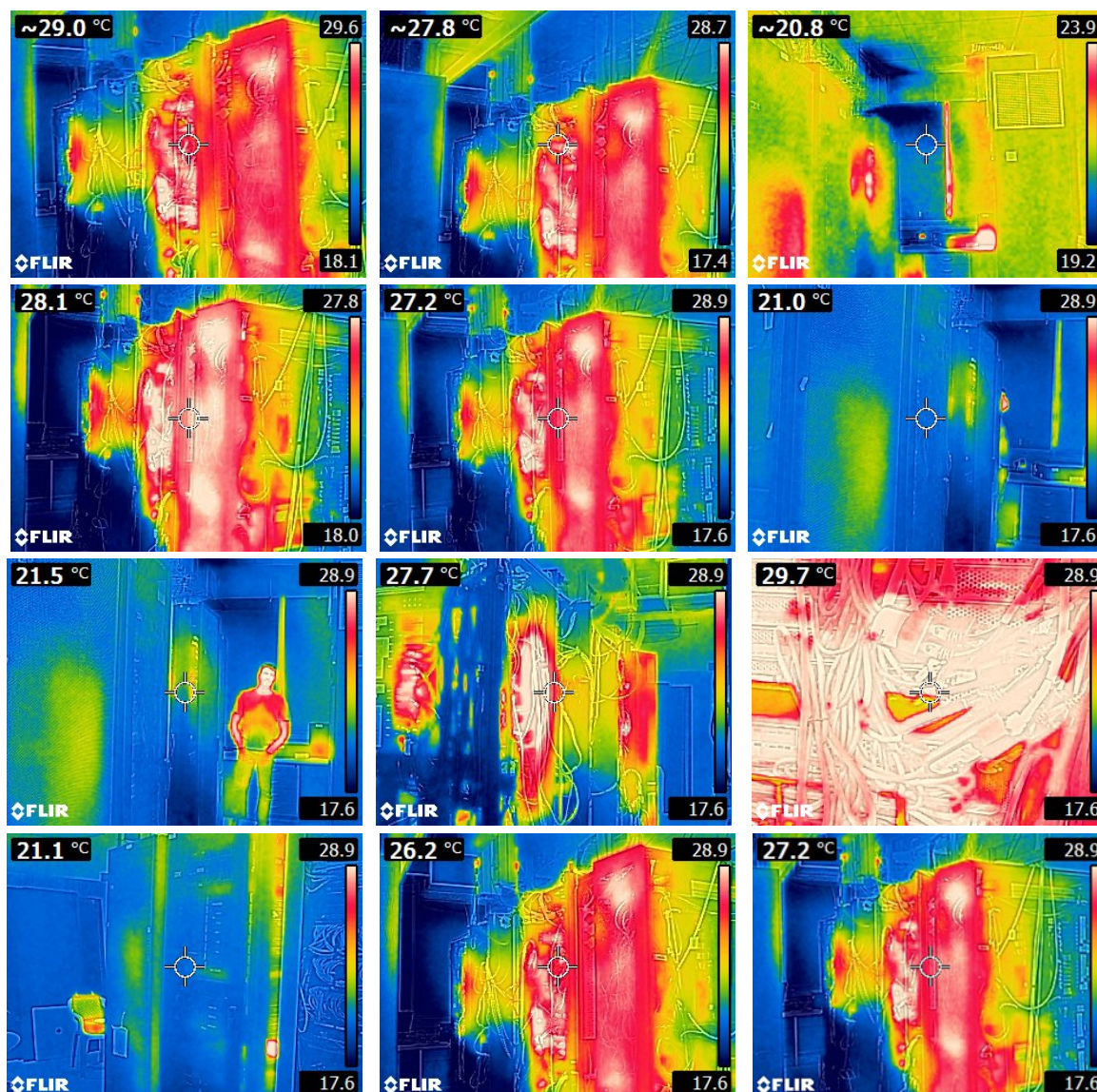
Στο πλαίσιο της ενεργειακής αναβάθμισης του ΚΔ, έγινε εγκατάσταση νέου αεραγωγού επιστροφής θερμού αέρα για την βελτίωση της κυκλοφορίας ψυχρού αέρα και απαγωγής θερμού αέρα από τα υφιστάμενα συστήματα κλιματισμού, με σκοπό τον διαχωρισμό του ψυχρού από το θερμό ρεύμα αέρα, στοχεύοντας στην αύξηση της αποδοτικότητας των κλιματιστικών, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1. Η ενεργειακή αναβάθμιση ολοκληρώθηκε τον Ιούλιο 2019 και η βελτιστοποίηση της απόδοσης παρουσιάζεται αναλυτικά στο παραδοτέο 5.3.2.



**Εικόνα 1:** Διαχωρισμός ψυχρού και θερμού αέρα με την χρήση plexiglass.

### 2.2. Αποτελέσματα παρεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης

Στην Εικόνα 2 παρουσιάζονται θερμικές λήψεις στο χώρο του SR004, μέσω ειδικού εξοπλισμού, μετά το πέρας της ενεργειακής αναβάθμισης. Από τις λήψεις φαίνεται καθαρά ο διαχωρισμός του θερμού ρεύματος αέρα (κόκκινο) με το ψυχρό ρεύμα αέρα (μπλε), γεγονός που αυξάνει την αποτελεσματικότητα του συστήματος ψύξης.



