

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ : ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«Υδροστρόβιλοι σε αγωγούς υδάτων: μελέτη εφαρμογής σε
δίκτυο του Οργανισμού Ανάπτυξης Κρήτης Α.Ε.»**

Παναγιώτης Γ. Πιπερίδης

Επιβλέπων: Καθηγητής Αναστάσιος Πουλιέζος

Εξεταστική Επιτροπή:

Καθηγητής Αναστάσιος Πουλιέζος (Επιβλέπων)

Αναπληρωτής Καθηγητής Σπυρίδων Παπαευθυμίου

Επίκουρος Καθηγητής Φώτιος Κανέλλος

Χανιά, Ιούνιος 2017

Περίληψη

Ο Οργανισμός Ανάπτυξης Κρήτης Α.Ε. (ΟΑΚ ΑΕ) είναι ο φορέας διαχείρισης των μεγαλύτερων υποδομών ύδατος (Φράγματα, εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού, λιμνοδεξαμενές κα) και υδρο-αρδευτικών δικτύων στην Κρήτη. Η ανάπτυξη έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) σε υποδομές και εκτάσεις του ΟΑΚ ΑΕ αποτελούν οριζόντια πολιτική στο στρατηγικό σχεδιασμό του Οργανισμού, με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος, την συνεχή βελτίωση των υποδομών του, αλλά και μείωση του κόστους υπηρεσιών παροχής ύδατος στους κατοίκους του νησιού.

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι η αξιοποίηση του υδραυλικού δυναμικού των υδατικών δικτύων του Ο.Α.Κ. Α.Ε και η ανάκτηση της καταστρεφόμενης υδραυλικής ενέργειας, όπου λειτουργούν έργα καταστροφής ενέργειας, με εγκατάσταση Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων (ΜΥΗΕ) στους αγωγούς υδάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η μεθοδολογία/ διάρθρωση της εργασίας περιλαμβάνει:

- Εκτενής βιβλιογραφική έρευνα (state-of-the-art) που αφορά στην μελέτη, στα προγράμματα και την εφαρμογή τεχνολογιών ανάκτησης και παραγωγής ενέργειας σε υδατικά δίκτυα σε παγκόσμιο και εθνικό επίπεδο.
- Διερεύνηση και επιλογή του υδατικού δικτύου του ΟΑΚ ΑΕ και εύρεση σημείων καταστροφής της ενέργειας για την εφαρμογή των εν λόγω συστημάτων, λαμβάνοντας υπόψη ότι ο σχεδιασμός τους δεν παρακωλύει τη λειτουργία του υφιστάμενου δικτύου και ικανοποιώντας τις υπάρχουσες ανάγκες άρδευσης στην περιοχή μελέτης.
- Ανάπτυξη μαθηματικού μοντέλου των αγωγών με υδροστροβίλο για κάθε περίπτωση λαμβάνοντας υπόψη μετρούμενες χρονοσειρές παροχής, διάφορους τύπους υδροστροβίλων και τεχνολογιών και πραγματικά δεδομένα και χαρακτηριστικά των δικτύων
- Εξαγωγή, παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων που θα περιλαμβάνουν την βέλτιστη επιλογή υδροστροβίλων, τον υπολογισμό της ετήσιας παραγόμενης ενέργειας, των ετήσιων κερδών μέσω της πώλησης της ενέργειας ή της μείωσης του ενεργειακού κόστους (συμψηφισμός ενέργειας – net metering).
- Της ετήσιας μείωσης εκπομπών CO₂ από την εξοικονόμηση πρωτογενούς συμβατικής ενέργειας (περιβαλλοντικό αποτύπωμα).
- Οικονομική ανάλυση, μελέτη βιωσιμότητας της επένδυσης, ανάλυση κόστους – οφέλους της εφαρμογής των έργων και αξιολόγηση αυτών με επιλεγμένους δείκτες αποδοτικότητας.
- Εξαγωγή συμπερασμάτων και δυνατότητα μελλοντικής έρευνας και εφαρμογής.

Τα οφέλη από την ανάπτυξη και λειτουργία των υπό μελέτη ΜΥΗΕ στα υδατικά δίκτυα του ΟΑΚ ΑΕ θα είναι: η εκμετάλλευση του υδραυλικού δυναμικού στους υδαταγωγούς το οποίο παραμένει μέχρι σήμερα αναξιοποίητο, η παραγωγή «πράσινης» ενέργειας και προστασία του περιβάλλοντος, η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας στις υποδομές του ΟΑΚ ΑΕ, με άμεσο αντίκτυπο στην μείωση του κόστους υπηρεσιών νερού στην περιοχή μελέτης.

TECHNICAL UNIVERSITY OF CRETE
SCHOOL OF PRODUCTION ENGINEERING AND
MANAGEMENT

MASTER OF SCIENCE IN PRODUCTION SYSTEMS



MASTER THESIS

**“Hydro turbines in water pipelines: implementation study in
water network of the Organization for the Development of
Crete S.A.”**

Panagiotis G. Piperidis

Supervisor: Professor Anastasios Pouliezos

Examination Committee:

Professor Anastasios Pouliezos

Associate Professor Spiros Papaefthimiou

Assistant Professor Fotis Kanellos

Chania, June 2017

Abstract

The Organization for the Development of Crete SA (OAK SA) is the responsible authority for the management of the main hydraulic infrastructure (dams, water treatment plants, reservoirs etc) as well as of the water supply networks in the island of Crete, Greece.

The development of Renewable Energy projects in infrastructure and water networks constitutes a horizontal policy of OAK SA strategic plan, with the aim to contribute in environment protection, the infrastructure improvement and the water service cost reduction, as this is related with the island population.

The aim of this thesis is the investigation of the energy exploitation of the hydraulic potential of the OAK SA water & irrigation networks and the energy recovery with the replacement of the energy destruction equipment at the end of the pipe with small hydro turbine technology for energy production. The methodology/structure of the present thesis includes:

- An extended literature review (state-of-the-art) regarding the research, studies, projects and application of micro hydropower technologies for energy recovery and generation in water supply networks in national and international level.
- OAK SA water supply network investigation and selection of the suitable case studies (areas and network points) for the application of the aforementioned hydropower systems, taking into account that the systems design and application does not affect the existing water network operation and the water supply and irrigation needs of the respective area.
- Mathematical model (methodology) development for each case – study that takes into account as inputs the measured water flow time series (real data), the various hydropower technologies and the water distribution network technical characteristics.
- Numerical results extracting, presentation and analysis, that include the optimal selection of hydropower technology, the calculated annual energy produced, the annual revenues through the energy cost reduction (net metering).
- The calculated annual reduction of CO₂ emissions with the proposed systems' application (environmental footprint).
- Economic analysis, feasibility study, cost – benefit analysis of the proposed projects and validation of the results based on selected indices.
- Conclusions, future prospects and applications.

The benefits of the development and application of the projects under this research in the water supply and irrigation networks of OAK SA in Crete are: The hydraulic potential exploitation that remains untapped to date, the “green” water energy generation and the environmental protection, the electrical energy saving and the water supply and distribution services' financial cost reduction of OAK SA management, with an immediate positive impact of water services cost reduction of the studied area.

Πίνακας περιεχομένων

| | |
|---|----|
| ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ | 16 |
| NOMENCLATURE | 16 |
| Πρόλογος | 17 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 | 19 |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 19 |
| 1.1 Νερό για ενέργεια και ενέργεια για νερό | 19 |
| 1.2 Οι υποδομές και τα δίκτυα του Οργανισμού Ανάπτυξης Κρήτης Α.Ε..... | 21 |
| 1.2.1 Φράγματα & Λιμνοδεξαμενές του ΟΑΚ ΑΕ | 23 |
| 1.2.2 Υδροαρδευτικά δίκτυα του ΟΑΚ ΑΕ..... | 24 |
| 1.2.3 Αναγκαιότητα ανάπτυξης έργων ΑΠΕ..... | 28 |
| 1.3 Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας | 29 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 | 31 |
| ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥΣ ΣΕ ΥΔΑΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ..... | 31 |
| 2.1 Αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας – μικρά υδροηλεκτρικά έργα..... | 31 |
| 2.2 Σύγχρονοι τύποι υδροστροβίλων | 33 |
| 2.3 Βιβλιογραφική ανασκόπηση παραγωγής ενέργειας σε υδατικά δίκτυα | 35 |
| 2.3.1 Κατευθύνσεις επιστημονικής έρευνας..... | 35 |
| 2.3.2 Παραδείγματα εφαρμογών | 37 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 | 43 |
| ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ & ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ | 43 |
| 3.1 Υδρολογικά & Τεχνικά δεδομένα..... | 43 |
| 3.1.1 Καμπύλη Διάρκειας Παροχής (ΚΔΠ)..... | 43 |
| 3.1.2 Επιλογή Τύπου Υδροστροβίλου | 45 |
| 3.1.3 Υπολογισμός αξιοποιήσιμης παροχής από υδροστροβίλους..... | 46 |
| 3.1.4 Βαθμός Απόδοσης υδροστροβίλου | 46 |
| 3.1.5 Μέθοδος υπολογισμού μηχανικής ισχύς υδροστροβίλου | 47 |
| 3.1.6 Υδροστροβίλοι σε κλειστό αγωγό της εταιρίας Lucid Energy | 48 |
| 3.2 Υπολογισμός μείωσης εκπομπών CO ₂ (περιβαλλοντικό αποτύπωμα).... | 52 |
| 3.3 Οικονομική ανάλυση | 52 |
| 3.3.1 Βασικά στοιχεία της οικονομικής ανάλυσης | 52 |
| 3.3.2 Βασικά κριτήρια οικονομικής βιωσιμότητας..... | 54 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 | 57 |

| | |
|---|----|
| ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ & ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ | 57 |
| 4.1 Περιγραφή μεθοδολογίας..... | 57 |
| 4.2 Περίπτωση 1: Πατελάρι, Χανιά..... | 60 |
| 4.2.1 Χρονοσειρά παροχής | 60 |
| 4.2.2 Καμπύλη διάρκειας παροχής..... | 61 |
| 4.2.3 Στοιχεία αγωγού και υδροστροβίλου..... | 62 |
| 4.2.4 Υπολογισμός ετήσιας ολικής παραγόμενης ενέργειας | 62 |
| 4.2.5 Οικονομική ανάλυση για 20 έτη με πώληση στη ΔΕΗ..... | 63 |
| 4.2.6 Οικονομική ανάλυση για 20 έτη με εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό (net metering)..... | 65 |
| 4.3 Περίπτωση 2: Αγωγός Οροπεδίου Λασιθίου – Φράγμα Απόσελεμη, Ηράκλειο | 66 |
| 4.3.1 Καμπύλη διάρκειας παροχής..... | 71 |
| 4.3.2 Υπολογισμός ετήσιας παραγόμενης ενέργειας (Pelton 2.5 MW)..... | 71 |
| 4.3.3 Οικονομική ανάλυση με πώληση στη ΔΕΗ (Pelton 2.5 MW)..... | 72 |
| 4.3.4 Οικονομική ανάλυση με net metering (Pelton 2.5 MW)..... | 74 |
| 4.3.5 Υπολογισμός ετήσιας παραγόμενης ενέργειας (Pelton 4.8 MW)..... | 75 |
| 4.3.6 Οικονομική ανάλυση με πώληση στη ΔΕΗ (Pelton 4.8 MW)..... | 76 |
| 4.3.7 Οικονομική ανάλυση με net metering (Pelton 4.8 MW)..... | 78 |
| 4.3.8 Υπολογισμός ετήσιας παραγόμενης ενέργειας (Pelton 10 MW)..... | 79 |
| 4.3.9 Οικονομική ανάλυση με πώληση στη ΔΕΗ (Pelton 10MW)..... | 80 |
| 4.3.10 Οικονομική ανάλυση με net metering (Pelton 10MW)..... | 81 |
| 4.3.11 Υπολογισμός ετήσιας παραγόμενης ενέργειας (Lucid Energy 50kW) | 83 |
| 4.3.12 Οικονομική ανάλυση με πώληση στη ΔΕΗ (Lucid Energy 50kW) | 83 |
| 4.3.13 Οικονομική ανάλυση με net metering (Lucid Energy 50kW)..... | 85 |
| 4.4 Περίπτωση 3: Μυλωνιανά, Χανιά | 87 |
| 4.4.1 Χρονοσειρά παροχής | 87 |
| 4.4.2 Καμπύλη διάρκειας παροχής..... | 88 |
| 4.4.3 Στοιχεία αγωγού και υδροστροβίλου..... | 89 |
| 4.4.4 Υπολογισμός ετήσιας ολικής παραγόμενης ενέργειας | 90 |
| 4.4.5 Οικονομική ανάλυση για 20 έτη με πώληση στη ΔΕΗ..... | 90 |
| 4.4.6 Οικονομική ανάλυση για 20 έτη με εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό (net metering)..... | 91 |
| 4.5 Ανάλυση αποτελεσμάτων – σχόλια..... | 93 |
| 4.5.1 Ενεργειακή και περιβαλλοντική απόδοση των έργων | 93 |

| | |
|--|-----|
| 4.5.2 Οικονομική αξιολόγηση των έργων..... | 94 |
| 4.5.3 Ανάλυση Κόστους – Οφέλους των έργων..... | 96 |
| 4.5.4 Επιλογή βέλτιστου σεναρίου συνδυασμών έργων στα υδατικά δίκτυα του ΟΑΚ ΑΕ..... | 97 |
| 4.5.5 Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων με δείκτες αποδοτικότητας..... | 98 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 | 103 |
| ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ | 103 |
| 5.1 Συμπεράσματα | 103 |
| 5.2 Μελλοντική Έρευνα | 105 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ..... | 111 |

Λίστα Πινάκων

| | |
|---|----|
| Πίνακας 1: Ορισμοί μικρών ΥΗΕ ανά χώρα..... | 32 |
| Πίνακας 2: Κατάταξη υδροστροβίλων με βάση την υδραυλική πτώση | 35 |
| Πίνακας 3: Κύρια οικονομοτεχνικά χαρακτηριστικά & δείκτες των ΜΗΥΕ της ΕΥΔΑΠ [Πηγή: ΕΥΔΑΠ ΑΕ, www.eydap.gr]..... | 40 |
| Πίνακας 4: Όρια λειτουργίας υδροστροβίλων (Παπαντώνης, 2008)..... | 46 |
| Πίνακας 5: Διαθέσιμα μοντέλα υδροστροβίλων της Lucid Energy..... | 50 |
| Πίνακας 6: Συντελεστής CO ₂ για την Κρήτη..... | 52 |
| Πίνακας 7: Μέσες μηνιαίες μετρούμενες παροχές πηγής Καλαμιώνα (Περιφέρεια Κρήτης)..... | 60 |
| Πίνακας 8: Βασικά στοιχεία υδροστροβίλου Kaplan 50kW, ετήσια παραγόμενη ενέργεια και μείωση εκπομπών CO ₂ | 63 |
| Πίνακας 9: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Πατελάρη) – πώληση στη ΔΕΗ. 63 | |
| Πίνακας 10: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Πατελάρη) – πώληση στη ΔΕΗ..... | 64 |
| Πίνακας 11: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Πατελάρη) – net metering..... | 65 |
| Πίνακας 12: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Πατελάρη) – net metering..... | 65 |
| Πίνακας 13: Βασικά στοιχεία υδροστροβίλου Pelton 2.5MW, ετήσια παραγόμενη ενέργεια και εξοικονόμηση εκπομπών CO ₂ | 72 |
| Πίνακας 14: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ | 72 |
| Πίνακας 15: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ..... | 73 |
| Πίνακας 16: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – net metering . | 74 |

| | |
|---|----|
| Πίνακας 17: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – net metering..... | 74 |
| Πίνακας 18: Βασικά στοιχεία υδροστροβίλου Pelton 4.8MW, ετήσια παραγόμενη ενέργεια και εξοικονόμηση εκπομπών CO ₂ | 76 |
| Πίνακας 19: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ | 76 |
| Πίνακας 20: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ..... | 77 |
| Πίνακας 21: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – net metering . | 78 |
| Πίνακας 22: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – net metering..... | 78 |
| Πίνακας 23: Βασικά στοιχεία υδροστροβίλου Pelton 10MW, ετήσια παραγόμενη ενέργεια και εξοικονόμηση εκπομπών CO ₂ | 79 |
| Πίνακας 24: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ | 80 |
| Πίνακας 25: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ..... | 81 |
| Πίνακας 26: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – net metering . | 82 |
| Πίνακας 27: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – με net metering..... | 82 |
| Πίνακας 28: Βασικά στοιχεία υδροστροβίλου Lucid Energy 50kW, ετήσια παραγόμενη ενέργεια και εξοικονόμηση εκπομπών CO ₂ | 83 |
| Πίνακας 29: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ | 84 |
| Πίνακας 30: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ..... | 84 |
| Πίνακας 31: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – net metering . | 85 |
| Πίνακας 32: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – με net metering..... | 86 |
| Πίνακας 33: Βασικά στοιχεία υδροστροβίλου Lucid Energy 14kW , ετήσια παραγόμενη ενέργεια και εξοικονόμηση εκπομπών CO ₂ | 90 |
| Πίνακας 34: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Μυλωνιανά) – πώληση στη ΔΕΗ | 90 |
| Πίνακας 35: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Μυλωνιανά) – πώληση στη ΔΕΗ..... | 91 |
| Πίνακας 36: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Μυλωνιανά) – net metering ... | 92 |
| Πίνακας 37: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Μυλωνιανά) – net metering..... | 92 |

| | |
|--|----|
| Πίνακας 38: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ενεργειακής & περιβαλλοντικής απόδοσης έργων..... | 93 |
| Πίνακας 39: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης των έργων | 94 |
| Πίνακας 40: Δείκτες κόστους - οφέλους για τα υπό μελέτη έργα (μέση τιμή 0.53cents/kWh) | 97 |
| Πίνακας 41: Βέλτιστος συνδυασμός έργων στα υδατικά δίκτυα του ΟΑΚ ΑΕ | 97 |
| Πίνακας 42: Δείκτες αποδοτικότητας για Πατελάρι και Αποσελέμη | 98 |

