

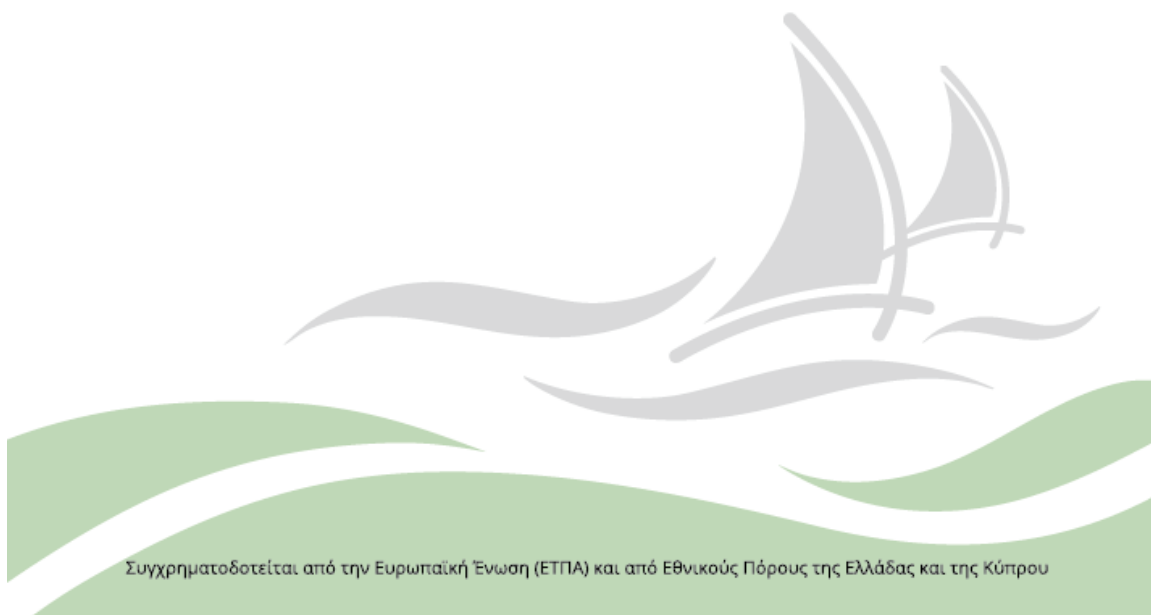


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 3.2.3β

ΕΝΔΙΑΜΕΣΟ ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ: Συμμετοχή στην υλοποίηση και αναφορά πειραματικής λειτουργίας συστήματος έξυπνης διαχείρισης φορτίων κέντρων δεδομένων

2020

Ημερομηνία: 31 - 3 -



Υπεύθυνος Συντάκτης Παραδοτέου: Ιωάννης Φραγκιαδάκης (editor)
Ομάδα Εργασίας: Γιώργος Βασιλόπουλος
Γιώργος Παπαδοκαλάκης
Βασίλης Παπακωνσταντίνου
Ιωάννης Πατεράκης

Έκδοση: 1
Ημερομηνία: 31/3/2020

Abstract: Παραδοτέο 3.2.3β - Το παρόν έγγραφο αποτελεί μία αναφορά για τη συμμετοχή του Πανεπιστημίου Κρήτης στην υλοποίηση και την πειραματική λειτουργία του συστήματος έξυπνης διαχείρισης φορτίων δεδομένων, το οποίο έχει εγκατασταθεί σε κατάλληλη υποδομή του Κέντρου Δεδομένων του Πανεπιστημίου Κρήτης.

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 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 παρθούν 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 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 νεωτερικά 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 θα συντονιστεί η παραγωγή ενέργειας των φωτοβολταϊκών και μέσω της έξυπνης κατανομής φορτίου.

Document Revision History

Date	Issue	Author/Editor/Contributor	Summary of main changes
31/3/2020	1.0	Ιωάννης Φραγκιαδακης, Γιώργος Βασιλόπουλος, Γιώργος Παπαδοκαλάκης, Βασίλης Παπακωνσταντίνου, Ιωάννης Πατεράκης	Πρώτη έκδοση παραδοτέου

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	7
1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΕΓΓΡΑΦΟΥ	7
1.2 ΔΟΜΗ ΕΓΓΡΑΦΟΥ	7
2. Διαμόρφωση υποδομής	8
2.1 OPENSTACK CLUSTER	8
2.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑ	9
3. Σύστημα έξυπνης διαχείρισης φορτίων	11
4. Περιγραφή πειράματος επιβεβαίωσης λειτουργίας	13
4. Επίλογος	15