**Εικόνα 2:** Θερμικές λήψεις με ειδικό εξοπλισμό μετά το πέρας της ενεργειακής αναβάθμισης του χώρου SR004.

### 2.3. Παρεμβάσεις έξυπνης ενεργειακής διαχείρισης

Το ΣΕΕΔ υλοποιήθηκε με εγκατάσταση συστήματος παρακολούθησης και καταγραφής της ηλεκτρικής κατανάλωσης των συστοιχιών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών (Η/Υ), το οποίο αποτελείται από μονάδες διανομής ηλεκτρικής ενέργειας με ενσωματωμένους έξυπνους μετρητές ηλεκτρικής κατανάλωσης και κατάλληλο λογισμικό με στόχο την συλλογή, ανάλυση και διάθεση των πληροφοριών. 14 έξυπνες συσκευές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας εγκαταστάθηκαν στα δύο δωμάτια του ΚΔ (έξι συσκευές για τους εξυπηρετητές στο SR002 και οκτώ στο SR004). Ακόμη, δύο συσκευές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας εγκαταστάθηκαν για τα συστήματα κλιματισμού (ένας έξυπνος μετρητής ηλεκτρικής ισχύος ανά δωμάτιο).

Συγκεκριμένα, το ΣΕΕΔ αποτελείται από τα τέσσερα πιο κάτω συστήματα, όπως παρουσιάζονται αναλυτικά στο παραδοτέο 5.3.1:



- Σύστημα παρακολούθησης και καταγραφής της ηλεκτρικής κατανάλωσης των συστοιχιών Η/Υ του ΚΔ
- Σύστημα παρακολούθησης και καταγραφής της ηλεκτρικής κατανάλωσης των κλιματιστικών του ΚΔ
- Εξυπηρετητής στο ΚΔ
- Σύστημα παρακολούθησης και καταγραφής των περιβαλλοντικών συνθηκών του ΚΔ

Όλα τα δεδομένα των μετρήσεων τα οποία καταγράφονται από τις πιο πάνω μετρητικές διατάξεις συγκεντρώνονται μέσω του δικτύου Internet Protocol (IP) του Τμήματος σε ένα κεντρικό πληροφοριακό σύστημα που φιλοξενείται από τον νέο εγκατεστημένο εξυπηρετητή, ο οποίος χρησιμοποιείται τόσο για την φιλοξενία του ΣΕΕΔ, όσο και για άλλες ανάγκες του έργου.

Στις Εικόνες 3 και 4 παρουσιάζονται τα έξυπνα τροφοδοτικά στα δωμάτια SR002 και SR004 αντίστοιχα, τα οποία αποτελούν το σύστημα παρακολούθησης και καταγραφής της ηλεκτρικής κατανάλωσης των συστοιχιών Η/Υ του ΚΔ. Στην Εικόνα 5 παρουσιάζεται ο πίνακας με τους έξυπνους μετρητές κατανάλωσης για τα κλιματιστικά (ένας μετρητής ανά δωμάτιο), οι οποίοι αποτελούν το σύστημα παρακολούθησης και καταγραφής της ηλεκτρικής κατανάλωσης των κλιματιστικών του ΚΔ. Στην Εικόνα 6 παρουσιάζεται ο νέος εξυπηρετητής που αγοράστηκε στο πλαίσιο του έργου και στην Εικόνα 7 η χρήση της αναβαθμισμένης ηλεκτρολογικής εγκατάστασης.



**Εικόνα 3:** Έξυπνα τροφοδοτικά στο δωμάτιο SR002.



**Εικόνα 4:** Έξυπνα τροφοδοτικά στο δωμάτιο SR004.



**Εικόνα 5:** Ο πίνακας με τους έξυπνους μετρητές κατανάλωσης για τα κλιματιστικά (ένας μετρητής ανά δωμάτιο).



**Εικόνα 6:** Ο νέος εξυπηρετητής που αγοράστηκε στο πλαίσιο του έργου.



**Εικόνα 7:** Χρήση της αναβαθμισμένης ηλεκτρολογικής εγκατάστασης.

### 3. Ποσοτικά στοιχεία κατανάλωσης ενέργειας και περιβαλλοντικών συνθηκών σε επιλεγμένους χώρους / κομβικά σημεία του Κέντρου Δεδομένων

