

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΑΠΟ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ. ΠΡΩΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τζαμαλής Γ., Λόης Ε., Βαρκαράκη Ε., Ζούλιας Ε., Λυμπερόπουλος Ν.

ΚΑΠΕ, ΕΜΠ

ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΜΦΙΑΛΩΣΗΣ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΑΠΟ ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ



- Κερατέα Αττικής, Πάρκο Δοκιμών Ανεμογεννητριών του ΚΑΠΕ
- Έχει υλοποιηθεί σε συνεργασία με Ευρωπαϊκούς φορείς
- Είναι σε λειτουργία εδώ και ένα χρόνο

ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΙΛΟΤΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

- Συσκευή ηλεκρόλυσης
- Συμβατική – Ενδιάμεση δεξαμενή υδρογόνου (Buffer)
- Συμπιεστής υδρογόνου
- Σταθμός πλήρωσης – Εμφιάλωσης υδρογόνου
- Δεξαμενή αποθήκευσης μεταλλοϋδριδίων
- Κλειστό σύστημα ψύξης
- Κλειστό σύστημα ζεστού νερού
- Αεροσυμπιεστής
- Κεντρικό σύστημα ελέγχου και καταγραφής δεδομένων

ΜΟΝΑΔΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΗΣ



- Αλκαλική ηλεκτρόλυση
- Casale Chemicals (Ελβετία)
- Ονομαστική ισχύς: 25 kW
- Ονομαστική παραγωγή: 5 Nm³/h
- Ηλεκτρολύτης: υδατικό διάλυμα ΚΟΗ 30% κ.β.
- Καθαρότητα παραγόμενου υδρογόνου: 99.8% κ.ο.
- P: 19 bar, T: 80 (Celsius degrees)

ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ (BUFFER)

- Διευκολύνει τη λειτουργία του συμπιεστή
- Συνολικός όγκος 360 λίτρων
- Αποθήκευση υδρογόνου σε πίεση 10 – 19 bar

ΣΥΜΠΙΕΣΤΗΣ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ



- PDC Machines Inc., US
- Τριπλού μεταλλικού διαφράγματος
- 1 στάδιο συμπίεσης
- Ονομαστική ικανότητα: 5 Nm³/h
- Πίεση εισόδου – εξόδου: 14 – 220 bar
- Ισχύς ηλεκτρικού κινητήρα: 5.6 kW (7.5 hp)
- Ηλεκτρολογική εγκατάσταση αντιεκρηκτικού τύπου

ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΛΗΡΩΣΗΣ – ΕΜΦΙΑΛΩΣΗΣ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ



- 3 αναμονές για μεμονομένες φιάλες ή διατάξεις φιαλών
- Συνολικός όγκος 700 λίτρων (126 Nm³)
- Πίεση P: 220 bar
- Δυνατότητα ανάλυσης καθαρότητας

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΟΪΔΡΙΔΙΩΝ



- FIT (Cyprus), Labtech SA (Bulgaria)
- Τύπου AB5 (LaNi5)
- 6 κυλινδρικές δεξαμενές συνολικού όγκου 40 Nm³
- Ονομαστική ροή διανομής H₂: 5 Nm³/h

ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΣΕ ΜΕΤΑΛΛΟΪΔΡΙΔΙΑ



- M: στοιχείο μετάλλου, στερεό ή άμορφο κράμα μετάλλου
- $LaNi_5$
- Εξώθερμη απορρόφηση υδρογόνου ($\Delta H > 0$)
- Ενδόθερμη εκρρόφηση υδρογόνου ($\Delta H < 0$)

ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ – ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