Λίστα Εικόνων

| | |
|---|----|
| Εικόνα 1: Water- Energy Nexus: Νερό για ενέργεια και ενέργεια για νερό (World Business Council for Sustainable Development, 2009.) | 20 |
| Εικόνα 2: Τα αποτελέσματα διεθνούς έρευνας σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας για πόσιμο νερό (Πηγή: European Benchmarking Co-operation, 2011) | 20 |
| Εικόνα 3: Το Φράγμα Αποσελέμη, Ηράκλειο | 23 |
| Εικόνα 4: Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Νερού Φράγματος Αποσελέμη, Ηράκλειο | 23 |
| Εικόνα 5: Το Φράγμα Ποταμών Ρεθύμνου | 24 |
| Εικόνα 6: Φράγμα Βαλσαμιώτη Χανίων..... | 24 |
| Εικόνα 7: Υδροαρδευτικά δίκτυα ΟΑΚ ΑΕ στη Δυτική Κρήτη –ΠΕ Χανίων | 26 |
| Εικόνα 8: Υδροαρδευτικά δίκτυα του ΟΑΚ ΑΕ στη Δυτική Κρήτη – ΠΕ Ρεθύμνου.... | 27 |
| Εικόνα 9: Δίκτυα ύδρευσης του ΟΑΚ ΑΕ Ανατολικής Κρήτης. | 28 |
| Εικόνα 10: Σχηματική διάταξη μικρού ΥΗΕ με ανάντι ταμιευτήρα (Παπαντώνης, 2001) | 33 |
| Εικόνα 11: Υδροστρόβιλος τύπου Francis | 34 |
| Εικόνα 12: Υδροστρόβιλος τύπου Pelton | 34 |
| Εικόνα 13: Υδροστρόβιλος τύπου Cross - Flow ή Banki..... | 34 |
| Εικόνα 14: Υδροστρόβιλος αξονικής ροής - Kaplan..... | 34 |
| Εικόνα 15: Τυπική διαμόρφωση ενός συστήματος PAT..... | 37 |
| Εικόνα 16: Υδραυλικό διάγραμμα ενός συστήματος PAT [KSB, “Application-oriented Planning Documents for Pumps as Turbines”, 2009.]..... | 37 |
| Εικόνα 17: Πρότυπος micro σφαιρικός υδροστρόβιλος [Πηγή: Chen et al., 2013].... | 38 |
| Εικόνα 18: Δίκτυο διανομής νερού του Langhirano..... | 38 |
| Εικόνα 19: Χάρτης ΜΥΗΕ Σταθμών της ΕΥΔΑΠ ΑΕ [Πηγή: ΕΥΔΑΠ ΑΕ, www.eydap.gr] | 40 |
| Εικόνα 20: Σημεία μελέτης του δικτύου του έργου Smart Waters (Πουλιέζος κα, 2013) | 41 |

| | |
|---|----|
| Εικόνα 21: Υδραυλικό μοντέλο του υδατικού δικτύου της Κοζάνης (Κανακούδης και Πατέλης, 2016)..... | 42 |
| Εικόνα 22: Καμπύλη διάρκειας παροχής (Παπαντώνης, 2008)..... | 44 |
| Εικόνα 23: Διάγραμμα επιλογής υδροστροβίλου (Παπαντώνης, 2008)..... | 45 |
| Εικόνα 24: Διάγραμμα βαθμού απόδοσης υδροστροβίλου (Παπαντώνης, 2008)..... | 46 |
| Εικόνα 25: Ο σφαιρικός στρόβιλος LucidPipe (LPS)..... | 49 |
| Εικόνα 26: 4 – turbine Lucid Energy system..... | 49 |
| Εικόνα 27: Καμπύλη ισχύος και απωλειών μοντέλου LPS42A..... | 50 |
| Εικόνα 28: Εκτίμηση Καμπύλης ισχύος και απωλειών μοντέλου LPS24A..... | 51 |
| Εικόνα 29: Εκτίμηση Καμπύλη υδραυλικών απωλειών LPS24A..... | 51 |
| Εικόνα 30: Σχηματική απεικόνιση της μεθοδολογίας..... | 59 |
| Εικόνα 31: Αντλιοστάσιο Πατελαρίου..... | 60 |
| Εικόνα 32: Διάγραμμα χρονοσειράς παροχών της πηγής Καλαμιώνα | 61 |
| Εικόνα 33: Καμπύλη Διάρκειας Παροχής Πηγής Καλαμιώνα | 61 |
| Εικόνα 34: Αποτύπωση αγωγού πηγής Καλαμιώνα – Φρεάτιο εισόδου αντλιοστασίου Πατελαρίου..... | 62 |
| Εικόνα 35: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Πατελάρι) – πώληση στη ΔΕΗ... .. | 64 |
| Εικόνα 36: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Πατελάρι) – net metering | 66 |
| Εικόνα 37: Πανοραμική όψη όδευσης της σήραγγας (αρχεία ΟΑΚ ΑΕ) | 67 |
| Εικόνα 38: Τομή σήραγγας (αρχεία ΟΑΚ ΑΕ)..... | 68 |
| Εικόνα 39: Σήραγγα Αποσελέμη μεταφοράς πλημμυρικών παροχών Οροπεδίου (αρχεία ΟΑΚ ΑΕ)..... | 68 |
| Εικόνα 40: Τυπική διατομή σήραγγας Οροπεδίου Λασιθίου (αρχεία ΟΑΚ ΑΕ)..... | 69 |
| Εικόνα 41: Μηχάνημα ολομέτωσης κοπής T.B.M (αρχεία ΟΑΚ ΑΕ) | 69 |
| Εικόνα 42: Κάτοψη πύργου υδροληψίας (αρχεία ΟΑΚ ΑΕ)..... | 70 |
| Εικόνα 43: Τομή έργου υδροληψίας (αρχεία ΟΑΚ ΑΕ)..... | 70 |
| Εικόνα 44: Καμπύλη Διάρκειας Παροχής αγωγού Αποσελέμη..... | 71 |
| Εικόνα 45: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ | 73 |
| Εικόνα 46: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Αποσελέμης) – net metering..... | 75 |
| Εικόνα 47: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ | 77 |
| Εικόνα 48: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Αποσελέμης) – net metering..... | 79 |
| Εικόνα 49: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ | 81 |
| Εικόνα 50: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Αποσελέμης) – net metering..... | 83 |

| | |
|---|-----|
| Εικόνα 51: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ | 85 |
| Εικόνα 52: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Αποσελέμης) – net metering..... | 86 |
| Εικόνα 53: Αντλιοστάσιο και δεξαμενές υδροληπτικού κέντρου Μυλωνιανών, Χανιά | 87 |
| Εικόνα 54: Απεικόνιση του συστήματος SCADA του ΟΑΚ ΑΕ | 87 |
| Εικόνα 55: Ημερήσιες Παροχές Κεντρικού Αγωγού Μυλωνιανά | 88 |
| Εικόνα 56: Καμπύλη Διάρκειας Παροχής Κεντρικού Αγωγού Μυλωνιανά | 88 |
| Εικόνα 57: Αποτύπωση αγωγού κεντρικού αγωγού Μυλωνιανά έως σημείο τοποθέτησης υδροστροβίλου | 89 |
| Εικόνα 58: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Μυλωνιανά) – πώληση στη ΔΕΗ | 91 |
| Εικόνα 59: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Μυλωνιανά) – net metering | 93 |
| Εικόνα 60: Ετήσια παραγόμενη ενέργεια των υπό μελέτη συστημάτων | 94 |
| Εικόνα 61: ΚΠΑ των προτεινόμενων έργων (πώληση ενέργειας στη ΔΕΗ)..... | 95 |
| Εικόνα 62: ΚΠΑ των προτεινόμενων έργων (net metering)..... | 95 |
| Εικόνα 63: Οι δείκτες Ef και Wf για το Πατελάρι..... | 99 |
| Εικόνα 64: Οι δείκτες Ef και Wf για Αποσελέμη Pelton 2.5 MW | 99 |
| Εικόνα 65: Οι δείκτες Ef και Wf για Αποσελέμη Pelton 4.8 MW | 100 |
| Εικόνα 66: Οι δείκτες Ef και Wf για Αποσελέμη Pelton 10 MW | 100 |
| Εικόνα 67: Δείκτες Ef (α), Wf (β) και Lf (γ) για τα 3 σενάρια Pelton | 101 |

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

| | |
|-----------------|--|
| ΑΠΕ | Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας |
| ΑΠΚ | Ανάκτηση Πλήρους Κόστους |
| ΔΕΗ | Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού |
| ΔΕΥΑ | Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης Αποχέτευσης |
| ΕΚΕ | Έργα Καταστροφής Ενέργειας |
| ΕΥΔΑΠ ΑΕ | Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πρωτευούσης Α.Ε. |
| ΚΔΠ | Καμπύλη Διάρκειας Παροχής |
| ΚΠΑ | Καθαρή Παρούσα Αξία |
| ΚΤΡ | Καθαρές Ταμειακές Ροές |
| ΜΤ | Μέση Τάση |
| ΜΥΗΕ | Μικρό Υδροηλεκτρικό Έργο |
| ΟΑΚ ΑΕ | Οργανισμός Ανάπτυξης Κρήτης Α.Ε. |
| ΠΕ | Περιφερειακή Ενότητα |
| Τ/Δ | Ταχυδουλίστήριο |
| ΤΟΕΒ | Τοπικός Οργανισμός Εγγείων Βελτιώσεων |
| ΥΔ | Υδατικό Διαμέρισμα |
| ΧΤ | Χαμηλή Τάση |

NOMENCLATURE

| | |
|--------------|--|
| BCR | Benefit Cost Ratio |
| FCR | Full Cost Recovery |
| IRR | Internal Rate of Return |
| LPS | Lucid Pipe System |
| NPV | Net Present Value |
| PAT | Pump As Turbine |
| PRV | Pressure Relief Valve |
| PSI | Pound per Square Inch |
| RES | Renewable Energy Sources |
| SCADA | Supervisory Control And Data Acquisition |
| VOS | Varying Operating Strategy |

Πρόλογος

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια των Μεταπτυχιακών Σπουδών στα Συστήματα Παραγωγής στο Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης και αποτελεί την απαιτούμενη μεταπτυχιακή εργασία.

Μελετήθηκε το θέμα της παραγωγής ενέργειας από υδροστροβίλους σε δίκτυα αγωγών στην Δυτική και Ανατολική Κρήτη με στόχο την παραγωγή εγγυημένης ενέργειας και μείωση του κόστους της ΔΕΗ.

Με δεδομένα τα υδραυλικά στοιχεία των δικτύων, τις χρονοσειρές των παροχών και τις τεχνολογικές δυνατότητες ανάκτησης ενέργειας σε υδατικά δίκτυα υπολογίσθηκαν για 3 περιοχές και διαφορετικά σενάρια των δικτύων του ΟΑΚ ΑΕ οι ετήσιες ποσότητες παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και η οικονομική βιωσιμότητα και αποδοτικότητα των προτεινόμενων συστημάτων.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Αναστάσιο Πουλιέζο για την ανάθεση της παρούσας εργασίας, καθώς και για την πολύτιμη και διαρκή καθοδήγηση και υποστήριξη καθόλη την διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου και μέλη της εξεταστικής επιτροπής κ. Σπύρο Παπαευθυμίου και κ. Φώτη Κανέλλο για την ουσιαστική συνεισφορά τους στις μεταπτυχιακές μου σπουδές και τον χρόνο που αφιέρωσαν για την εργασία μου, καθώς και τον καθηγητή κ. Γεώργιο Σταυρακάκη για την συνολική στήριξη του κατά τη διάρκεια του προγράμματος μεταπτυχιακών μου σπουδών. Ευχαριστώ ιδιαίτερα τους συναδέλφους μου κ. Λευτέρη Κοπάση Διευθυντή Στρατηγικού Σχεδιασμού & Ανάπτυξης του ΟΑΚ ΑΕ για την στήριξή του και Δρ. Τριανταφυλλιά Νικολάου Ειδικό Επιστημονικό Σύμβουλο του ΟΑΚ ΑΕ για την πολύτιμη βοήθειά της.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τη μέλλουσα σύζυγο μου Ιωάννα για την συμπαράστασή της και να της αφιερώσω την διατριβή μου.

Χανιά, Ιούνιος 2017

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Νερό για ενέργεια και ενέργεια για νερό

Το νερό και η ενέργεια αποτελούν δύο πολύ σημαντικούς παραμέτρους για την ανάπτυξη και την ευημερία. Η κοινωνική και οικονομική ευημερία εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τη δυνατότητα χρήσης τόσο της μίας όσο και της άλλης παραμέτρου από αυτές. Νερό και ενέργεια είναι δύο πόροι άμεσα συνδεδεμένοι μεταξύ τους. Ποσότητες νερού απαιτούνται σε όλες τις φάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, την εξόρυξη, την διύλιση, την επεξεργασία και την μεταφορά. Κατ' αντιστοιχία σημαντικά ποσά ενέργειας απαιτούνται για την άντληση, επεξεργασία, μεταφορά του νερού αλλά και την επεξεργασία των λυμάτων πριν από την επιστροφή τους στο περιβάλλον (δηλαδή σε όλες τις φάσεις από την παραγωγή του ως τη διανομή του στον τελικό χρήστη). Μέχρι σήμερα, οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ ενέργειας και νερού έχουν εξεταστεί σε περιφερειακό επίπεδο ή ανά τεχνολογία. Σε εθνικό και διεθνές επίπεδο, τα συστήματα ενέργειας και νερού έχουν αναπτυχθεί, διαχειριστεί και ρυθμιστεί ανεξάρτητα.

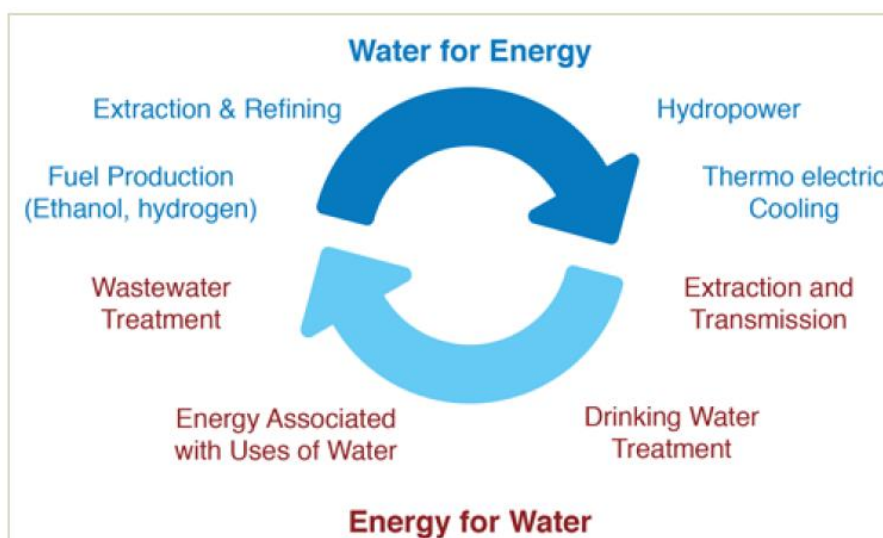
Ωστόσο, το σημερινό τοπίο των πολιτικών και των αποφάσεων στους τομείς νερό - ενέργεια έχει αλλάξει σημαντικά, λόγω των κάτωθι παραγόντων:

- της κλιματικής αλλαγής και της άμεσης ανάγκης για αποφάσεις και τεχνολογίες μετριασμού των επιπτώσεων αυτής στο περιβάλλον, στην επάρκεια των πόρων και την ποιότητα ζωής,
- της αύξησης του πληθυσμού που συνεπάγεται αύξηση στις ανάγκες για νερό και ενέργεια
- των επιπτώσεων της παραγωγής ενέργειας στην ύδρευση και άρδευση.

Οι παράγοντες αυτοί εισάγουν νέα δεδομένα για τη λήψη αποφάσεων και οδηγούμαστε σε μια πιο ολιστική και συνδυασμένη θεώρηση της διαχείρισης των δύο αυτών πόρων.

Το Water - Energy Nexus αποτυπώνει ξεκάθαρα αυτή την αμφίδρομη σχέση νερού και ενέργειας: *«Η παραγωγή ενέργειας απαιτεί μεγάλες ποσότητες νερού και η παραγωγή νερού μεγάλες ποσότητες ενέργειας»* (U.S. Department of Energy, 2014). Η Εικόνα 1 αποτυπώνει αυτήν την αμφίδρομη σχέση.