Επιτελική Σύνοψη

Το παραδοτέο αποτελεί μία αναφορά σχετικά με την εγκατάσταση και προσαρμογή του συστήματος έξυπνης διαχείρισης φορτίων κέντρων δεδομένων, καθώς και την πειραματική λειτουργία του. Ειδικά για το τελευταίο, δίνεται έμφαση στην πραγματοποίηση πειράματος με το Πανεπιστήμιο Κύπρου για τη δημιουργία ομοσπονδίας (federation) για την από κοινού διαχείριση φορτίων των κέντρων δεδομένων των δύο φορέων.

Σημειώνεται ότι το παρόν κείμενο συσχετίζεται με το παραδοτέο 3.3.3γ - «Αναφορά λειτουργίας συστήματος έξυπνης διαχείρισης φορτίων κέντρων δεδομένων», του Πανεπιστημίου Κύπρου και αποτελεί συνέχεια του παραδοτέου 3.2.3α - «Έκθεση αναφοράς απαιτήσεων για το σχεδιασμό του συστήματος έξυπνης διαχείρισης φορτίων».

Το παραδοτέο περιλαμβάνει την συνοπτική περιγραφή της υποδομής του Κέντρου Δεδομένων του Πανεπιστημίου Κρήτης η οποία αναπτύχθηκε για την πειραματική λειτουργία του ΠΣ, καθώς και των χαρακτηριστικών της λειτουργίας του Φ/Β συστήματος που λαμβάνονται υπόψη.

Επιπλέον γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στα χαρακτηριστικά της πειραματικής λειτουργίας και διασύνδεσης με τη σχετική υποδομή του Πανεπιστημίου Κύπρου. Συγκεκριμένα, περιγράφεται η πραγματοποίηση ενός πειράματος πραγματικής κλίμακας για να επιδείξει τα οφέλη των Κ.Δ. με το να υιοθετήσουν τη λύση ΕΝΕΔΗ. Στο πείραμα αυτό συμμετείχαν οι εταίροι από τα Πανεπιστήμια Κύπρου και Κρήτης στην υποδομή των οποίων έχει εγκατασταθεί το σύστημα ΕΝΕΔΗ και έγινε χρήση συνθετικών φόρτων εργασίας για την υπερχρήση πόρων των κέντρων δεδομένων αυτών για τη δοκιμή του συστήματος παρακολούθησης και διαχείρισης φόρτου κέντρων δεδομένων ΕΝΕΔΗ.

1. Εισαγωγή

1.1 Σκοπός εγγράφου

Σκοπός του παραδοτέου είναι να αποτελέσει μία αναφορά για τις εργασίες διαμόρφωσης της υποκείμενης υποδομής, την εγκατάσταση και την παραμετροποίηση του συστήματος έξυπνης διαχείρισης φορτίων. Επιπλέον περιγράφεται το πείραμα που έγινε σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Κύπρου αναφορικά με τη διασύνδεση των συστημάτων των δύο φορέων, με στόχο τον έλεγχο της λειτουργίας της διαχείρισης φορτίων από κοινού σε διαφορετικά κέντρα δεδομένων.

1.2 Δομή εγγράφου

Η δομή του υπόλοιπου εγγράφου έχει ως εξής:

Κεφάλαιο 2: παρουσιάζει τη διαμόρφωση της υποδομής πάνω στην οποία εγκαταστάθηκε και διαμορφώθηκε το σύστημα έξυπνης διαχείρισης φορτίων. Επιπλέον περιγράφεται οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη από το Φ/Β σύστημα και ο τρόπος διασύνδεσης.

Κεφάλαιο 3: παρουσιάζει αναλυτικά τις λεπτομέρειες της εγκατάστασης και παραμετροποίησης του συστήματος έξυπνης διαχείρισης φορτίων.

Κεφάλαιο 4: περιγράφει την πραγματοποίηση πειράματος για τη λειτουργία ενός federation μεταξύ των συστημάτων έξυπνης διαχείρισης φορτίων που έχουν εγκατασταθεί στο κέντρο δεδομένων του Πανεπιστημίου Κρήτης και στο κέντρο δεδομένων του Πανεπιστημίου Κύπρου.