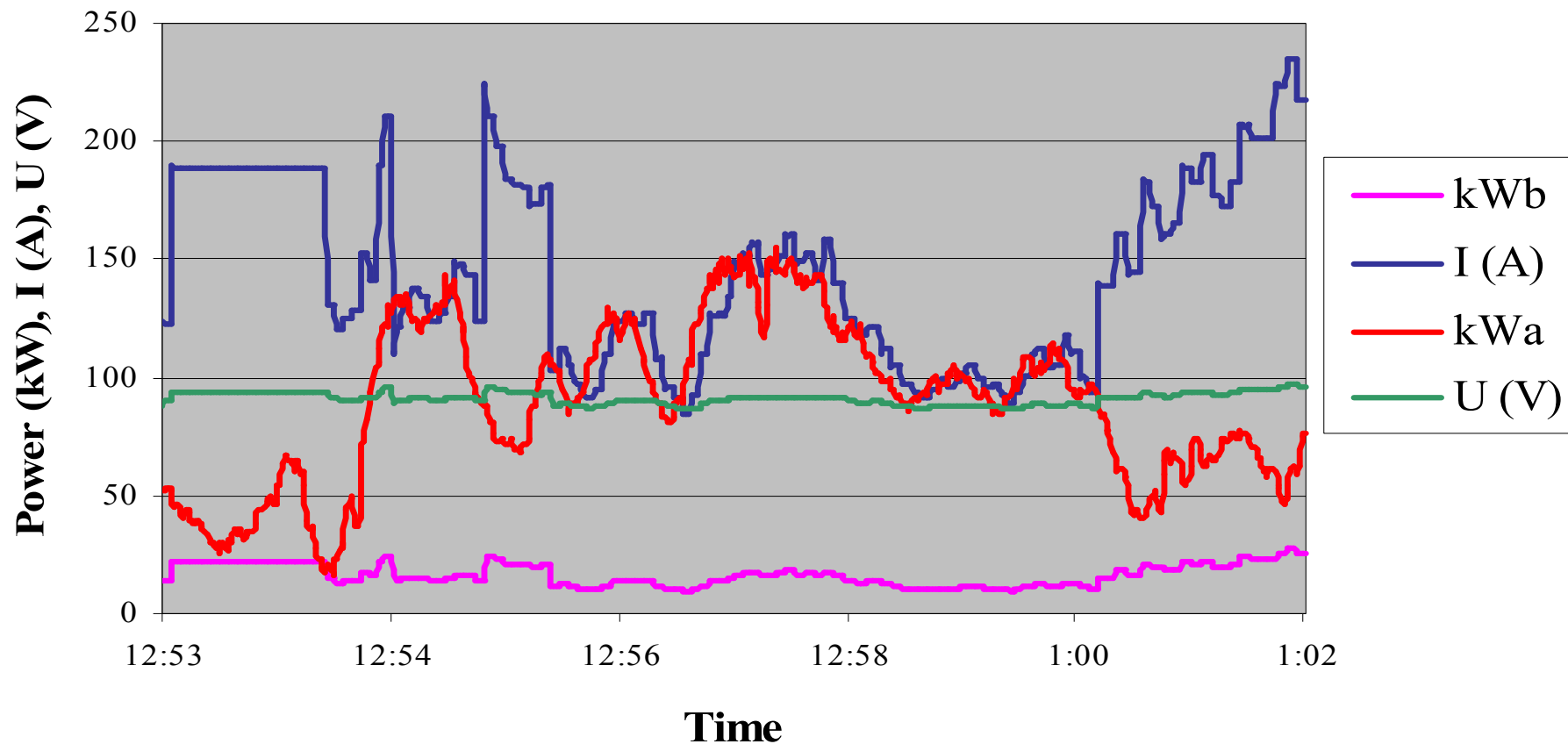
- Γενική συμπεριφορά της πιλοτικής μονάδας
- Αλκαλική ηλεκτρόλυση
- Αποθήκευση υδρογόνου στα μεταλλικά υδρίδια (φόρτιση – εκφόρτιση)
- Συμπύεση υδρογόνου

ΑΛΚΑΛΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΗ

U(V)	I(A)	T(°C)	P(bar)	Nm ³ /h	kW _a	kW _b
87	62.0	15.0	19.6	1.19	44.9	7.1
88	62.0	15.0	19.4	1.19	72.0	7.2
92.0	90.9	15.0	19.4	1.76	62.3	10.5
92.0	90.9	18.0	18.9	1.76	63.2	10.5
92.0	90.9	19.0	18.7	1.76	39.8	10.4
94.0	122.0	19.0	18.7	2.37	44.9	14.2
94.0	121.1	19.9	18.7	2.35	57.6	14.0
96.9	151.8	19.9	18.7	2.96	54.9	17.8
96.0	151.8	22.9	18.7	2.96	46.8	17.7
98.0	177.9	22.9	18.6	3.48	52.1	21.0
98.0	180.8	23.9	18.5	3.54	31.7	21.3
98.0	180.8	25.0	18.4	3.54	20.6	21.3
100.0	207.8	26.0	18.3	4.08	35.0	24.9
98.0	240.0	39.9	17.8	4.73	54.9	28.4

- kW_a: Ισχύς ανεμογεννήτριας
- Nm³/h: Ωριαία παραγωγή υδρογόνου
- kW_b: Καταναλισκόμενη ισχύς στην συσκευή ηλεκτρόλυσης

Alcaline Electrolysis



- Διακυμάνσεις επιβαλλόμενου ρεύματος I (A)
- Σταθερή τάση U (V)
- kWa: Στιγμιαία αποδιδόμενη ισχύς ανεμογεννήτριας
- kWb: Καταναλισκόμενη ισχύς στη συσκευή ηλεκτρόλυσης

ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΜΕΤΑΛΛΟΪΔΡΙΔΙΩΝ

Πίνακας α: Απορρόφηση H₂

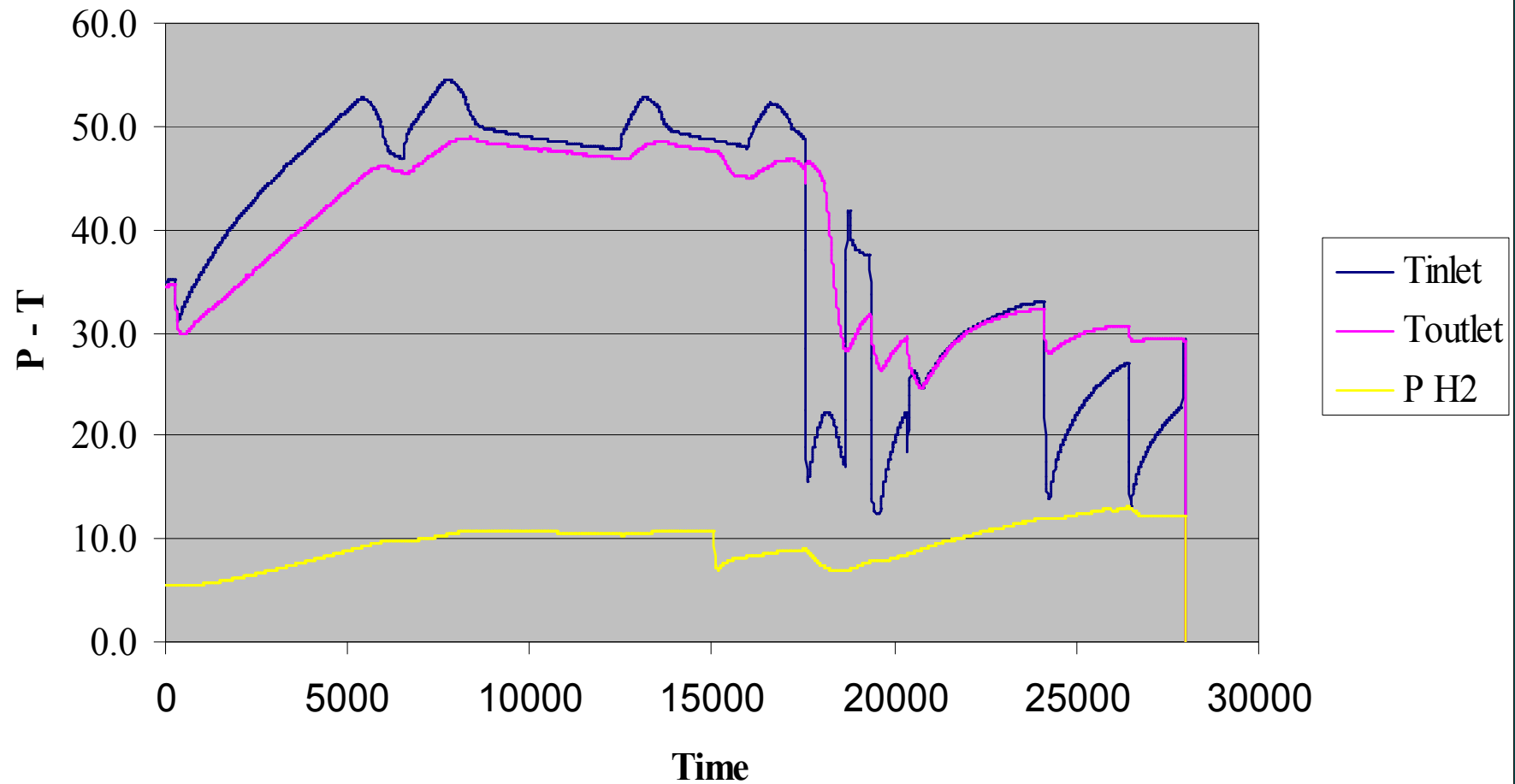
T _{inlet} (°C)	T _{outlet} (°C)	P H ₂ (bar)
18.2	27.8	8.0
19.6	29.5	8.5
24.6	24.7	9.0
27.1	27.0	9.5
29.4	29.3	10.0
30.8	30.7	10.5
31.6	31.4	11.0
32.6	32.0	11.5
19.5	29.0	12.0
13.7	29.4	13.0