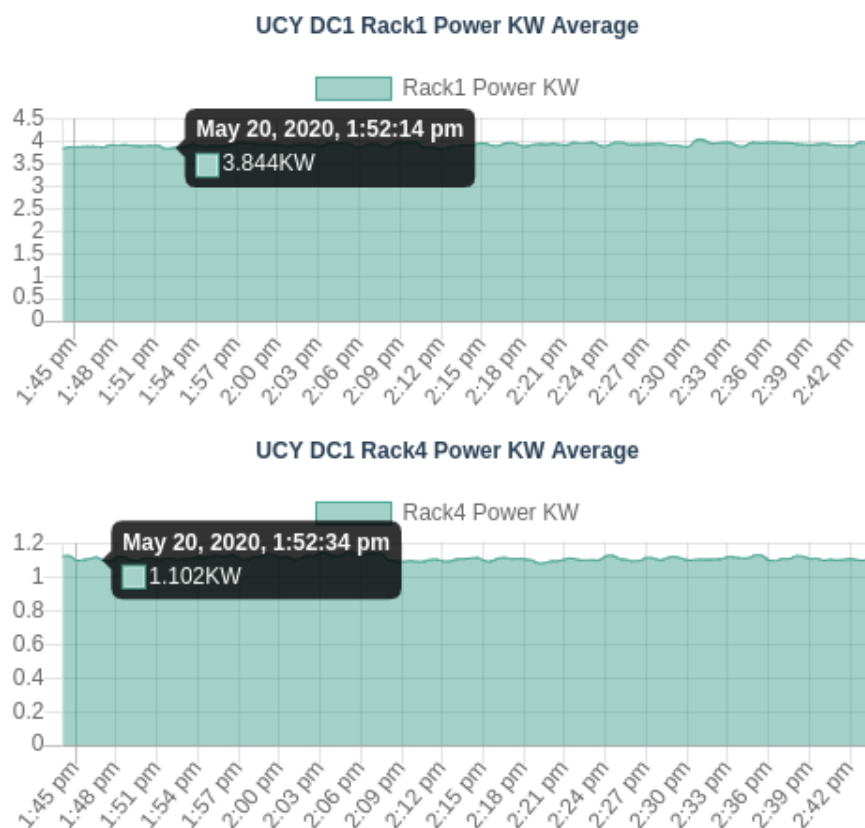
Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει το ΚΔ κατανέμεται κυρίως: α) για τη λειτουργία του εξοπλισμού του ΚΔ και β) για τη λειτουργία του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού υποστήριξης, κυρίως των συστημάτων κλιματισμού. Η επιλογή των χώρων/κομβικών σημείων στους οποίους έγινε η εγκατάσταση μετρητικών διατάξεων στο ΚΔ έγινε με στόχο να αναδειχθούν πιθανές παρεμβάσεις η οποίες θα ήταν χρήσιμες για το Πανεπιστήμιο Κύπρου όσον αφορά την παρακολούθηση της ενεργειακής κατανάλωσης, βάσει δεικτών που παρουσιάζονται πιο κάτω.

#### 3.1. Μέτρηση ενεργειακής κατανάλωσης λειτουργιών Κέντρου Δεδομένων

Οι μέχρι τώρα διαθέσιμες μετρήσεις (24 Σεπτεμβρίου 2019 – 13 Μαρτίου 2020) από τις έξυπνες μονάδες διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (Smart Power Distribution Units - SPDUs) του ΚΔ:

- Ηλεκτρική κατανάλωση από σύστημα παρακολούθησης και καταγραφής των συστοιχιών Η/Υ του ΚΔ
- Ηλεκτρική κατανάλωση από σύστημα παρακολούθησης και καταγραφής των κλιματιστικών του ΚΔ

Στην Εικόνα 8 παρουσιάζονται παραδείγματα από γραφικές παραστάσεις κατανάλωσης ισχύος για δύο διαφορετικά racks, όπως απεικονίζονται στην πλατφόρμα του ΣΕΕΔ. Όπως φαίνεται στην εικόνα, για το πρώτο rack παρατηρείται μια σχεδόν σταθερή κατανάλωση ισχύος 4 kW, ενώ για το δεύτερο rack μια σχεδόν σταθερή κατανάλωση ισχύος 1.1 kW, κατά τη διάρκεια μίας ώρας παρατήρησης.



**Εικόνα 8:** Παραδείγματα από γραφικές παραστάσεις κατανάλωσης ισχύος όπως απεικονίζονται στην πλατφόρμα του ΣΕΕΔ για δύο διαφορετικά racks.

Η συνολική ενέργεια η οποία καταναλώνεται στο ΚΔ αποτιμάται σε ευρώ (€) με βάση τη μέση τιμή κόστους ανά μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας του Πανεπιστημίου Κύπρου (0.198 €/kWh, συμπ. ΦΠΑ 19%). Η συγκεκριμένη τιμή υπολογίστηκε από τις Τεχνικές Υπηρεσίες του Πανεπιστημίου με βάση τους λογαριασμούς ηλεκτρικού ρεύματος για το έτος 2019. Στη συνέχεια, αποτιμάται η εκπομπή ρύπων Διοξειδίου του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>) με βάση την καταναλώμενη ενέργεια. Η αποτίμηση της ενέργειας σε εκπομπές CO<sub>2</sub> γίνεται με βάση τον συντελεστή 0.73521 kgCO<sub>2</sub>/kWh. Ο συγκεκριμένος συντελεστής δημοσιεύεται από την Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου (ΑΗΚ) και αντλήθηκε από τους λογαριασμούς ηλεκτρικής κατανάλωσης κάθε περιόδου για το έτος 2019<sup>1</sup>. Με βάση τα πιο πάνω, η ηλεκτρική ενέργεια που κατανάλωσε το ΚΔ του Πανεπιστημίου Κύπρου για την κάθε λειτουργία του (από 24 Σεπτεμβρίου 2019 – 13 Μαρτίου 2020), το αντίστοιχο λειτουργικό κόστος και η αποτίμησή σε εκπομπές CO<sub>2</sub> παρουσιάζονται στους Πίνακες 1 και 2 αντίστοιχα.

<sup>1</sup> <https://www.eac.com.cy/>



**Πίνακας 1:** Ηλεκτρική κατανάλωση συστήματος παρακολούθησης και καταγραφής συστοιχιών Η/Υ, αντίστοιχο λειτουργικό κόστος και αντίστοιχες εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>) για την περίοδο 24 Σεπτεμβρίου 2019 – 13 Μαρτίου 2020.