Η πορεία του νερού από την πηγή (υπόγεια ή επιφανειακή) μέχρι τον τελικό καταναλωτή (ύδρευση, άρδευση, βιομηχανία, γεωργία κλπ) έχει ένα ενεργειακό κόστος το οποίο πολλές φορές είναι ιδιαίτερα σημαντικό. Σε παγκόσμιο επίπεδο το κόστος αυτό καλύπτει το 7% της συνολικής παγκόσμιας κατανάλωσης.



Εικόνα 1: Water- Energy Nexus: Νερό για ενέργεια και ενέργεια για νερό (World Business Council for Sustainable Development, 2009.)

Οι αμερικανικές υπηρεσίες ύδρευσης αποχέτευσης υπολογίζεται ότι καταναλώνουν περίπου 56 δισεκατομμύρια κιλοβατώρες (KWh) ανά έτος (το 3% της εθνικής κατανάλωσης ενέργειας). Η ενέργεια αυτή είναι ικανή να τροφοδοτήσει με ηλεκτρικό ρεύμα πάνω από 5.000.000 στίπια για ένα ολόκληρο έτος, ισοδυναμεί δε με την προσθήκη περίπου 45 εκατομμυρίων τόνων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι, αφήνοντας μια βρύση να τρέξει για 5 min, χρησιμοποιείται περίπου τόση ενέργεια όση αν αφήσουμε έναν λαμπτήρα 60 Watt αναμμένο για 14 ώρες. Η European Benchmarking Co-operation (2011) πρόσφατα δημοσίευσε τα αποτελέσματα από διεθνή έρευνα (δεδομένα από το 2009 για 21 χώρες και 41 διαχειριστές νερού), σύμφωνα με την οποία η μέση κατανάλωση ενέργειας για το πόσιμο νερό ανέρχεται σε 0.56 kWh/m³.

Στην Ελλάδα, το σύστημα ύδρευσης – αποχέτευσης με μία πρώτη προσέγγιση ευθύνεται τουλάχιστον για το 1,76% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και στο παραπάνω ποσοστό δεν περιλαμβάνεται το ενεργειακό κόστος της μεταφοράς ύδατος με υγρά καύσιμα (μεταφορά νερού στα άνυδρα νησιά).



Εικόνα 2: Τα αποτελέσματα διεθνούς έρευνας σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας για πόσιμο νερό (Πηγή: European Benchmarking Co-operation, 2011)

Η ενέργεια είναι συνήθως μία από τις πρώτες δαπάνες στους φορείς που έχουν υπηρεσίες ύδρευσης αποχέτευσης, συχνά δε ισοδυναμεί με το 1/3 ή και περισσότερο του προϋπολογισμού τους, και αυτό εξαιτίας της λειτουργίας των προαναφερόμενων εγκαταστάσεων. Φαίνεται μάλιστα ότι είναι η δεύτερη δαπάνη μετά τη μισθοδοσία. Το μεγαλύτερο βάρος της ενεργειακής δαπάνης ανήκει βέβαια στον εξοπλισμό, του οποίου η ενεργειακή απόδοση είναι ιδιαίτερα σημαντική. Σύμφωνα με το Αμερικανικό Υπουργείο Ενέργειας υπολογίζεται ότι περισσότερο αποδοτικές αντλίες θα μπορούσαν να επιφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι και 20% (Γεωργαλάς, 2011).

Προκειμένου για την μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας στον τομέα της παραγωγής και διανομής νερού, οι λύσεις εστιάζονται:

- στην εξοικονόμηση ενέργειας με μεθοδολογίες και τεχνολογίες μείωσης των απωλειών των δικτύων,
- στην παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες τεχνολογίες μικρής κλίμακας στις υποδομές και στα δίκτυα διανομής νερού, προκειμένου η παραγόμενη ενέργεια να αντισταθμίζει όσο το δυνατόν περισσότερο την καταναλισκόμενη και να αντικαθίσταται ενέργεια παραγόμενη από συμβατικούς σταθμούς με ενέργεια παραγόμενη από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ).

Η μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας στα υδατικά δίκτυα είναι άμεσα συνδεδεμένη με οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Μειώνοντας το κόστος ενέργειας, μειώνεται ένα μεγάλο ποσοστό του κόστους νερού, το οποίο μεταφέρεται σε μειωμένα τιμολόγια στους καταναλωτές. Επιπρόσθετα η αντικατάσταση συμβατικής ενέργειας με ενέργεια από ΑΠΕ ενισχύει τα περιβαλλοντικά οφέλη που σχετίζονται με μείωση των εκπομπών CO₂, αερίων του θερμοκηπίου και παράγοντες της κλιματικής αλλαγής.

Η παρούσα εργασία μελετά την δυνατότητα και τεχνική και οικονομική εφικτότητα εγκατάστασης υδροστροβίλων σε υποδομές και δίκτυα διανομής νερού του Οργανισμού Ανάπτυξης Κρήτης Α.Ε., προκειμένου για την παραγωγή ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας και την μείωση της προμήθειας συμβατικής ενέργειας (από τη ΔΕΗ) καθώς και την μείωση του λειτουργικού κόστους του Οργανισμού. Προκειμένου να γίνουν κατανοητά τα δεδομένα και τα στοιχεία που μελετά η εργασία, παρατίθεται ακολούθως η περιγραφή του Οργανισμού.

1.2 Οι υποδομές και τα δίκτυα του Οργανισμού Ανάπτυξης Κρήτης Α.Ε.

Ο Οργανισμός Ανάπτυξης Κρήτης Α.Ε. (Ο.Α.Κ. Α.Ε.) ιδρύθηκε τον Ιούνιο του 2013 (ΦΕΚ 1473/18-06-2013), με τη συγχώνευση των Οργανισμών Ανάπτυξης Δυτικής και Ανατολικής Κρήτης (Ο.Α.ΔΥ.Κ. & Ο.ΑΝ.Α.Κ.) και την μεταφορά των αρμοδιοτήτων και έργων των Ειδικών Υπηρεσιών Δημοσίων Έργων ΕΥΔΕ ΒΟΑΚ και ΕΥΔΕ Αποσελέμη. Το Δημόσιο κατέχει την πλειοψηφία των μετοχών (51%), με την Περιφέρεια Κρήτης (22%), την Περιφερειακή Ένωση Δήμων Κρήτης (22%) και τις Ενώσεις Αγροτικών/Γεωργικών Συνεταιρισμών (5%) να κατέχουν το λοιπό 49%. Η εταιρεία λειτουργεί προς όφελος του δημόσιου συμφέροντος, είναι επιχείρηση κοινής ωφέλειας αφού παρέχει αγαθά και υπηρεσίες που εξυπηρετούν άμεσα δημόσιους

σκοπούς, ενώ εποπτεύεται από το Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών. Η έδρα του Οργανισμού είναι στα Χανιά, με παραρτήματα σε Ηράκλειο, Ρέθυμνο και Λασιθί.

Οι σκοποί και οι αρμοδιότητές του Οργανισμού είναι ο σχεδιασμός, η μελέτη, κατασκευή, εκμετάλλευση, διοίκηση και επίβλεψη:

- Του Διευρωπαϊκού Οδικού Δικτύου της Κρήτης. Ο ΟΑΚ ΑΕ έχει την ευθύνη της κατασκευής, της συντήρησης και διαχείρισης του έργου του Βόρειου Οδικού Άξονα Κρήτης (ΒΟΑΚ) και Νότιου Οδικού Άξονα Κρήτης (ΝΟΑΚ).
- Των Υδραυλικών Έργων (Φράγματα, λιμνοδεξαμενές και εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού). Ο Ο.Α.Κ. Α.Ε. διαχειρίζεται 3 μεγάλα Φράγματα στην Κρήτη (το Φράγμα Αποσελέμη χωρητικότητας 27,1εκ. κ.μ. στο Ηράκλειο, το Φράγμα Ποταμών 22,5 εκ. κ.μ. στο Ρέθυμνο και το Φράγμα Βαλσαμιώτη 6 εκ. κ.μ. στα Χανιά), την Λιμνοδεξαμενή Αγίου Γεωργίου χωρητικότητας 2,15 εκ. κ.μ. στο Οροπέδιο Λασιθίου, ταμιευτήρες σε όλη την Κρήτη συνολικής χωρητικότητας 230.000 κ.μ. και δύο διυλιστήρια επεξεργασίας νερού (στα Δράμια και το Ηράκλειο).
- Των υδροαρδευτικών δικτύων. Το έργο του πρώην Ο.Α.Δ.Υ.Κ «Ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων Δυτικής Κρήτης» έχει επεκταθεί με τα δίκτυα της Ανατολικής Κρήτης. Συνολικά τα υδροαρδευτικά δίκτυα του ΟΑΚ ΑΕ περιλαμβάνουν: 430 km κυρίων και δευτερευόντων αρδευτικών δικτύων στη Δυτική Κρήτη (αρδευόμενες περιοχές 135.000 στρέμματα) και 70 km υδρευτικά δίκτυα στην Ανατολική Κρήτη (ύδρευση 264.000 κατοίκων και 125.000 ξενοδοχειακών κλινών). Ο ΟΑΚ ΑΕ διανέμει ετησίως 40 εκ. κ.μ. νερό για άρδευση και ύδρευση μέσω των δικτύων του, 28 αντλιοστασίων και γεωτρήσεων.

Επιπλέον, στηρίζει την Τοπική Ανάπτυξη και Επιχειρηματικότητα μέσω χρηματοδοτικών προγραμμάτων και κοινοτικών πρωτοβουλιών (Προγράμματα Αγροτικής Ανάπτυξης – LEADER & ΟΠΑΑΧ Προγράμματα υποστήριξης ανέργων και κοινωνικής επιχειρηματικότητας στη Δυτική Κρήτη ΤΟΠΣΑ - ΤΟΠΕΚΟ), Φιλοξενία και Υποστήριξη Νεοφυών επιχειρήσεων έντασης γνώσης.

Επιπρόσθετα, ο στρατηγικός σχεδιασμός του ΟΑΚ ΑΕ περιλαμβάνει:

- Την ανάπτυξη έργων ΑΠΕ:
 - Το έργο «Ενεργειακή Αξιοποίηση Φράγματος Ποταμών Ρεθύμνου: Υβριδικός Σταθμός 50MW», προϋπολογισμού 270 εκ. €, έχει λάβει άδεια παραγωγής (Νικολάου και Μαμαγκάκης, 2013).
 - Ο Οργανισμός έχει χρηματοδοτηθεί από τον Ευρωπαϊκό Οικονομικό Χώρο (ΕΟΧ) για την πιλοτική εφαρμογή φωτοβολταϊκών συστημάτων σε αντλιοστάσια νερού για την μείωση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας.
- Τα σχέδια διαχείρισης υδατικών πόρων, κοστολόγηση και τιμολόγηση υπηρεσιών ύδατος: Ο ΟΑΚ ΑΕ είναι μέλος της Ομάδας Εργασίας για την υποστήριξη της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων του ΥΠΕΚΑ στην κατάρτιση του Σχεδίου Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κρήτης (Υπ' αρ. οικ. 163 Απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων, 2015).

- Τα συστήματα αυτοματισμού των υδροαρδευτικών δικτύων: Ο ΟΑΚ ΑΕ λειτουργεί σύστημα για την απόκτηση δεδομένων, την εποπτεία, τον τηλεχειρισμό και την ολική εποπτεία των σταθμών του (Vardoulakis et al., 2016).

1.2.1 Φράγματα & Λιμνοδεξαμενές του ΟΑΚ ΑΕ

1.2.1.1 Φράγμα Αποσελέμη Ηρακλείου

Το Φράγμα Αποσελέμη και ο αντίστοιχος ταμιευτήρας της ΠΕ Ηρακλείου Κρήτης είναι έργο ενίσχυσης της ύδρευσης της ευρύτερης περιοχής Ηρακλείου και Αγίου Νικολάου. Πρόκειται για χωμάτινο φράγμα ύψους 62,00 m με μήκος στέψης 660 m και με ωφέλιμη χωρητικότητα 27,3 εκ. m³ νερού (Εικόνα 3).



Εικόνα 3: Το Φράγμα Αποσελέμη, Ηράκλειο



Εικόνα 4: Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Νερού Φράγματος Αποσελέμη, Ηράκλειο

Το κόστος κατασκευής του Φράγματος είναι 38 εκ. € και το κόστος των απαλλοτριώσεων ανέρχεται σε 46 εκ. €. Στο έργο εντάσσεται επίσης και μονάδα επεξεργασίας νερού (διυλιστήριο) δυναμικότητας 110.600 m³/ημέρα με τα δίκτυα νερού Ηράκλειο, Χερσόνησος, Μάλια, Άγιος Νικόλαος, με εκτιμώμενο κόστος 82 εκ. €. Η σήραγγα ενίσχυσης του ταμιευτήρα του Φράγματος Αποσελέμη από το Οροπέδιο Λασιθίου έχει προϋπολογισμό 50 εκ. €.

1.2.1.2 Φράγμα Ποταμών Ρεθύμνου

Ο ΟΑΚ ΑΕ (πρώην Ο.Α.Δ.Υ.Κ.), ολοκλήρωσε το 2008 την κατασκευή του Φράγματος Ποταμών (Εικόνα 3) στη ΠΕ Ρεθύμνου. Πρόκειται για χωμάτινο φράγμα ύψους 55 m και χωρητικότητας ταμιευτήρα 22,5 εκ. m³ νερού. Το έργο το οποίο ξεκίνησε το 1995 χρηματοδοτούμενο από το Β΄ ΚΠΣ-ΠΕΠ Κρήτης, ολοκληρώθηκε το 2008 μέσω του

Γ΄ ΚΠΣ-ΠΕΠ Κρήτης, με συνολικό κόστος 55 εκ. ευρώ, ενώ καλύπτει τις ανάγκες άρδευσης 15.000 στρεμμάτων του κάμπου Ρεθύμνου.



Εικόνα 5: Το Φράγμα Ποταμών Ρεθύμνου

1.2.1.3 Φράγμα Βαλσαμιώτη Χανίων

Πρόκειται για αξονοσυμμετρικό φράγμα από κυλινδρούμενο σκληρό επίχωμα (Roller Compacted Concrete-RCC), με ανάντη στεγανό μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος ύψους 67,2 m, χωρητικότητας 6 εκ. m³ νερού. Αποτελεί έργο ενίσχυσης της άρδευσης του Νομού Χανίων, με κόστος κατασκευής 40 εκ. € και λειτουργεί από τον Μάρτιο του 2014.



Εικόνα 6: Φράγμα Βαλσαμιώτη Χανίων

1.2.1.4 Λιμνοδεξαμενή Αγίου Γεωργίου Λασιθίου

Στα υδραυλικά έργα του ΟΑΚ ΑΕ περιλαμβάνεται επίσης η λιμνοδεξαμενή Αγ. Γεωργίου Λασιθίου χωρητικότητας 2,15 εκ. m³ νερού για την ενίσχυση του ταμιευτήρα του φράγματος Αποσελέμη με κόστος κατασκευής 11 εκ. €. (Νικολάου κα, 2015).

1.2.2 Υδροαρδευτικά δίκτυα του ΟΑΚ ΑΕ

Όσον αφορά στα υδροαρδευτικά δίκτυα, το έργο του πρ. Ο.Α.ΔΥ.Κ «Ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων Δυτικής Κρήτης» έχει επεκταθεί με τα δίκτυα της Ανατολικής Κρήτης. Συνολικά τα υδροαρδευτικά δίκτυα του ΟΑΚ ΑΕ περιλαμβάνουν: 430 km κυρίων και δευτερευόντων αρδευτικών δικτύων στη Δυτική Κρήτη (αρδευόμενες περιοχές 135.000 στρέμματα) και 70 km υδρευτικά δίκτυα στην Ανατολική Κρήτη (ύδρευση 264.000 κατοίκων και 125.000 ξενοδοχειακών κλινών). Ο ΟΑΚ ΑΕ διανέμει ετησίως 40 εκ. m³ νερό για άρδευση και ύδρευση μέσω των δικτύων του, 28 αντλιοστασίων και γεωτρήσεων (Βαρδουλάκη κα, 2013).

1.2.2.1 Δίκτυα του ΟΑΚ ΑΕ στη Δυτική Κρήτη

Στην περιοχή Μυλωνιανών έχουν διανοιχτεί οι υδρογεωτρήσεις M1, M2, M5, M8, M7 και έχουν κατασκευαστεί (2) δυο δεξαμενές 2Δ1 (+135,40 μ. στάθμης δαπέδου, +141,40 μ. ανωτάτης στάθμης) και χωρητικότητας 6.500 m³ που είναι και συνδεδεμένες μεταξύ τους. Κοντά στις δεξαμενές 2Δ1 υπάρχει το αντλιοστάσιο ελέγχου των Μυλωνιανών που ρυθμίζει την λειτουργία των συστημάτων της πλήρωσης των δεξαμενών 2Δ1 με νερό από τις πηγές των Μεσκλών και από τις υδρογεωτρήσεις M1, M2, M5, M8, M7. Στο στάδιο της υλοποίησης βρίσκονται δύο νέες υδρογεωτρήσεις MΔ και M6, που θα τροφοδοτούν επιπλέον την περιοχή.

