

Καινοτόμα Συστήματα υψηλής ενεργειακής Απόδοσης: Επιδεικτικές Μονάδες Ground-Med

Δημήτρης Μενδρινός & Κώστας Καρύτσας

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας

Το έργο «Ground-Med»

- Ανάπτυξη τεχνολογίας, επίδειξη & καταγραφή μετρήσεων νέας γενιάς συστημάτων γεωθερμικών αντλιών θερμότητας για θέρμανση και ψύξη, επιτυγχάνοντας τον μέγιστο δυνατό βαθμό ενεργειακής απόδοσης (SPF)
- Μετρημένο ετήσιο SPF >5,0
- 6-ετές έργο: 2009-2014
- Συγχρηματοδοτούμενο από το FP7
- Προϋπολογισμός $\sim 7,25 \times 10^6$ €
- Κοινοτική συμμετοχή $\sim 4,3 \times 10^6$ €
- <http://www.groundmed.eu/>

Θέσεις επιδεικτικών μονάδων:



Υλοποιείται από 24 εταιρους και συντονίζεται από το ΚΑΠΕ

- CRES (ΚΑΠΕ)
- CEA
- UOradea
- ISR-UCoimbra
- UPValencia
- UCDublin
- Uradova
- IPSetubal
- KTH
- CIAT
- HIREF
- OCHSNER WP
- EHPA
- EGEC
- CRETh
- CETIAT
- GEJZIR
- GEOTEAM
- BESEL
- ECOSERVEIS
- EDRASIS
- Groenholland
- ENEREN
- FIZ

Ενεργειακά αποδοτικές τεχνολογίες που αναπτύχθηκαν ή/και δοκιμάστηκαν (1)

Αντλίες θερμότητας

- Δύο συμπιεστές (tandem)
- Ινβέρτερ
- Εξωτερική αναστροφή ψύξης-θέρμανσης
- Απόρριψη θερμότητας στο ζεστό νερό χρήσης

Συστήματα αποθήκευσης ψύξης

- Υλικό αλλαγής φάσης στους 8°C
- Παγοκυψέλες με κατάλληλα πρόσθετα

Ενεργειακά αποδοτικές τεχνολογίες που αναπτύχθηκαν ή/και δοκιμάστηκαν (2)

Τοπικές κλιματιστικές μονάδες (FCU)

- Χαμηλής θερμοκρασίας (35°C) θέρμανσης
- Νέο υλικό πτερωτής
- Κινητήρες brushless με μόνιμο μαγνήτη

Κεντρική κλιματιστική μονάδα (AHU)

- Χρήση θερμότητας συμπυκνωτή Α/Θ για αφύγρανση

Συστήματα θέρμανσης/ψύξης

- Ενδοτοιχίο

Ενεργειακά αποδοτικές τεχνολογίες που αναπτύχθηκαν ή/και δοκιμάστηκαν (3)

Κυκλοφορητές

- Έξυπνοι μεταβλητών στροφών, ενεργειακής τάξης A

Γεωεναλλάκτες

- Υπερδιαστασιολογημένοι για καλύτερη απόδοση
- Νερό (χωρίς αντιψυκτικό) ως μέσο μεταφοράς θερμότητας
- Πλήρωση με ψηφίδα εντός του υδροφόρου
- Πλήρωση με μίγμα μπετονίτη υπεράνω του υδροφόρου
- Παροχή ψύξης απευθείας από τον γεωεναλλάκτη

Ενεργειακά αποδοτικές τεχνολογίες που αναπτύχθηκαν ή/και δοκιμάστηκαν (4)

Ρύθμιση λειτουργίας συστημάτων θέρμανσης-ψύξης

- Θέρμανση αιχμής με max 40°C στα FCU
- Ψύξη αιχμής με min 15°C στα FCU
- Αντιστάθμιση θερμοκρασίας ανάλογα με το θερμικό φορτίο
- Συγχρονισμός συμπιεστή με τον εξωτερικό κυκλοφορητή και όπου είναι εφικτό και με τον εσωτερικό και τις κλιματιστικές
- Ρύθμιση των συχνοτήτων του συμπιεστή, κυκλοφορητών και φανκόνιλ με μικροεπεξεργαστή με βάση αλγόριθμους που προέκυψαν από πειραματική λειτουργία

Στόχοι με βάση το SPF

Υπολογισμός 4 τιμών COP, SPF

1. Ηλεκτρική κατανάλωση στους συμπιεστές της A/Θ
2. + ηλεκτρική κατανάλωση στον εξωτερικό κυκλοφορητή
3. + ηλεκτρική κατανάλωση στους εσωτερικούς κυκλοφορητές
4. + ηλεκτρική κατανάλωση στις κλιματιστικές μονάδες (FCU & AHU)

$$\text{COP} = \frac{\text{Ωφέλιμη στιγμιαία ισχύς}}{\text{Καταναλισκόμενη στιγμιαία ηλεκτρική ισχύς}}$$

$$\text{SPF} = \frac{\text{Ωφέλιμη ενέργεια σε ορισμένη χρονική περίοδο}}{\text{Καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια στην ίδια χρονική περίοδο}}$$

Σύστημα καταγραφής μετρήσεων

Μετρήσεις

- Θερμιδομετρητές Brunata ή Landis & Gyr
- Αναλυτές ηλεκτρικής ενέργειας Carlo Gavazzi

Καταγραφή

- Συλλογή μετρητικών δεδομένων σε τοπικό Η/Υ
- Μετρήσεις ανά 15 sec, καταγραφή σε αρχείο .txt ανά λεπτό
- Αποστολή μέσω ftp ανά 10 min στον κεντρικό σέρβερ του έργου
 - Hewlett Packard DL120 G7 Rack Data Server
- Διαθέσιμα για κατέβασμα από το διαδίκτυο σε μορφή αρχείων .csv
 - Αναλυτικές μετρήσεις ανά ημέρα (daily files)
 - Συνοπτικές μετρήσεις με μέσες ημερήσιες τιμές (user defined period)

Τοπικό κέντρο διανομής της CIAΤ, Septèmes les Vallons, Μασσαλία

Ισχύς:

⇒ 25,0 kW θέρμανση

⇒ 22,5 kW ψύξη

Γεωαναλλάκτης:

6 x 100m,

• τύπος Διπλό-U

⇒ 11°C το χειμώνα

⇒ 17°C το καλοκαίρι



Τεχνολογίες

Αντλία θερμότητας

- Πρωτότυπη της CIAT με δύο συμπιεστές

Δεξαμενή αποθήκευσης ψύξης

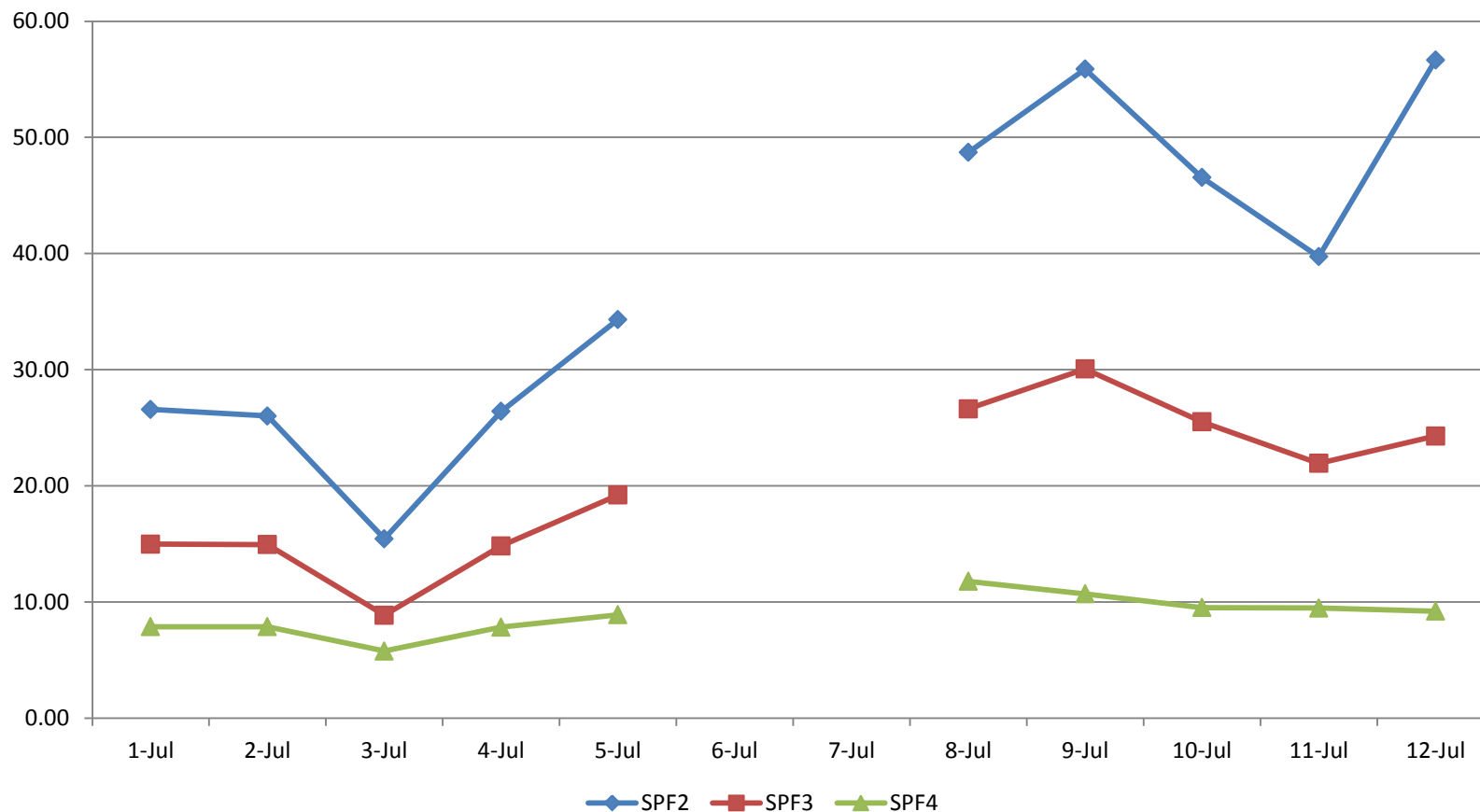
- Πρωτότυπη της CRISTOPIA

Κλιματιστική μονάδα (AHU)

- Πρωτότυπη της CIAT που αξιοποιεί θερμότητα από τον συμπυκνωτή Α/Θ για αφύγρανση

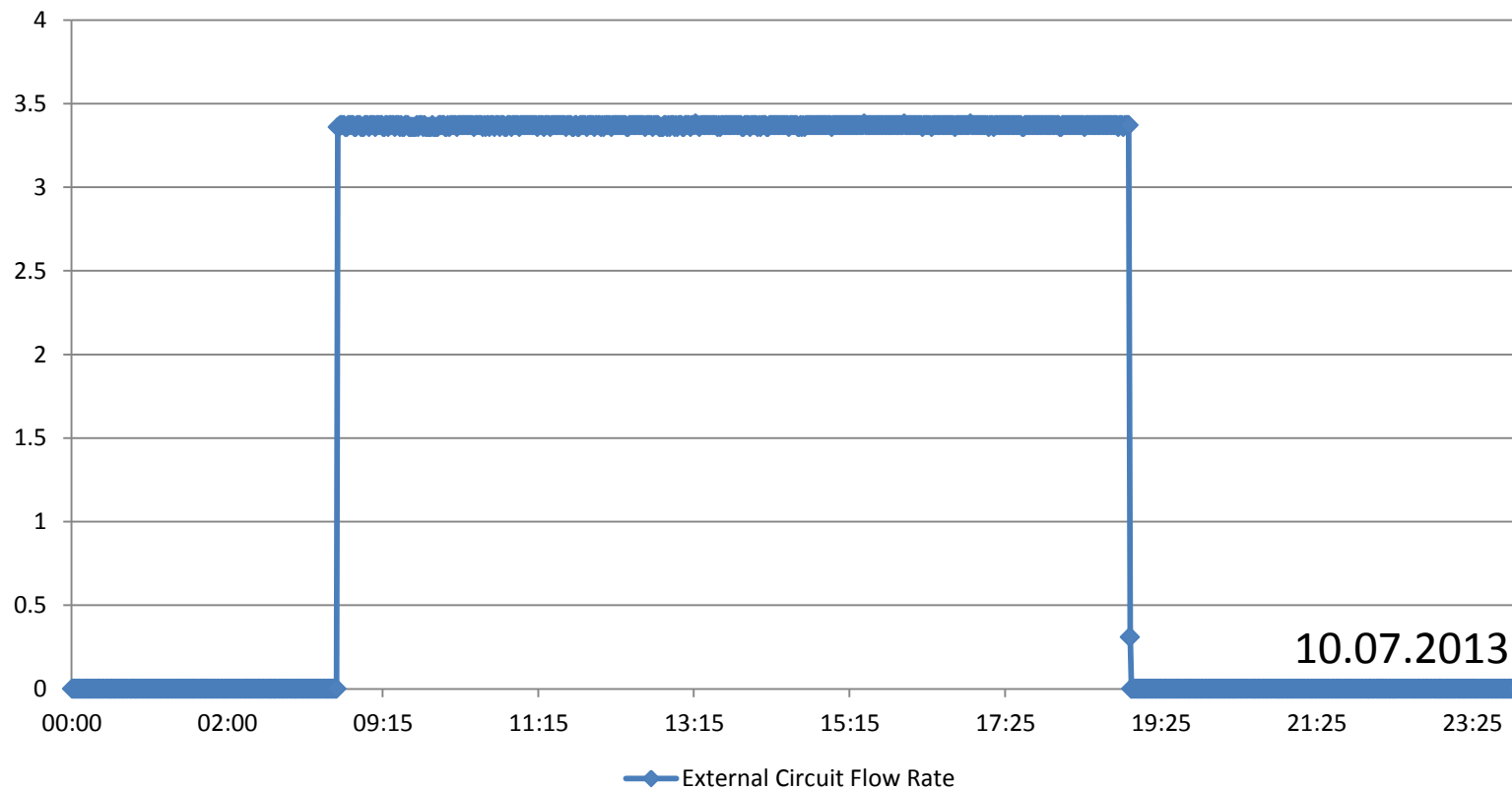


Ελεύθερη ψύξη (απευθείας από τον γεωεναλλάκτη)

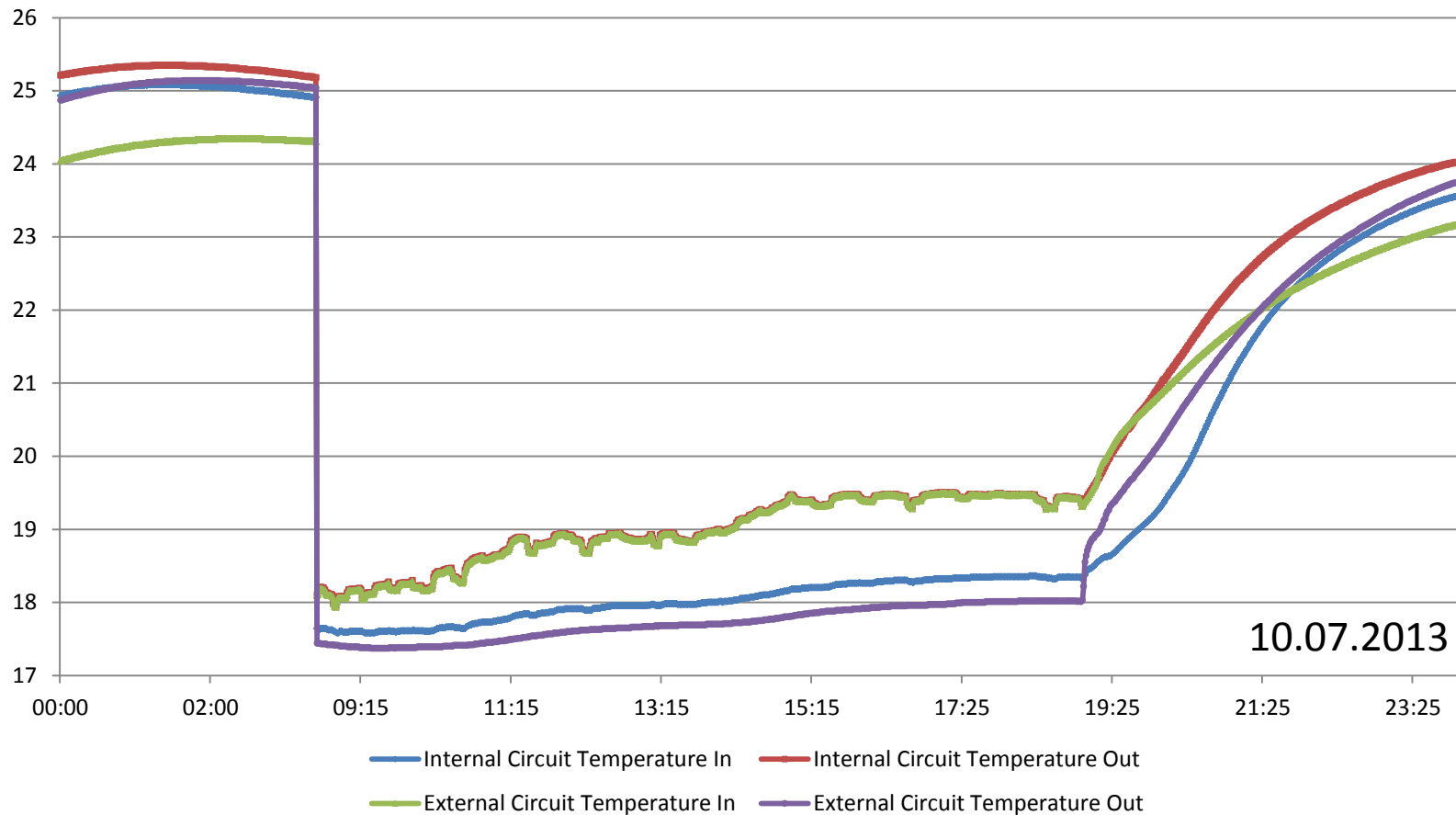


Παροχή, m³/h

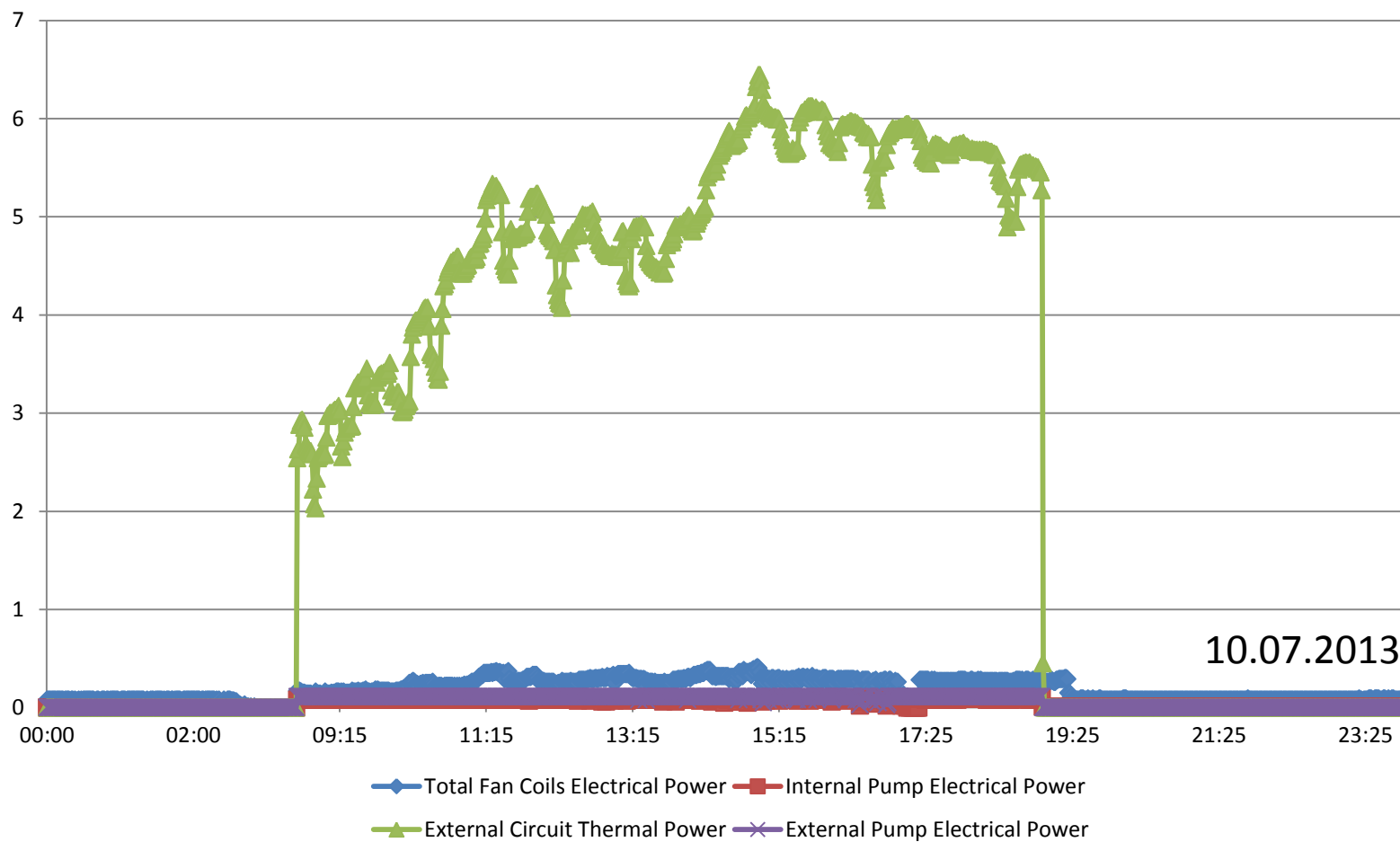
Εξωτερικό κύκλωμα (γεωεναλλάκτη)