Πίνακας β: Εκρρόφηση H₂

T _{inlet} (°C)	T _{outlet} (°C)	P H ₂ (bar)
55.4	48.3	13.0
55.8	48.6	12.5
56.2	48.8	12.0
57.1	49.0	11.5
58.0	49.5	11.0
58.7	50.0	10.5
59.6	50.9	10.0
61.0	52.0	9.5
62.6	53.9	9.0
65.0	56.5	8.5

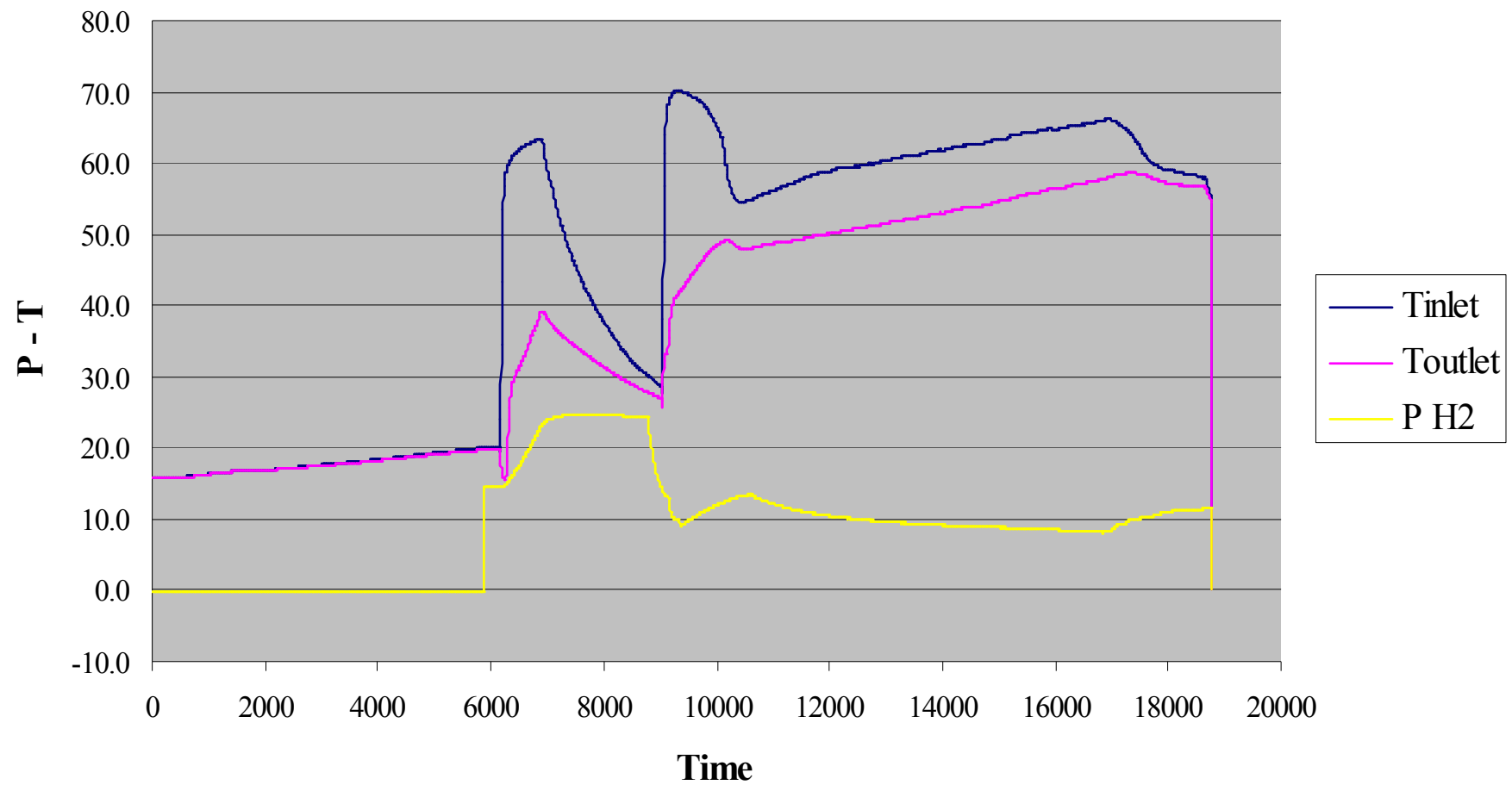
- T_{inlet} : Θερμοκρασία εισόδου του νερού
- T_{outlet} : Θερμοκρασία εξόδου του νερού
- P H₂ : Πίεση αποθήκευσης υδρογόνου