Κεφάλαιο 5: περιέχει τον επίλογο του εγγράφου όπου και παρουσιάζονται τα σχετικά συμπεράσματα.

2. Διαμόρφωση υποδομής

Το πληροφοριακό σύστημα έξυπνης διαχείρισης φορτίων εγκαταστάθηκε και διαμορφώθηκε έτσι ώστε να παρακολουθεί και να παίρνει αποφάσεις αναφορικά με μέρος της υπολογιστικής υποδομής του Κέντρου Δεδομένων του Πανεπιστημίου Κρήτης, το οποίο περιγράφεται παρακάτω. Επίσης, έχει σχεδιαστεί ώστε να λαμβάνεται υπόψη πληροφορία σχετικά με την παραγωγή ενέργειας από το Φ/Β σύστημα το οποίο εγκαταστάθηκε στην Πανεπιστημιούπολη Βουτών στα πλαίσια του παρόντος έργου.

2.1 Openstack cluster

Για τη δοκιμαστική λειτουργία του πληροφοριακού συστήματος έξυπνης διαχείρισης φορτίων δημιουργήθηκε μία υπολογιστική υποδομή αξιοποιώντας την τεχνολογία διαχείρισης εικονικών μηχανών Openstack.

Συγκεκριμένα, δημιουργήθηκε ένα cluster, αποτελούμενο από 5 εξυπηρετητές, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την εγκατάσταση του Openstack. Οι IP διευθύνσεις των εξυπηρετητών είναι οι ακόλουθες:

Hostname	IP
enedi01	147.52.204.72
enedi02	147.52.204.67
enedi03	147.52.204.68
enedi04	147.52.204.69
enedi05	147.52.204.70

Σε όλους τους εξυπηρετητές, έχει πραγματοποιηθεί εγκατάσταση του agent του Πληροφοριακού Συστήματος για τη συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών. Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση του Openstack και ο τρόπος που οι λειτουργίες του έχουν διαμοιραστεί στους φυσικούς εξυπηρετητές.

Hostname	Openstack service στη φυσική μηχανή	Openstack service σε container
enedi01	Ceph-osd, neutron-gateway, nova-compute	Ceph-mon, glance, keystone, neutron-api, openstack-dashboard, percona-cluster
enedi02	Ceph-osd, nova-compute	Ceph-mon, keystone, memcached, neutron-api, nova-cloud-controller,

		rabbitmq-server
enedi03	Ceph-osd, neutron-gateway, nova-compute	Cinder, nova-cloud-controller, openstack-dashboard, percona-cluster, rabbitmq-server
enedi04	Ceph-osd, neutron-gateway, nova-compute	Ceph-mon, cinder, glance, neutron-api, percona-cluster, openstack-dashboard
enedi05	Ceph-osd, nova-compute	Rabbitmq-server, nova-cloud-controller, memcached, keystone, glance, cinder

2.2 Στοιχεία για Φ/Β σύστημα

Για την καταγραφή των δεδομένων από τη λειτουργία του Φ/Β έχει εγκατασταθεί σύστημα με τις παρακάτω συσκευές:

- Fronius Datamanager 2.0.
- Fronius Sensor Box.

Οι δύο συσκευές προσφέρουν δυνατότητα συνεχούς καταγραφής δεδομένων. Οι μετρήσεις καταγράφονται σε ρυθμιζόμενα τακτά χρονικά διαστήματα και το σύστημα αποθηκεύει τα δεδομένα για περίοδο τουλάχιστον ενός έτους. Τα δεδομένα που καταγράφονται από το σύστημα περιλαμβάνουν τα παρακάτω:

- Μέτρηση της DC ενέργειας, DC ρεύματος και DC τάσης (Inverter Symo 20.0-3-M)
- Μέτρηση της AC ενέργειας, AC ρεύματος και AC τάσης (Inverter Symo 20.0-3-M).
- Μέτρηση της συνολικής παραγόμενης ενέργειας του Φ/Β συστήματος (Fronius Datamanager 2.0).
- Μέτρηση του δείκτη διαθεσιμότητας του Φ/Β πάρκου αλλά και των αντιστροφέων τάσης (Fronius Datamanager 2.0).
- Μέτρηση του δείκτη υγείας του πάρκου (Fronius Datamanager 2.0).
- Μέτρηση Grid Injected Power (Fronius Smart Meter).
- Μέτρηση της θερμοκρασίας κυψέλης. Μέτρηση θερμοκρασίας περιβάλλοντος (Fronius Sensors).
- Μέτρηση ηλιακής ακτινοβολίας (Kipp & Zonen SMP3).
- Μέτρηση ταχύτητας ανέμου (Fronius Sensors).