Ο αγωγός από τα Μεσκλά προς τα Μυλωνιανά (Φ1000 χαλύβδινος) μεταφέρει νερό με αγωγό βαρύτητας από τις πηγές Μεσκλών μέχρι τις δεξαμενές 2Δ1 στα Μυλωνιανά. Οι πηγές Μεσκλών πηγάζουν μεταξύ των υψομέτρων 197m μέχρι 212m. Οι δεξαμενές 2Δ1 μεταφέρουν, με κλειστούς και υπό πίεση αγωγούς, νερό για ύδρευση και άρδευση. Δυτικά, ο αγωγός βαρύτητας μεταφέρει νερό από τις δεξαμενές 2Δ1, στις δεξαμενές 2Δ1α (Περιβόλια, h=108m, Q= 4000m³), 2Δ1β (Μουρνιές, h=103m, Q=6500m³), 2Δ1γ Νεροκούρου, h=96m, Q=6500m³), και 2Δ1δ (Τσικαλαριά, h=89m, Q=4000m³). Στην περιοχή του Κάμπου Χανίων, υπάρχουν 3 υδρογεωτρήσεις που είναι απευθείας συνδεδεμένες με το δίκτυο και τροφοδοτούν την περιοχή των Μουρνιών και Νεροκούρου την καλοκαιρινή περίοδο.

Ο κεντρικός αγωγός καταλήγει στο προωθητικό αντλιοστάσιο του Βλητέ, όπου το νερό συγκεντρώνεται σε ένα φρεάτιο μείωσης πίεσης. Στη συνέχεια, αντλείται από το φρεάτιο προς τις δεξαμενές των Κορακιών (3Δ1, h= 215m, Q= 2000 m³ & 6500 m³) για να κάλυψη των ανάγκες της περιοχής. Ο δεύτερος αγωγός χρησιμοποιείται για τη μεταφορά νερού από το αντλιοστάσιο Ζούρμπου προς το Ακρωτήρι με την βοήθεια του προωθητικού αντλιοστάσιο και δεξαμενή των Μ. Χωραφιών οπίου το προωθεί προς τις δεξαμενές 3Δ1. Στην περιοχή του Ακρωτηρίου υπάρχουν 4 προωθητικά αντλιοστάσια για την προώθηση του νερού προς τις δεξαμενές και τα δίκτυα διανομής τις περιοχής.

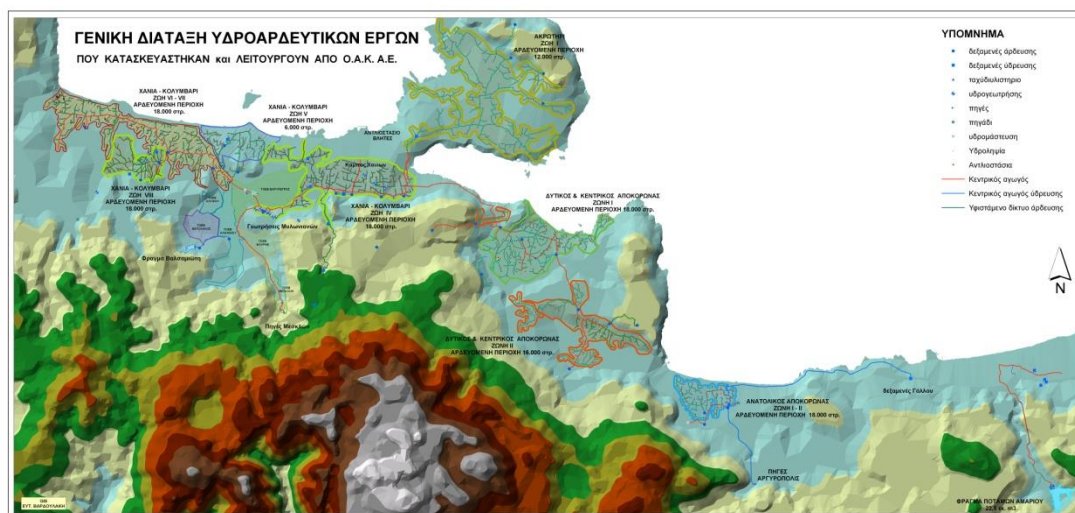
Η περιοχή του Ακρωτηρίου τροφοδοτείται με νερό από τις πηγές των Μεσκλών, από τις υδρογεωτρήσεις των Μυλωνιανών (ύδρευση και άρδευση), και τις πηγές του Ζούρμπου (άρδευση). Οι υδρογεωτρήσεις Μυλωνιανών περιλαμβάνουν την τροφοδότηση αρδευτικού και υδρευτικού νερού. Η ύδρευση του Δήμου Χανίων και του Δήμου Πλατανιά συμπληρώνεται με νερό από τις υδρογεωτρήσεις Μυλωνιανών και της πηγές των Μεσκλών. Οι υδρογεωτρήσεις Μυλωνιανών συμπληρώνουν την τροφοδότηση με νερό για άρδευση στην περιοχή του Κάμπου Χανίων και την περιοχή του Ακρωτηρίου.

Στην περιοχή των πηγών Καλαμιώνα έχει κατασκευαστεί ένα διάφραγμα με υπερχειλιστή με στάθμη 34 m. Κατάντι των πηγών Καλαμιώνα και της Λίμνης Αγιάς δίπλα στο υδροηλεκτρικό εργοστάσιο της ΔΕΗ, υπάρχει το φρεάτιο φόρτισης που τροφοδοτείται με νερό από τις πηγές Καλαμιώνα και από τον αγωγό βαρύτητας της Λίμνης της Αγιάς.

Από το φρεάτιο φόρτισης ξεκινά ο αγωγός Φ1200 που τερματίζει στο Φ2 μπροστά από το αντλιοστάσιο 2Α3 (Πατελάρι). Το αντλιοστάσιο 2Α3 ενισχύεται από το πηγάδι Φ6 και από το νερό από το Φράγμα Βαλσαμιώτη. Σε απευθείας σύνδεση με το δίκτυο έχει συνδεθεί το πηγάδι στο Βλάτος. Ο αγωγός συνεχίζει από το αντλιοστάσιο

Πατελαρίου μέχρι την δεξαμενή 2Δ3(Πατελαρίου) το οποίου με αγωγό βαρύτητας τροφοδοτεί την δεξαμενή 2Δ3β και το αντλιοστάσιο 2Α6 (Γεράνι). Ο χαλύβδινος αγωγός μεταφοράς νερού με διάμετρο (Φ1200 έως Φ800) συνεχίζει ως τον τερματισμό του στο Κολυμπάρι. Από τον αγωγό τροφοδοτούνται τα αρδευτικά δίκτυα της ΤΟΕΒ Αγ. Μαρίνας- Πλατανιά, ΤΟΕΒ Αγίας – Κολυμπαρίου και την Υψηλή Ζώνη Αγίας – Κολυμπαρίου.

Η Υψηλή Ζώνη καλύπτει μια περιοχή 10.000 στρ. στην ευρύτερη περιοχή 1) Μάλεμε, Κονομαρίου, Ξαμουδοχωρίου , Βλαχερνώντισσας, Κυπαρίσσου και Συριλίου, και 2) την περιοχή Βουκολιών – Νεριανά με αρδευόμενη περιοχή 2.000 στρ. Το έργο της Υψηλής Ζώνης αποτελείται από το προωθητικό αντλιοστάσιο Γερανίου και τις δεξαμενές Γερανίου ($Q= 2 \times 6500 \text{ m}^3$), Κοντομαρίου ($Q= 600 \text{ m}^3$), και Κυπάρισσου ($Q=800 \text{ m}^3$). Η περιοχή των Βουκολιών υδροδοτείται από το πηγάδι Βουκολιών και την υδρογέωτρηση Νεριανών ενώ χρησιμοποιεί και την δεξαμενή Βουκολιών ($Q=900 \text{ m}^3$).



Εικόνα 7: Υδροαρδευτικά δίκτυα ΟΑΚ ΑΕ στη Δυτική Κρήτη –ΠΕ Χανίων

Δυτικός και Κεντρικός Αποκόρωνα

Η περιοχή του Δυτικού και Κεντρικού Αποκόρωνα εξυπηρετείται από τις πηγές του Ζούρμπου, την υδρομάστευση πηγών Αρμένων και την υδρομάστευση στο ποταμό Κοιλιάρη. Το νερό των πηγών Στύλου αντλείται στην δεξαμενή 4Δ2 (Ν.Χωριού) όπου γίνεται μίξη με το νερό των πηγών Ζούρμπου. Η δεξαμενή 4Δ2 τροφοδοτείται και από την δεξαμενή 4Δ1 (Μεγάλα Χωράφια). Το νερό των πηγών Αρμένων αντλείται στην δεξαμενή 4Δ3 (Τσιβαράς). Από την 4Δ3 αρδεύεται με φυσική ροή η έκταση κατάντι της δεξαμενής, ενώ συγχρόνως αντλείται νερό προς την δεξαμενή 4Δ5 (Ανυφαντή). Η δεξαμενή 4Δ5 τροφοδοτεί και την δεξαμενή Βάμου, ενώ στην συνέχεια καλύπτει τις ανάγκες του Κεντρικού Αποκόρωνα.

Ανατολικός Αποκόρωνα – Πηγες Αργυρούπολης Δήμου Ρεθύμνου

Η υδροληψία των πηγών Αργυρούπολης, με θερινή παροχή περίπου $700 \text{ m}^3/\text{h}$, περιλαμβάνει την τροφοδότηση αρδευτικού και υδρευτικού νερού προς πολλές περιοχές. Από τις πηγές εξυπηρετούνται: η ύδρευση του οικισμού Αργυρούπολης – Κούφης – Μυριοκεφάλων, η άρδευση Αργυρούπολης, η ύδρευση του οικισμού

Επισκοπής, η ύδρευση του οικισμού Φυλακής, η ύδρευση της πόλης του Ρεθύμνου, η ύδρευση Γεωργιούπολης, η άρδευση της περιοχής Καστέλλου.

Ο Ο.Α.Κ. ΑΕ έχει αναλάβει τη διαχείριση του νερού στην υδρολογική λεκάνη Αργυρούπολη – Μουσέλα, καθώς και της λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος Λίμνη Κουρνά – ταχυδυσλιστήριο (Τ/Δ) στα Δράμια Χανίων.

Το έργο του Ο.Α.Κ ΑΕ περιλαμβάνει την κατασκευή υδροαρδευτικών κεντρικών αγωγών και δικτύων, δεξαμενών και ταχυδυσλιστηρίου για την υδροαρδευτική αξιοποίηση των νερών των πηγών Αργυρούπολης Ρεθύμνης και λίμνης Κουρνά Χανίων.



Εικόνα 8: Υδροαρδευτικά δίκτυα του ΟΑΚ ΑΕ στη Δυτική Κρήτη – ΠΕ Ρεθύμνου

1.2.2.2 Δίκτυα του ΟΑΚ ΑΕ στην Ανατολική Κρήτη

Ο ταμιευτήρας του Φράγματος Αποσελέμη υδροδοτεί με υδραγωγείο μήκους περίπου 74 km τις πόλεις του Ηρακλείου και Αγ. Νικολάου, καθώς και 6 Δήμους και 19 οικισμούς κατά μήκος του άξονα Λινοπεράσματα – Ηράκλειο – Χερσόνησος – Όρια Νομών Ηρακλείου και Λασιθίου – Νεάπολη – Αγ. Νικόλαος – Ελούντα. Η μέση ετήσια απόληψη για ύδρευση είναι περίπου $17 \times 10^6 \text{ m}^3$.



Εικόνα 9: Δίκτυα ύδρευσης του ΟΑΚ ΑΕ Ανατολικής Κρήτης.

1.2.3 Αναγκαιότητα ανάπτυξης έργων ΑΠΕ

Σύμφωνα με το υπ' αρ. οικ. 163/2015 εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ της Κρήτης, που καταρτίστηκε σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν.3199/2003 και του Π.Δ.51/2007, οι φορείς που διαχειρίζονται έργα παροχής ύδατος, όπως ο ΟΑΚ ΑΕ, οφείλουν να τιμολογούν τις υπηρεσίες τους σύμφωνα με την Ανάκτηση Πλήρους Κόστους (ΑΠΚ) – Full Cost Recovery (FCR), που υιοθετείται από την Ευρωπαϊκή Οδηγία (Άρθρο 9). Πιο συγκεκριμένα, το χρηματοοικονομικό κόστος των υπηρεσιών ύδατος συντίθεται από: το κόστος κεφαλαίου, το οποίο αντιστοιχεί στο κόστος της ετήσιας απόσβεσης, το κόστος διοίκησης, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης (αμοιβές προσωπικού, παροχές τρίτων, υλικά, ενέργεια – ΔΕΗ, συντήρηση έργων δικτύου, ενέργειες ανανέωσης έργων) και τους χρεωστικούς τόκους.

Όσον αφορά στην εκτίμηση των επιπέδων ανάκτησης κόστους αυτό εκτιμάται από τη σχέση: $ΑΧΟΚ = ΣΕ - ΧΟΚ$ σε (ευρώ/ έτος) ενώ το επίπεδο ανάκτησης του χρηματοοικονομικού κόστους από τη σχέση: $ΠΑΧΟΚ = [(ΣΕ - ΕΠ)/ΧΟΚ] * 100\%$

Όπου: ΠΑΧΟΚ: Το ποσοστό ανάκτησης του Χρηματοοικονομικού Κόστους (%)

-ΣΕ: Συνολικά έσοδα από τους χρήστες των υπηρεσιών νερού (€)

-ΕΠ: Επιχορηγήσεις (ευρώ)

-ΧΟΚ: Χρηματοοικονομικό κόστος των υπηρεσιών νερού (€).

Το μέσο μοναδιαίο κόστος υπηρεσιών νερού του ΟΑΚ ΑΕ ανέρχεται σε 0,13 €/m³ και το ποσοστό ανάκτησης σε 105% . Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το κόστος αυτό διαφοροποιείται ανά περιοχή. Τα δίκτυα τα οποία λειτουργούν με φυσική ροή και έχουν χαμηλή κατανάλωση ρεύματος ή χρησιμοποιούν νερό από φράγμα συνήθως έχουν και χαμηλότερο κόστος ανά κυβικό μέτρο νερού. Μια άλλη σημαντική παράμετρος είναι οι απώλειες των δικτύων, που έχουν άμεση σχέση με την καλή συντήρηση και λειτουργία του και αυξάνουν τα λειτουργικά κόστη (κυρίως της ηλεκτρικής ενέργειας), χωρίς όμως να λαμβάνονται υπόψη στα έσοδα. Κατά

αντιστοιχία της κοστολόγησης, η τιμολόγηση της παροχής ύδατος από τον ΟΑΚ ΑΕ διαφοροποιείται από περιοχή σε περιοχή.

Το μεγαλύτερο ποσοστό κόστους παροχής υπηρεσιών του ΟΑΚ ΑΕ, μέσω της διαχείρισης και λειτουργίας των υποδομών και δικτύων του, αντιστοιχεί στο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ). Το ετήσιο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας των αντλιοστασίων του ΟΑΚ ΑΕ αποτελεί το 50% του συνολικού κόστους παροχής ύδατος, που μεταφέρεται μέσω της κοστολόγησης και τιμολόγησης στους καταναλωτές: Δήμους, ΔΕΥΑ, ΤΟΕΒ, πολίτες. Στρατηγική πολιτική του ΟΑΚ ΑΕ, προκειμένου να μειώσει το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας, είναι η ενεργειακή αξιοποίηση των υποδομών του, κυρίως των φραγμάτων, τα οποία διαχειρίζεται, καθώς και η ανάπτυξη έργων ΑΠΕ σε εκτάσεις και εγκαταστάσεις του Οργανισμού. (Nikolaou et al., 2016a), (Nikolaou et al., 2016b).

1.3 Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να μελετηθεί και να αξιολογηθεί η εφικτότητα, η παραγόμενη ενέργεια και η οικονομική βιωσιμότητα της εφαρμογής υδροστροβίλων στα υδροαρδευτικά δίκτυα του ΟΑΚ ΑΕ.

Το αντικείμενο της παρούσας έρευνας είναι να απαντήσει στα εξής ερωτήματα:

- Αν είναι εφικτή η εγκατάσταση μικρών υδροστροβίλων σε υδροαρδευτικά δίκτυα.
- Ποια είναι η τεχνική αποδοτικότητα αυτών των εφαρμογών (ετήσια παραγόμενη ενέργεια).
- Αν είναι οικονομικά βιώσιμες αυτές οι λύσεις, προκειμένου να υπάρχει κατεύθυνση σε μορφές χρηματοδότησής τους.
- Ποια είναι η καταλληλότερη τεχνολογία με τους μεγαλύτερους δείκτες τεχνικής και οικονομικής απόδοσής.

Τα αποτελέσματα θα αποτελέσουν ένα τεκμηριωμένο εργαλείο προς την κατεύθυνση ενεργειακής αξιοποίησης των υδροαρδευτικών δικτύων, όχι μόνο του ΟΑΚ ΑΕ αλλά και γενικότερα στην Κρήτη και την Ελλάδα. Πολύ σημαντική παράμετρος στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, κυρίως των οικονομικών, είναι η πολιτική πώλησης/διαχείρισης της παραγόμενης από ΑΠΕ ενέργειας ή του ενεργειακού συμψηφισμού σε σχέση πάντα με τα τιμολόγια προμήθειας ενέργειας σε εγκαταστάσεις νερού, ενώ εξίσου σημαντική παράμετρος είναι η διαθεσιμότητα των μετρούμενων υδρολογικών δεδομένων και δεδομένων του δικτύου, που λόγω παλαιότητας σε πολλές περιπτώσεις είναι περιορισμένη.

