30ο ΕΤΗΣΙΟ ΕΘΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΙΕΝΕ
ΕΝΕΡΓΕΙΑ & ΑΝΑΠΤΥΞΗ
3 & 4 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2026

Συνεδρία VI - Artificial Intelligence (AI), Digitalization & Data Centers.

ΕΙΣΗΓΗΣΗ Δρ ΔΙΟΝΥΣΙΟΥ ΞΕΝΟΥ

«Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ DATA CENTERS ΑΥΞΑΝΕΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΤΙΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΨΥΞΗΣ, ΣΕ ΝΕΡΟ. ΠΩΣ ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΟΥΜΕ ΤΗΝ AI ΚΑΙ ΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ, ΩΣΤΕ ΝΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΟΥΜΕ ΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΚΟ ΤΟΥΣ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ, ΧΩΡΙΣ ΝΑ ΕΠΙΒΑΡΥΝΟΥΜΕ ΤΙΣ ΤΟΠΙΚΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΕΣ;»

Η βιώσιμη ανάπτυξη των Data Centers απαιτεί τη μετάβαση από την απλή κατανάλωση στην «έξυπνη» και δυναμική διαχείριση πόρων, με αιχμή του δόρατος την τεχνητή νοημοσύνη (AI) και τα Έξυπνα Δίκτυα Νερού (Smart Water Networks).

Η πρόκληση είναι διπλή: η τεράστια ανάγκη για ηλεκτρική ενέργεια συνδέεται άρρηκτα με την ανάγκη για ψύξη, η οποία συχνά βασίζεται στο νερό. Για να μην επιβαρύνονται οι τοπικές κοινωνίες και οι υποδομές, η λύση δεν είναι απλώς η αποδοτικότητα εντός του Data Center, αλλά η πλήρης ενσωμάτωσή του στα ψηφιακά δίκτυα της πόλης.

1. AI ΚΑΙ ΕΞΥΠΝΑ ΔΙΚΤΥΑ ΝΕΡΟΥ: ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΖΕΥΞΗ

Τα Έξυπνα Δίκτυα Νερού χρησιμοποιούν, σε όλη την υποδομή της πόλης:

Α. Ψηφιοποίηση & Έξυπνη Μέτρηση (Smart Metering)

- Έξυπνοι Υδρομετρητές (Smart Meters)
- Συστήματα AMR / AMI

Β. Συστήματα IoT & Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα

- Ασύρματα Δίκτυα Διασύνδεσης
- Internet of Things (IoT) & Data Loggers

Γ. Smart Εφαρμογές & Διαχείριση (Software & Analytics)

- Συστήματα Τηλεμετρίας & SCADA
- WebGIS & Χωρική Ανάλυση

Δ. AI (Τεχνητή Νοημοσύνη) & Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων

- Μοντέλα Predictive Analytics (AI/ML)
- Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (DSS)

Η AI μπορεί να γεφυρώσει τα δεδομένα του Data Center με αυτά των δικτύων νερού:

- **Πρόβλεψη και Συντονισμός Ζήτησης:** Η AI αναλύει τις ανάγκες ψύξης του Data Center σε πραγματικό χρόνο (βάσει υπολογιστικού φόρτου) και τις αντιπαραβάλλει με την καταναλωτική ζήτηση της τοπικής κοινωνίας. Έτσι, το Data Center μπορεί να «τραβάει» νερό ή να γεμίζει τις δεξαμενές αποθήκευσής του σε ώρες χαμηλής ζήτησης (π.χ. ολονύκτια), εκμηδενίζοντας το ρίσκο πτώσης της πίεσης για τους πολίτες.
- **Ανίχνευση Διαρροών και Πρόληψη:** Οι αλγόριθμοι AI στα έξυπνα δίκτυα εντοπίζουν μικροδιαρροές στην παροχή προς το Data Center πριν αυτές εξελιχθούν σε σοβαρές βλάβες, διασφαλίζοντας ότι ούτε μια σταγόνα δεν πάει χαμένη.

2. ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΝΕΡΟΥ

Τα σύγχρονα Data Centers δεν πρέπει να ανταγωνίζονται τους πολίτες για το πόσιμο νερό και άλλες χρήσεις.

- **Ανακυκλωμένο & Γκρίζο Νερό:** Με τη χρήση AI για τον έλεγχο της ποιότητας, τα Data Centers μπορούν να χρησιμοποιούν επεξεργασμένα αστικά λύματα (γκρίζο νερό) ή βιομηχανικό νερό για τα συστήματα ψύξης τους.

- **Έξυπνη Διαχείριση On-site Ανακύκλωσης:** Το νερό που εξατμίζεται ή απορρίπτεται από τους πύργους ψύξης μπορεί να υποστεί επεξεργασία εντός της εγκατάστασης. Η AI βελτιστοποιεί τους κύκλους συμπύκνωσης, μειώνοντας δραστικά την ανάγκη για «φρέσκο» νερό εισόδου.

3. Η ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ: ΨΥΞΗ ΜΕ ΜΗΔΕΝΙΚΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ

Η τεχνολογία ψύξης καθορίζει την ισορροπία μεταξύ ενέργειας και νερού. **Η AI λειτουργεί ως ο απόλυτος ενορχηστρωτής:**

- **Υβριδικά Συστήματα Ψύξης:** Όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι χαμηλή, η AI επιλέγει την «ξηρή ψύξη» (αέρας), η οποία καταναλώνει μόνο ρεύμα και καθόλου νερό. Όταν η ζήτηση κορυφώνεται ή η εξωτερική ζήτηση αυξάνεται, μεταβαίνει προσεκτικά σε υγρή (εξατμιστική) ψύξη.
- **Προηγμένη Υγρή Ψύξη (Direct-to-Chip & Immersion Cooling):** Οι τεχνολογίες αυτές μειώνουν την ανάγκη για τεράστιες ποσότητες νερού, καθώς το ψυκτικό υγρό κυκλοφορεί σε κλειστό κύκλωμα. Η AI ρυθμίζει τη ροή ανάλογα με τη θερμοκρασία του κάθε επεξεργαστή, ελαχιστοποιώντας την απαιτούμενη ενέργεια για τις αντλίες.

4. DATA CENTERS ΩΣ «ΕΝΕΡΓΟΙ ΠΟΛΙΤΕΣ» ΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ

Με τις σωστές τεχνολογίες, ένα Data Center μετατρέπεται από «βάρος» σε ωφέλιμη υποδομή:

- **Τηλεθέρμανση:** Η θερμότητα που αφαιρείται από το Data Center (μέσω του νερού ψύξης) μπορεί, μέσω έξυπνων θερμικών δικτύων, να διοχετευθεί για τη θέρμανση τοπικών κατοικιών, θερμοκηπίων ή κολυμβητηρίων, εξοικονομώντας ενέργεια για την τοπική κοινωνία.
- **Virtual Power Plants (VPP):** Τα Data Centers διαθέτουν τεράστιες υποδομές αποθήκευσης ενέργειας (μπαταρίες). Μέσω AI,

μπορούν να επιστρέφουν ενέργεια στο τοπικό ηλεκτρικό δίκτυο σε ώρες αιχμής, σταθεροποιώντας το.

ΣΥΝΟΨΗ: Η λύση βρίσκεται στην **ψηφιακή ενοποίηση**. **Όταν η AI ελέγχει ταυτόχρονα το εσωτερικό του Data Center και επικοινωνεί με τα Έξυπνα Δίκτυα Νερού και Ενέργειας της πόλης, η υποδομή παύει να λειτουργεί απομονωμένα. Μετατρέπεται σε ένα οικοσύστημα κυκλικής οικονομίας που προστατεύει τους τοπικούς πόρους και κερδίζει την κοινωνική αποδοχή.**

Σύμφωνα με τον ΑΔΜΗΕ, πάνω από 12GW Αιτήσεων για DATA CENTERS.