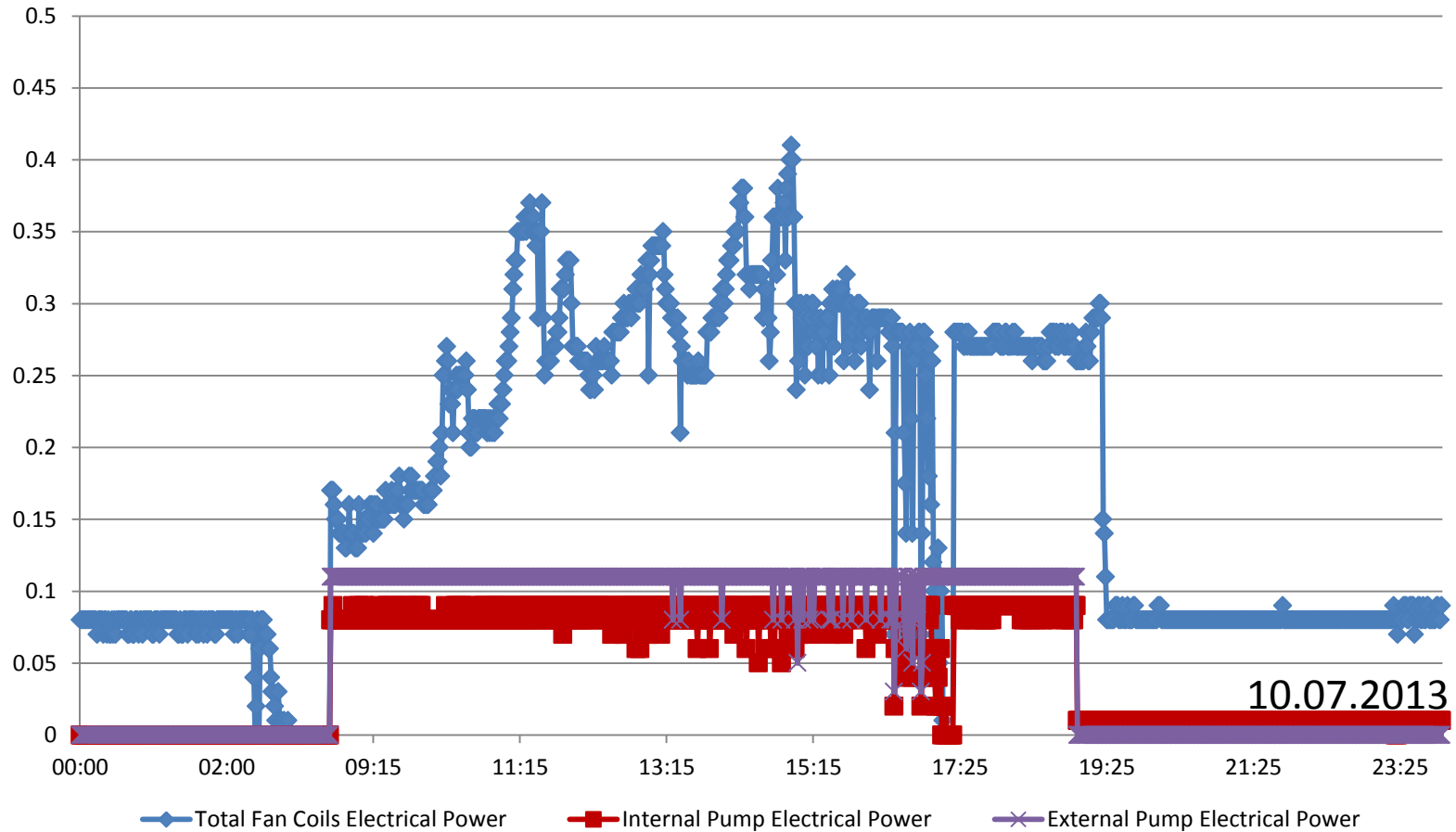
Θερμοκρασία νερού, °C



Ψυκτική ισχύς, kW

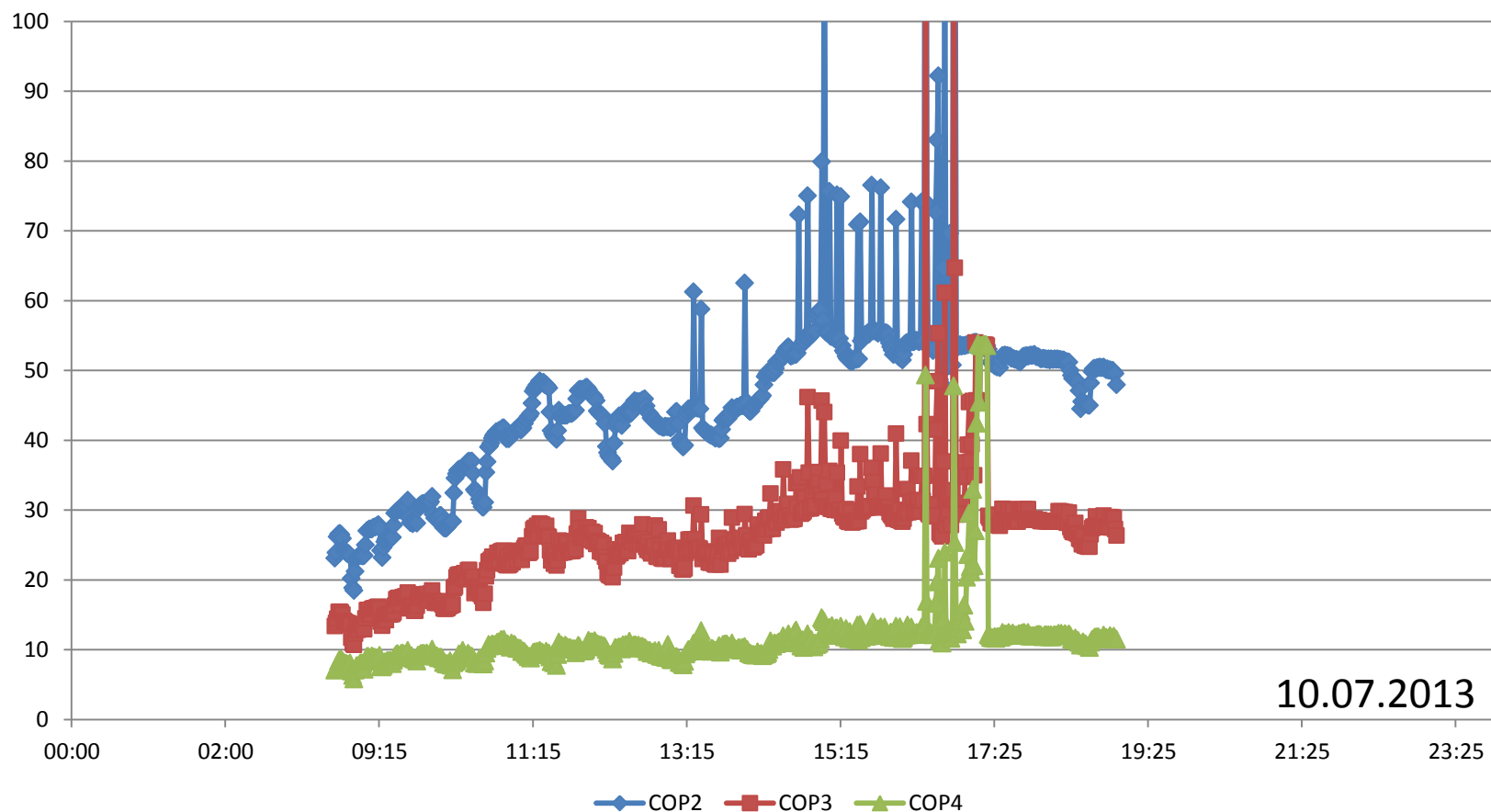


Ηλεκτρικές καταναλώσεις, kW



10.07.2013

Χρονικές μεταβολές του COP



10.07.2013

Γραφεία της Περιφέρειας της Coimbra

Ισχύς:

⇒ 34 kW θέρμανση

⇒ 48 kW ψύξη

Γεωμεταλλάκτης:

7 x 125m,

• τύπος Διπλό-U

⇒ 16°C το χειμώνα

⇒ 20°C το καλοκαίρι



Τεχνολογίες

Αντλία Θερμότητας

- Πρωτότυπη της CIAT με δύο συμπιεστές

FCU

- Πρωτότυπα της CIAT
- χαμηλής ηλεκτρικής κατανάλωσης
- θέρμανση χαμηλής θερμοκρασίας