Charging MHT



- Πτώση θερμοκρασίας νερού
- Άνοδος πίεσης δεξαμενής μεταλλοϋδριδίων

Discharging MHT

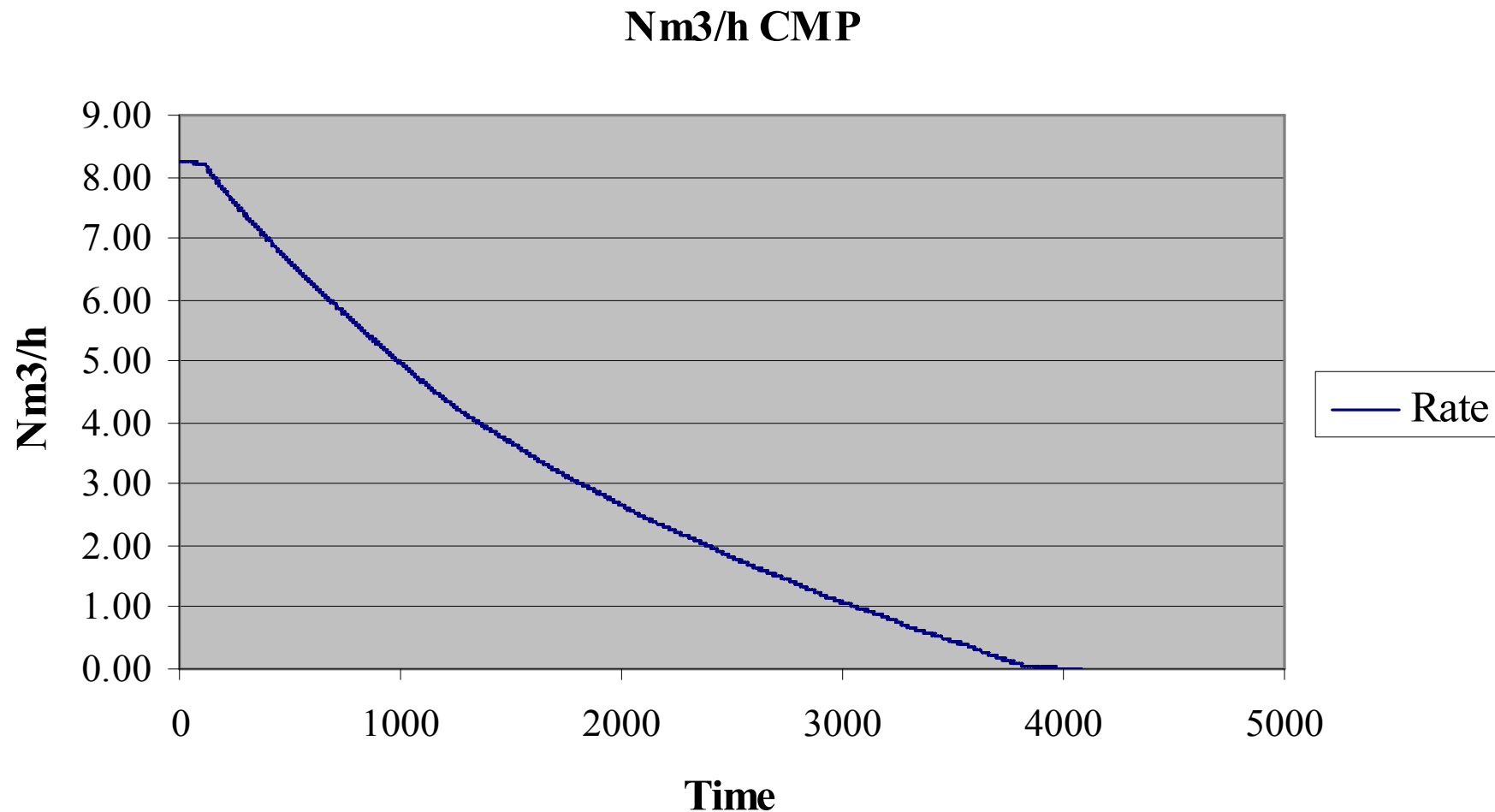


- Άνοδος θερμοκρασίας νερού
- Πτώση πίεσης δεξαμενής μεταλλοϋδριδίων

ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ

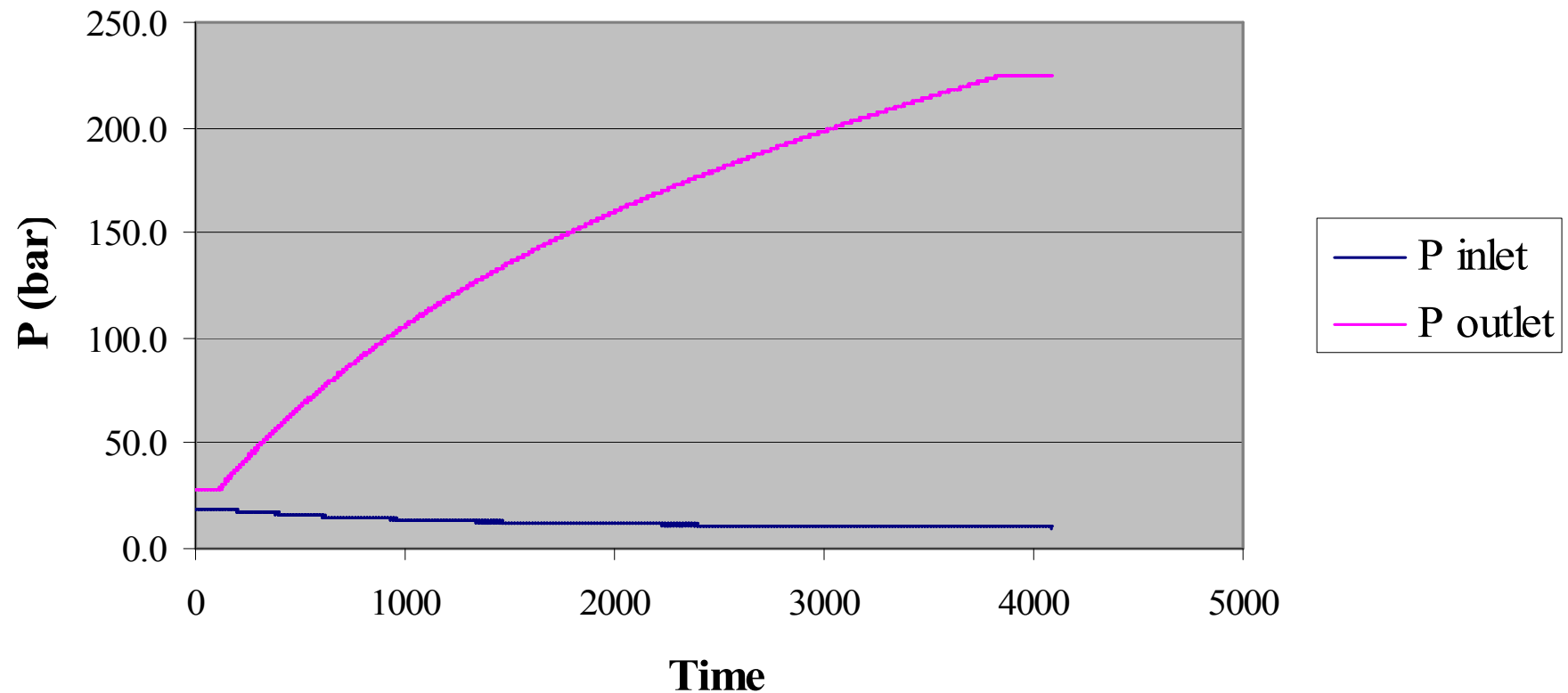
P_{inlet} (bar)	P_{outlet} (bar)	V_{H_2} (Nm ³)	$\Delta V/\Delta t$ (Nm ³ /h)
18.6	30.2	1.4	8.1
15.8	70.2	3.2	6.5
12.7	130.2	6.1	4.0
12.0	150.2	7.1	3.1
11.3	180.0	8.5	1.8
10.8	220.2	10.3	0.2

- V_{H_2} (Nm³): Όγκος συμπιεζόμενου υδρογόνου
- $\Delta V/\Delta t$ (Nm³/h): Ρυθμός συμπίεσης



- Πτώση του ρυθμού συμπίεσης στη μονάδα του χρόνου

Compressor



- Άνοδος πίεσης εξόδου απο το συμπιεστή
- Σταθερή πίεση εισόδου
- Άνοδος διαφοράς πίεσης ($\Delta P = P_{\text{outlet}} - P_{\text{inlet}}$)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Άμεση απορρόφηση επιβαλλόμενου ρεύματος
- Διατήρηση σταθερής τάσης
- Ψύξη – Θέρμανση δεξαμενής μεταλλοϋδριδίων → Απορρόφηση – Εκρρόφηση H_2
- Άνοδος ΔΡ κατά τη συμπίεση → Πτώση του ρυθμού συμπίεσης

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΠΟΛΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