Η προστιθέμενη αξία της παρούσας έρευνας είναι η εναρμόνιση με τις εξελισσόμενες πολιτικές συσχέτισης των πόρων νερού και ενέργειας, καθώς και η συμβολή στην επίτευξη των ενεργειακών και περιβαλλοντικών στόχων και δεσμεύσεων της χώρας μας για αύξηση της παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ και μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα με ορίζοντα το 2030.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΥΣ ΣΕ ΥΔΑΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

2.1 Αξιοποίηση της υδραυλικής ενέργειας – μικρά υδροηλεκτρικά έργα

Υδροηλεκτρική ενέργεια ονομάζεται η εκμετάλλευση της δυναμικής ενέργειας του νερού με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η θεωρητικά εκμεταλλεύσιμη υδραυλική ενέργεια εξαρτάται από την παροχή του νερού και την υψομετρική διαφορά της υδατόπτωσης και εκφράζεται από την βασική σχέση:

$$\text{Hydro Power} = \rho \times g \times h \times Q \times \eta \quad (1)$$

Όπου:

Hydro Power: η ενέργεια (W)

ρ : η πυκνότητα του νερού (1,000 kg/m³)

g : η επιτάχυνση της βαρύτητας (9.81 m/s²)

h : η καθαρή υδραυλική πτώση (m)

Q : η παροχή του νερού (m³/s)

η : ο βαθμός απόδοσης

Ο όρος «μικρό υδροηλεκτρικό έργο – small hydropower» (ΜΥΗΕ) αναφέρεται σε εγκαταστάσεις παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας ονομαστική ισχύς της τάξης των 10MW ή ακόμα μικρότερες. Τα όρια των παραγόμενων kW κάτω από τα οποία μια υδροηλεκτρική εγκατάσταση χαρακτηρίζεται ως μικρό μπορεί να διαφέρουν από χώρα σε χώρα (όπως συμβαίνει και με τους ορισμούς των mini, micro κτλ.). Για παράδειγμα στη Γαλλία είναι 8MW, στις ΗΠΑ 30MW και στην Αγγλία 5MW (Gaius - Obaseki, 2010). Στον πίνακα (Πίνακας 1) που ακολουθεί φαίνεται ότι γενικά στους περισσότερους ορισμούς στη βιβλιογραφία η τιμή των 10MW – ως ανώτατο όριο ηλεκτροπαραγωγής - είναι αυτή που καθορίζει τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα.

Ένα ΜΥΗΕ αποτελείται από (Εικόνα 10):

1. Το φράγμα για τη συγκέντρωση νερού σε κάποιο ταμιευτήρα.
2. Τις σήραγγες εκτροπής και απαγωγής του νερού.
3. Τους υδροστροβίλους.
4. Τις ηλεκτρογεννήτριες, τους Μ/Σ, τα ηλεκτρονικά, τους αυτοματισμούς.

Πίνακας 1: Ορισμοί μικρών ΥΗΕ ανά χώρα

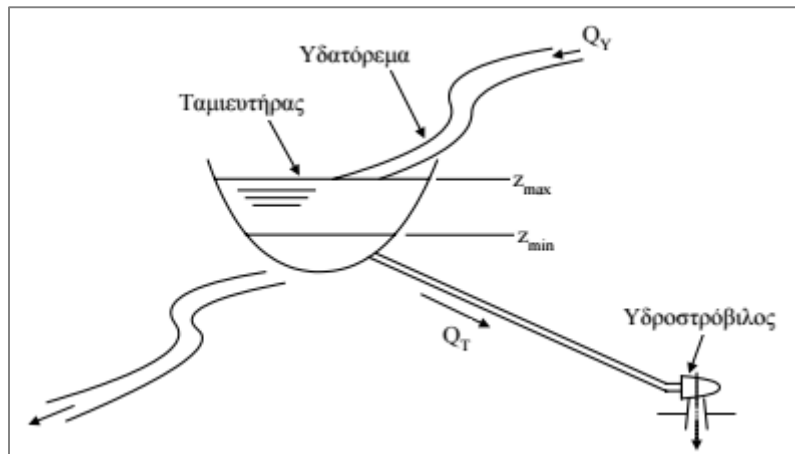
| Χώρα | micro (kilowatts) | mini (kilowatts) | μικρό (megawatts) |
|---------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| United States | < 100 | 100 - 1000 | 1 - 30 |
| United States | < 100 | 100 - 1000 | - |
| China | - | < 500 | 0.5 - 25 |
| USSR | < 100 | - | 0.1 - 30 |
| France | 5 - 5000 | - | - |
| India | < 100 | 101 - 1000 | 1 -15 |
| Brazil | < 100 | 100 - 1000 | 1 - 30 |
| Norway * | < 100 | 100 - 1000 | 1 - 10 |
| various | < 100 | < 1000 | < 10 |

Τα χαρακτηριστικά των ΜΥΗΕ είναι:

- Δεν απαιτούνται μεγάλης έκτασης τοπογραφικές, γεωλογικές, γεωτεχνικές μελέτες.
- Δεν απαιτείται μεγάλη υποδομή.
- Τα έργα πολιτικού μηχανικού μπορούν να περιοριστούν στο ελάχιστο.
- Μπορούν να λειτουργούν σαν μονάδες βάσης.
- Λόγω των μικρών διαχειριστικών αναγκών που παρουσιάζουν μπορούν να αυτοματοποιηθούν πλήρως.
- Για διασυνδεδεμένα ΥΗΕ μπορεί να τοποθετηθεί ασύγχρονη γεννήτρια (μικρό αρχικό κόστος- χαμηλό κόστος συντήρησης).
- Επιφέρουν ελάχιστη αλλοίωση του περιβάλλοντος.

Τα πλεονεκτήματα των ΜΥΗΕ είναι:

- Οι υδατοπτώσεις είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.
- Τα ΜΥΗΕ δεν έχουν απόβλητα ή κατάλοιπα, δεν μολύνουν το περιβάλλον.
- Η κατασκευή τους συνδυάζεται με άρδευση, ύδρευση, ρύθμιση πλημμύρας και αλιεία.
- Το λειτουργικό κόστος είναι μικρό.
- Το κόστος της παραγόμενης ισχύος δεν παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις.
- Οι υδροστρόβιλοι είναι στιβαρές και αξιόπιστες μηχανές που απαιτούν μικρή συντήρηση και επίβλεψη.
- Η διάρκεια ζωής τους είναι μεγάλη, γύρω στα 25 χρόνια.
- Ο χρόνος απόσβεσης είναι σχετικά μικρός, 7 χρόνια ή και μικρότερος.



Εικόνα 10: Σχηματική διάταξη μικρού ΥΗΕ με ανάντι ταμιευτήρα (Παπαντώνης, 2001)

2.2 Σύγχρονοι τύποι υδροστροβίλων

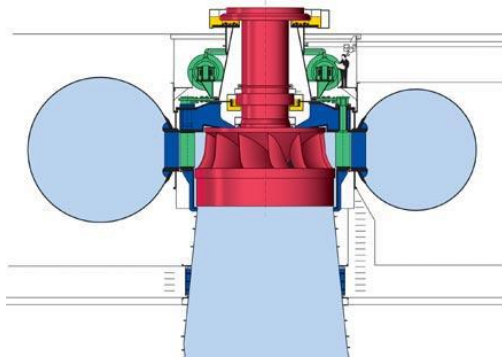
Οι υδροστροβίλοι διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, με κριτήριο το βαθμό αντιδράσεως, στους υδροστροβίλους αντίδρασης και δράσης. Ως βαθμός αντιδράσεως ενός υδροστροβίλου ορίζεται ο λόγος της μεταβολής της δυναμικής ενέργειας του ρευστού δια μέσω πτερωτής προς τη μεταβολή της δυναμικής ενέργειας μεταξύ εισόδου και εξόδου από τη βαθμίδα.

I. Οι υδροστροβίλοι αντίδρασης είναι ολικής προσβολής, δηλαδή ολόκληρη η πτερωτή λειτουργεί αξονοσυμμετρικά. Οι υδροστροβίλοι αντίδρασης που έχουν επικρατήσει είναι:

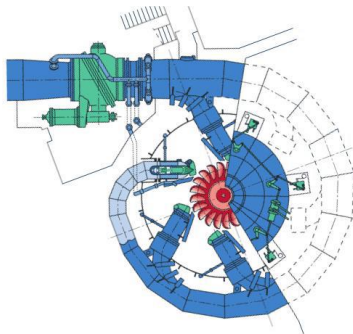
- Ο τύπος Francis για μεσαίες τιμές υδραυλικής πτώσης ($H=50-500\text{m}$)
- Ο τύπος Deriaz διαγώνιας ροής
- Διάφορες διαμορφώσεις υδροστροβίλων αξονικής ροής για μικρές τιμές υδραυλικής πτώσης ($H<50\text{m}$) όπως Kaplan, Bulb, Tube και Straflo.

II. Οι υδροστροβίλοι δράσης είναι μερικής προσβολής και σε κάθε χρονική στιγμή τμήμα μόνο της πτερωτής συμμετέχει στην ενεργειακή μετατροπή.

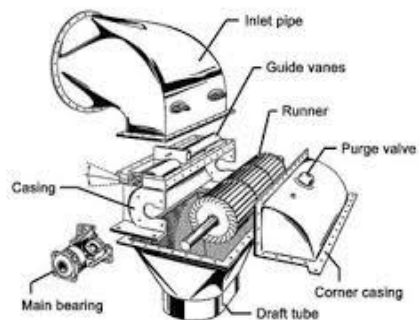
- Ο μόνος τύπος υδροστροβίλου δράσεως που έχει επικρατήσει είναι ο υδροστροβίλος Pelton, ενώ η παραλλαγή του, ο υδροστροβίλος Turgo έχει εκλείψει.
- Ο υδροστροβίλος Cross-Flow ή Banki κατασκευάζεται για μικρές ισχείς ($< 2 \text{ MW}$) και μικρές τιμές υδραυλικής πτώσης ($H<100\text{m}$).



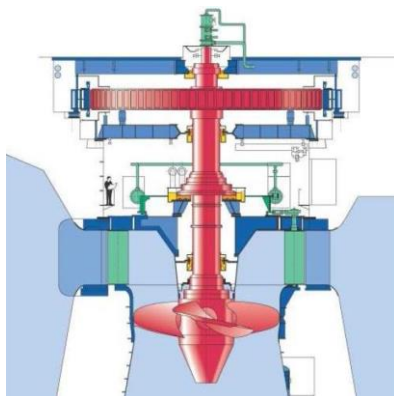
Εικόνα 11: Υδροστρόβιλος τύπου Francis



Εικόνα 12: Υδροστρόβιλος τύπου Pelton



Εικόνα 13: Υδροστρόβιλος τύπου Cross - Flow ή Banki



Εικόνα 14: Υδροστρόβιλος αξονικής ροής - Kaplan

Επίσης οι υδροστροβίλοι κατατάσσονται ανάλογα με την υδραυλική πτώση σε «υψηλής υδρ. πτώσης – high head», «μεσαίας υδρ. πτώσης – medium head» και σε «μικρής υδρ. πτώσης – low head». Η κατάταξη παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Paish, 2002).

Πίνακας 2: Κατάταξη υδροστροβίλων με βάση την υδραυλική πτώση

| Τύπος υδρ/λου | Κατάταξη με βάση την υδραυλική πτώση | | |
|-------------------|--------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| | Υψηλή (>50 m) | Μεσαία (10-50m) | Χαμηλή (<10m) |
| Δράσης | Pelton | Cross flow | Cross flow |
| | Turgo | Turgo | |
| | Multi-jet Pelton | Multi-jet Pelton | |
| Αντίδρασης | | Francis (spiral case) | Francis (open-flume) |
| | | | Propeller |
| | | | Kaplan |

2.3 Βιβλιογραφική ανασκόπηση παραγωγής ενέργειας σε υδατικά δίκτυα

2.3.1 Κατευθύνσεις επιστημονικής έρευνας

Τα τελευταία χρόνια το επιστημονικό ενδιαφέρον εστιάζεται στην ανάπτυξη μικρών υδροηλεκτρικών έργων σε υφιστάμενες υποδομές νερού, όπως φράγματα, υδατικά δίκτυα και δίκτυα μονάδων επεξεργασίας νερού, καθώς αποτελούν τεχνολογίες με μηδενικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και δυνατότητα αξιοποίησης/ανάκτησης ενέργειας σε διάφορους τύπους έργων, ενώ παράλληλα δίνουν δυνατότητες μείωσης του μεγάλου κόστους ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτεί η βιομηχανία νερού (αντλήσεις, μεταφορά και επεξεργασία νερού), καθώς και βελτιστοποίησης της διαχείρισης νερού (Jain and Patel, 2014).

Μία από τις πιο υποσχόμενες εφαρμογές είναι η ανάπτυξη μικρών υδροηλεκτρικών μονάδων σε υφιστάμενα δίκτυα νερού. Τα σημαντικότερα ζητήματα σχετικά με την διαχείριση των δικτύων νερού αφορούν στις απώλειες νερού και ενέργειας, παράμετροι οι οποίες είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με την εμφάνιση διαρροών στα δίκτυα. Οι ζημιές στους αγωγούς οφείλονται κυρίως στις αναπτυσσόμενες πιέσεις μέσα σε αυτούς. Η τοποθέτηση διατάξεων μείωσης της πίεσης στα σημεία που εμφανίζεται ανάγκη ρύθμισης της πίεσης έχει σαν αποτέλεσμα την αποφυγή των ζημιών, τη μείωση του κόστους επισκευής/αντικατάστασης αλλά και την αύξηση της κοινωνικής αξιοπιστίας προς τον πάροχο του νερού. (Xu et al., 2014). Οι διατάξεις αυτές είναι βαλβίδες μείωσης πίεσης ή φρεάτια πιεζόθραυσης (για εξωτερικά δίκτυα) ή έργα καταστροφής ενέργειας (για αγωγούς σε φράγματα), όπου ουσιαστικά επιτυγχάνουν αφαίρεση ενέργειας. Τα πλεονεκτήματα αυτών των συστημάτων, σύμφωνα με την βιβλιογραφία, είναι ότι συνδυάζονται με τις ανάγκες ελέγχου και μείωσης της πίεσης των δικτύων καθώς και τον έλεγχο των διαρροών (Carravetta et al., 2012). Η τεχνοοικονομικά αποδοτική αξιοποίηση αυτής της ενέργειας αποτελεί αντικείμενο έρευνας των τελευταίων χρόνων. Η έρευνα αυτή έχει δύο κατευθύνσεις:

2.3.1.1 Μικροί υδροστροβίλοι

Η περίσσεια ενέργειας που διοχετεύεται στα δίκτυα διανομής νερού μπορεί να αξιοποιηθεί χρησιμοποιώντας μικρούς υδροστροβίλους αντίστοιχους με αυτούς που

προορίζονται για συμβατικούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς (ως μινιατούρες). (Samora et al., 2016). Οι μικροί αυτοί υδροστροβίλοι έχουν υψηλή αξιοπιστία αλλά και υψηλό κόστος αντίστοιχα (HYLO, 2010).

Μελέτες στη Γαλλία για χρήση μικρο – υδροστροβίλων σε υδατικά δίκτυα έδειξαν την δυνατότητα ανάκτησης 4.5 εκ. kWh ετησίως (UKWIR and GWRC, 2010). Επίσης, οι ερευνητές (McNabola et al., 2013) απέδειξαν σημαντικά ποσά ανάκτησης ενέργειας σε υποδομές νερού στην Ιρλανδία, ωστόσο επισήμαναν την προσοχή στις μεταβολές της παροχής και την απόδοση των υδροστροβίλων.

2.3.1.2 Αντλίες με αντίστροφη λειτουργία ως γεννήτριες (*Pump As Turbine – PAT*)

Η παραγωγή ενέργειας μέσω αντλιών αντίστροφης λειτουργίας πραγματοποιείται με την εισαγωγή τους στη θέση των μειωτών πίεσης στα δίκτυα διανομής νερού. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η απαιτούμενη πίεση λειτουργίας του δικτύου και αποφεύγονται οι ανεπιθύμητες υπερπιέσεις σε αυτό και αν επιτυγχάνεται η εύρυθμη λειτουργία του.