Σημείο	Κατανάλωση (kWh)	Κόστος (€)	Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg)
SR002 #1	2,933.1	580.75	2,156
SR002 #2	854	169.09	628
SR002 #3	1745	345.51	1,283
SR002 #4	657.9	130.26	484
SR002 #5	1,810.6	358.50	1,331
SR002 #6	4,145.2	820.75	3,048
SR004 #1	1,509.7	298.92	1,110
SR004 #2	1,146.5	227.01	843
SR004 #3	8,469	1,676.86	6,226
SR004 #4	7,668.3	1,518.32	5,638
SR004 #5	5,335.5	1,056.43	3,923
SR004 #6	5,171.4	1,023.94	3,802
SR004 #7	4,856.8	961.65	3,571
SR004 #8	4,079.8	807.80	3,000
<b>Σύνολο</b>	<b>50,382.8</b>	<b>9,975.79</b>	<b>37,042</b>

**Πίνακας 2:** Ηλεκτρική κατανάλωση συστήματος παρακολούθησης και καταγραφής κλιματιστικών, αντίστοιχο λειτουργικό κόστος και αντίστοιχες εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>) για την περίοδο 24 Σεπτεμβρίου 2019 – 13 Μαρτίου 2020.

Σημείο	Κατανάλωση (kWh)	Κόστος (€)	Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg)
SR002	22,753	4,505.09	16,728
SR004	29,215	5,784.57	21,479
<b>Σύνολο</b>	<b>51,968</b>	<b>10,289.66</b>	<b>38,207</b>

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζεται η συνολική ηλεκτρική ενέργεια που κατανάλωσε το ΚΔ του Πανεπιστημίου Κύπρου (από 24 Σεπτεμβρίου 2019 – 13 Μαρτίου 2020) για τις πιο πάνω λειτουργίες, το αντίστοιχο λειτουργικό κόστος και η αποτίμησή σε εκπομπές CO<sub>2</sub>.

**Πίνακας 3:** Ηλεκτρική κατανάλωση λειτουργιών Κέντρου Δεδομένων, αντίστοιχο λειτουργικό κόστος και αντίστοιχες εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>) για την περίοδο 24 Σεπτεμβρίου 2019 – 13 Μαρτίου 2020.

Σημείο	Κατανάλωση (kWh)	Κόστος (€)	Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg)
Συστοιχίες Η/Υ	50,382.8	9,975.79	37,042
Κλιματιστικά	51,968	10,289.66	38,207
<b>Σύνολο</b>	<b>102,350.8</b>	<b>20,265.46</b>	<b>75,249</b>

### 3.2. Μέτρηση περιβαλλοντικών συνθηκών Κέντρου Δεδομένων

Οι μέχρι τώρα διαθέσιμες μετρήσεις (24 Σεπτεμβρίου 2019 – 13 Μαρτίου 2020) από τις μονάδες παρακολούθησης περιβαλλοντικών δεδομένων του ΚΔ:

- Περιβαλλοντικά δεδομένα από σύστημα παρακολούθησης και καταγραφής των περιβαλλοντικών συνθηκών του ΚΔ (Πίνακες 4 και 5)

**Πίνακας 4:** Περιβαλλοντικά δεδομένα συστήματος παρακολούθησης και καταγραφής περιβαλλοντικών συνθηκών συστοιχιών Η/Υ του Κέντρου Δεδομένων για την περίοδο 24 Σεπτεμβρίου 2019 – 13 Μαρτίου 2020 (μέσες τιμές).

Σημείο	Θερμοκρασία Μπροστά (°C)	Θερμοκρασία Πίσω (°C)	Υγρασία Μπροστά (%)	Υγρασία Πίσω (%)
Rack 2 – SR002	20.5	24.4	45.1	34.5
Rack 6 – SR002	20.7	25.1	50.7	33.1
Rack 2 – SR004	20.1	25.4	51.5	36.3
Rack 6 – SR004	24.3	26.3	37.5	31.3

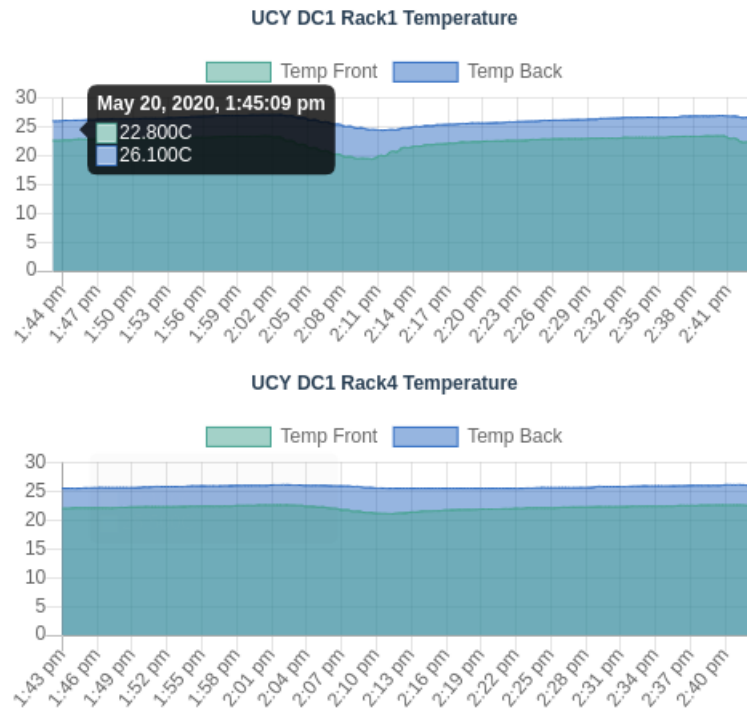
**Πίνακας 5:** Περιβαλλοντικά δεδομένα συστήματος παρακολούθησης και καταγραφής περιβαλλοντικών συνθηκών δωματίων του Κέντρου Δεδομένων για την περίοδο 24 Σεπτεμβρίου 2019 – 13 Μαρτίου 2020 (μέσες τιμές).