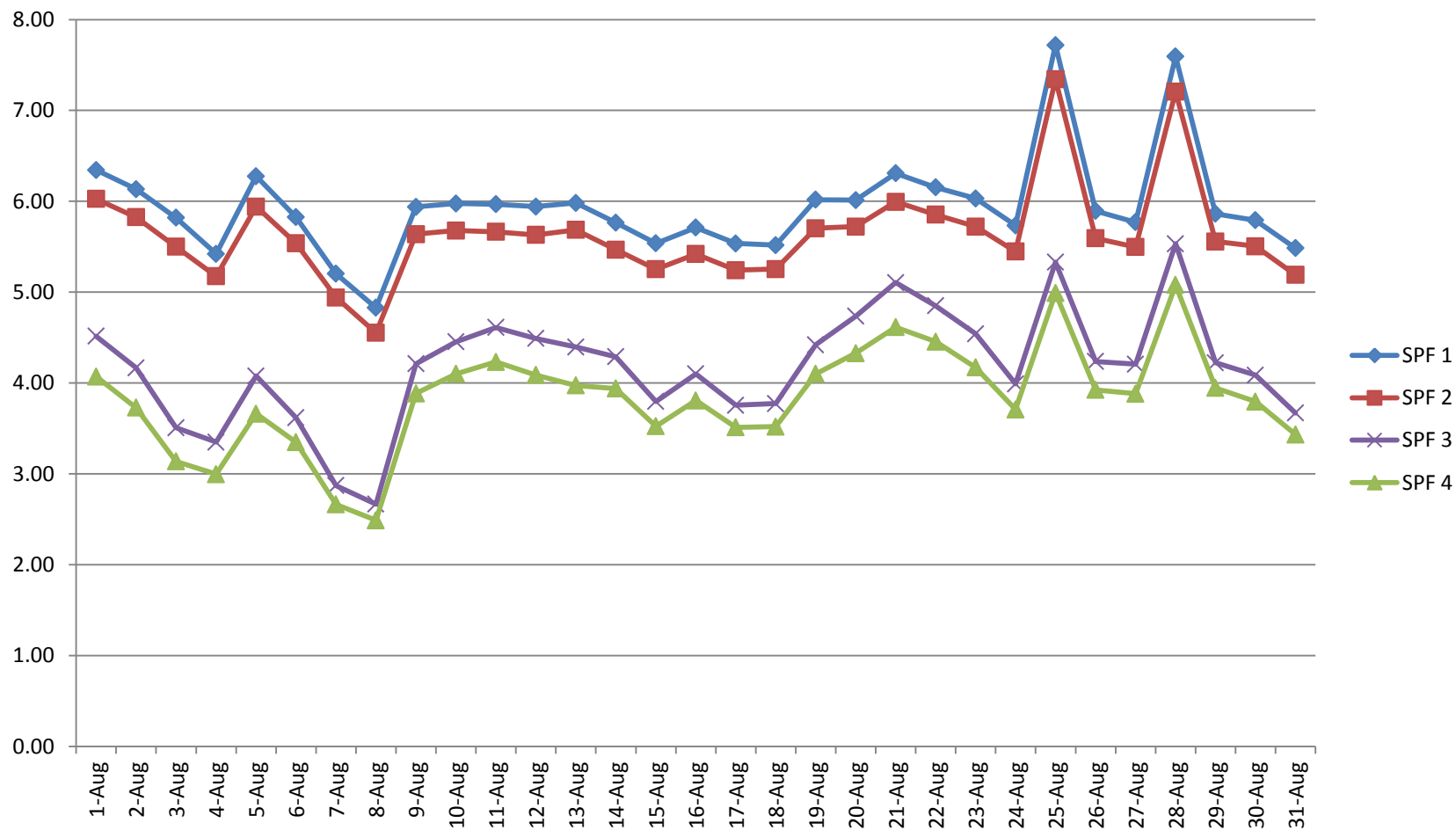


Θέρμανση-ψύξη με FCU οροφής

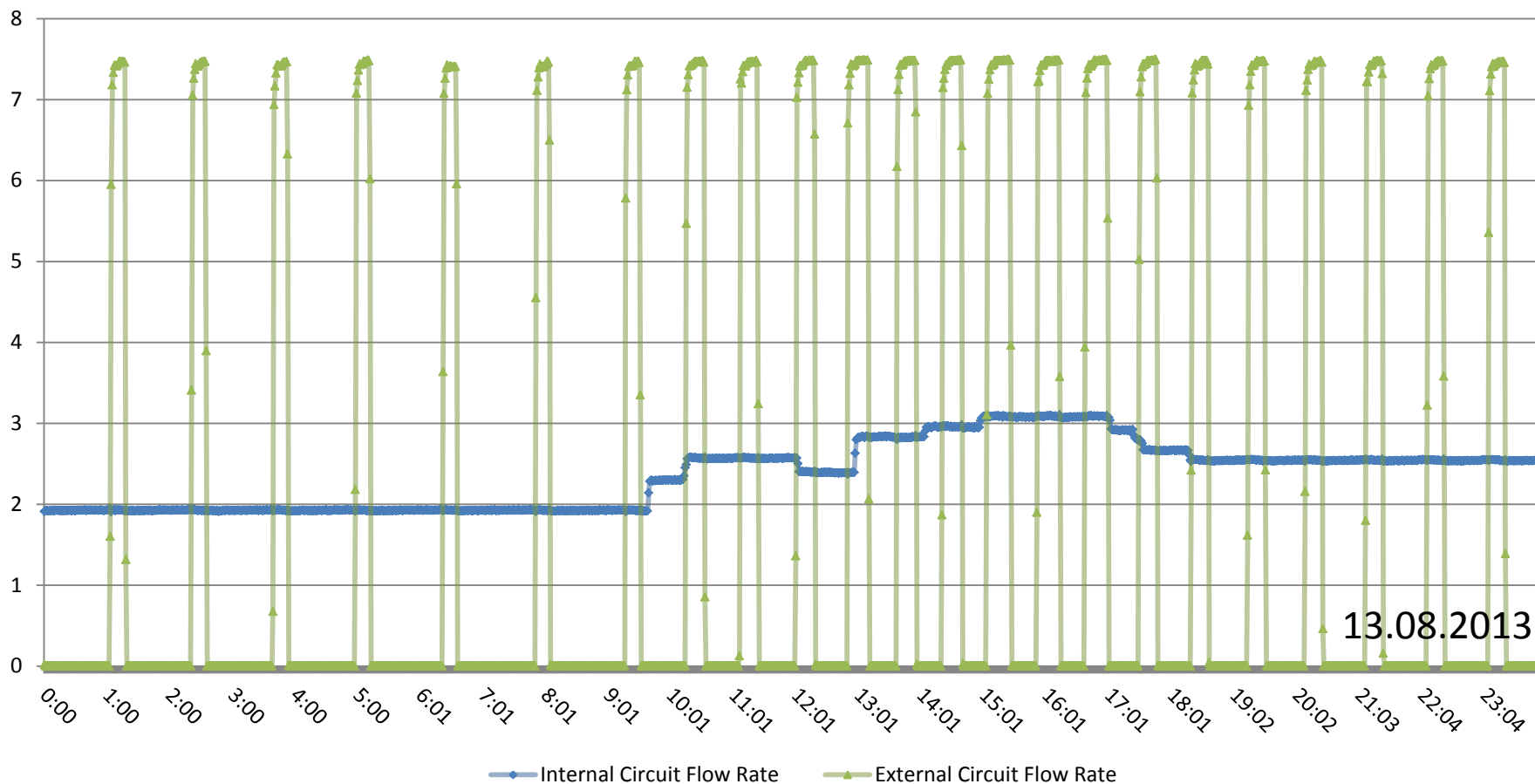


Αθήνα, 27 Νοεμβρίου 2013

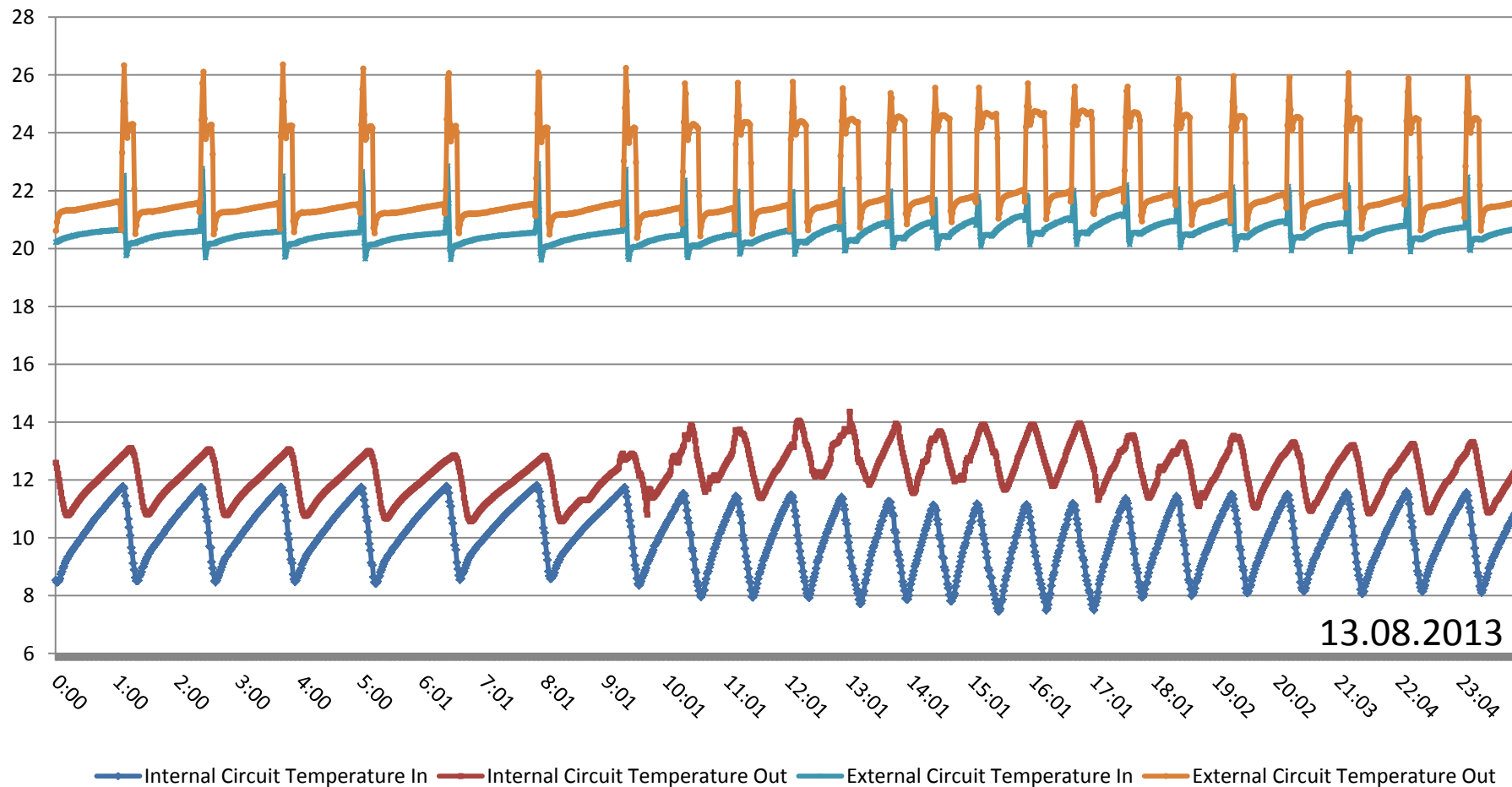
Ψύξη



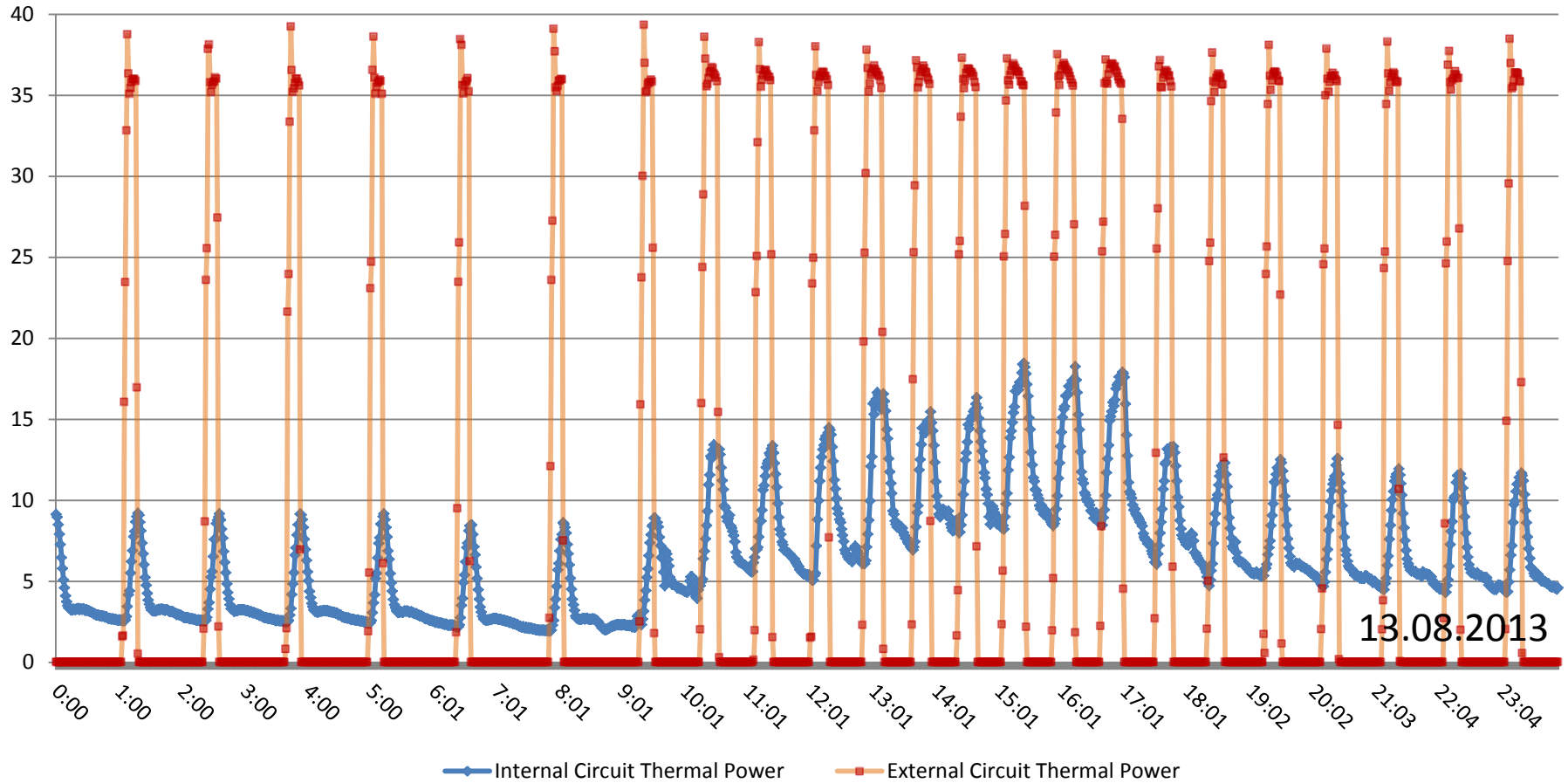
Παροχή νερού, m³/h



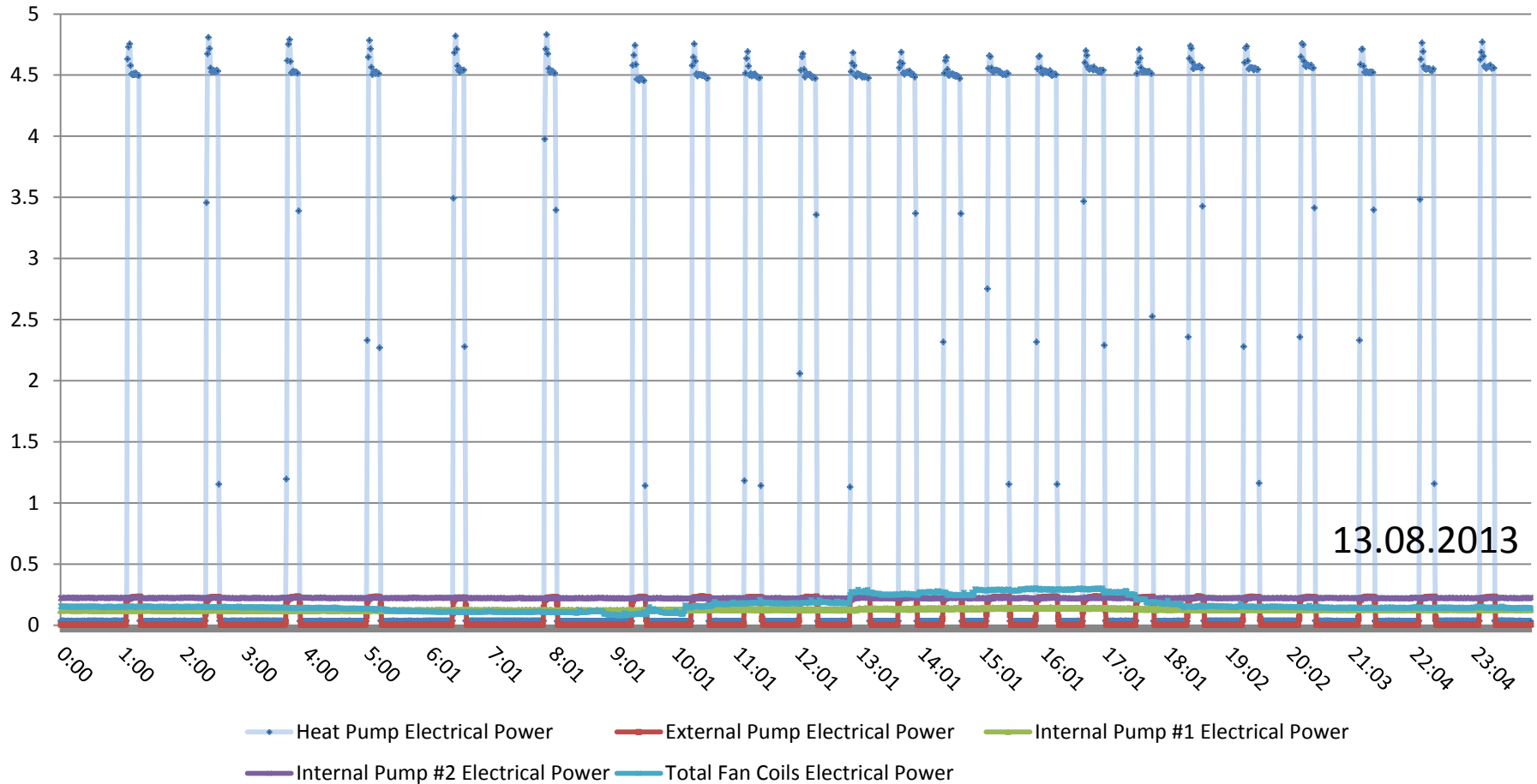
Θερμοκρασίες νερού, °C



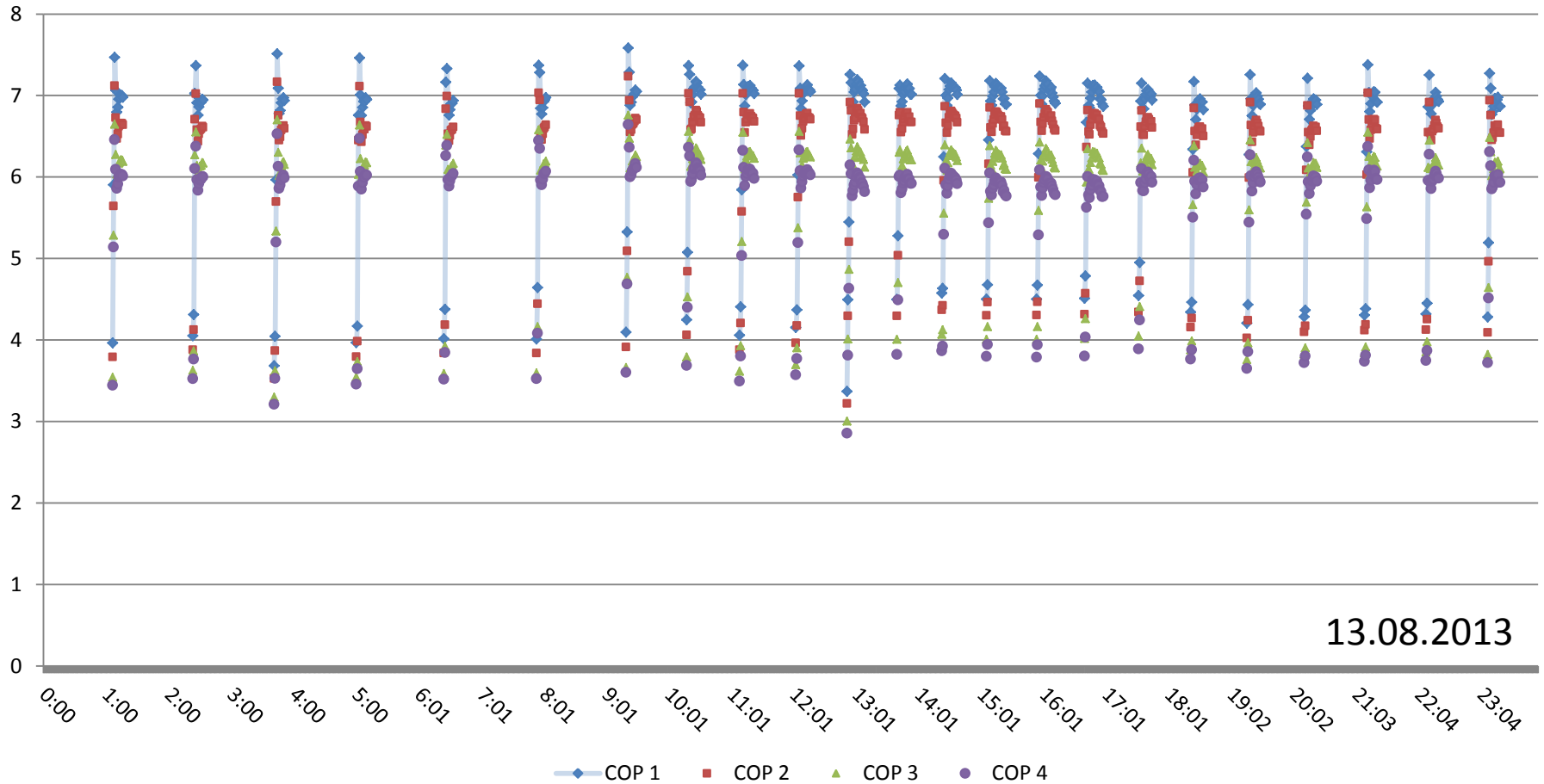
Ψυκτική ισχύς, kW



Ηλεκτρικές καταναλώσεις, kW



Χρονικές μεταβολές του COP



13.08.2013

Εκθεσιακό κέντρο ΑΠΕ, La Fabrica de Sol, Βαρκελώνη

Ισχύς:

⇒ 38 kW θέρμανση

⇒ 31 kW ψύξη

Γεωαναλλάκτης:

6 x 110m,

• τύπος Απλό-U

⇒ 9°C το χειμώνα

⇒ 29°C το καλοκαίρι



Τεχνολογίες

Αντλία Θερμότητας

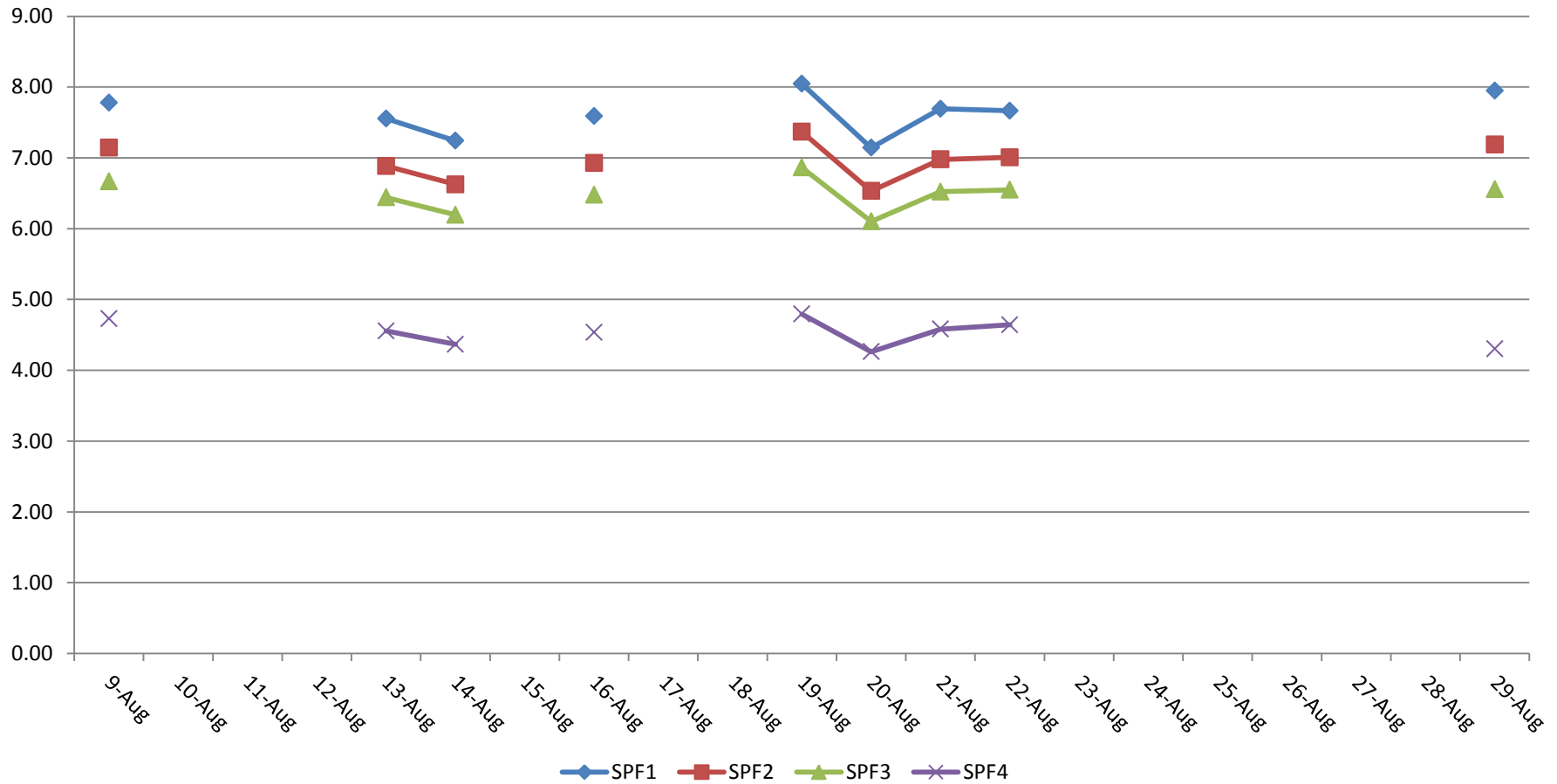
- Πρωτότυπη της CIAT με δύο συμπιεστές

BEMS

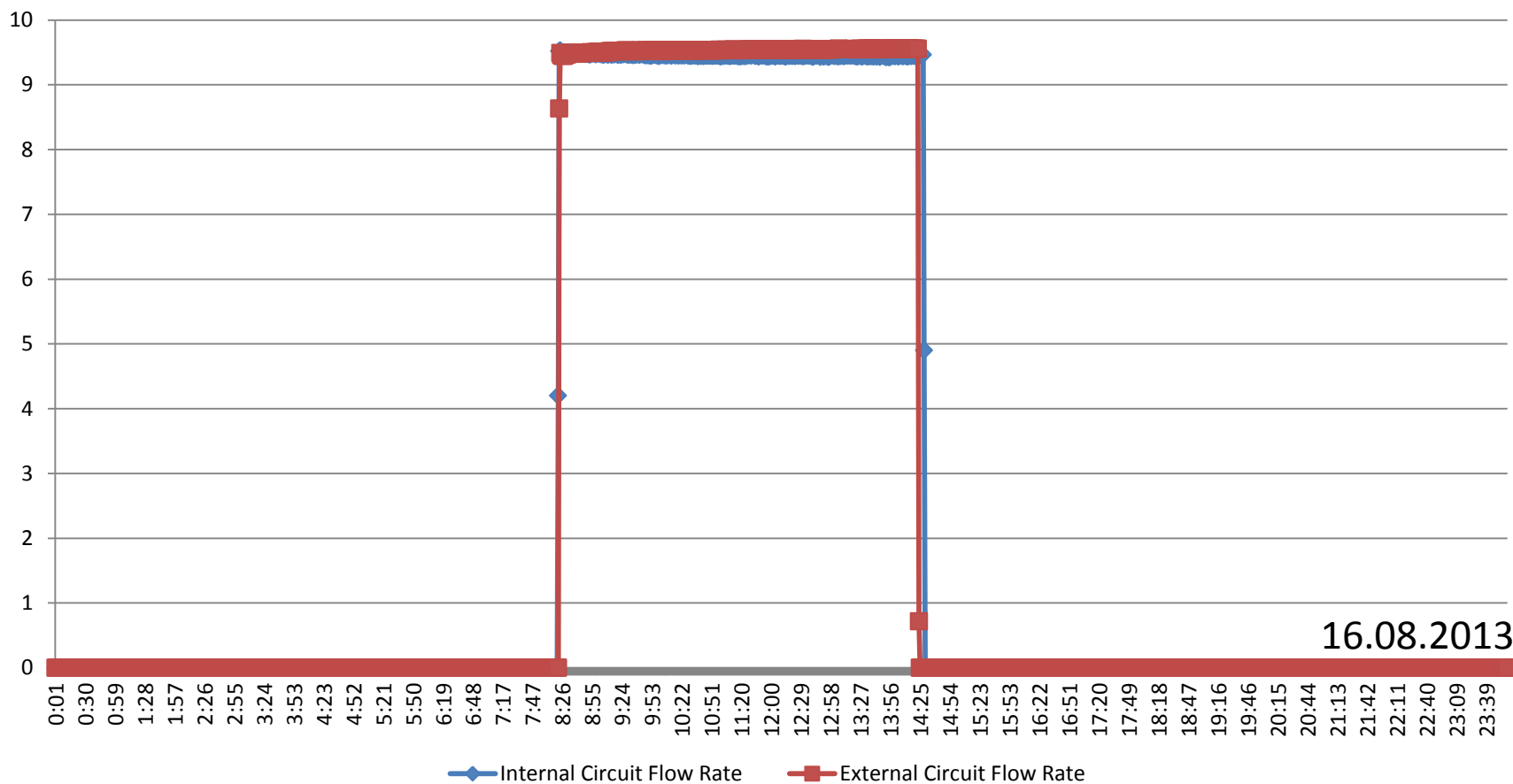
- Τα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης του κτηρίου (BEMS), σε συνεργασία με τον μικροεπεξεργαστή της Α/Θ, συγχρονίζει τη λειτουργία του συμπιεστή, των κυκλοφορητών και της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας.