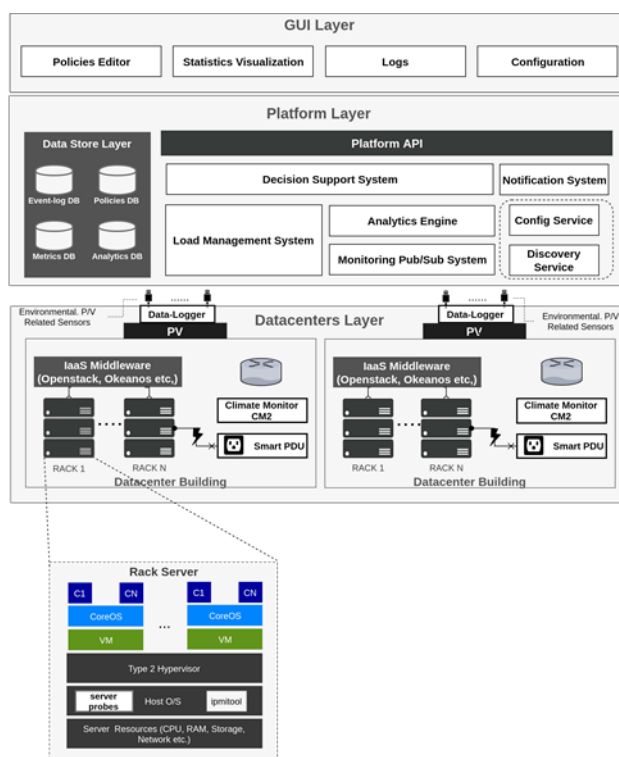
Η πρόσβαση στα παραπάνω δεδομένα μετρήσεων που αποθηκεύονται στο Datamanager είναι εφικτή μέσω JSON API (Fronius Solar API).

Σημειώνεται ότι το Φ/Β σύστημα δεν διασυνδέεται απευθείας με το Κέντρο Δεδομένων. Διασυνδέεται στο ηλεκτρικό δίκτυο - στον κεντρικό πίνακα - του κτιρίου του Τμήματος Επιστήμης Υπολογιστών (που φιλοξενεί το Κέντρο Δεδομένων).

3. Σύστημα έξυπνης διαχείρισης φορτίων

Ο σχεδιασμός και η αρχιτεκτονική του πληροφοριακού συστήματος έξυπνης διαχείρισης φορτίων έχει αναλυθεί εκτενώς σε άλλα παραδοτέα του παρόντος έργου (Π3.3.3, Π3.2.3α). Το παρόν κεφάλαιο αποτελεί μία σύνοψη της εγκατάστασης και διαμόρφωσής του για το Κέντρο Δεδομένων του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Η συνολική αρχιτεκτονική του ΠΣ έξυπνης διαχείρισης φορτίων παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 1: Αρχιτεκτονική ΠΣ έξυπνης διαχείρισης φορτίων

Στα πλαίσια του παρόντος έργου, η πειραματική λειτουργία του συστήματος έξυπνης διαχείρισης φορτίων περιλαμβάνει τη διασύνδεση των κατά τόπους agents σε ένα κεντρικό σύστημα το οποίο προτείνει ενέργειες βάση των δεδομένων που λαμβάνει από τα Κέντρα Δεδομένων, κυρίως αναφορικά με παράγοντες φόρτου εργασίας, ατμοσφαιρικούς παράγοντες, και στοιχεία που προσβλέπουν στην εξοικονόμηση ενέργειας. Η κεντρική πλατφόρμα ΕΝΕΔΗ, όπως την ονομάζουμε, και οι μικροπηρεσίες της έχουν εγκατασταθεί σε εικονική υποδομή εντός της cloud υποδομής του Πανεπιστημίου Κύπρου.

Στο Πανεπιστήμιο Κρήτης, το ΠΣ συλλέγει δεδομένα από τα παρακάτω:

- Εξυπηρετητές (όσοι έχουν εγκατεστημένους agents)
- smart PDUs

- Φωτοβολταϊκά πάνελς
- Κλιματιστικά του Κέντρου Δεδομένων.