Δωμάτιο	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
SR002	21	48
SR004	25	37

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί από τους πιο πάνω πίνακες, οι τιμές αυτές συμβαδίζουν με το πρότυπο της American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)<sup>2</sup> σχετικά με προτεινόμενες οδηγίες για την παρακολούθηση των περιβαλλοντικών συνθηκών σε ΚΔ ή δωμάτια διακομιστών (θερμοκρασία περιβάλλοντος δωματίου: 18 – 27 °C, υγρασία περιβάλλοντος δωματίου: <60%, θερμοκρασία συστοιχιών Η/Υ: 18 – 27 °C).

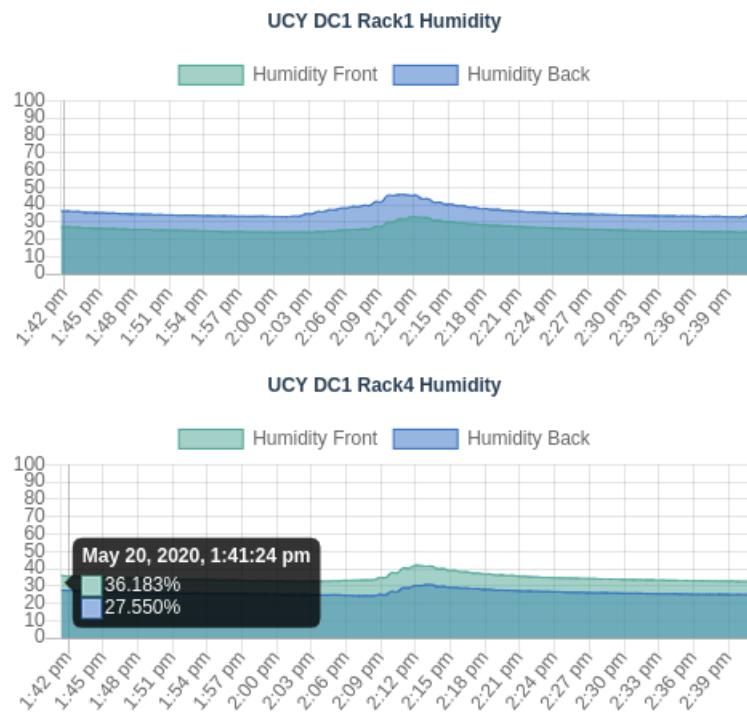
Στην Εικόνα 9 παρουσιάζονται παραδείγματα από γραφικές παραστάσεις θερμοκρασίας για δύο διαφορετικά racks (μπροστά και πίσω από κάθε rack), όπως απεικονίζονται στην πλατφόρμα του ΣΕΕΔ.

<sup>2</sup> [https://serverscheck.com/sensors/temperature\\_best\\_practices.asp](https://serverscheck.com/sensors/temperature_best_practices.asp)



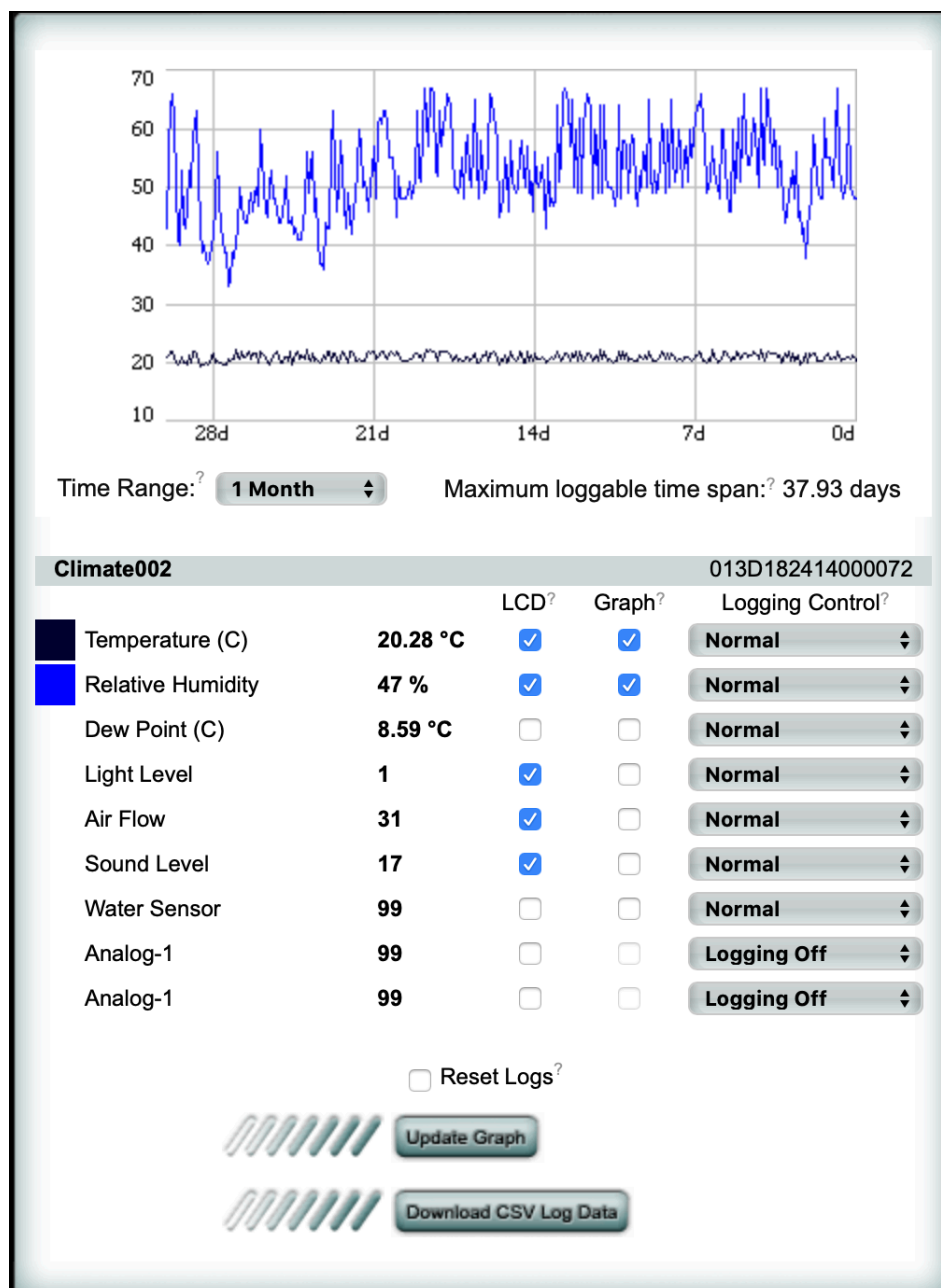
**Εικόνα 9:** Παραδείγματα από γραφικές παραστάσεις θερμοκρασίας όπως απεικονίζονται στην πλατφόρμα του ΣΕΕΔ για δύο διαφορετικά racks (μπροστά και πίσω από κάθε rack).