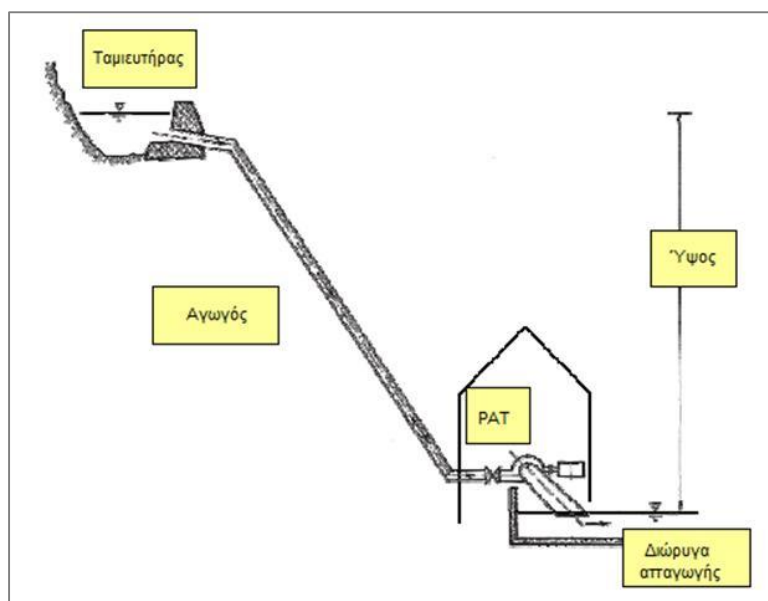
Μία φυγοκεντρική αντλία, δηλαδή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υδροστροβίλος εάν αντιστραφεί η ροή σε αυτήν και το στόμιο καταθλίψεως χρησιμοποιηθεί ως στόμιο εισόδου. Η χρήση της συνηθίζεται σε μικρά υδροηλεκτρικά συστήματα με μεσαία υδραυλικά ύψη και σχετικά σταθερές τιμές παροχής καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Οι αντλίες εμφανίζουν αποδόσεις σχετικά χαμηλές και προσεγγίζουν το 50% σε σχέση με τους υδροστροβίλους, οι οποίοι εμφανίζουν αποδόσεις της τάξης του 80-90%.

Προς την κατεύθυνση της βελτιστοποίησης της απόδοσης των PAT, οι ερευνητές (Caravetta et al, 2013) ανέπτυξαν ένα σύστημα διαδικασίας Variable Operating Strategy (VOS), η οποία παρουσιάζει δύο δυνατότητες λειτουργίας: την υδραυλική και την ηλεκτρική λειτουργία, με σκοπό την εξασφάλιση της μέγιστης απόδοσης καθόλη τη διάρκεια της λειτουργίας της.

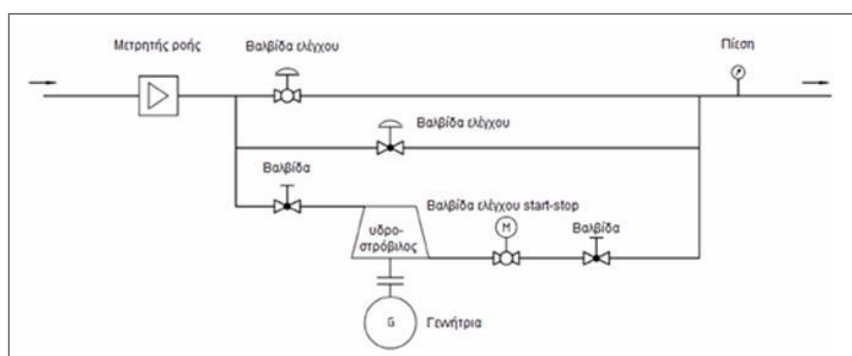
Ανάμεσα στα μειονεκτήματα των PAT αναφέρεται η δυσκολία της εύρεσης των επιθυμητών χαρακτηριστικών ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες του σημείου που θα τοποθετηθούν, ενώ οι PAT με καθορισμένο εύρος παροχών είναι κατάλληλες μόνο σε περιπτώσεις με συνεχείς παροχές ύδατος σε ετήσια βάση, σύμφωνα με την έρευνα του (Williams, 1996).

Σύμφωνα με τους (Caravetta et al., 2012), δεν υπάρχουν ακόμα κριτήρια τυποποιημένου σχεδιασμού για μεγάλο εύρος μεταβλητότητας παροχών και υδραυλικού ύψους.

Οι ερευνητές (Corcora et al., 2015) μελέτησαν συγκριτικά την εγκατάσταση και απόδοση των PATs σε σχέση με τους υδροστροβίλους Francis και Kaplan για την ανάπτυξη, με χρήση γενετικών αλγορίθμων, ενός συστήματος λήψης απόφασης των σημείων υδατικού δικτύου που θα εγκατασταθεί συνδυασμός των υπό μελέτη τεχνολογιών, ούτως ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη ενεργειακή αξιοποίηση.



Εικόνα 15: Τυπική διαμόρφωση ενός συστήματος PAT.



Εικόνα 16: Υδραυλικό διάγραμμα ενός συστήματος PAT [KSB, “Application-oriented Planning Documents for Pumps as Turbines”, 2009.]

2.3.2 Παραδείγματα εφαρμογών

2.3.2.1 Εφαρμογή pico διάταξης στο δίκτυο ύδρευσης του Χονγκ Κονγκ

Το 2013 οι ερευνητές Chen et.al της Πολυτεχνικής Σχολής του Χονγκ Κονγκ (Chen et.al., 2013) παρουσίασαν μια μικροϋδροηλεκτρική εφαρμογή σε δίκτυα ύδρευσης, που εξασφαλίζει την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για το σύστημα παρακολούθησης των διαρροών του ίδιου του δικτύου ύδρευσης. Το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας βασίζεται σε ένα πρότυπο βελτιστοποιημένο μικρό σφαιρικό υδροστρόβιλο. Οι πρότυπες ενεργειακές διατάξεις τοποθετήθηκαν σε αγωγό διαμέτρου 100mm και στις συνθήκες των πειραμάτων το νερό είχε ταχύτητα 1,5m/sec και υδροστατική πίεση περίπου ίση με 5m.

2.3.2.3 Μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί στο δίκτυο ύδρευσης της ΕΥΔΑΠ, Ελλάδα

Η Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πρωτεύουσας Α.Ε. (ΕΥΔΑΠ ΑΕ) λειτουργεί τα εκτενέστερα δίκτυα για την μεταφορά και διανομή νερού στη χώρα. Με δεδομένο το έντονο γεωγραφικό ανάγλυφο της χώρας, ακόμη και στον πιο προσεχτικό σχεδιασμό, είναι προφανές ότι κατά την υλοποίηση των αντίστοιχων έργων προκύπτουν σημεία ασυνέχειας της υδροστατικής γραμμής στα δίκτυα. Στα σημεία αυτά είναι απαραίτητη η καταστροφή της πλεονάζουσας ενέργειας. Συγκεκριμένα: Στα Υδραγωγεία Αδιύλιστου ύδατος και όπου το ανάγλυφο της περιοχής το απαιτούσε, κατασκευάστηκαν 9 Έργα Καταστροφής Ενέργειας (ΕΚΕ).

Από την πρώτη κιόλας στιγμή της κατασκευής των έργων υδροληψίας και μεταφοράς ύδατος, η ανάκτηση της καταστρεφόμενης υδραυλικής ενέργειας, όπου λειτουργούσαν ΕΚΕ, ήταν σημείο έρευνας και αναζήτησης. Το πρώτο ΜΥΗΕ στα Δίκτυα ευθύνης ΕΥΔΑΠ κατασκευάστηκε από τη ΔΕΗ σχεδόν ταυτόχρονα με την ολοκλήρωση του έργου του υδραγωγείου του Μόρνου στο ΕΚΕ Γκιώνας και λειτουργεί από το 1988 και μέχρι σήμερα.

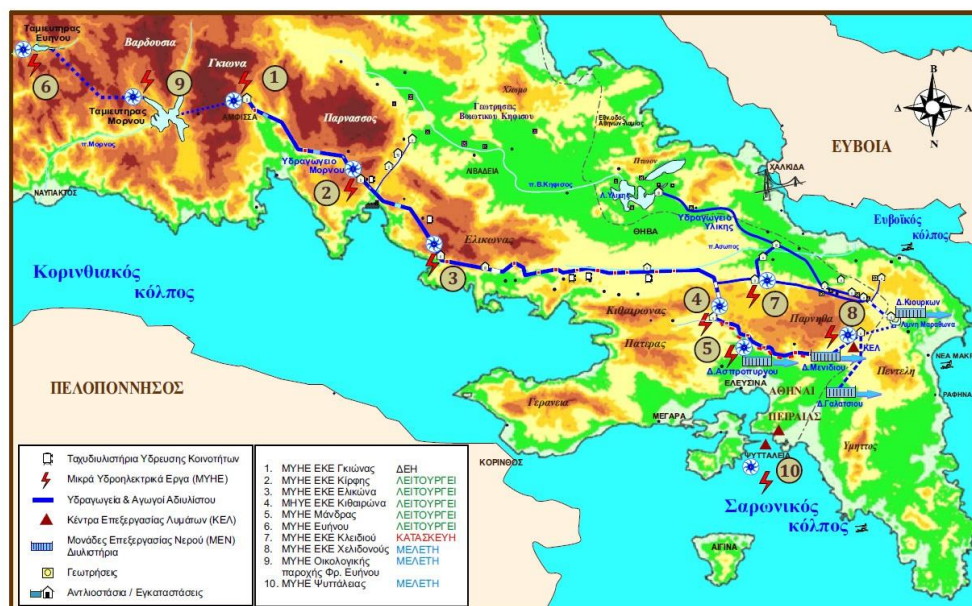
Η αλλαγή του νομικού πλαισίου για την παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας (Νόμος 2773/1999) έδωσε την δυνατότητα την ΕΥΔΑΠ να εξετάσει την αξιοποίηση του Υδραυλικού Δυναμικού των Δικτύων της. Ως πρώτη δράση σχεδίασε ένα πρόγραμμα μετατροπής των Έργων Καταστροφής Ενέργειας (ΕΚΕ) κατά μήκος των Εξωτερικών Υδραγωγείων μεταφοράς νερού, σε έργα παραγωγής ενέργειας με τη χρήση Μικρών Υδροηλεκτρικών Έργων (ΜΥΗΕ).

Η επιλογή των θέσεων για την κατασκευή ΜΥΗΕ στα δίκτυα της ΕΥΔΑΠ έγινε κατόπιν Τεχνοοικονομικής ανάλυσης Κόστους-Οφέλους, λαμβάνοντας υπόψη ότι ο σχεδιασμός τους δεν παρακωλύει τη λειτουργία του εξωτερικού υδραγωγείου, ικανοποιώντας τις υπάρχουσες ανάγκες ύδρευσης της πρωτεύουσας. Η μελέτη κατέταξε τις υποψήφιες θέσεις βάσει της οικονομικής ελκυστικότητας και της δυνατότητας επιδότησης από το εθνικά και ευρωπαϊκά προγράμματα χρηματοδότησης.

Η συνολική διάρκεια ζωής τους, υπολογίζεται σε 25 έτη και η λογιστική περίοδος απόσβεσης ανέρχεται στα 8 χρόνια. Η κατασκευή και λειτουργία των ΜΥΗΕ, στόχευσε:

- Στην εκμετάλλευση του υδραυλικού δυναμικού στους υδαταγωγούς το οποίο παρέμενε αναξιοποίητο
- Στην παραγωγή «πράσινης» ενέργειας περίπου 30 GWh/έτος, με κατασκευή ΜΥΗΕ συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 4,6 MW, για λειτουργία περίπου 8.500 h/έτος.
- Στην προστασία του περιβάλλοντος, αφού δεν παράγονται ρυπογόνες μάζες στερεών, υγρών ή αέριων απόβλητων, που θα προκαλούσε η χρήση συμβατικών μέσων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με εξοικονόμηση πρωτογενούς συμβατικής ενέργειας (περίπου 90 GWh/έτος) και την αποφυγή έκλυσης CO₂ (περίπου 33 χιλ. tn/έτος) και άλλων ρυπογόνων ουσιών και σωματιδίων (περίπου 680 tn/έτος), όπως SO₂, CO, NO_x & HC.
- Στην εξασφάλιση εσόδων που θα πραγματοποιεί η ΕΥΔΑΠ από την πώληση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο της ΔΕΗ (περίπου 2 εκ. €/έτος)

- Στην διασφάλιση της απασχόλησης αλλά και παράλληλα στο χαμηλό λειτουργικό κόστος και κόστος συντήρησης, λόγω χρήσης αυτοματισμών τηλεέλεγχου – τηλεχειρισμού.



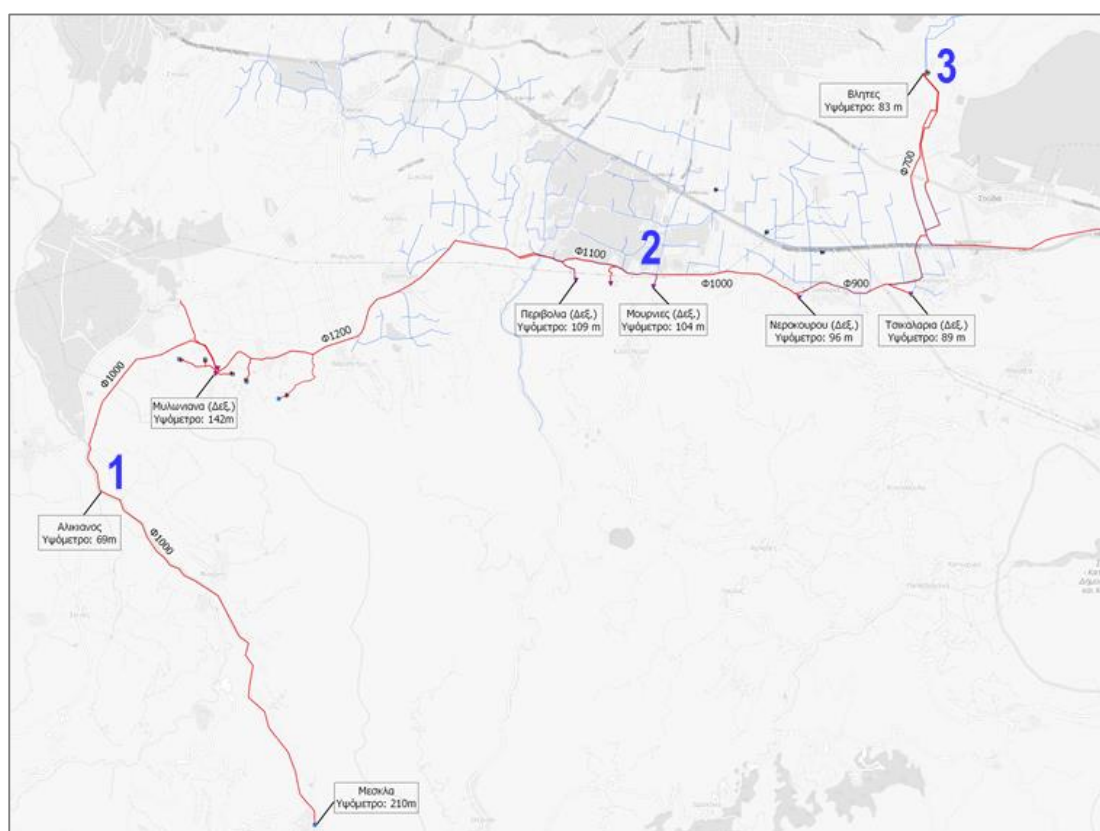
Εικόνα 19: Χάρτης ΜΥΗΕ Σταθμών της ΕΥΔΑΠ ΑΕ [Πηγή: ΕΥΔΑΠ ΑΕ, www.eydap.gr]

Πίνακας 3: Κύρια οικονομοτεχνικά χαρακτηριστικά & δείκτες των ΜΗΥΕ της ΕΥΔΑΠ ΑΕ, [Πηγή: ΕΥΔΑΠ ΑΕ, www.eydap.gr]

| Α/Α | Α/Α ΣΧΗΜΑ 2 | ΜΥΗΕ / ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ | ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ (MW) | ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (GWh/έτος) | ΕΙΔΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΙΣΧΥΟΣ (€/kW) | ΕΙΔΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (€/kWh) | ΑΝΑΛΟΓΟΥΣΑ ΕΤΗΣΙΑ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΡΥΠΩΝ ΠΟΥ ΑΠΟΦΕΥΓΕΤΑΙ Η ΕΚΚΛΥΣΗ ΤΟΥΣ (tn / έτος) | | ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ |
|--|-------------|--|--------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---|--------|---------------------------------|
| | | | | | | | CO2 | ΛΟΙΠΟΙ | |
| Α. ΕΡΓΑ ΣΕ ΠΛΗΡΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ (Εγκατεστημένη Ισχύς 1,41 MW) | | | | | | | | | |
| 1 | (2) | ΚΙΡΦΗΣ / Ν. ΒΟΙΩΤΙΑΣ | 0,76 | 5,87 | 1.671 | 0,22 | 6.300 | 130 | ΣΕ ΠΛΗΡΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ |
| 2 | (3) | ΕΛΙΚΩΝΑ / Ν. ΒΟΙΩΤΙΑΣ | 0,65 | 5,03 | 1.671 | 0,22 | 6.000 | 120 | ΣΕ ΠΛΗΡΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ |
| Β. ΕΡΓΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ (Εγκατεστημένη Ισχύς 2,33 MW) | | | | | | | | | |
| 3 | (4) | ΚΙΘΑΙΡΩΝΑ / Ν. ΒΟΙΩΤΙΑΣ | 1,20 | 9,50 | 2.559 | 0,32 | 6.834 | 142 | ΣΕ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ |
| 4 | (6) | ΜΑΝΔΡΑΣ / Ν. ΑΤΤΙΚΗΣ | 0,63 | 4,90 | 3.600 | 0,46 | 5.600 | 112 | ΣΕ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ |
| 5 | (5) | ΚΛΕΙΔΙΟΥ / Ν. ΒΟΙΩΤΙΑΣ | 0,50 | 3,60 | 2.880 | 0,40 | 5.100 | 105 | |
| Γ. ΕΡΓΑ ΣΤΗ ΦΑΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ (Εγκατεστημένη Ισχύς 0,82 MW) | | | | | | | | | |
| 6 | (8) | ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ ΕΥΗΝΟΥ / Ν. ΑΙΤ/ΝΙΑΣ | 0,82 | 4,00 | 2.101 | 0,43 | 3.166 | 66 | ΣΤΗ ΦΑΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ |
| Δ. ΕΡΓΑ ΣΕ ΦΑΣΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ – ΠΡΟΜΕΛΕΤΗΣ (Εγκατεστημένη Ισχύς 2,63 MW) | | | | | | | | | |
| 7 | (7) | ΕΥΗΝΟΥ/ Ν. ΑΙΤ/ΝΙΑΣ | 0,56 | 2,47 | | | | | |
| 8 | (9) | ΧΕΛΙΔΩΝΟΥ / Ν. ΑΤΤΙΚΗΣ | 1,23 | 5,00 | | | | | ΣΤΗ ΦΑΣΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΠΡΟΜΕΛΕΤΗΣ |
| 9 | | ΒΑΡΗΣ / Ν. ΑΤΤΙΚΗΣ | 0,24 | 0,70 | | | | | ΣΤΗ ΦΑΣΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΠΡΟΜΕΛΕΤΗΣ |
| 10 | | ΨΥΤΑΛΛΕΙΑ/ΕΞΟΔΟΣ ΚΕΛ | 0,60 | | | | | | ΣΤΗ ΦΑΣΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΠΡΟΜΕΛΕΤΗΣ |
| Ε. ΕΡΓΑ ΠΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΟΥΝ ΑΠΟ ΤΡΙΤΟΥΣ (Εγκατεστημένη Ισχύς 8.5 MW) | | | | | | | | | |
| 11 | (1) | ΓΚΙΩΝΑ / Ν.ΦΩΚΙΔΟΣ | 8.50 | - | - | - | | | ΤΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΖΕΤΑΙ Η ΔΕΗ |