Ψύξη

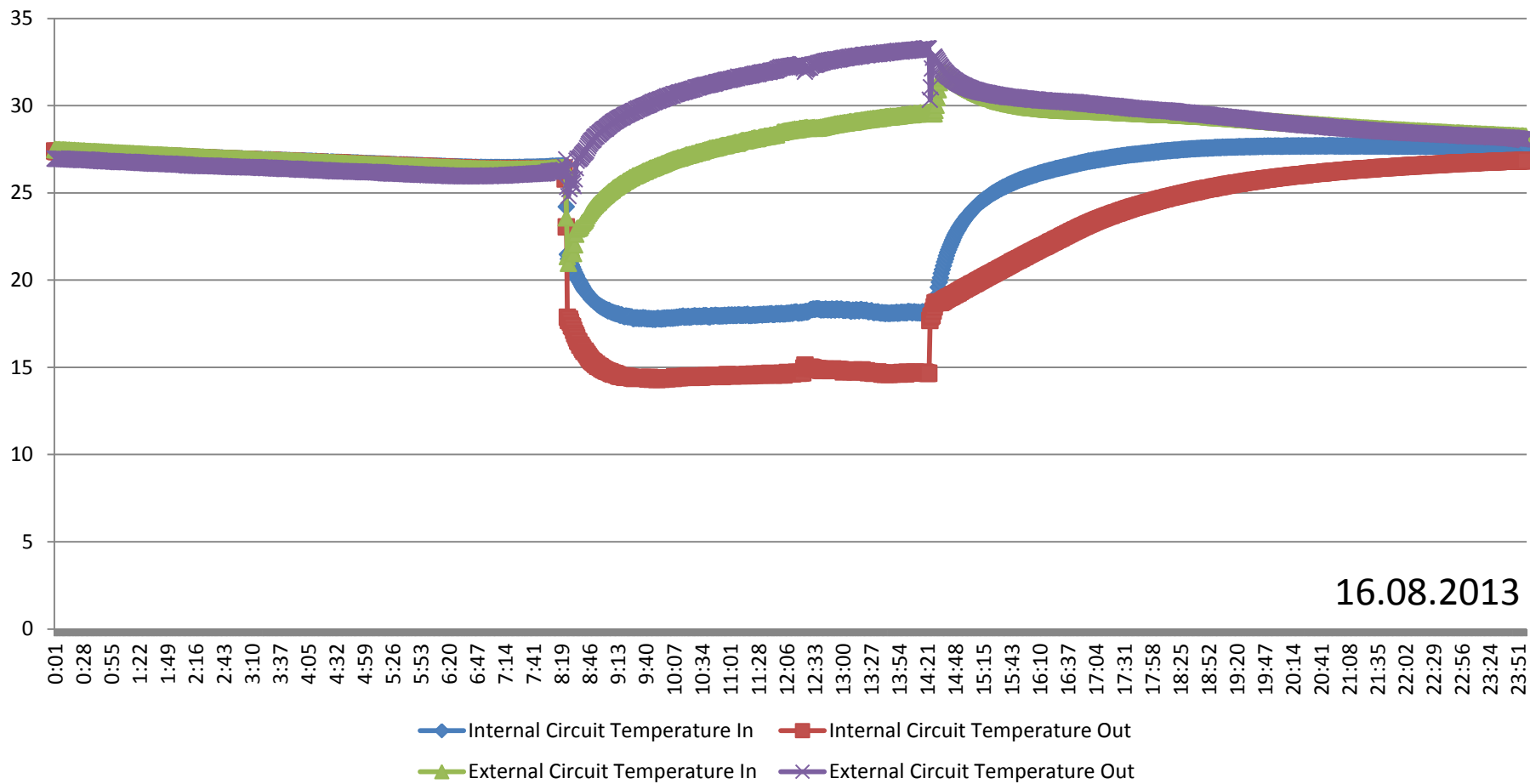


Παροχή νερού, m³/h



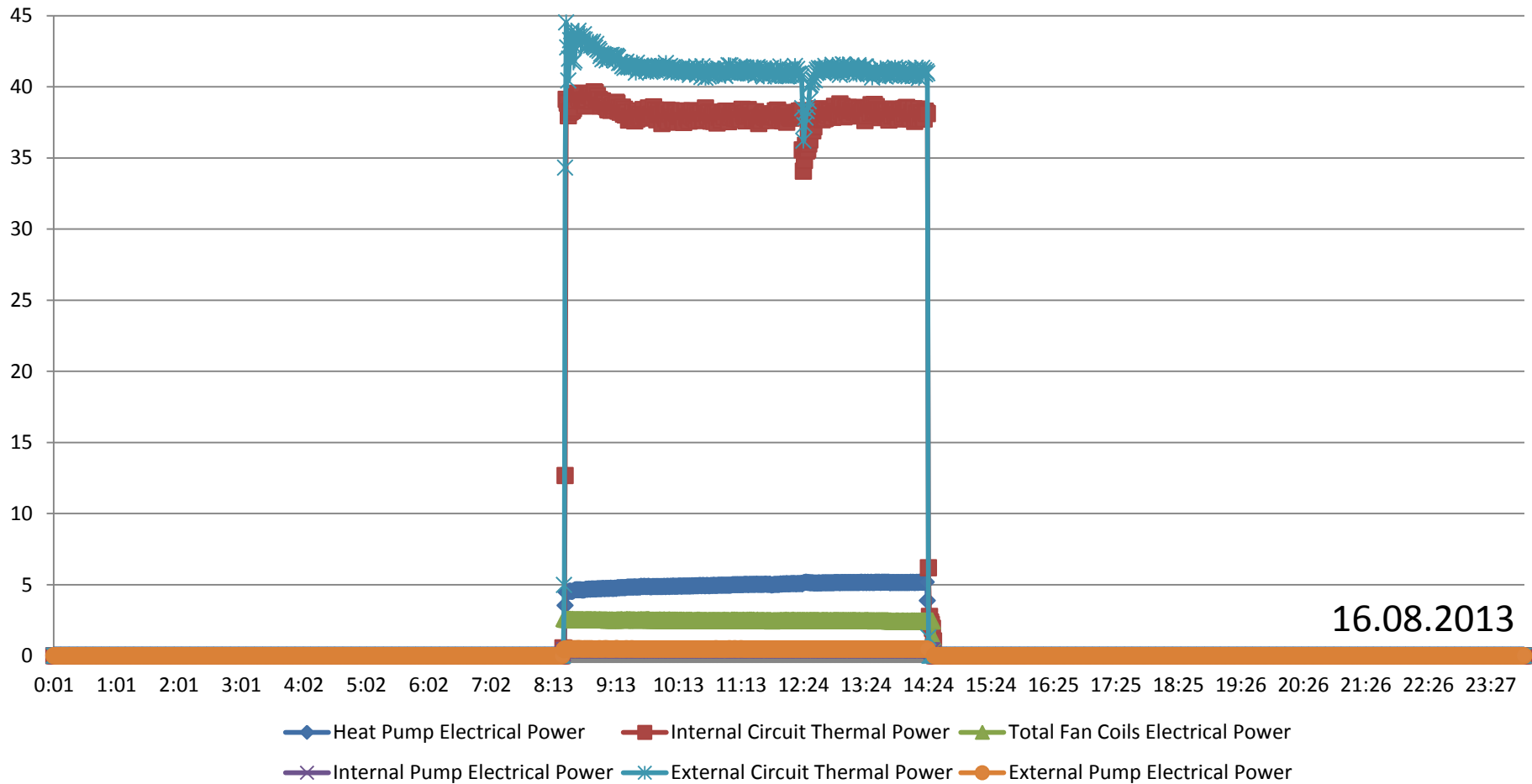
16.08.2013

Θερμοκρασία νερού, °C

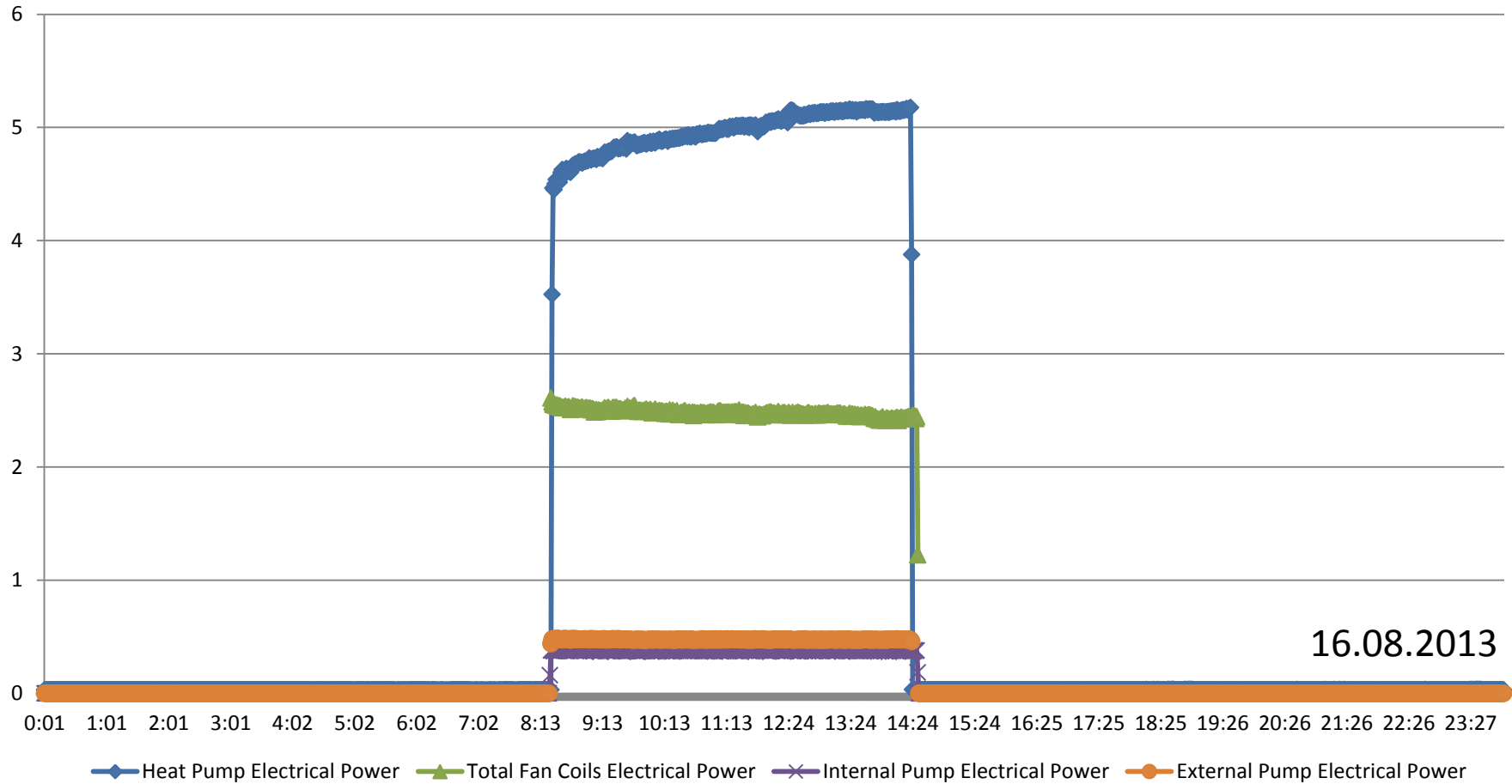


16.08.2013

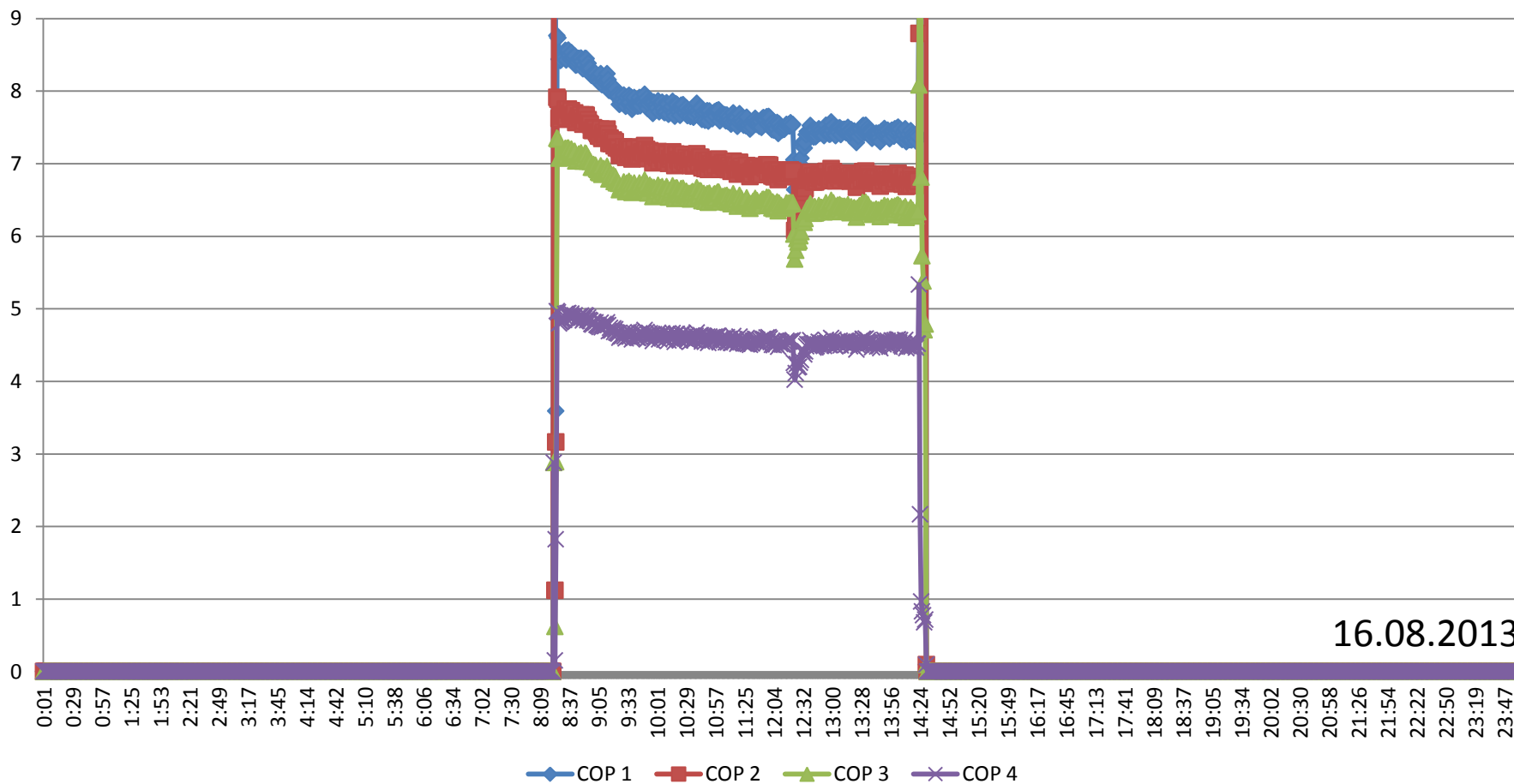
Ψυκτική ισχύς, kW



Ηλεκτρικές καταναλώσεις, kW



Χρονικές μεταβολές COP



16.08.2013

Κτήριο της Πολυτεχνειούπολης της Βαλένθια

Ισχύς:

⇒ 17 kW θέρμανση

⇒ 15 kW ψύξη

Γεωαναλλάκτης:

6 x 50m,

• τύπος Απλό-U

⇒ 18°C το χειμώνα

⇒ 24°C το καλοκαίρι



Τεχνολογίες

Αντλία Θερμότητας

- Πρωτότυπη της HIREF με δύο συμπιεστές & 4-οδες βάνες

Fan-coils

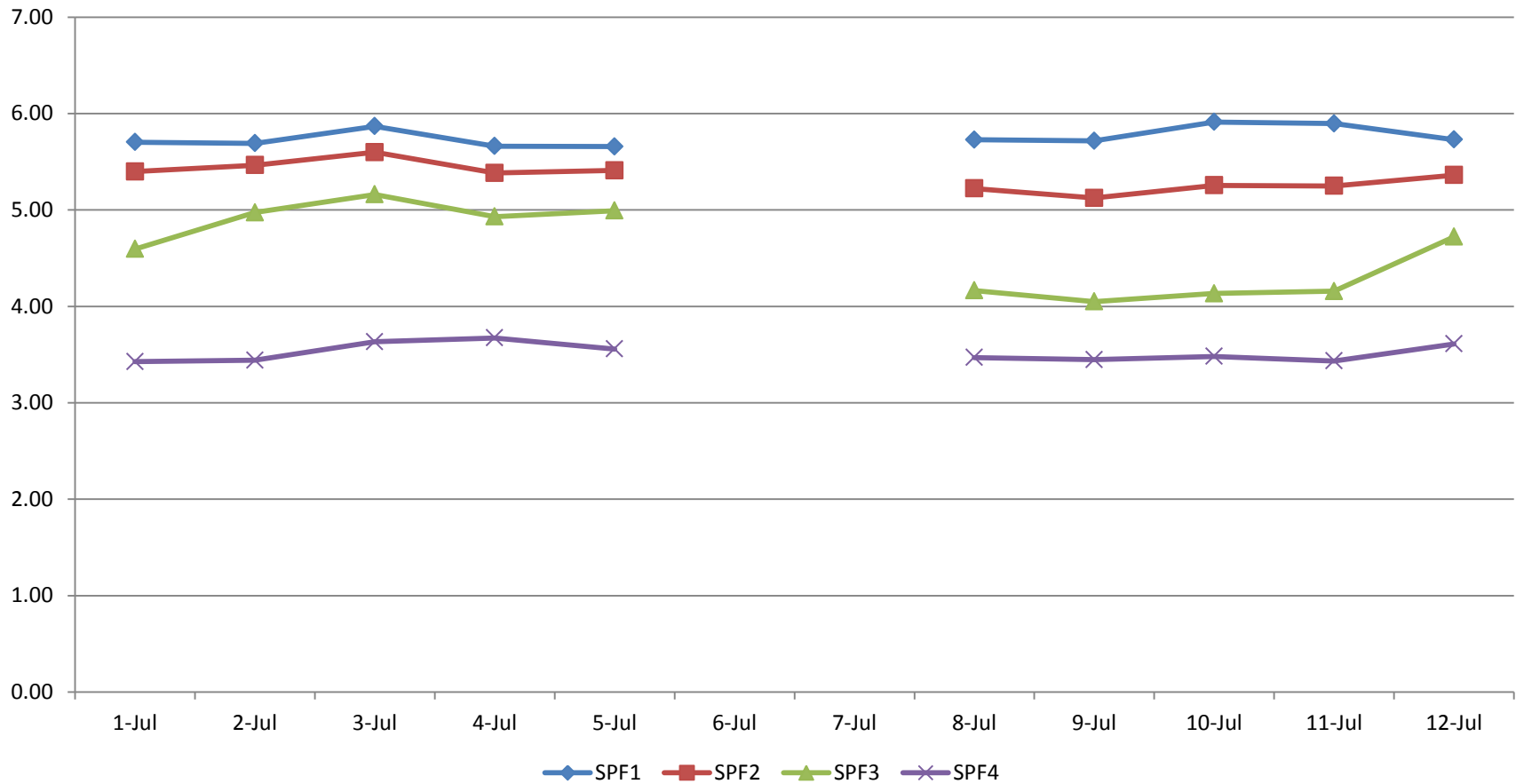
- Πρωτότυπα της CIAT, χαμηλής θερμοκρασίας, με 1/5 ηλεκτρική κατανάλωση

Ρύθμιση στροφών κυκλοφορητών

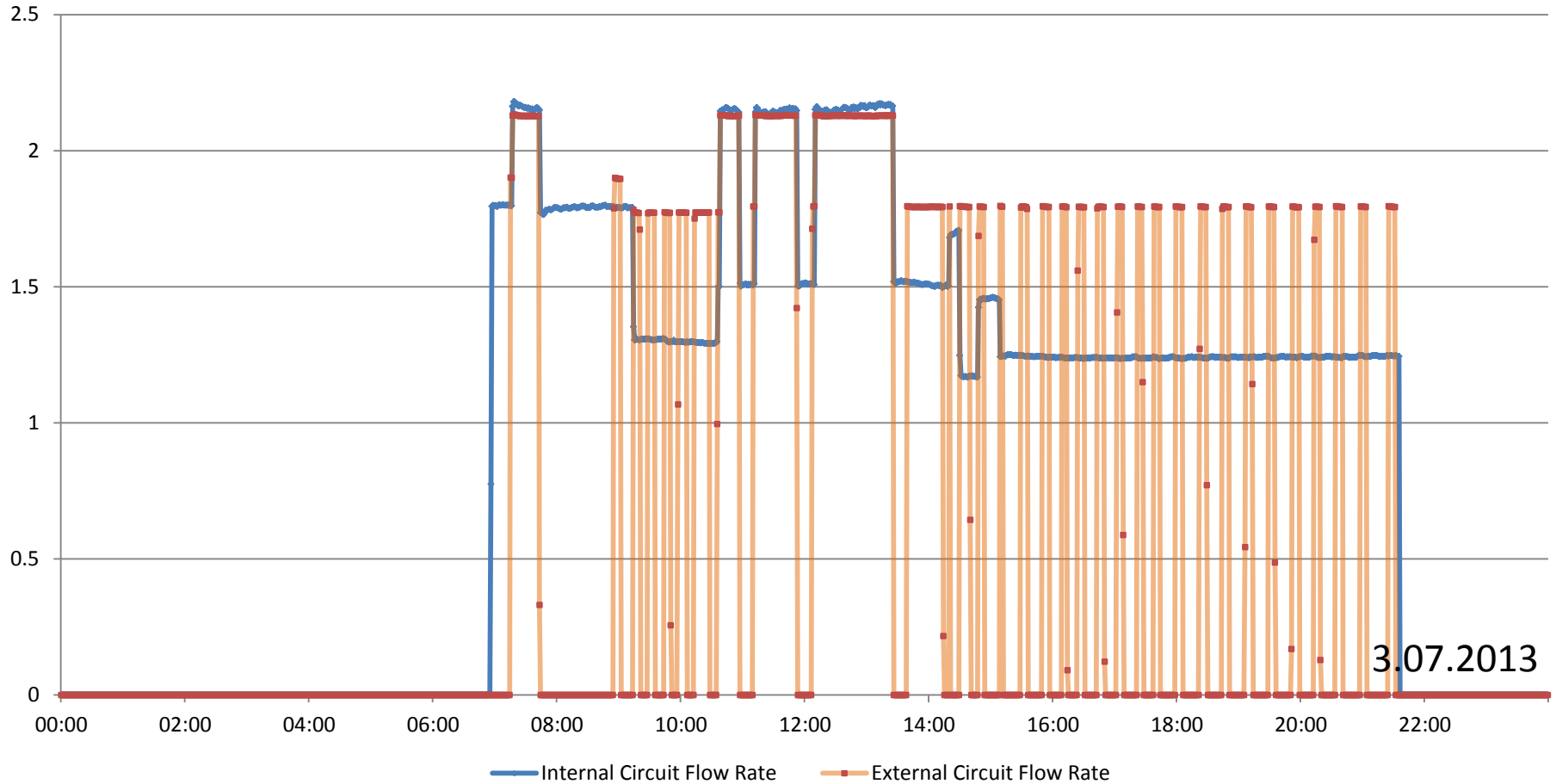
- Η συχνότητα και των 2 κυκλοφορητών ρυθμίζεται με αλγόριθμο αποβλέποντας στη μεγιστοποίηση του COP3