Στην Εικόνα 10 παρουσιάζονται παραδείγματα από γραφικές παραστάσεις υγρασίας για δύο διαφορετικά racks (μπροστά και πίσω από κάθε rack) όπως απεικονίζονται στην πλατφόρμα του ΣΕΕΔ.

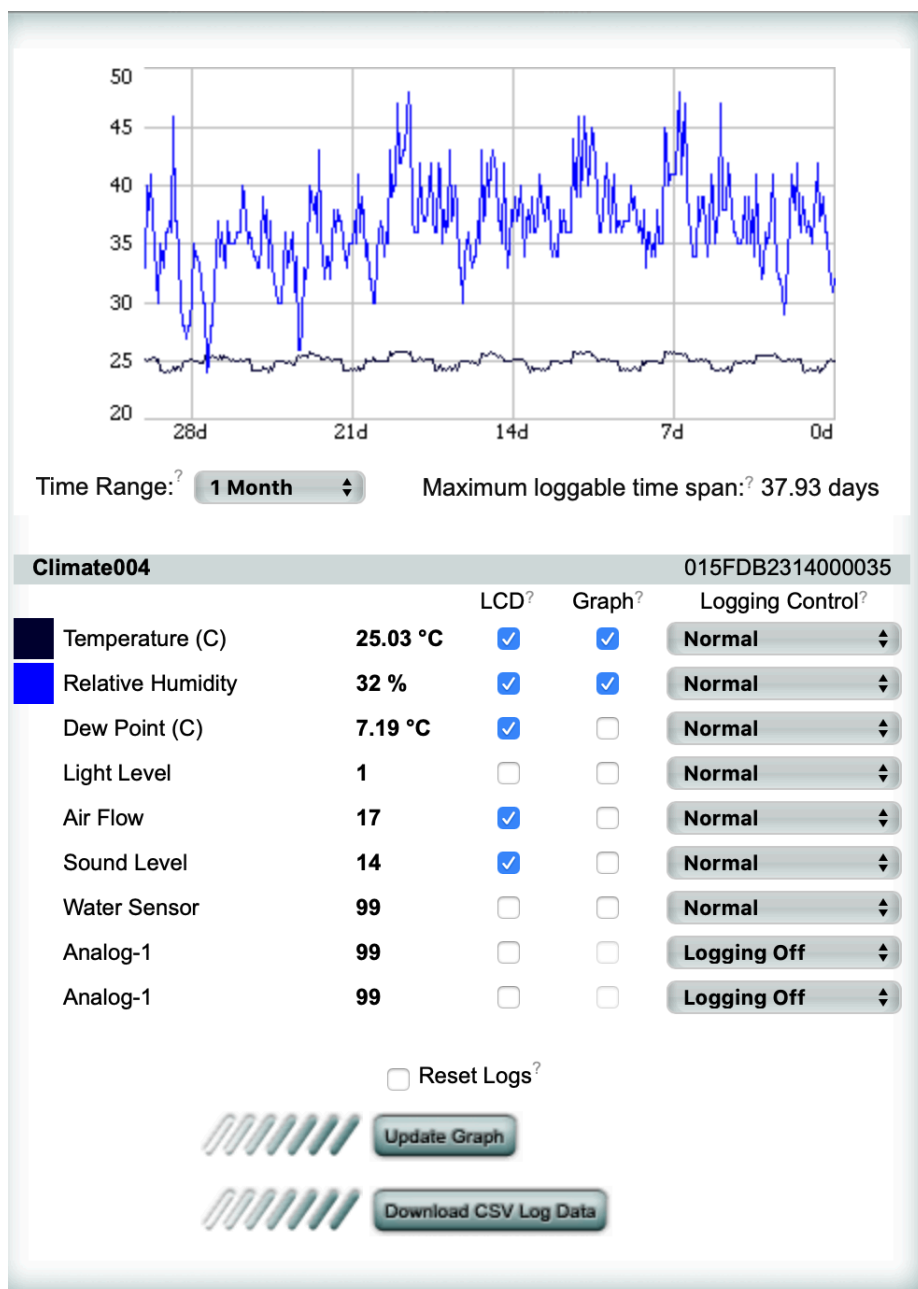


**Εικόνα 10:** Παραδείγματα από γραφικές παραστάσεις υγρασίας όπως απεικονίζονται στην πλατφόρμα του ΣΕΕΔ για δύο διαφορετικά racks (μπροστά και πίσω από κάθε rack).