2.3.2.4 Ενεργειακή αυτονόμηση υδροαρδευτικού δικτύου με χρήση ΑΠΕ στην Κρήτη, Ελλάδα

Οι επιστήμονες του Πολυτεχνείου Κρήτης (Πουλιέζος κα, 2016) στα πλαίσια προγράμματος του Χρηματοδοτικού Μηχανισμού Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου (ΧΜ ΕΟΧ) 2009-2014 «Σχεδιασμός ευφυούς συστήματος αειφόρου διαχείρισης υδατικών δικτύων: εφαρμογή στην Κρήτη – Smart Waters», διερεύνησαν μεταξύ άλλων την τεχνική και οικονομική αποδοτικότητα της εγκατάστασης υδροστροβίλων των 14kW της Lucid Energy σε 3 υποψήφιες θέσεις του υδροαρδευτικού δικτύου του ΟΑΚ ΑΕ στη Δυτική Κρήτη, για τα 3 διαφορετικά επίπεδα παροχής του δικτύου και τα 2 εναλλακτικά σενάρια δανεισμού, καθώς και την εγκατάσταση PATs σε αγωγούς που συνδέουν πηγές/δεξαμενές με αντλιοστάσια (Pouliezos et al., 2016). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το σενάριο των PATs είναι οικονομικά αποδοτικότερο με πολύ σύντομους χρόνους αποπληρωμής.

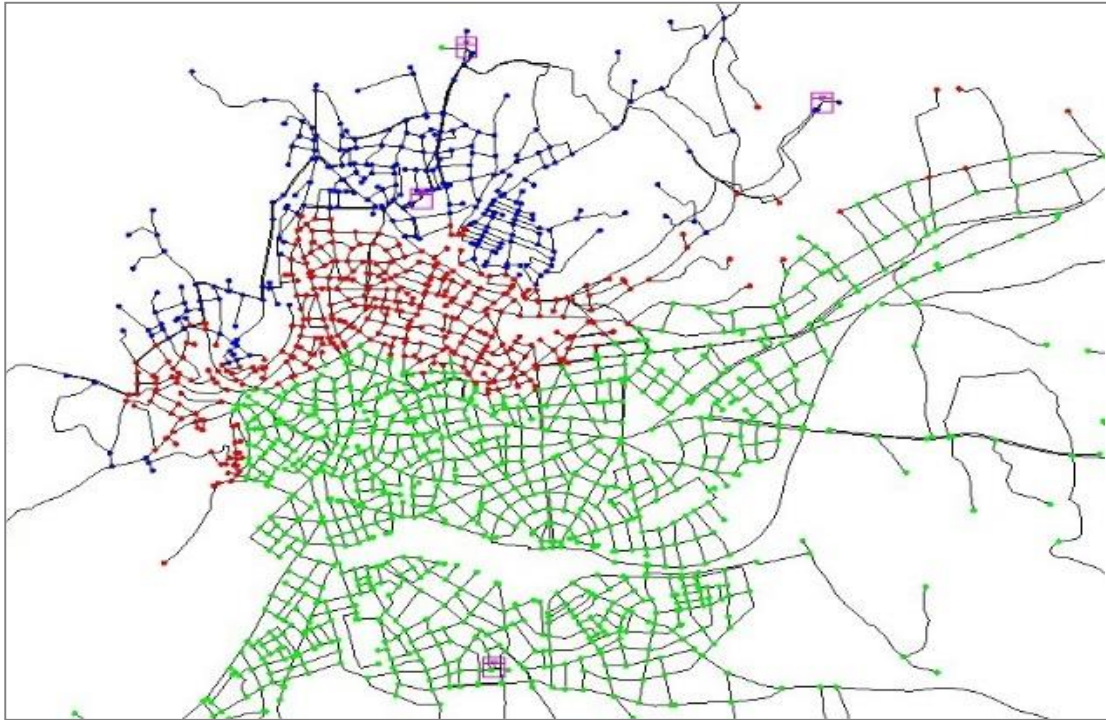


Εικόνα 20: Σημεία μελέτης του δικτύου του έργου Smart Waters (Πουλιέζος κα, 2013)

2.3.2.5 Ανάκτηση ενέργειας στα δίκτυα ύδρευσης της Κοζάνης, Ελλάδα

Οι ερευνητές του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας Κανακούδης και Πατέλης (Κανακούδης και Πατέλης, 2016) μελέτησαν την αντικατάσταση των βαλβίδων ρύθμισης της πίεσης PRVs με μικρο-υδροτουρμπίνες στο δίκτυο ύδρευσης της Κοζάνης. Στη μελέτη 18 αγωγοί εξετάστηκαν και επιλέχθηκαν μόνο όσοι απέδιδαν πάνω από 2kW παραγόμενη ισχύ. Στους 7 ικανούς αγωγούς εγκαταστάθηκαν και προσομοιώθηκαν υδραυλικά υδροτουρμπίνες με χαρακτηριστικά ανάλογα της διαθεσιμότητας της αγοράς. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δίκτυα μπορούν να καλύπτουν τις ενεργειακές

τους απαιτήσεις, ανακτώντας ενέργεια, με τη βοήθεια των μικροτουρμπινών, ενώ δύναται ακόμα και η πώληση περίσσειας ενέργειας.



Εικόνα 21: Υδραυλικό μοντέλο του υδατικού δικτύου της Κοζάνης (Κανακούδης και Πατέλης, 2016)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ & ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

3.1 Υδρολογικά & Τεχνικά δεδομένα

3.1.1 Καμπύλη Διάρκειας Παροχής (ΚΔΠ)

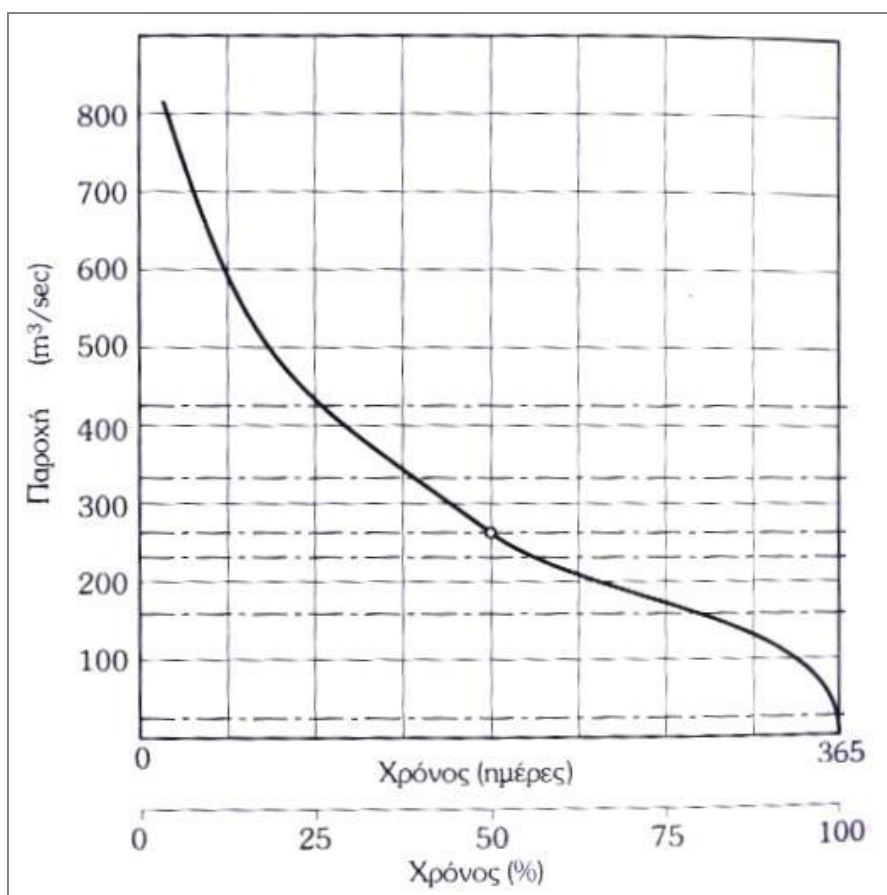
Οι μετρούμενες τιμές της παροχής, είτε αυτές είναι μέσες ημερήσιες ή μέσες μηνιαίες δεν χαρακτηρίζονται ανεξάρτητες και τυχαίες, λόγω του βαθμού συσχέτισης με τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής καθώς και τις τιμές που προηγούνται, δηλαδή τα υδρολογικά φαινόμενα παρουσιάζουν μια περιοδικότητα. Δεν δύναται λοιπόν να γίνει προσαρμογή του δείγματός μας σε κάποια θεωρητική κατανομή, αλλά η προσέγγισή τους πραγματοποιείται με την εμπειρική κατανομή της συμπληρωματικής πιθανότητας εμφάνισης, την Καμπύλη Διάρκειας Παροχής (ΚΔΠ).

Η ΚΔΠ χρησιμοποιείται συχνά σε υδρολογικές αναλύσεις για αρδευτικούς σκοπούς και κυρίως στις μελέτες αξιολόγησης μιας θέσης σχετικά με την υδροηλεκτρική της αξιοποίηση. Η ΚΔΠ αποτελεί βασικό δεδομένο για τον υπολογισμό της ισχύος και της ενέργειας που παράγεται ετησίως. Ιδιαίτερα χρήσιμη είναι η χρησιμοποίηση της καμπύλης διάρκειας στα ΜΥΗΕ χωρίς ταμιευτήρα ή με πολύ μικρό ταμιευτήρα. Στα υδροηλεκτρικά έργα με μεγάλο ταμιευτήρα η χρήση της δεν εξυπηρετεί ιδιαίτερα καθώς χάνεται σε αυτή η πληροφορία της χρονικής ακολουθίας της παροχής στην εξεταζόμενη θέση.

Ως καμπύλη διάρκειας ενός μεγέθους, πχ. της παροχής σε μία εξεταζόμενη διατομή υδατορεύματος, ορίζεται η καμπύλη που παριστάνει την τιμή του μεγέθους συναρτήσει του χρονικού διαστήματος επί τοις εκατό (% του χρόνου) για το οποίο το συγκεκριμένο μέγεθος έχει τιμή μεγαλύτερη ή ίση από αυτή της καμπύλης. Προφανώς, κάθε καμπύλη διάρκειας είναι μία φθίνουσα καμπύλη.

Στην περίπτωση καμπύλης διάρκειας της παροχής σε $t=0$ % αντιστοιχεί η μέγιστη τιμή της παροχής και σε $t=100\%$ αντιστοιχεί η ελάχιστη τιμή της παροχής (δεδομένου ότι καθ' όλο το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα η παροχή είναι μεγαλύτερη ή ίση της ελάχιστης). Δηλαδή η καμπύλη διάρκειας της παροχής ταξινομεί τις παροχές κατά σειρά μεγέθους δίνοντας την συνολική διάρκεια (μέσα σε ένα χρονικό διάστημα) στο οποίο η παροχή είναι μεγαλύτερη ή ίση μίας τιμής της παροχής.

Χαρακτηριστικές τιμές της καμπύλης διάρκειας παροχής είναι η Q50 (αυτή για την οποία επί το 50% του χρονικού διαστήματος η παροχή είναι ίση ή μεγαλύτερή της) και αντίστοιχα η Q30 (αυτή για την οποία επί το 30% του χρονικού διαστήματος η παροχή είναι ίση ή μεγαλύτερή της). Στην εικόνα 21 δίνεται το υδρογράφημα μίας διατομής για χρονικό διάστημα ενός έτους (365 ημέρες) και η αντίστοιχη καμπύλη διάρκειας της παροχής. Στις περιπτώσεις όπου η μέγιστη παροχή είναι τουλάχιστον δύο τάξεις μεγέθους μεγαλύτερη από την ελάχιστη επιλέγεται λογαριθμική κλίμακα για την παράσταση των παροχών (Παπαντώνης, 2008).



Εικόνα 22: Καμπύλη διάρκειας παροχής (Παπαντώνης, 2008)

Το βασικό μειονέκτημα της καμπύλης διάρκειας της παροχής είναι ότι σε αυτή δεν παριστάνεται η χρονική διαδοχή των παροχών, δηλ. σε δύο διαφορετικά υδρογραφήματα μπορεί να αντιστοιχεί η ίδια καμπύλη διάρκειας παροχής, δηλ. χάνεται η πληροφορία του κατά πόσο η περίοδος των υψηλών παροχών περιορίζεται σε μία περίοδο του έτους ή οι υψηλές παροχές συμβαίνουν καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Το μειονέκτημα αυτό είναι δυνατόν να περιορισθεί εάν χαραχθεί χωριστά η καμπύλη διάρκειας της παροχής κάθε εποχής ή περιόδου, πχ. θερινής και χειμερινής περιόδου. Η απώλεια πληροφορίας μεταξύ υδρογραφήματος και καμπύλης διάρκειας παροχής δεν είναι σημαντική στην περίπτωση μελέτης μικρού ΥΗΕ χωρίς ταμειυτήρα.

Η καμπύλη διάρκειας της παροχής προκύπτει από τις μετρημένες τιμές της παροχής στην εξεταζόμενη διατομή του υδατορεύματος (τις ημερήσιες, εβδομαδιαίες ή και μηνιαίες) επί περισσότερα έτη (τουλάχιστον 6 συνεχή έτη). Εάν χαραχθεί η καμπύλη διάρκειας της παροχής από τις μέσες μηνιαίες παροχές υπάρχει κίνδυνος (ιδιαίτερα όταν η παροχή μεταβάλλεται έντονα κατά την διάρκεια ενός μηνός) να μην αποτυπωθούν οι έντονες αυτές διακυμάνσεις, δηλ. η καμπύλη διάρκειας της παροχής θα είναι περισσότερο επίπεδη σε σύγκριση με την καμπύλη διάρκειας που χαράσσεται από τις ημερήσιες παροχές, για το ίδιο χρονικό διάστημα.