Η ισχύς των ευρωπαϊκών DATA CENTERS αναμένεται να διπλασιαστεί, έως το 2032, ξεπερνώντας τα 30GW.

Επενδύσεις μαμούθ (2,6 τρις Ευρώ0 για την αναβάθμισή τους.

Η διαχείριση του υδατικού αποτυπώματος των Data Centers καθίσταται κρίσιμη, καθώς η ραγδαία εξάπλωση της Generative AI αυξάνει εκθετικά τις ανάγκες ψύξης, απειλώντας την υδατική ασφάλεια.

Σύμφωνα με τα στοιχεία, η παγκόσμια ετήσια κατανάλωση νερού για AI (άμεση ψύξη και έμμεση για παραγωγή ρεύματος) αναμένεται να εκτοξευθεί από τα ~97 δισ. λίτρα το 2024 στα **1,068 τρισ. λίτρα έως το 2028** (αύξηση 11 φορές).

ΠΙΕΣΕΙΣ ΣΤΑ ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ & ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΝΕΡΟΥ

- **Ανταγωνισμός Πόρων:** Η κατακόρυφη αύξηση της ζήτησης για ψύξη, ειδικά τους θερμούς μήνες στη Νότια Ευρώπη, εντείνει τον ανταγωνισμό για το προσβάσιμο νερό ανάμεσα σε βιομηχανία, γεωργία και ύδρευση.
- **Τοπική Κρίση (Αττική):** Με τους ταμιευτήρες νερού του λεκανοπεδίου σε υποχώρηση, η σωρευτική ανάγκη των νέων Data Centers δημιουργεί έντονη πίεση.

- **Παράδειγμα Σπάτων-Κορωπίου (Microsoft):** Χρησιμοποιείται σύστημα άμεσης εξατμιστικής ψύξης (ενεργοποιείται όταν η εξωτερική θερμοκρασία ξεπερνά τους 29,4 °C). Το νερό εκτελεί 2 έως 5 κύκλους στο σύστημα πριν εξατμιστεί, ενώ το υπόλοιπο απορρίπτεται και διοχετεύεται στις δημοτικές μονάδες επεξεργασίας λυμάτων των γύρω Δήμων.

ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΑ ΔΙΚΤΥΑ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ

- **Υψηλό Κόστος Μετάβασης**
- **Έμμεσο Υδατικό Αποτύπωμα**
- **Ρυθμιστικό Κενό**

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ: Η ορθολογική διαχείριση, η επιλογή προηγμένων τεχνολογιών ψύξης και η διαφανής συνεργασία με τους τοπικούς διαχειριστές δικτύων αποτελούν πλέον μονόδρομο για τη βιώσιμη ανάπτυξη των υποδομών αυτών.

Η επιλογή και η βελτιστοποίηση των τεχνολογιών ψύξης αποτελεί το πιο κρίσιμο πεδίο για την ταυτόχρονη μείωση του ενεργειακού και υδατικού αποτυπώματος στα Data Centers. Καθώς τα thermal loads αυξάνονται λόγω των high-density GPUs για εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης, οι παραδοσιακές μέθοδοι cloud καθίστανται ανεπαρκείς.

Ακολουθούν οι βασικές τεχνολογίες ψύξης και ο τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνουν τη βέλτιστη ισορροπία μεταξύ κατανάλωσης ρεύματος και νερού:

1. Advanced Liquid Cooling (Προηγμένη Υγρή Ψύξη)

Η μεταφορά θερμότητας μέσω υγρού είναι έως και 25 φορές πιο αποδοτική από ό,τι μέσω αέρα, επιτρέποντας τη διαχείριση υψηλών θερμικών φορτίων με κλειστά κυκλώματα νερού.