Στις Εικόνες 11 και 12 παρουσιάζονται γραφικές παραστάσεις θερμοκρασίας και υγρασίας για την περίοδο ενός μηνός (13 Φεβρουαρίου 2020 – 13 Μαρτίου 2020) για τα δύο δωμάτια αντίστοιχα. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί, η θερμοκρασία κυμαίνεται κατά μέσο όρο  $\pm 1$  °C από τους 21 °C για το SR002 και  $\pm 1$  °C από τους 25 °C για το SR004. Παρομοίως, η υγρασία κυμαίνεται κατά μέσο όρο  $\pm 10\%$  από το 48% για το SR002 και  $\pm 10\%$  από το 37% για το SR004. Και οι δύο παρατηρήσεις συμβαδίζουν με το πρότυπο ASHRAE που αναφέρεται πιο πάνω.



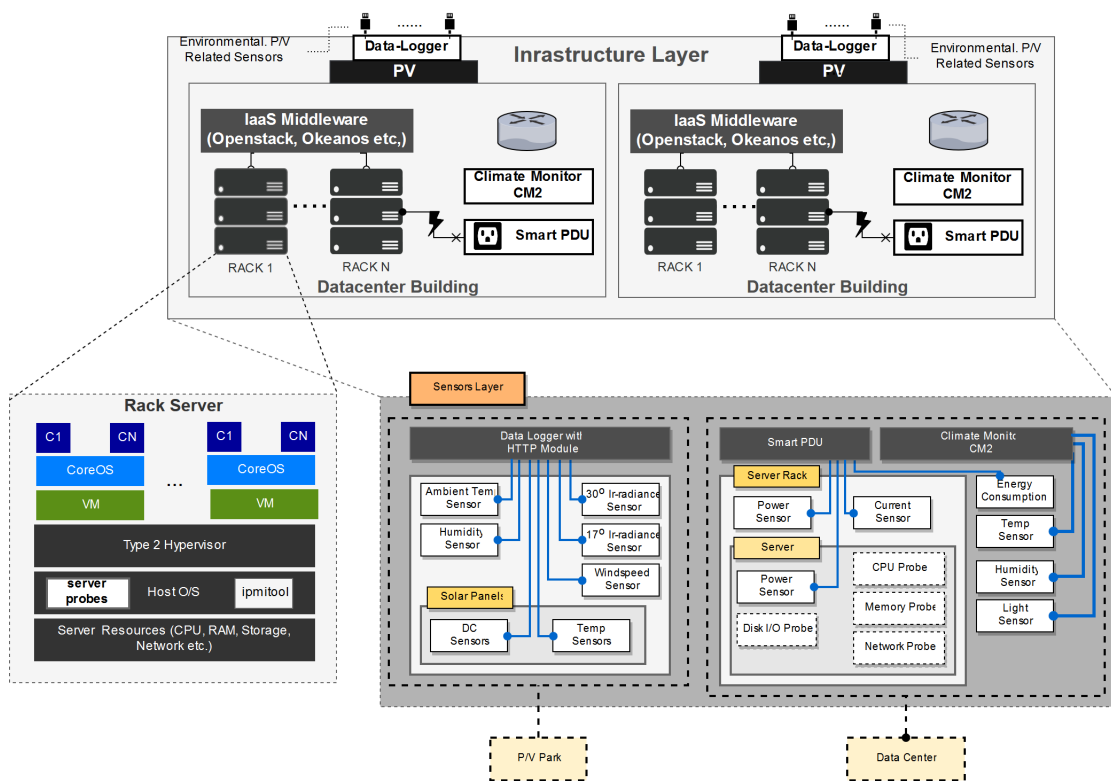
**Εικόνα 11:** Διακύμανση θερμοκρασίας και υγρασίας για την περίοδο ενός μηνός (13 Φεβρουαρίου 2020 – 13 Μαρτίου 2020) για το SR002.



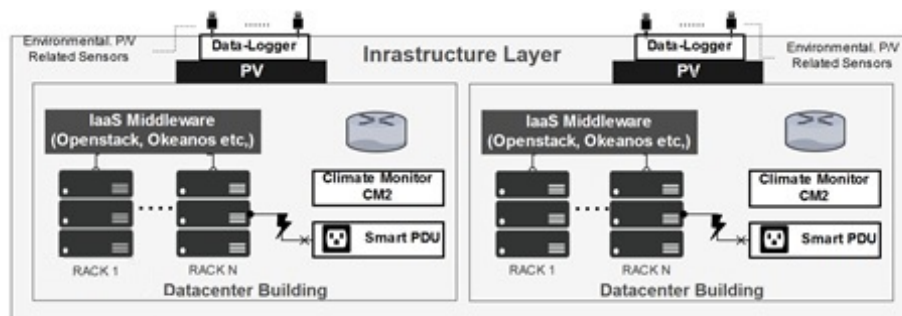
**Εικόνα 12:** Διακύμανση θερμοκρασίας και υγρασίας για την περίοδο ενός μηνός (13 Φεβρουαρίου 2020 – 13 Μαρτίου 2020) για το SR004.