Ψύξη

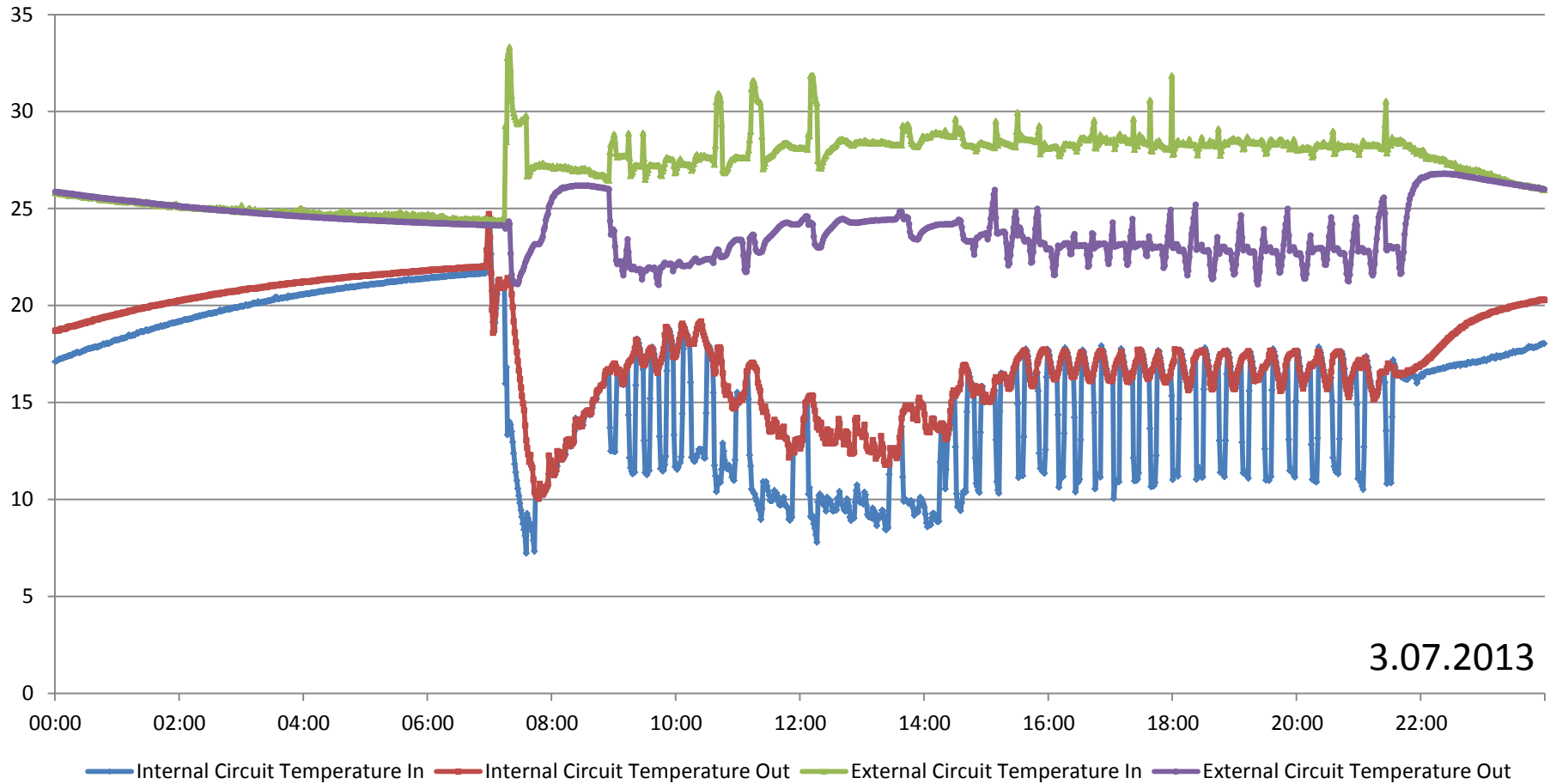


Παροχή νερού, m³/h



3.07.2013

Θερμοκρασία νερού, °C



3.07.2013

Ψυκτική ισχύς, kW

25

20

15

10

5

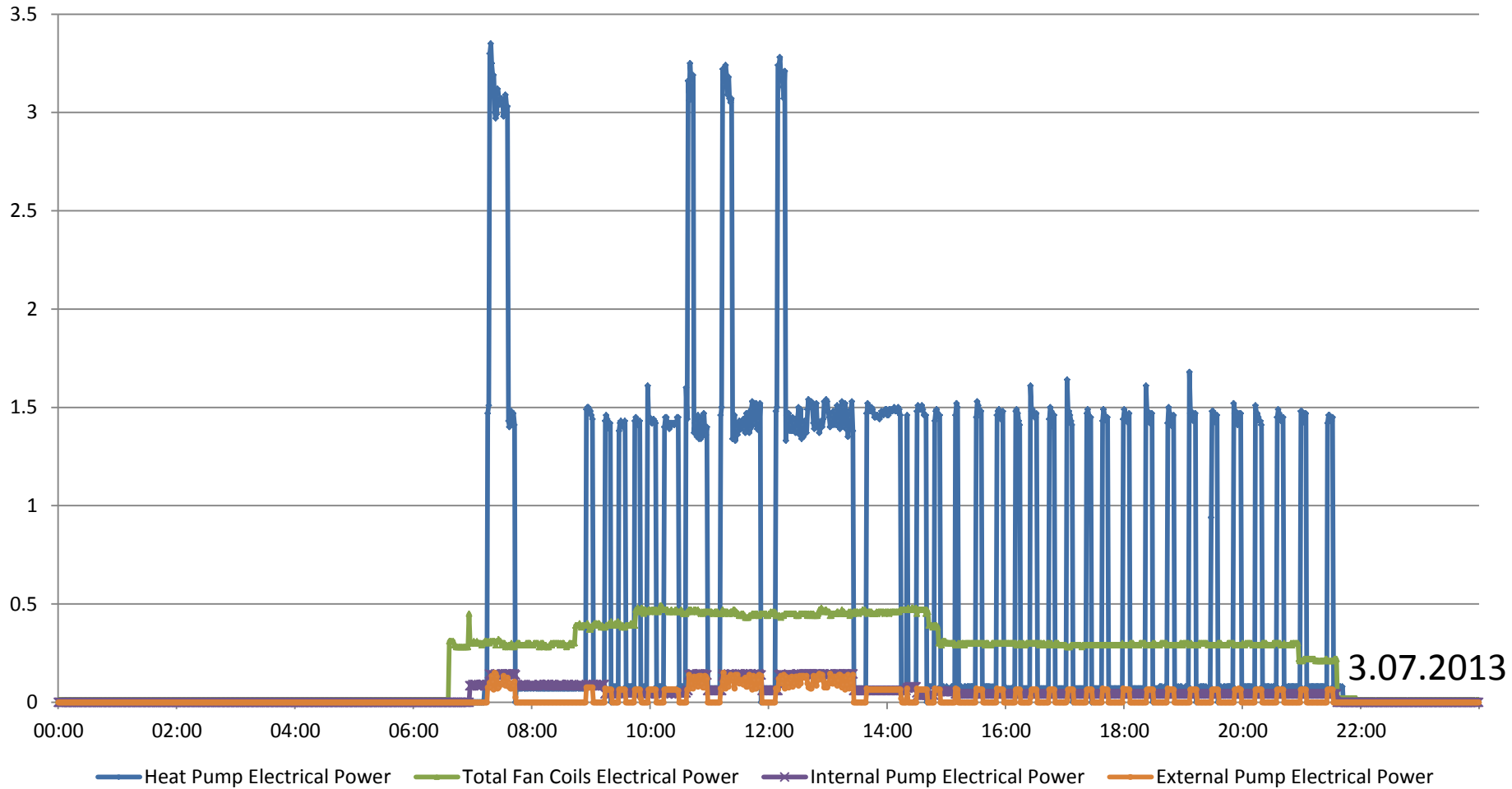
0

06:00 08:00 10:00 12:00 14:00 16:00 18:00 20:00 22:00

— Heat Pump Electrical Power
 — Internal Circuit Thermal Power
 — Total Fan Coils Electrical Power
— Internal Pump Electrical Power
 — External Circuit Thermal Power
 — External Pump Electrical Power

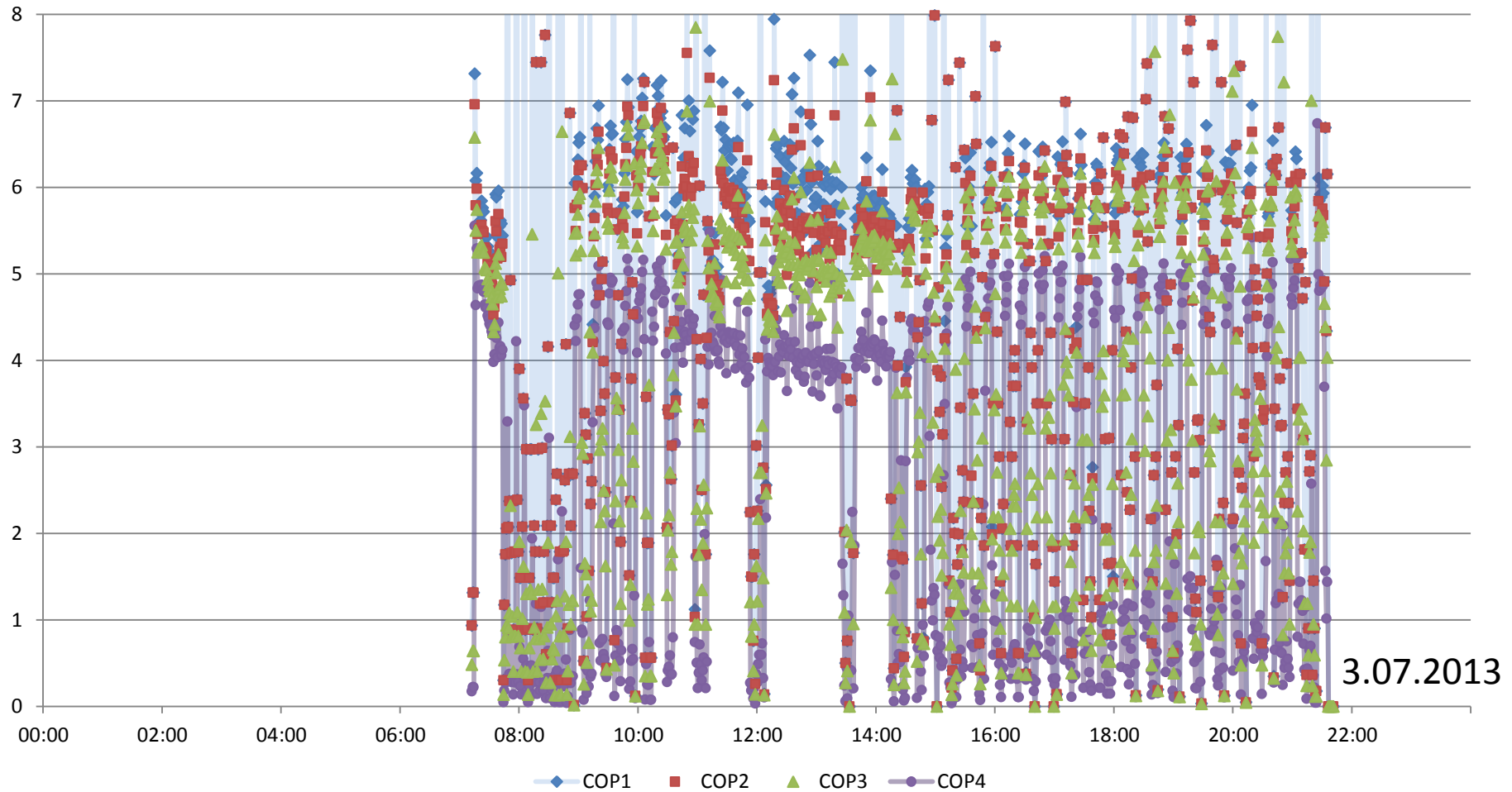
3.07.2013

Ηλεκτρικές καταναλώσεις, kW



3.07.2013

Χρονικές μεταβολές του COP



Εργοστάσιο HIREF, Τριμπάνο, Πάντοβα

Ισχύς:

⇒ 13 kW θέρμανση

⇒ 14 kW ψύξη

Γεωεναλλάκτης:

4 x 80m,

• 2 x Διπλό-U

• 2 x Απλό-U

⇒ 10°C το χειμώνα

⇒ 27°C το καλοκαίρι



Τεχνολογίες

Αντλία Θερμότητας

- Πρωτότυπη της HIREF με συμπιεστή -μβέρτερ & 4-οδες βάνες

FCU

- Πρωτότυπα της HIREF με ιμβέρτερ

Ρύθμιση συχνοτήτων

- Οι στροφές του συμπιεστή, των κυκλοφορητών και των φαν-κόιλ βελτιστοποιούνται από μικρο-επεξεργαστή με στόχο τη μεγιστοποίηση του COP4