- **Direct-to-Chip Cooling (Ψύξη απευθείας στο chip)**

- **Immersion Cooling (Ψύξη με εμβάπτιση)**

2. Hybrid & Smart Free Cooling (Υβριδικά Συστήματα)

Η τεχνολογία free cooling αξιοποιεί τον εξωτερικό αέρα περιβάλλοντος για την ψύξη του Data Center. Τα έξυπνα συστήματα εναλλάσσουν τη λειτουργία τους ανάλογα με τον καιρό:

- **Ξηρή Ψύξη (Dry Cooling / Air-Cooled Chilers)**
- **Υγρή / Εξατμιστική Ψύξη (Evaporative Cooling)**
- **Έξυπνος Υβριδικός Συνδυασμός:** Με τη βοήθεια αλγορίθμων AI, το σύστημα λειτουργεί με *ξηρή ψύξη* (μηδενικό νερό) για το μεγαλύτερο μέρος του έτους. Η *εξατμιστική ψύξη* (χρήση νερού) ενεργοποιείται **μόνο όταν η εξωτερική θερμοκρασία ξεπεράσει ένα κρίσιμο όριο** (π.χ. τους 29,4 °C στην Αττική), περιορίζοντας τη χρήση νερού σε λιγότερο από το 15% των ημερών του έτους.

3. Closed-Loop Water Recycling (Κλειστά Δίκτυα Ανακύκλωσης)

Όταν η χρήση νερού είναι απαραίτητη (π.χ. σε πύργους ψύξης), η τεχνολογία εστιάζει στην επαναχρησιμοποίησή του πριν την απόρριψη:

- **Αύξηση Κυκλικών Διαδρομών (Cycles of Concentration):** Αντί το νερό να απορρίπτεται μετά από έναν κύκλο, υποβάλλεται σε on-site φιλτράρισμα και χημική επεξεργασία, επιτρέποντάς του να πραγματοποιήσει **2 έως 5 κύκλους ψύξης** μέσα στο σύστημα πριν εξατμιστεί ή απορριφθεί.
- **Αξιοποίηση «Γκρίζου» Νερού (Greywater):** Τα συστήματα ψύξης σχεδιάζονται ώστε να μην καταναλώνουν πολύτιμο πόσιμο νερό, αλλά επεξεργασμένα αστικά λύματα από δημοτικές μονάδες, επιστρέφοντας στη συνέχεια το πλεόνασμα πίσω στις υποδομές επεξεργασίας της πόλης.

ΣΥΝΟΨΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ TRADE-OFFS

Τεχνολογία Ψύξης	Κατανάλωση Νερού	Κατανάλωση Ενέργειας	Κύριο Χαρακτηριστικό / Κόστος
Direct-to-Chip	Μηδενική (Κλειστό κύκλωμα)	Πολύ Χαμηλή	Ιδανικό για GPU servers υψηλής πυκνότητας.
Immersion Cooling	Μηδενική	Ελάχιστη	Μέγιστη απόδοση, αλλά πολύ υψηλό CapEx.
Pure Dry Cooling	Μηδενική	Υψηλή (σε καύσωνες)	Επιβαρύνει το ηλεκτρικό δίκτυο το καλοκαίρι.
Direct Evaporative	Υψηλή	Πολύ Χαμηλή	Οικονομικό, αλλά απαιτεί μεγάλες ποσότητες νερού.
Smart Hybrid	Ελεγχόμενη (<15% του έτους)	Βελτιστοποιημένη μέσω AI	Ισορροπημένη λύση για περιοχές με υδατικό στρες.

ΚΛΕΙΝΟΝΤΑΣ:

- **ΕΛΛΑΔΑ: Επενδυτική έκρηξη, «στα τυφλά» για το περιβάλλον.**
- **Δημιουργία μιας εθνικής στρατηγικής για τα DATA CENTERS.**
- **Ελάχιστες υποχρεωτικές προδιαγραφές. Δημόσια διαβούλευση, έως 14/12/2026.**
- **Τα DATA CENTERS διψάνε για νερό για να παράξουν AI, αλλά το νερό χρειάζεται την AI για να μην στερέψει.**

Ευχαριστώ!