## 4. Δικτυακή υποδομή εξαγωγής δεδομένων τηλεμετρίας του Κέντρου Δεδομένων

Στην Εικόνα 13 παρουσιάζεται η δικτυακή υποδομή εξαγωγής δεδομένων τηλεμετρίας η οποία περιλαμβάνει δύο διαφορετικά επίπεδα, το Επίπεδο Υποδομής (Infrastructure Layer) και το Επίπεδο Αισθητήρων (Sensors Layer). Το Επίπεδο Υποδομής της εξαγωγής των δεδομένων τηλεμετρίας, στο οποίο εκτελούνται οι εφαρμογές του χρήστη εντός των εικονικών κιβωτίων (containers) τα οποία τρέχουν μέσα σε Virtual Machines (VMs) σε υπολογιστικές μηχανές που βρίσκονται στο ΚΔ παρουσιάζεται στην Εικόνα 14. Τα δεδομένα από το ΦΒ σύστημα του κτηρίου θα λαμβάνονται απευθείας μέσω σχετικού Application Programming Interface (API) από τους αντιστροφείς (inverters) του ΦΒ συστήματος, οι οποίοι θα λειτουργούν ως καταγραφείς δεδομένων (data loggers). Συνοπτικά, στο Επίπεδο Υποδομής περιλαμβάνονται τα SPDUs και τα περιβαλλοντικοί αισθητήρες του ΚΔ, καθώς και οι αντιστροφείς του ΦΒ συστήματος.



**Εικόνα 13:** Δικτυακή υποδομή εξαγωγής δεδομένων τηλεμετρίας.



**Εικόνα 14:** Διαστρωμάτωση υποδομής εξαγωγής των δεδομένων τηλεμετρίας.

#### *4.1. Τεχνικές προδιαγραφές δικτυακής διασύνδεσης διατάξεων τηλεμετρίας και επιγραμμικής εξαγωγής δεδομένων*

Οι διατάξεις τηλεμετρίας συνδεθηκαν στο ενσύρματο δίκτυο του Τμήματος Πληροφορικής και είναι προσβάσιμες μόνο από το εσωτερικό (private) δίκτυο. Όπως αναφέρεται και πιο πάνω, η συλλογή των διαφόρων δεδομένων γίνεται από τον νέο εγκατεστημένο εξυπηρετητή μέσω ειδικού πρωτοκόλλου επικοινωνίας (Simple Network Management Protocol – SNMP), το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως στα συστήματα διαχείρισης δικτύων σχετικά με τη διαχείριση και παρακολούθηση δικτυακών συσκευών που απαιτούν παρέμβαση του διαχειριστή δικτύου. Τόσο οι μετρητές όσο και τα έξυπνα τροφοδοτικά είναι συνδεδεμένα σε δίκτυο που δεν έχει πρόσβαση προς το διαδίκτυο. Οι inverters του ΦΒ συστήματος είναι συνδεδεμένοι σε εσωτερικό δίκτυο το οποίο έχει πρόσβαση προς το διαδίκτυο, ώστε να μπορούν να ανεβάζουν δεδομένα στους κεντρικούς επεξεργαστές της κατασκευάστριας εταιρείας.

## 5. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα του παραδοτέου 3.3.1 ήταν χρήσιμα για την αποτελεσματική εκτέλεση της προμήθειας και της εγκατάστασης των υλικών και του εξοπλισμού του Συστήματος Έξυπνης Ενεργειακής Διαχείρισης στο πλαίσιο του παραδοτέου 5.3.1, με το οποίο το Παραδοτέο 6.3.1 συσχετίζεται πλήρως. Οι όποιες καθυστερήσεις σε προηγούμενα παραδοτέα οφείλονται κυρίως σε γραφειοκρατικούς λόγους και είχαν επίπτωση στην εκτέλεση του παραδοτέου 6.3.1. Τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου παραδοτέου αποτελούν κομμάτι της τεκμηρίωσης της συμβολής του έργου στην εξοικονόμηση ενέργειας του Πανεπιστημίου Κύπρου μέσω ανάλυσης δεδομένων, η οποία παρουσιάζεται εκτενώς στο παραδοτέο 6.3.2.

Τα νεωτερικά συστήματα ενεργειακής διαχείρισης της κατανομής υπολογιστικού φορτίου έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και τη μείωση των εκπεμπόμενων αερίων του θερμοκηπίου και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη διασυνοριακή περιοχή. Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι άμεση και έμμεση. Η άμεση εξοικονόμηση ενέργειας προέρχεται από τη λειτουργία του ΦΒ συστήματος. Η έμμεση εξοικονόμηση ενέργειας προέρχεται από τη λειτουργία του πληροφοριακού συστήματος στο οποίο καταγράφονται τα δεδομένα από τις μετρητικές διατάξεις, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παρεμβάσεις σε επίπεδο λειτουργίας αλλά και υλικοτεχνικής και κτηριακής υποδομής για στοχεύοντας στην ενεργειακή εξοικονόμηση και την μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος του Πανεπιστημίου Κύπρου μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας του ΚΔ.