Ζεστό νερό χρήσης

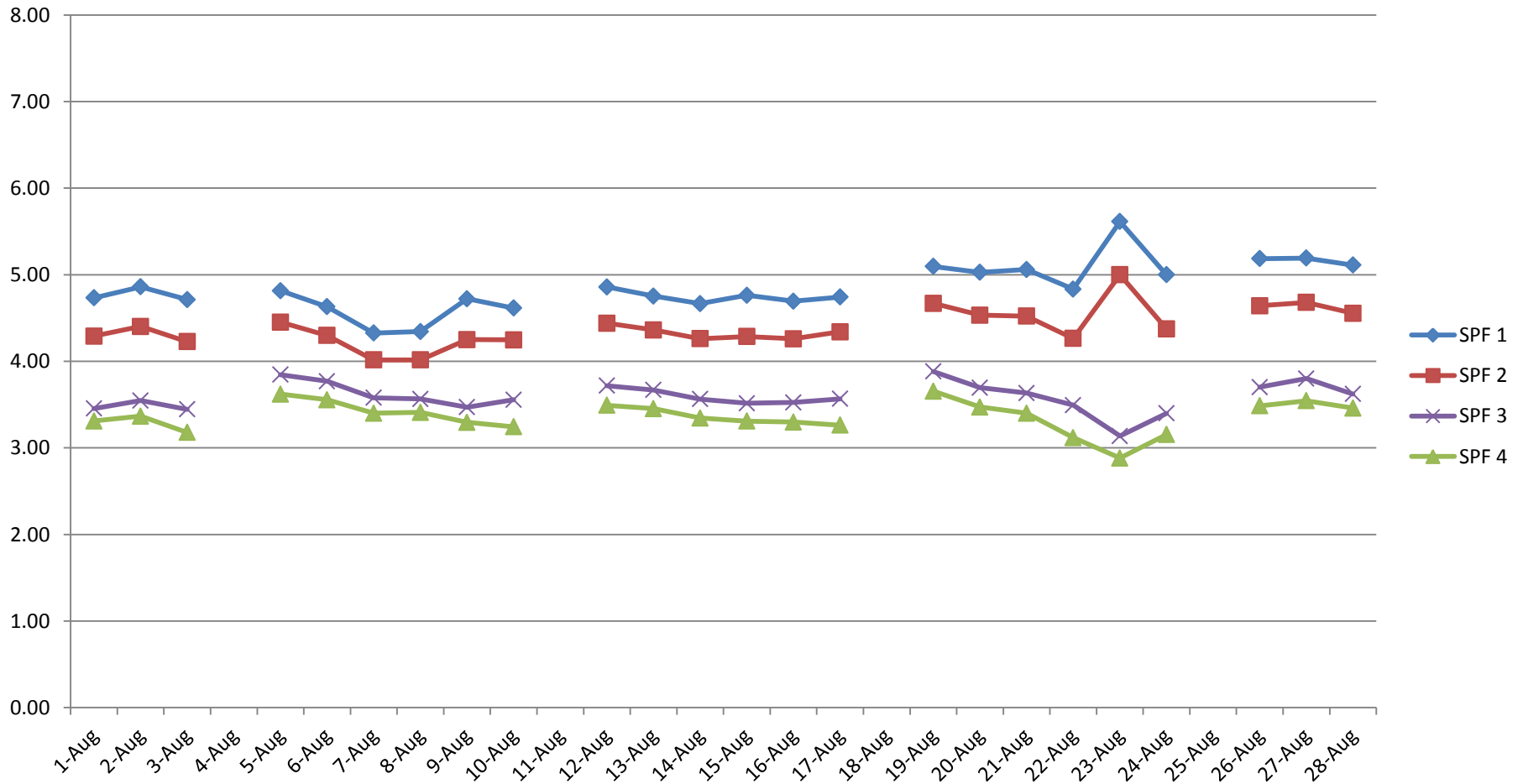
- Απορριπτόμενη θερμότητα



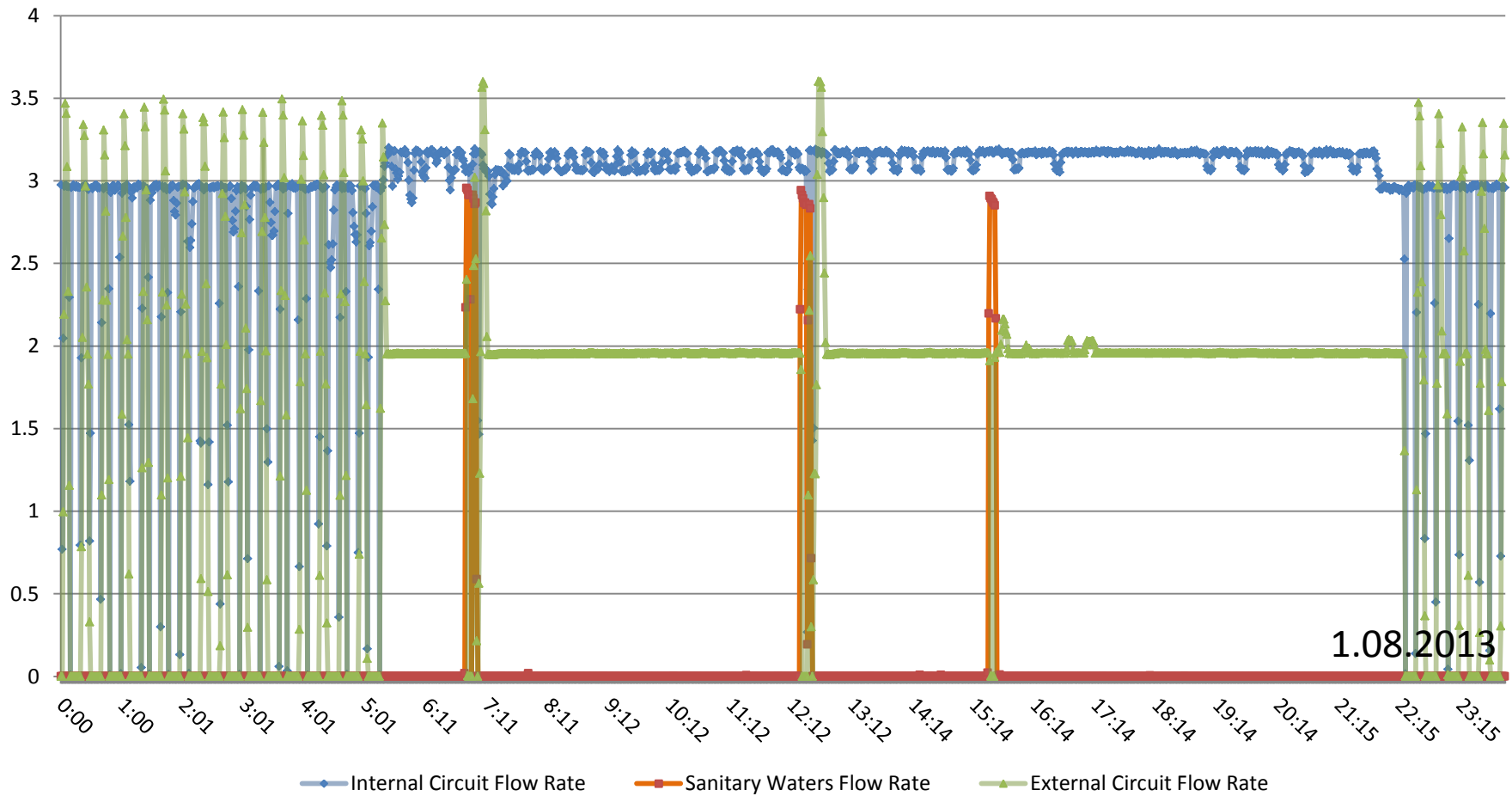
Θέρμανση-ψύξη με FCU δαπέδου



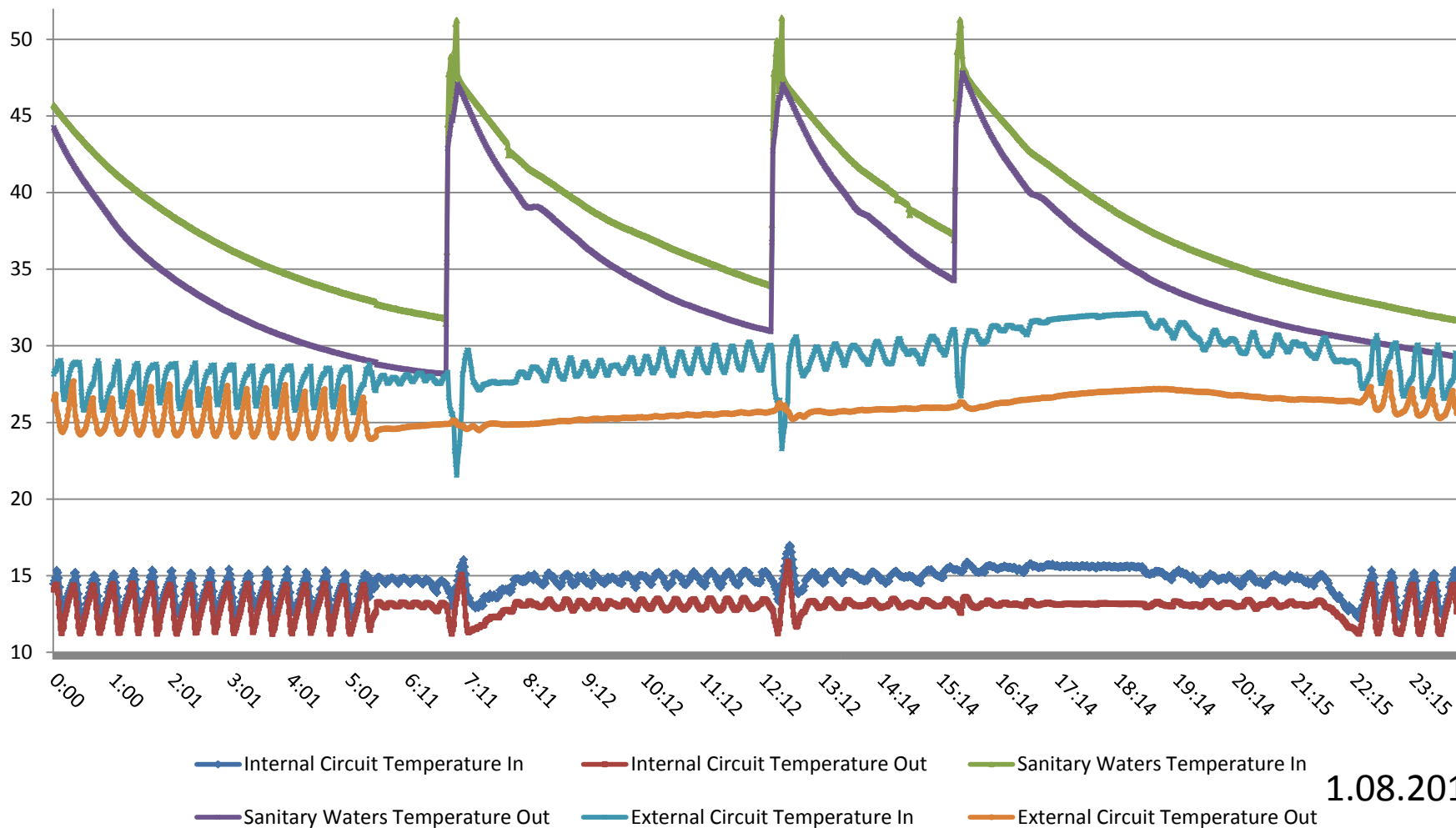
Ψύξη



Παροχή νερού, m³/h

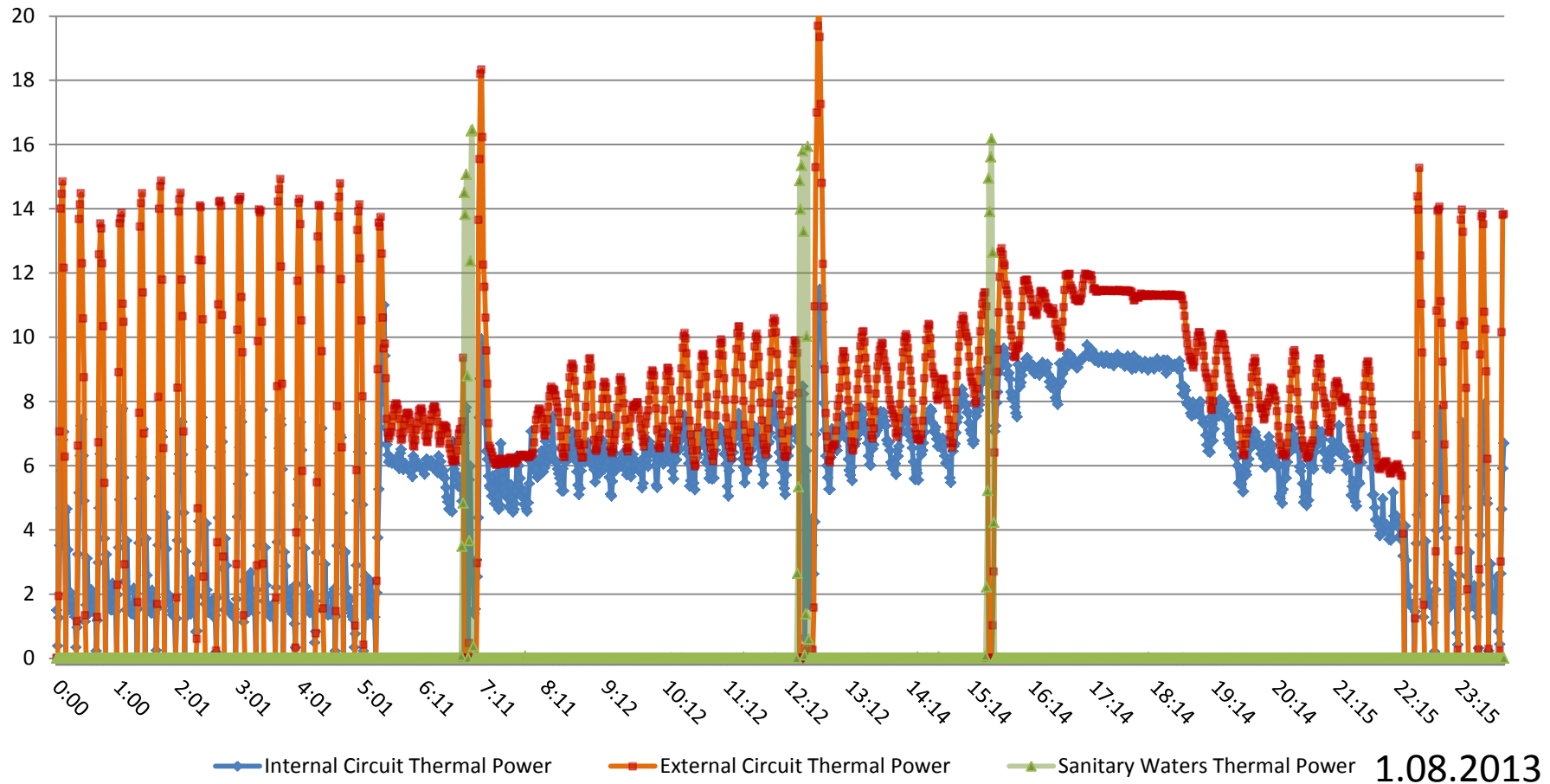


Θερμοκρασία νερού, °C

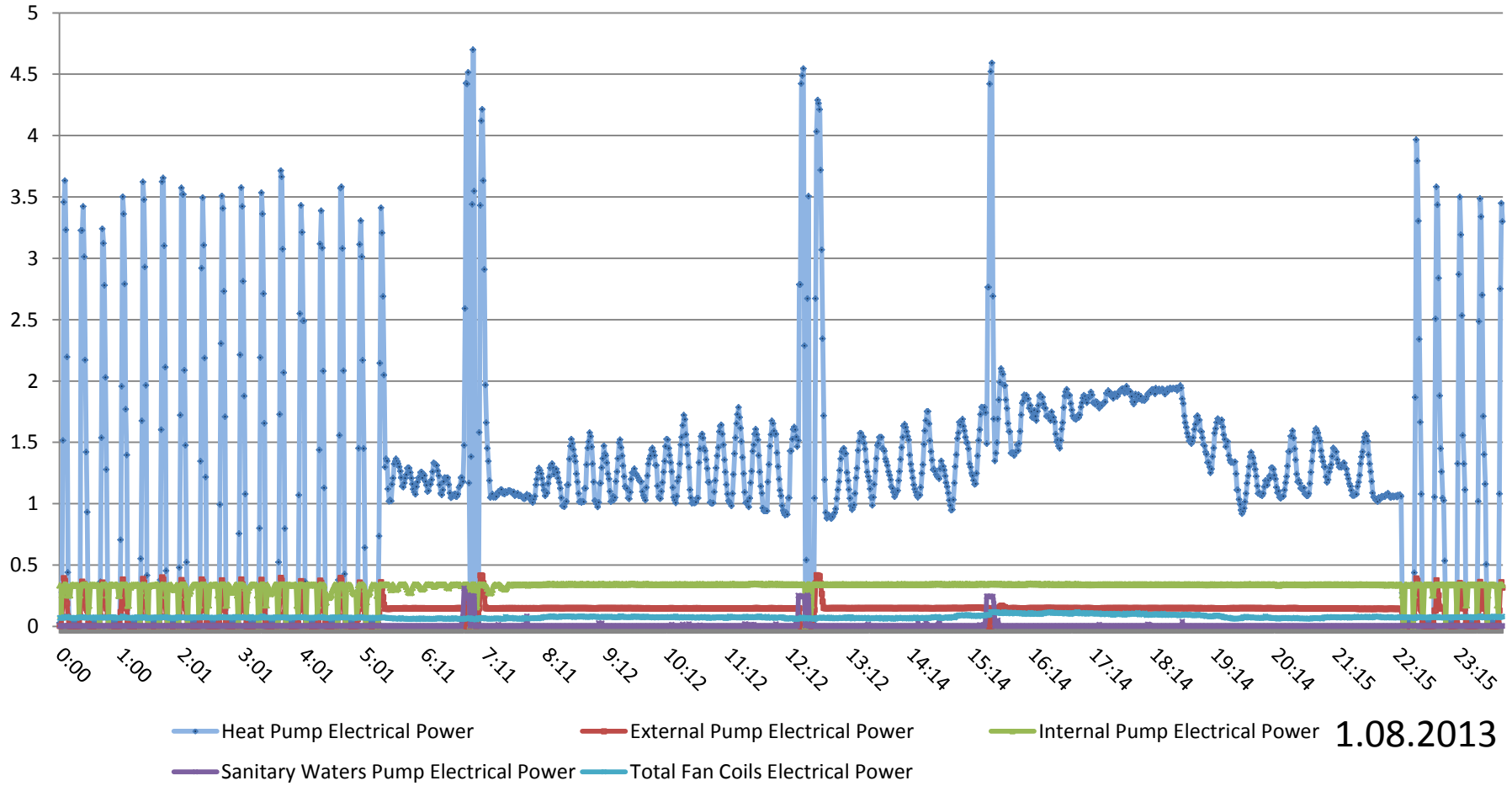


1.08.2013

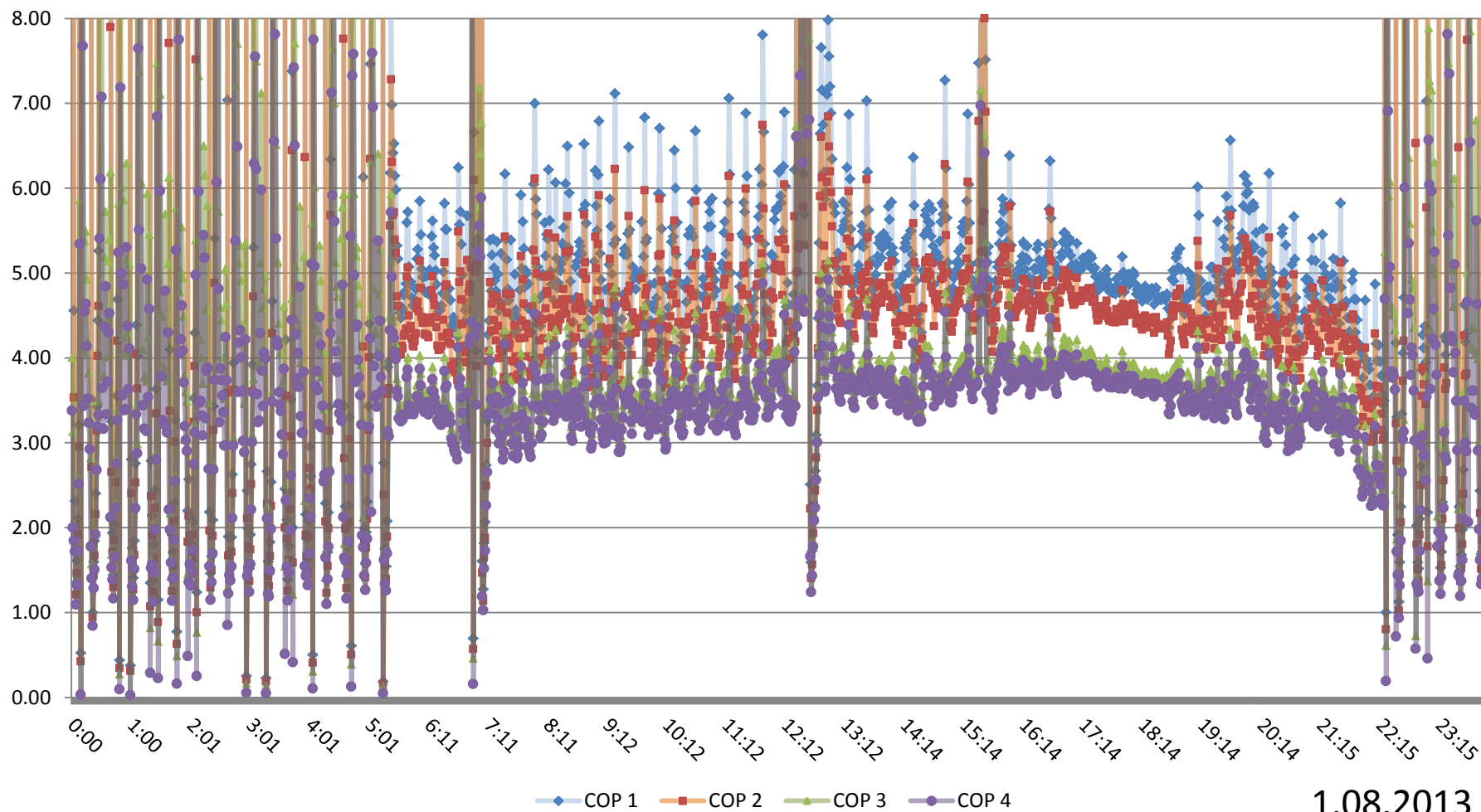
Ψυκτική ισχύς, kW



Ηλεκτρικές καταναλώσεις, kW



Χρονικές μεταβολές COP



Κτήριο οπτικών τεχνών, Πανεπιστημιούπολη της Οράντσα

Ισχύς:

⇒ 38 kW θέρμανση

⇒ 31 kW ψύξη

Γεωαναλλάκτης:

10 x 130m,

• τύπος Απλό-U

⇒ 9°C το χειμώνα

⇒ 17°C το καλοκαίρι



Τεχνολογίες

Αντλία Θερμότητας

- Πρωτότυπη της OCHSNER με ηλεκτρονική βαλβίδα και εξωτερικές 3-οδες

Σύστημα Θέρμανσης-ψύξης

- Ενδοτοιχίες σωλήνες

Αντιστάθμιση θερμοκρασίας

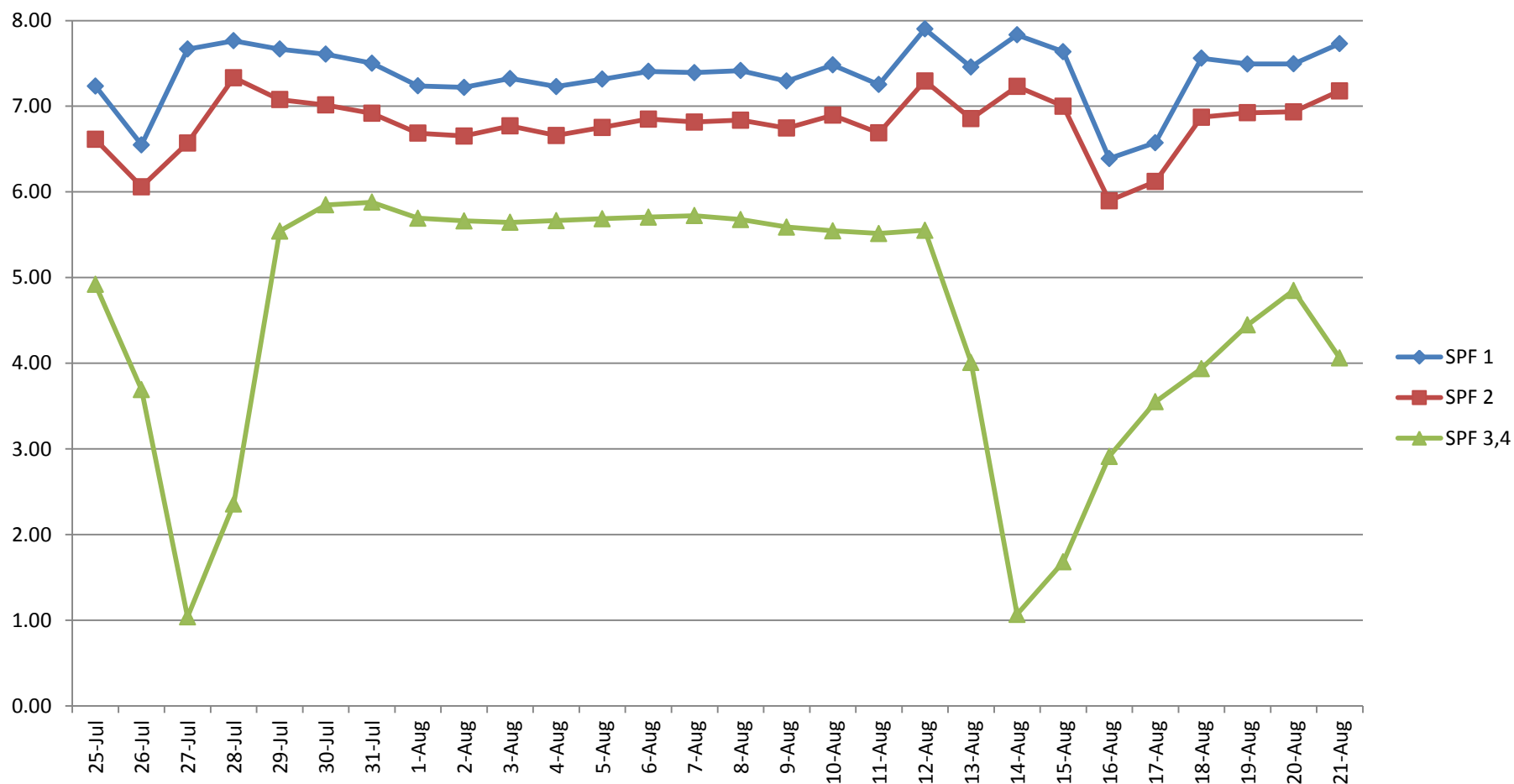
- Η Α/Θ ρυθμίζει τη θερμοκρασία του νερού θέρμανσης-ψύξης ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία



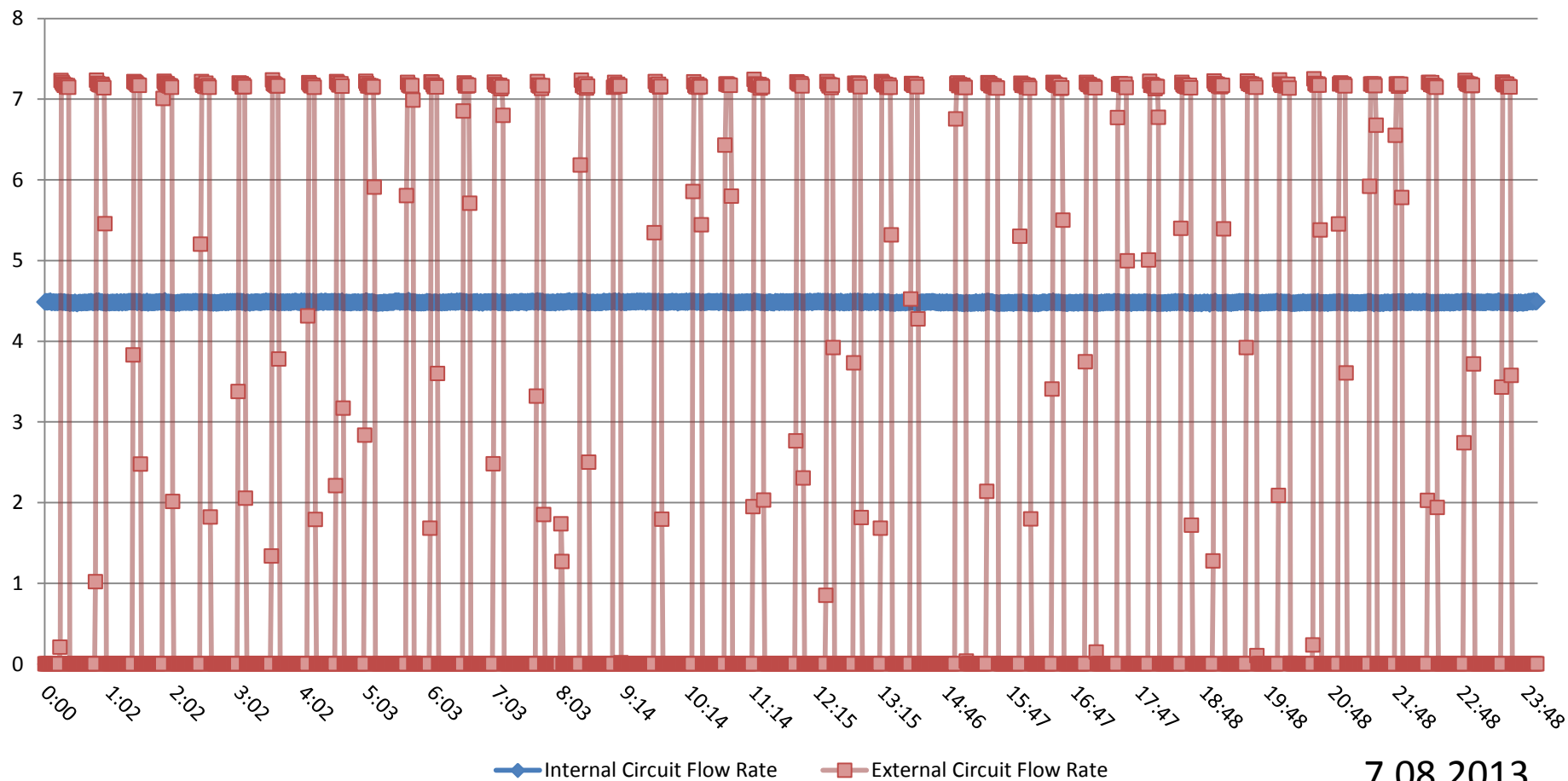
Ενδοτοιχιο σύστημα θέρμανσης-ψύξης



Περίοδος ψύξης: καλοκαίρι 2013

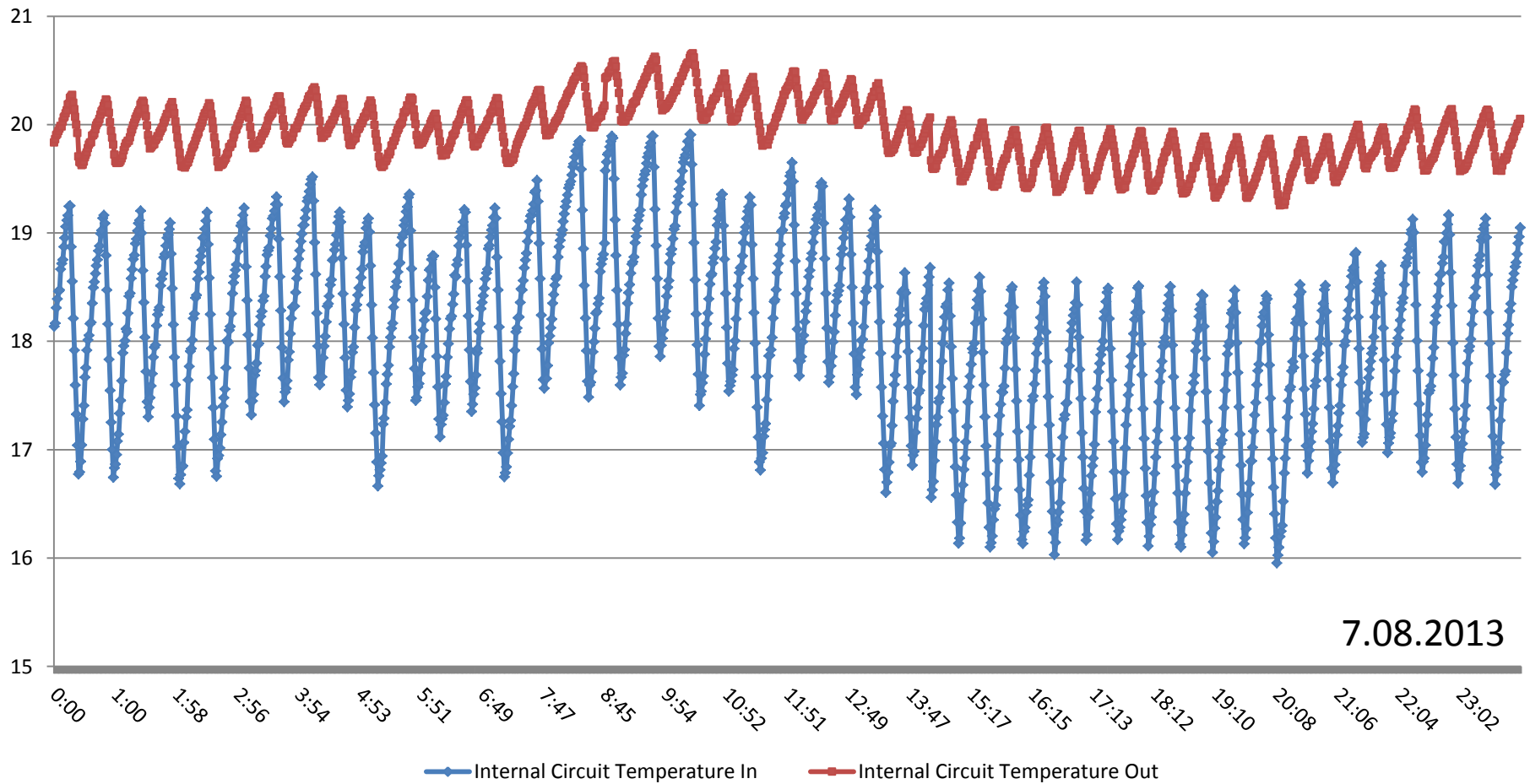


Παροχή νερού, m³/h



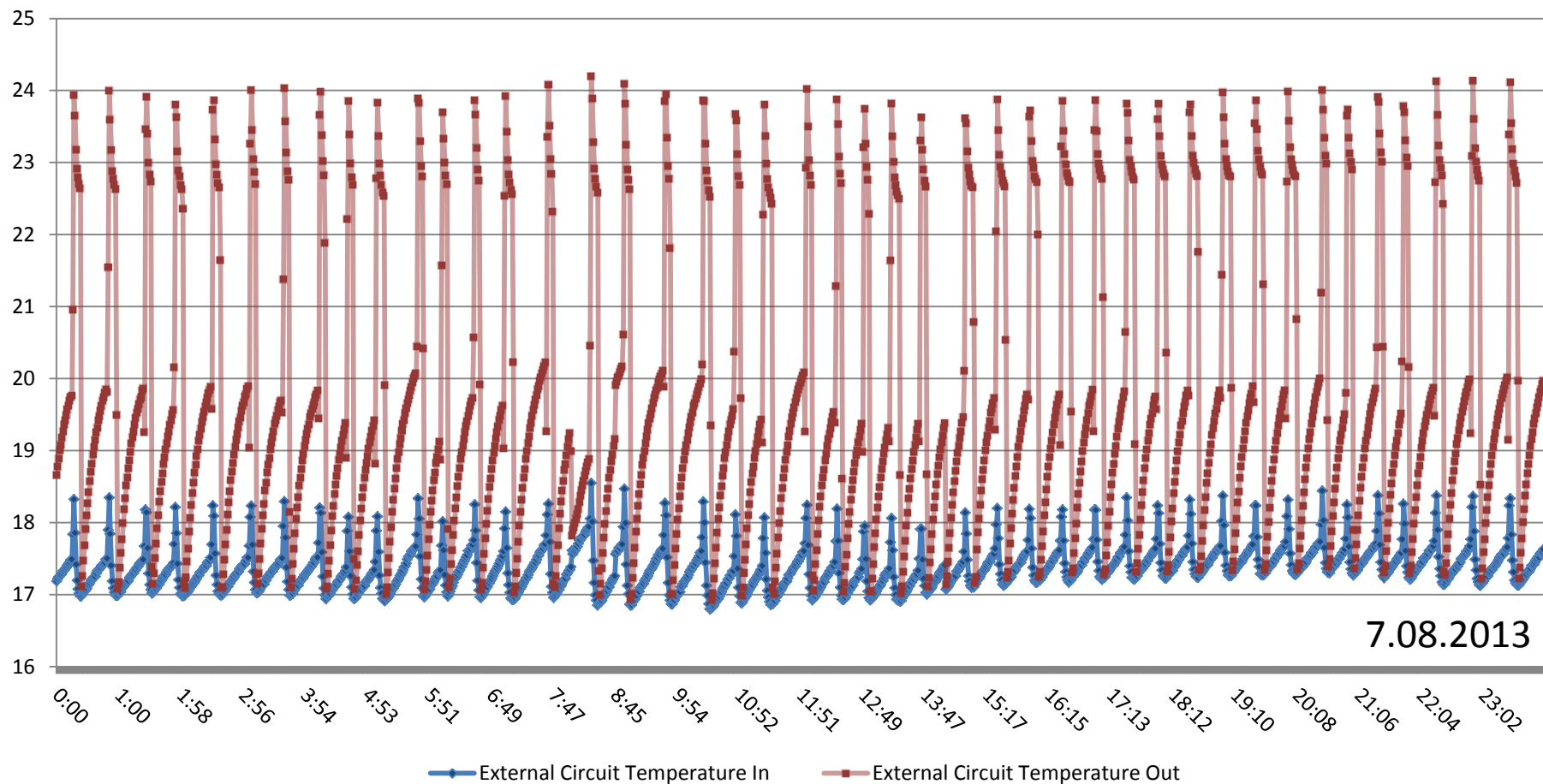
7.08.2013

Θερμοκρασία νερού προς/από κτήριο, °C

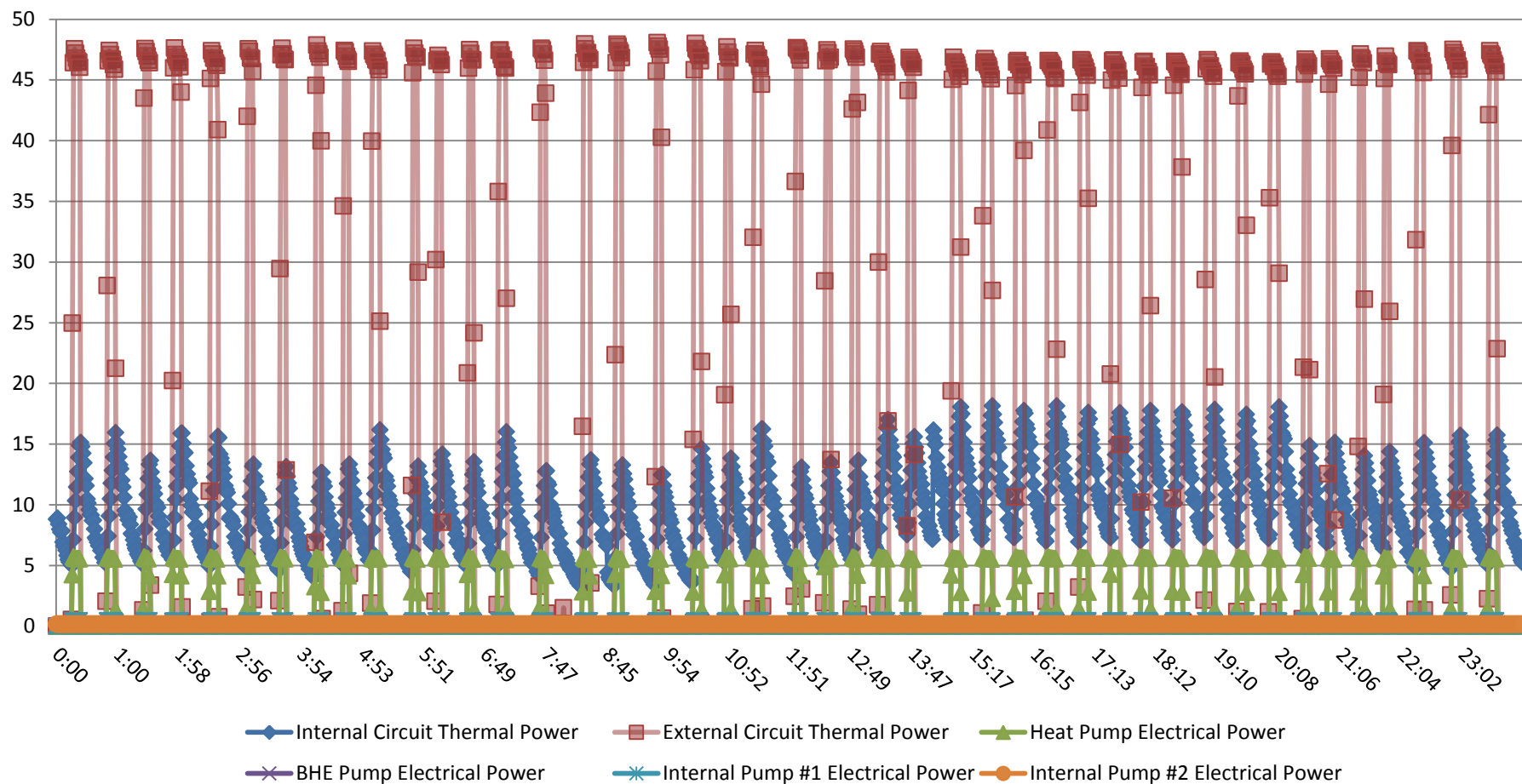


7.08.2013

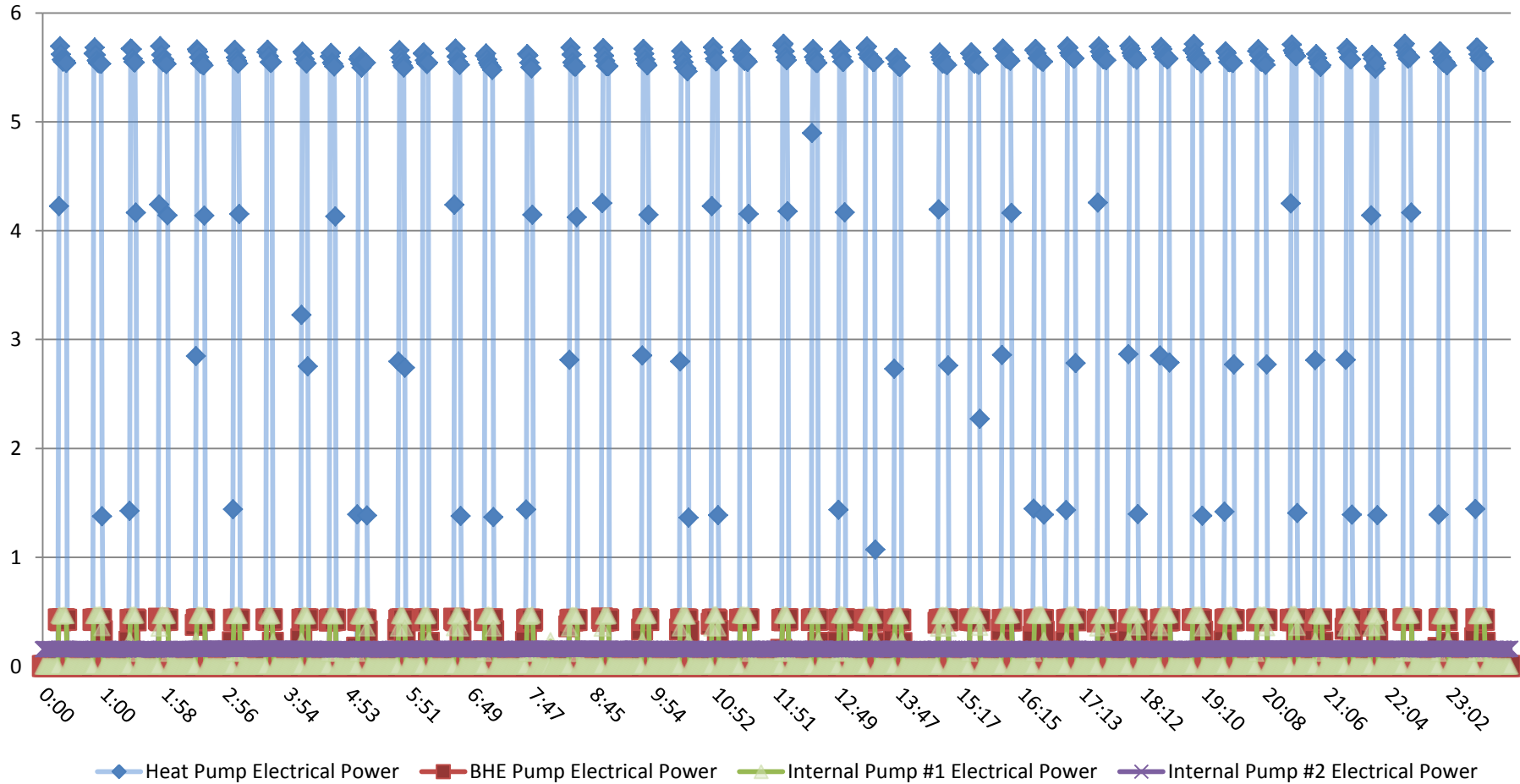
Θερμοκρασία νερού προς/από γεωεναλλάκτη, °C



Ψυκτική ισχύς, kW

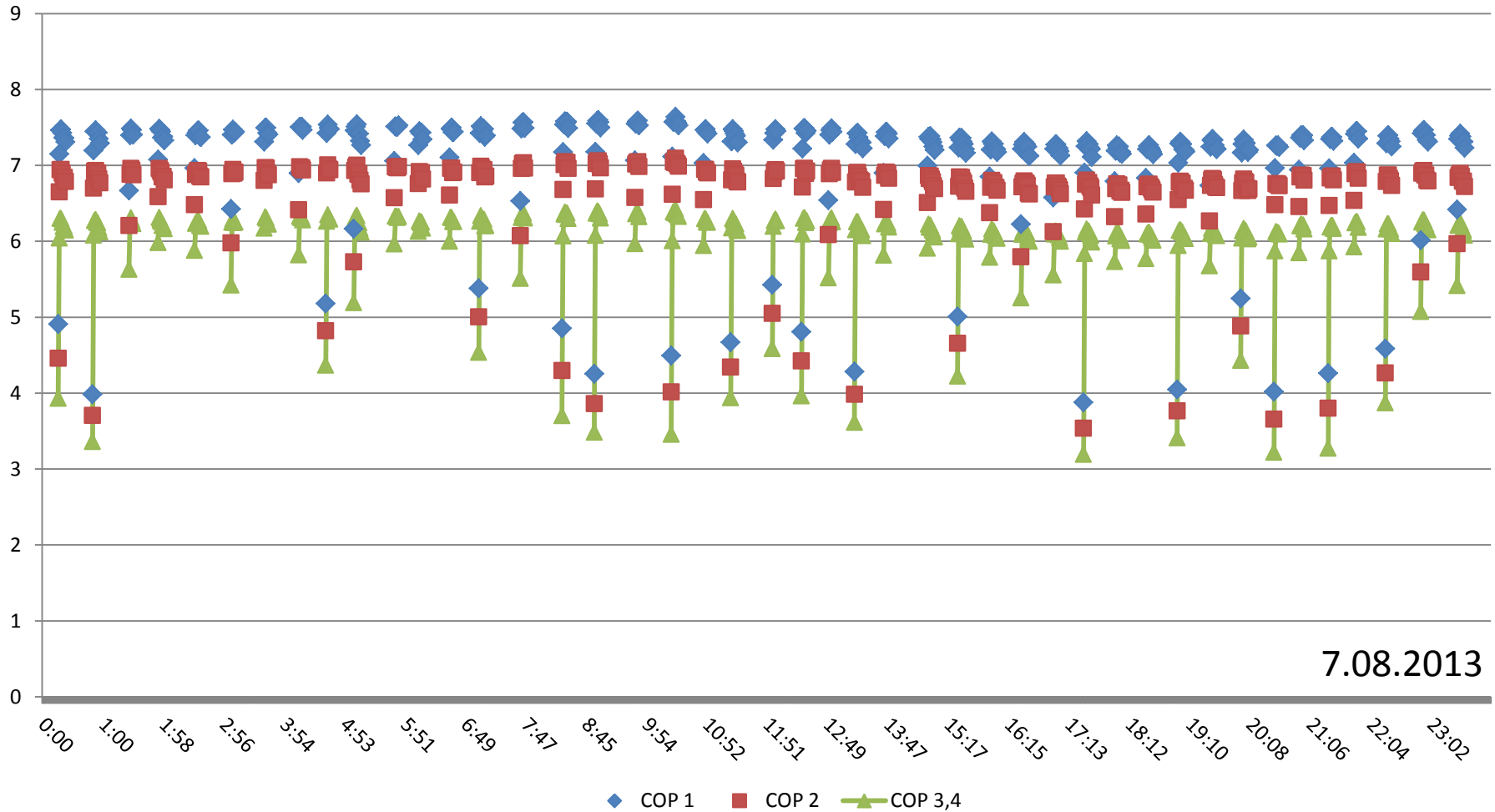


Ηλεκτρικές καταναλώσεις, kW



7.08.2013

Χρονικές μεταβολές COP



7.08.2013

Δημοτικό πολιτιστικό κέντρο, Βένεδικτ

Ισχύς:

⇒ 20 kW θέρμανση

⇒ 19 kW ψύξη

Γεωεναλλάκτης:

3: 166, 126, 97m

• τύπος Διπλό-U

⇒ 15°C το χειμώνα

⇒ 19°C το καλοκαίρι



Τεχνολογίες

Αντλία θερμότητας

- Πρωτότυπη της OCHSNER με ηλεκτρονική βαλβίδα και εξωτερικές 3-οδες

Σύστημα θέρμανσης/ψύξης

- Σώματα καλοριφέρ

Αντιστάθμιση θερμοκρασίας

- Η Α/Θ ρυθμίζει τη θερμοκρασία του νερού θέρμανσης-ψύξης ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία

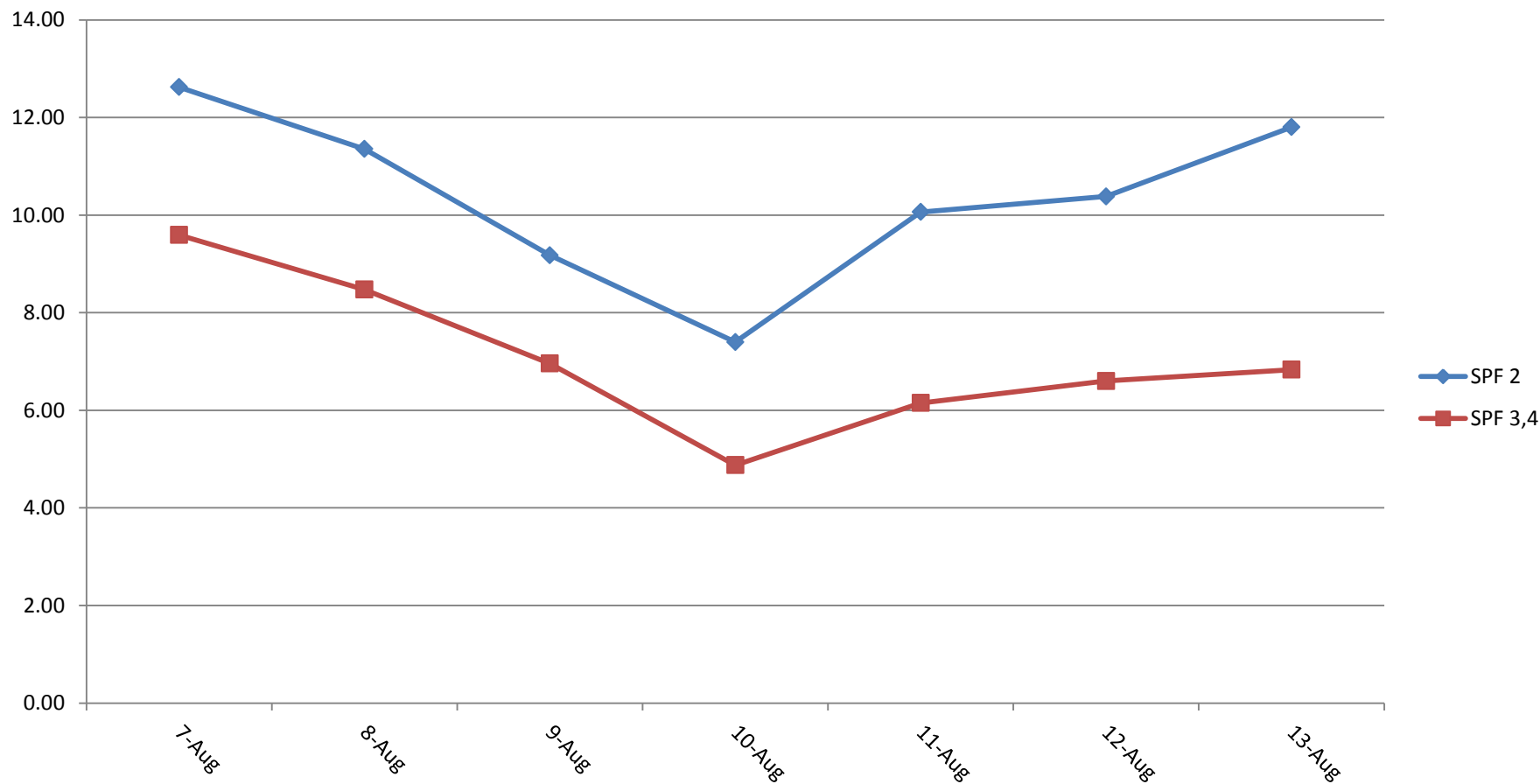


Θέρμανση-ψύξη με σώματα

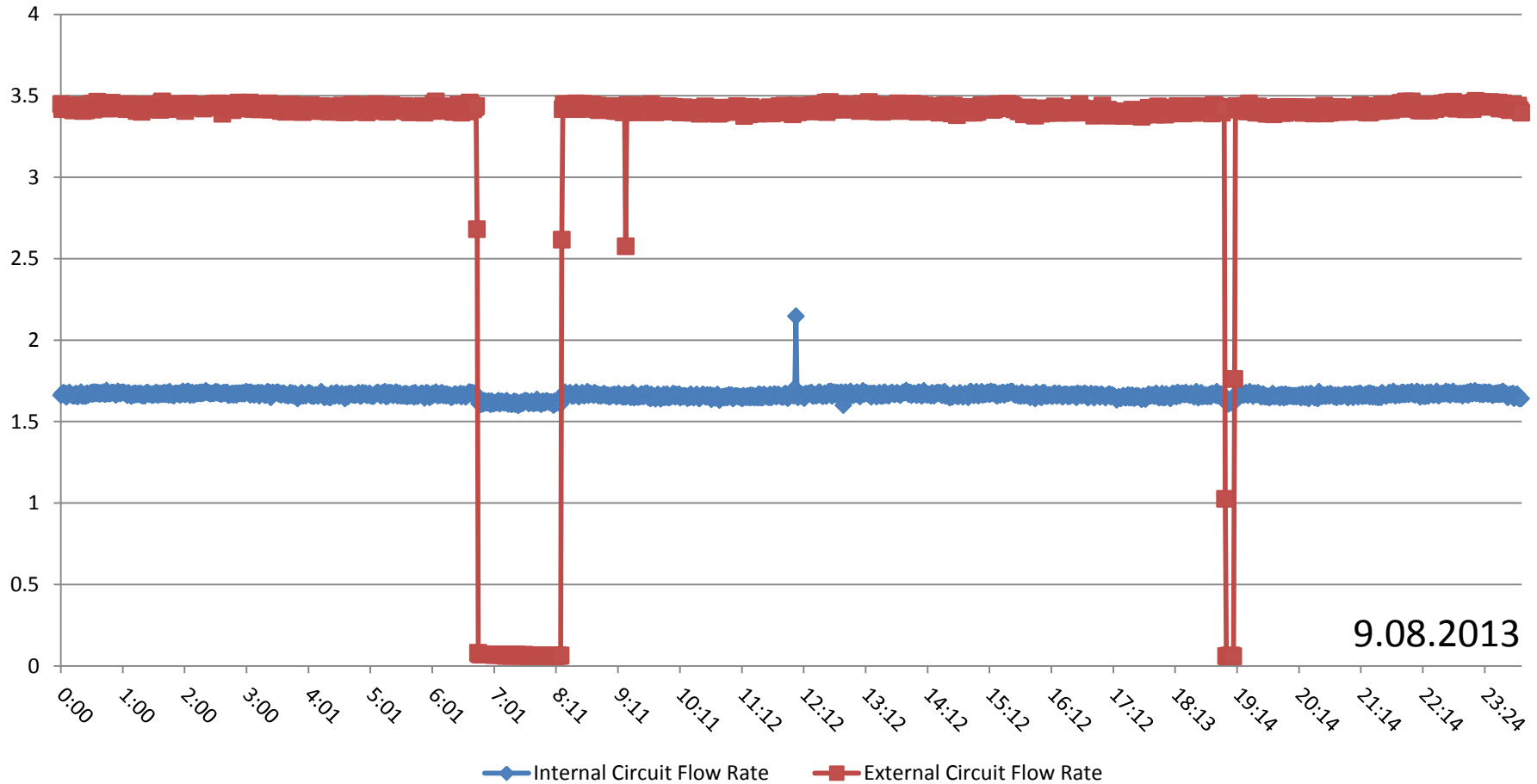


Αθήνα, 27 Νοεμβρίου 2013

Ελεύθερη ψύξη (απευθείας από τον γεωεναλλάκτη)

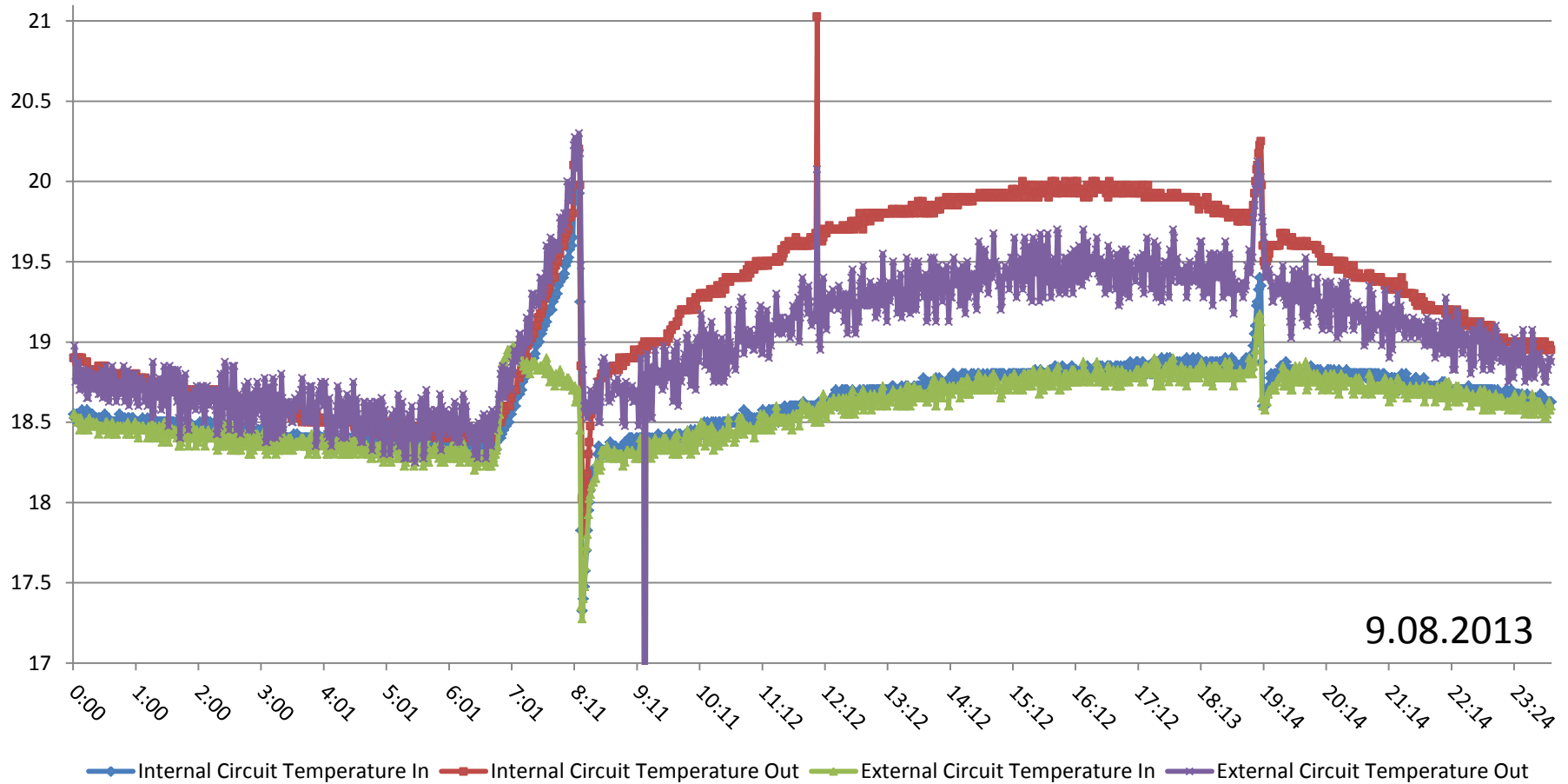


Παροχή νερού, m³/h

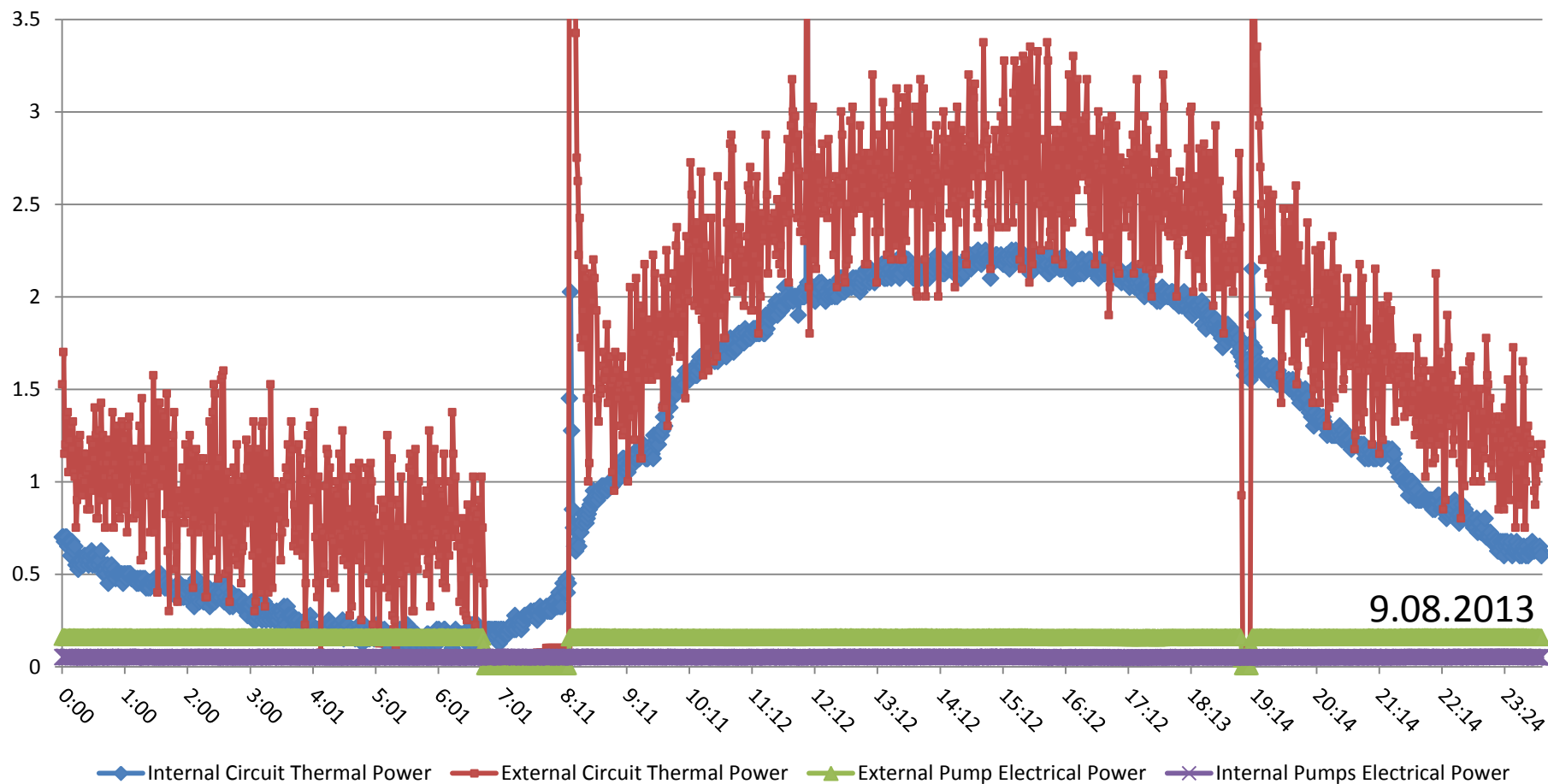


9.08.2013

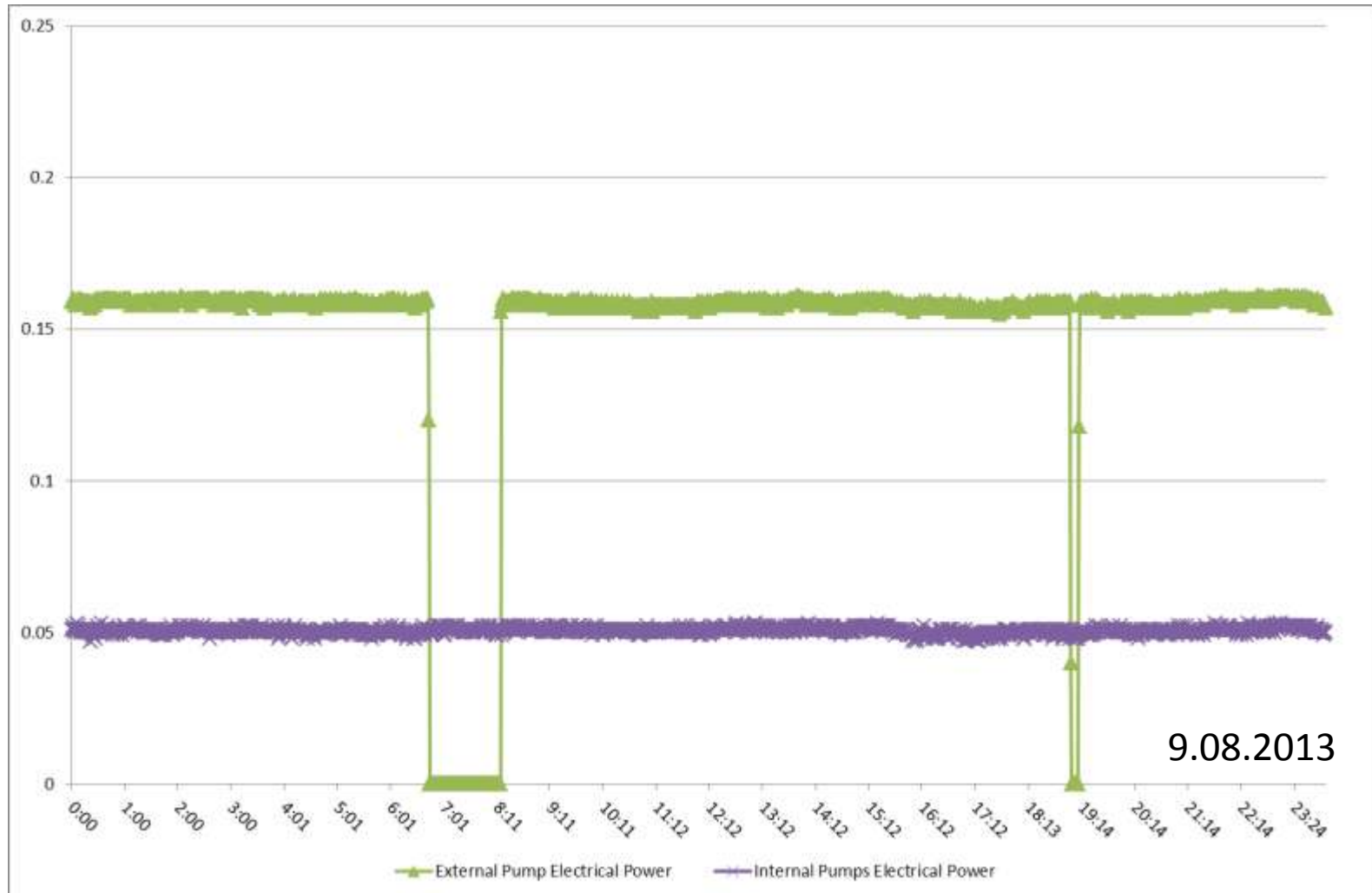
Θερμοκρασία νερού, °C



Ψυκτική ισχύς, kW

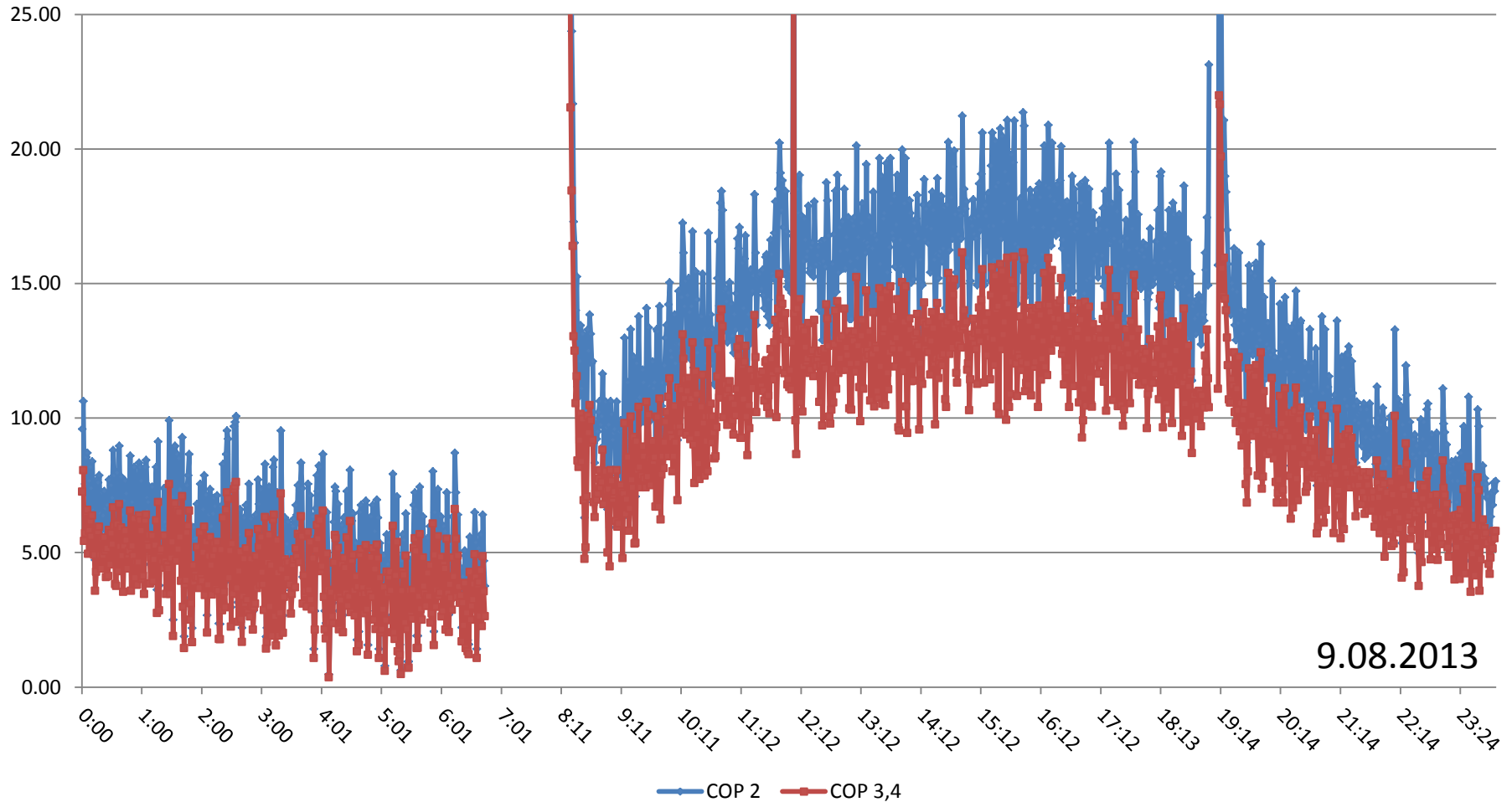


Ηλεκτρικές καταναλώσεις, kW



9.08.2013

Χρονικές μεταβολές COP



9.08.2013

Κτήριο γραφείων της ΕΔΡΑΣΗ

Ισχύς:

⇒ 56 kW θέρμανση

⇒ 47 kW ψύξη

Γεωαναλλάκτης:

12 x 110m,

• τύπος Διπλό-U

⇒ 11°C το χειμώνα

⇒ 27°C το καλοκαίρι



Τεχνολογίες

Αντλία θερμότητας

- Πρωτότυπη της OCHSNER με ηλεκτρονική βαλβίδα και εξωτερικές 3-οδες

Αντιστάθμιση θερμοκρασίας

- Η Α/Θ ρυθμίζει τη θερμοκρασία του νερού θέρμανσης-ψύξης ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία
- Συγχρονισμός συμπιεστή και εξωτερικού κυκλοφορητή



Ευχαριστώ για την προσοχή σας