Οι υπηρεσίες οι οποίες έχουν εγκατασταθεί στην υποδομή του ΚΔ του Πανεπιστημίου Κρήτης και είναι απαραίτητες ώστε να λειτουργήσει η συνολική υποδομή ΕΝΕΔΗ είναι οι ακόλουθες:

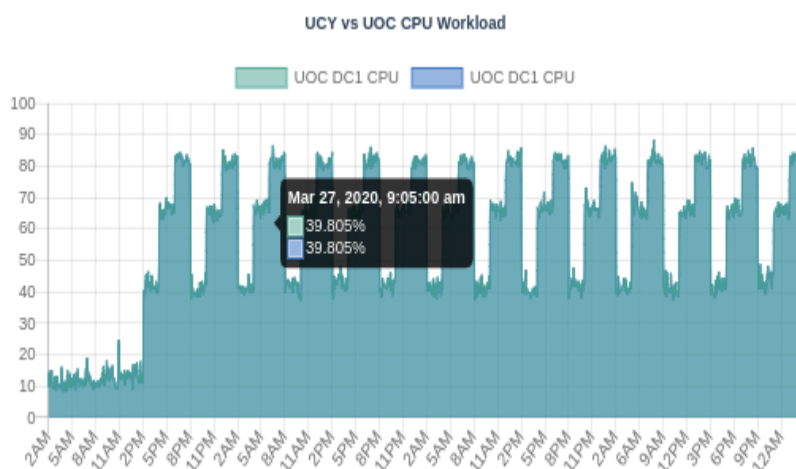
Όνομα υπηρεσίας	Τύπος	Σκοπος
Prometheus	Βάση Δεδομένων	Αποθήκευση μετρικών που προέρχονται από την φυσική και εικονική υποδομή του ΕΝΕΔΗ
InfluxDB	Βάση Δεδομένων	Βάση Δεδομένων Χρονοσειρών για μόνιμη αποθήκευση των μετρικών
Postgres	Βάση Δεδομένων	Χρησιμοποιείται από το ΕΝΕΔΗ API για αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων της υποδομής
Consul	Service Discovery	Κατάλογος εγγραφών των διαθέσιμων εξυπηρετητών και συσκευών που συμμετέχουν στο ΕΝΕΔΗ
Netdata	Συλλέκτης Μετρικών	Συλλογή μετρικών από την φυσική και εικονική υποδομή του ΕΝΕΔΗ

Όπως έχει προαναφερθεί, σε κάθε ΚΔ αναπτύσσεται ένα τοπικό σύστημα παρακολούθησης, με τις υπηρεσίες που αναφέρονται παραπάνω, ενώ όλα τα τοπικά συστήματα συμμετέχουν σε μια ιεραρχική αρχιτεκτονική ομοσπονδίας στην οποία συμμετέχει και το κυρίως σύστημα παρακολούθησης το οποίο έχει σαν κυρίως εργασία τη συλλογή μετρικών από τα τοπικά συστήματα παρακολούθησης. Το σύστημα παρακολούθησης του ΕΝΕΔΗ υλοποιείται με το δημοφιλές σύστημα παρακολούθησης Prometheus. Στο παραδοτέο Π3.3.3β αναφέρεται με λεπτομέρειες ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί το federation και επακόλουθα και το κεντρικό σύστημα.

4. Περιγραφή πειράματος επιβεβαίωσης λειτουργίας

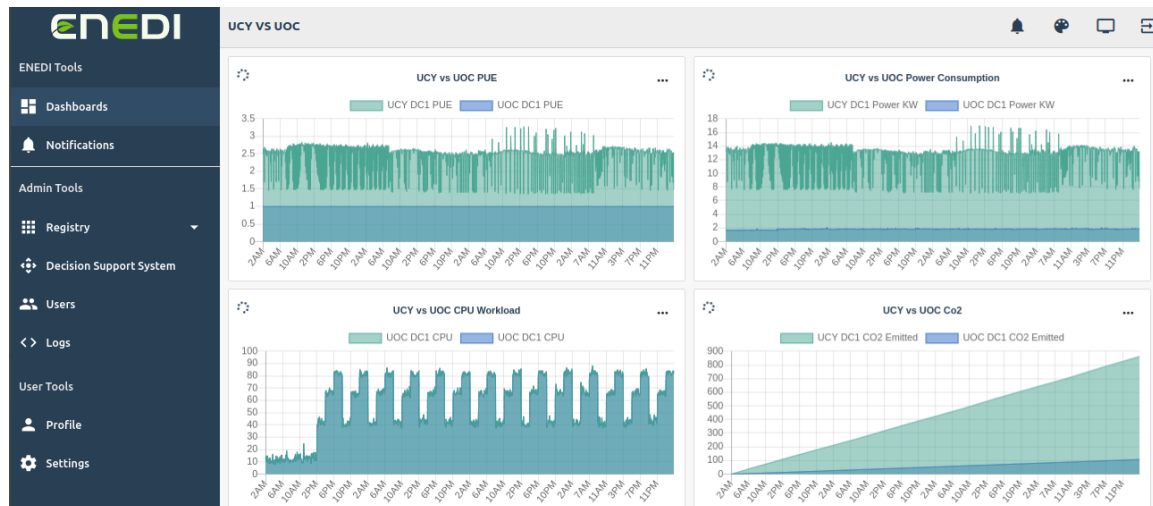
Σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Κύπρου, διεξήχθη πείραμα με συνθετικό φόρτο εργασίας και στα 2 κέντρα δεδομένων.

Αναλυτικότερα, Πανεπιστήμιο Κύπρου και Κρήτης συγχρονίστηκαν και για χρονική διάρκεια περίπου 4 ημερών εφάρμοσαν συνθετικό φόρτο εργασίας, στρεσάροντας το CPU σε διαστήματα 2 ωρών με εναλλασσόμενα φορτία 40, 60, 80 % (Εικόνα 2).

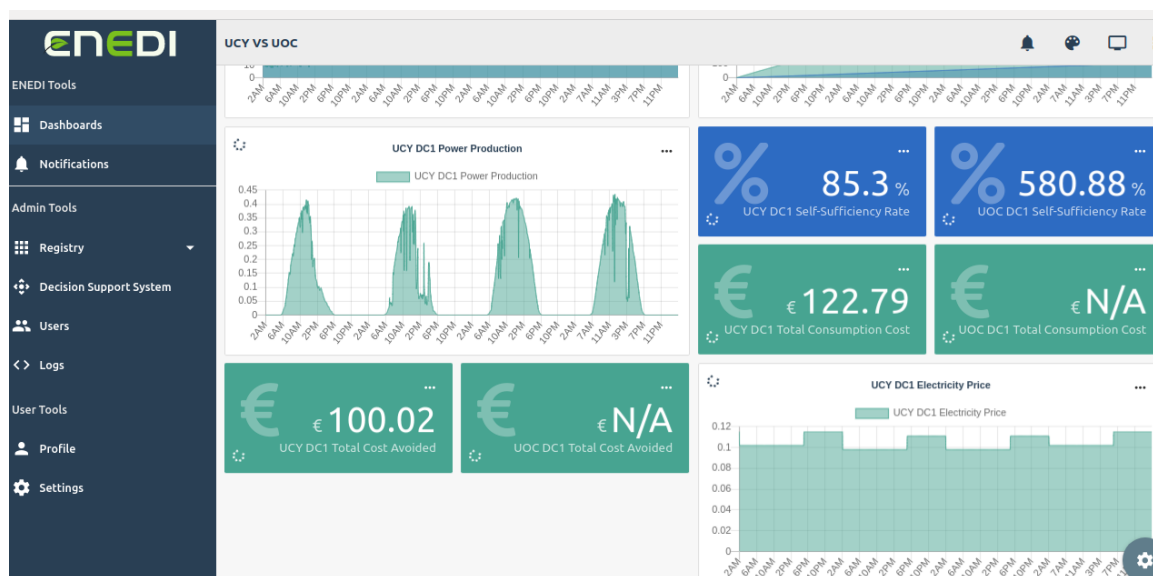


Εικόνα 2: Υπολογιστικός φόρτος στην πλατφόρμα ΕΝΕΔΗ για περίοδο 4-ημερών με δίωρα διαστήματα φόρτου 40,60 και 80% στα κέντρα δεδομένων Κρήτης και Κύπρου

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εκτέλεσης του υπολογιστικού φόρτου. Σε αυτές παρατηρούμε ότι στο ΚΔ του Πανεπιστημίου Κρήτης έχει ΡUΕ πιο κοντά στο 1, πράγμα που το κάνει πιο αποδοτικό από το αντίστοιχο του ΚΔ της Κύπρου που είναι κοντά στο 2.5. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στο ΚΔ Κύπρου, στα πλαίσια του ΕΝΕΔΗ συμμετέχουν 14 εξυπηρετητές σε αντίθεση με του 5 που συμμετέχουν στο ΚΔ Κρήτης. Η διαφορά στον αριθμό των εξυπηρετητών μεταξύ Κρήτης και Κύπρου είναι φανερή και στην αντιστοιχία kWh με Co2 παραγωγή. Για το διάστημα των 4 αυτών ημερών η παραγωγή ανέρχεται στα 900 κιλά Co2 στην Κύπρο ενώ στο αντίστοιχο της Κρήτης η παραγωγή ανήρθε στα 100 κιλά. Όσον αφορά το ποσοστό αυτο-επάρκειας, στην Κύπρο ανέρχεται στο 85% και το αντίστοιχο της Κρήτης ~500%. Το ποσοστό αυτο-επάρκειας είναι ο λόγος της ενέργειας που καταναλώνεται ως προς την ενέργεια που παράγεται από τα Κέντρα Δεδομένων. Και σε αυτήν την περίπτωση, λόγω του μεγαλύτερου αριθμού εξυπηρετητών στο ΚΔ Κύπρου το ποσοστό είναι χαμηλότερο (85%) ενώ το αντίστοιχο της Κρήτης υπολογίστηκε στο 580%. Τέλος όσον αφορά το κόστος, για τη διάρκεια των 4 αυτών ημερών, το συνολικό κόστος κατανάλωσης ενέργειας ανήρθε στα 122 ευρώ, με συνολική εξοικονόμηση κόστους 100 ευρώ λόγω παραγωγής ενέργειας από τα Φ/Β.



Εικόνα 3. Αποτελέσματα εκτέλεσης φόρτου: α) PUE στο χρόνο των ΚΔ, β) Κατανάλωση ισχύος και γ) Αντιστοιχία σε Co2 λόγω κατανάλωσης



Εικόνα 4. Αποτελέσματα εκτέλεσης φόρτου εργασίας: α) Παραγωγή ενέργειας από τα Φ/Β πάρκα, β) Ποσοστό αυτό-επάρκειας, γ) Κόστος κατανάλωσης ενέργειας, δ) Εξοικονόμηση κόστους, ε) Ωριαία τιμή κόστους kWh.

4. Επίλογος

Στο παρόν κείμενο παρουσιάστηκε η εγκατάσταση και η παραμετροποίηση του πληροφοριακού συστήματος έξυπνης διαχείρισης φορτίων κέντρων δεδομένων. Το σύστημα έξυπνης διαχείρισης έχει αναπτυχθεί και σχεδιαστεί με βάση τα όσα περιγράφονται στα προηγούμενα παραδοτέα (3.3.3, 3.2.3α) και έχει εγκατασταθεί σε κατάλληλη δοκιμαστική υποδομή του Κέντρου Δεδομένων του Πανεπιστημίου Κρήτης. Χρησιμοποιώντας τους πράκτορες ενσωμάτωσης (agents) που έχουν αναπτυχθεί για το ΕΝΕΔΗ τα ΚΔ των Πανεπιστημίων Κρήτης και Κύπρου δημιούργησαν ένα γεωγραφικά κατανομημένο ΚΔ από το οποίο το σύστημα ΕΝΕΔΗ μπορεί να συλλέξει μετρικές ενεργειακής κατανάλωσης, παραγωγής και χρήσης υπολογιστικών πόρων.

Στη συνέχεια, παρουσιάστηκε η εκτέλεση ενός πειράματος πραγματικής κλίμακας μεταξύ των συμμετεχόντων ΚΔ στην υποδομή των οποίων έχει εγκατασταθεί το σύστημα ΕΝΕΔΗ (ΚΔ Πανεπιστημίων Κρήτης και Κύπρου) και έγινε χρήση συνθετικών φόρτων εργασίας για την υπερχρήση πόρων των κέντρων δεδομένων αυτών για τη δοκιμή του συστήματος παρακολούθησης και διαχείρισης φόρτου κέντρων δεδομένων ΕΝΕΔΗ. Έγινε συλλογή και συσχέτιση μετρικών υπολογιστικής χρησιμότητας με την κατανάλωση ενέργειας του Κ.Δ. και προέκυψαν χρήσιμα συμπεράσματα ως προς την οικονομία και το ενεργειακό αποτύπωμα του κάθε ΚΔ.