Το εμβαδόν που περικλείεται κάτω από την καμπύλη διάρκειας της παροχής είναι ίσο προς τον όγκο του νερού που διέρχεται από την επιφάνεια εξόδου κατά το χρονικό

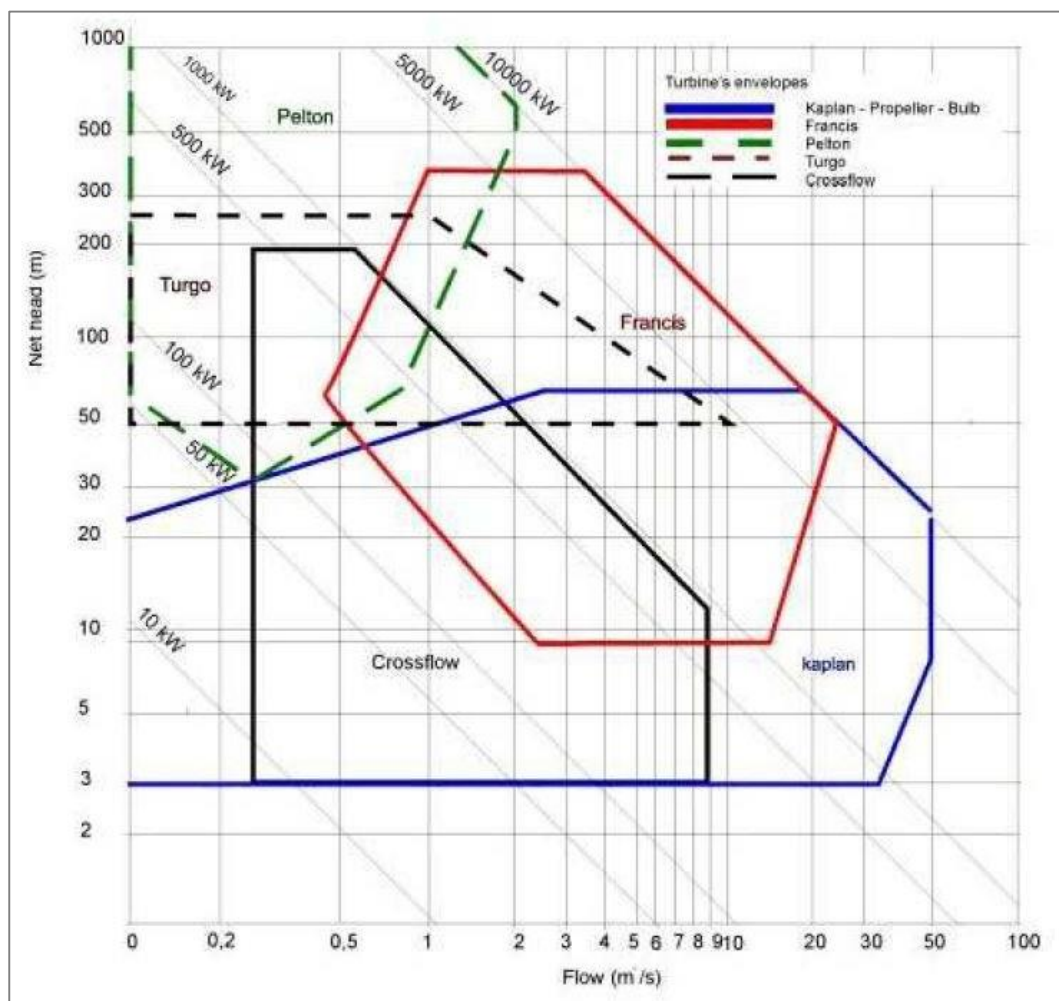
διάστημα που αντιπροσωπεύει η κλίμακα του χρόνου (πχ. ένα έτος ή ένα εξάμηνο) (Παπαντώνης, 2008).

3.1.2 Επιλογή Τύπου Υδροστροβίλου

Ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός των ΜΥΗΕ είναι ο υδροστρόβιλος, η γεννήτρια και ο ρυθμιστής στροφών όπου στις περισσότερες περιπτώσεις προσφέρονται τυποποιημένοι από μεγάλο βαθμό κατασκευαστών. Στην παρούσα εργασία για τους διαφόρους τύπους που θα χρησιμοποιηθούν στις περιοχές μελέτης, γίνεται αναφορά για τυποποιημένους υδροστρόβιλους.

Εάν η ισχύς του υδροστροβίλου είναι μικρότερη από 100kW μπορεί να συνδεθεί απευθείας στο δίκτυο χαμηλής τάσης (ΧΤ). Σε κάθε άλλη περίπτωση η σύνδεση πρέπει να γίνει στο δίκτυο μέσης τάσης (ΜΤ) με παρεμβολή κατάλληλου τριφασικού μετασχηματιστή.

Η επιλογή του τύπου υδροστροβίλου πραγματοποιείται από το παρακάτω διάγραμμα βάση της υδραυλικής πτώσης αλλά και της διαθέσιμης αξιοποιήσιμης παροχής στο σημείο τοποθέτησης.



Εικόνα 23: Διάγραμμα επιλογής υδροστροβίλου (Παπαντώνης, 2008)

3.1.3 Υπολογισμός αξιοποιήσιμης παροχής από υδροστροβίλους

Γνωρίζοντας την ονομαστική παροχή (Q_{onT}) κάθε υδροστροβίλου είναι δυνατόν να καθοριστεί το εύρος λειτουργίας της μηχανής δηλ. η περιοχή ελάχιστης (Q_{minT}) και μέγιστης (Q_{maxT}) παροχής λειτουργίας. Στη συνέχεια λαμβάνοντας υπόψη την καμπύλη διάρκειας της παροχής για την θέση υδροληψίας που εξετάζεται θα υπολογιστεί η αξιοποιήσιμη παροχή από τους υδροστροβίλους για κάθε ποσοστό (i) του χρόνου.

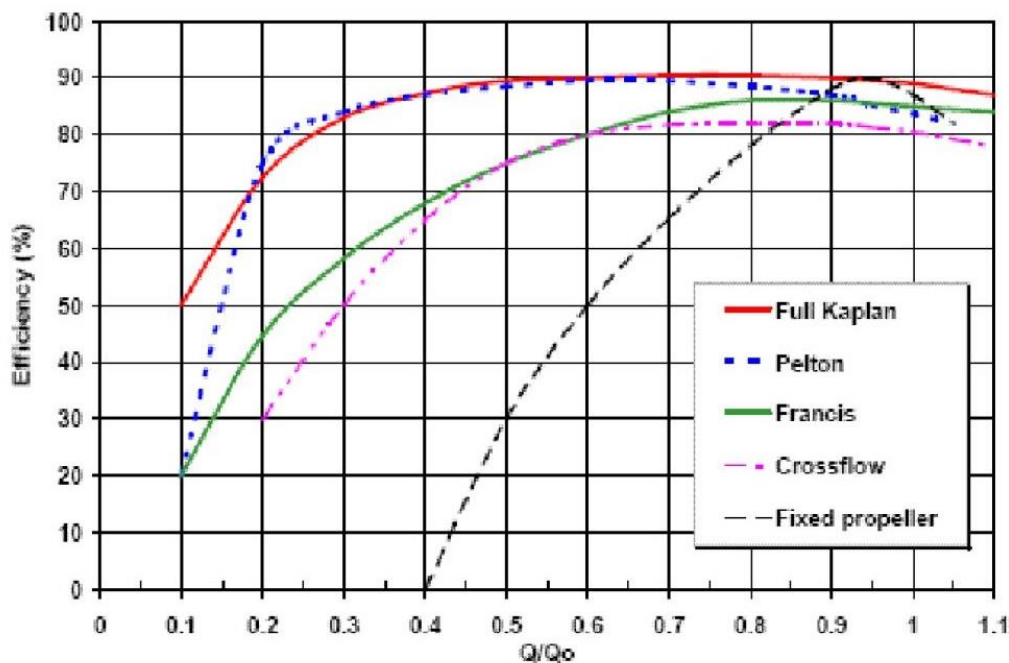
Πίνακας 4.: Όρια λειτουργίας υδροστροβίλων (Παπαντώνης, 2008)

| ΤΥΠΟΣ | Q_{minT}/Q_{onT} | Q_{maxT}/Q_{onT} |
|------------|--------------------|--------------------|
| Pelton | 0.1087 | 1.25 |
| Francis | 0.5 | 1.25 |
| Cross Flow | 0.285 | 1.428 |
| Axial Flow | 0.1242 | 1.4286 |

3.1.4 Βαθμός Απόδοσης υδροστροβίλου

Τα δεδομένα για την καμπύλη βαθμού απόδοσης ενός υδροστροβίλου μπορούν είτε να εισαχθούν με το χέρι είτε να βρεθούν μέσω εξισώσεων που στηρίζονται σε ορισμένα από τα χαρακτηριστικά του ΜΥΗΕ. Η απόδοση ενός στροβίλου είναι συνάρτηση της παροχής που δέχεται ο στρόβιλος εκφρασμένη ως ποσοστό επί της εκατό της παροχής σχεδίασης της εγκατάστασης. Οι πιο σημαντικές τιμές της καμπύλης είναι η μέγιστη απόδοση του στροβίλου και η απόδοση στην παροχή σχεδίασης του έργου.

Οι εξισώσεις για την σχεδίαση της καμπύλης βαθμού απόδοσης είναι πολύπλοκες και για αυτό έχουν σχεδιαστεί τυποποιημένες καμπύλες βαθμού απόδοσης για τους τύπους υδροστροβίλων Kaplan, Pelton, Francis, Crossflow, Propeller. Από το παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ότι οι παραδοσιακοί υδροστρόβιλοι έχουν ένα “καλό” βαθμό απόδοσης για παροχές μεγαλύτερες από $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$.



Εικόνα 24: Διάγραμμα βαθμού απόδοσης υδροστροβίλου (Παπαντώνης, 2008)

3.1.5 Μέθοδος υπολογισμού μηχανικής ισχύς υδροστροβίλου

Η διαθέσιμη υδραυλική ισχύς N_i (σε kW) στον υδροστρόβιλο είναι ίση με:

$$N_i = \gamma \times H \times Q \quad (2)$$

όπου:

- Το γ είναι το ειδικό βάρος του νερού ($\gamma = g \times \rho$ όπου το ρ είναι η πυκνότητα του νερού $= 1000 \text{ kg/m}^3$).
- Το Q είναι η παροχή σε m^3/sec .
- Το H είναι το καθαρό ύψος πτώσεως (σε m) το οποίο υπολογίζεται από τον τύπο:

$$H = h - k \times Q^2 \quad (3)$$

Για το H έχουμε ότι το h είναι το αρχικό ύψος (m) και το $k \times Q^2$ είναι οι υδραυλικές απώλειες.

Το k υπολογίζεται από τον τύπο:

$$k = \frac{f \times L \times 16}{D \times 2 \times g \times D^4 \times \pi^2} \quad (4)$$

όπου:

- Το L είναι το μήκος του αγωγού (m).
- Το D είναι η εσωτερική διάμετρος του αγωγού (m) η οποία υπολογίζεται από τον τύπο:

$$c = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{c \times \pi}} \quad (5)$$

(το c είναι η μέση ταχύτητα ροής σε m/sec).

- Το g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας ($9.81 \text{ m}^2/\text{sec}$).
- Το f είναι ο συντελεστής απωλειών και υπολογίζεται από τον τύπο Colebrook–White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[\frac{K_s}{3.71D} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right] \quad (6)$$

με επαναληπτική μέθοδο όπου:

- Το K_s είναι η ισοδύναμη τραχύτητα (m) των τοιχωμάτων του αγωγού (την οποία θεωρούμε ίση με $1.5 \times 10^{-3} \text{ m}$).

Είναι εμφανές ότι η σχέση Colebrook – White είναι πεπλεγμένη. Για το λόγο αυτό η επίλυση της απαιτεί εφαρμογή επαναληπτικής διαδικασίας. Λαμβάνοντας ως αρχική τιμή για τον συντελεστή γραμμικών απωλειών τη τιμή που προέκυψε από τη σχέση του Moody εφαρμόζεται η αριθμητική μέθοδος διαδοχικών αντικαταστάσεων μέχρι σύγκλισης του. Η επαναληπτική διαδικασία τερματίζεται όταν ικανοποιηθεί η συνθήκη. Με τον τρόπο αυτό γίνεται δυνατός ο υπολογισμός του συντελεστή γραμμικών απωλειών για τις εξεταζόμενες συνθήκες ροής.

- Το **Re** είναι ο αριθμός Reynolds ο οποίος εκφράζει τον τύπο της ροής του νερού και καθορίζει τις τριβές που προκύπτουν κατά την κίνηση του νερού. Για τον αριθμό Reynolds έχουμε:

$$Re = \frac{c \times D}{\nu} \quad (7)$$

όπου, το ν είναι η κινηματική συνεκτικότητα του νερού στους 15 °C είναι ίση με $1.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$.

Η μηχανική ισχύς Ne, που αποδίδει ο υδροστροβίλος είναι ίση με:

$$Ne = \gamma \times H \times Q \times n \quad (8)$$

όπου, το n είναι ο βαθμός απόδοσης του υδροστροβίλου.

Η ολική ενέργεια που παράγεται ετησίως υπολογίζεται από τον τύπο:

$$E(kWh/y) = \frac{N_{i+1} + N_i}{2} \times \frac{\varepsilon_{i+1} - \varepsilon_i}{100} \times 8760 \quad (9)$$

όπου: N_i , είναι η μηχανική ισχύς (kW),

ε_i , ο χρόνος που αντιστοιχεί στην ισχύ αυτή (%), και οι **8760 h/y** είναι οι ώρες το έτος (Παπαντώνης, 2008).

3.1.6 Υδροστροβίλοι σε κλειστό αγωγό της εταιρίας Lucid Energy

Ο σφαιρικός στροβίλος LucidPipe (LPS) λειτουργεί εντός ενός αγωγού, δημιουργώντας ισχύ καθώς περιστρέφεται. Οι λεπίδες του στροβίλου δημιουργούν ανύψωση καθώς το νερό ρέει πάνω τους με ελάχιστη διακοπή της ροής όπου παράγει ενέργεια από τη φυσική ροή του νερού. Τα συστήματα τροφοδοσίας με βαρύτητα και τα συστήματα εκροής χρησιμοποιούν βαλβίδες για τον έλεγχο της ροής και τη διατήρηση της ασφάλειας στις λειτουργικές πιέσεις. Το LPS μπορεί να τοποθετηθεί ανάντι αυτών των βαλβίδων και μπορεί να μειώσει την πίεση στην ανάντη ροή, μειώνοντας τη φθορά και αυξάνοντας τη διάρκεια ζωής τους. Εναλλακτικά, το LPS μπορεί να εγκατασταθεί σε πολλαπλές τοποθεσίες κατά μήκος ενός αγωγού για να μειώσει την πίεση σταδιακά.

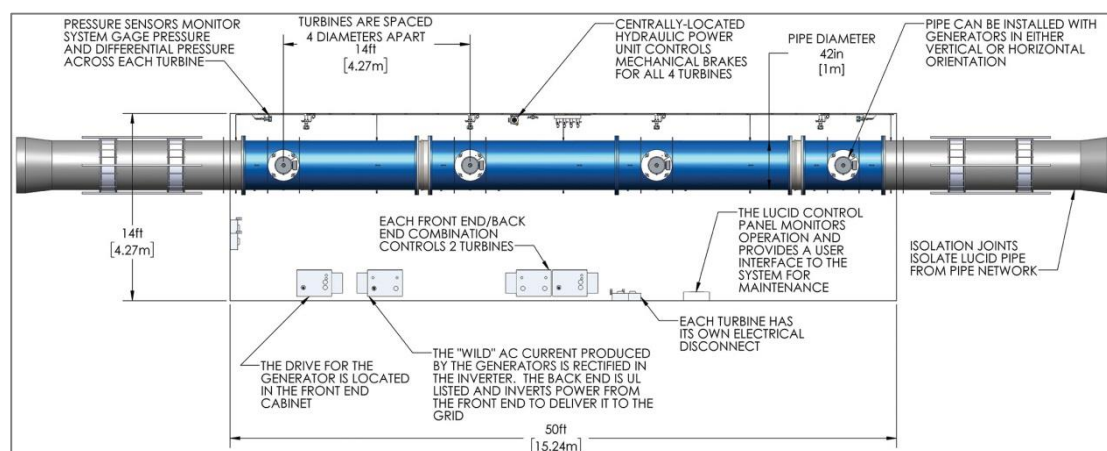
Το σύστημα LucidPipe TM έχει πολύ μικρές απώλειες πίεσης κατά τη λειτουργία του και περίπου 1 psi της πίεσης όταν σταματά, είναι ιδανικό για τοποθέτηση σε κλειστό δίκτυο αγωγού. Μπορεί να τοποθετηθεί απευθείας στην γραμμή χωρίς την ανάγκη

παράκαμψης για την τουρμπίνα. Οι παραδοσιακοί υδροστρόβιλοι σταματούν τη ροή του νερού όταν τεθούν εκτός λειτουργίας και χρειάζεται να τοποθετηθούν σε μια παράκαμψη ώστε να μην διακοπεί η ασφαλής παροχή νερού. Επίσης, οι παραδοσιακοί υδροστρόβιλοι λειτουργούν σε στενή ζώνη πιέσεων και ροών ενώ το σύστημα LucidPipe™ έχει μια ευρεία περιοχή λειτουργίας που συνήθως βρίσκεται σε ένα κλειστό δίκτυο αγωγών μεταφοράς νερού. Το σύστημα LucidPipe™ προσαρμόζεται για να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της παροχής νερού χωρίς να χρειάζεται να ρυθμιστεί το νερό για να καλύψει τις απαιτήσεις του στροβίλου.



Εικόνα 25: Ο σφαιρικός στρόβιλος LucidPipe (LPS)

Το πρώτο Lucid σύστημα εγκαταστάθηκε στο Riverside, Καλιφόρνια το 2010 και από τότε εξελίχθηκε. Τροφοδοτούσε πάνω από 20 megawatt ώρες ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο. Ως αποτέλεσμα του επιτυχημένου πιλοτικού συστήματος, η Riverside Public Utilities αποφάσισε να εγκαταστήσει ένα μόνιμο σύστημα. Η εγκατάσταση Power System LucidPipe™ στο Riverside έλαβε το Βραβείο Εξαιρετικής Διαχείρισης Ενέργειας 2011 από το τμήμα California-Nevada της American Water Works Association. Τον Δεκέμβριο του 2014, ένα σύστημα 4-τουρμίνων παραγωγής ενεργοποιήθηκε στο Portland Oregon και λειτουργεί από τότε. Τα δύο συστήματα κέρδισαν πολυάριθμα βραβεία, είχαν πάνω από 600 άρθρα και δελτία τύπου που γράφτηκαν για την τεχνολογία.



Εικόνα 26: 4 – turbine Lucid Energy system

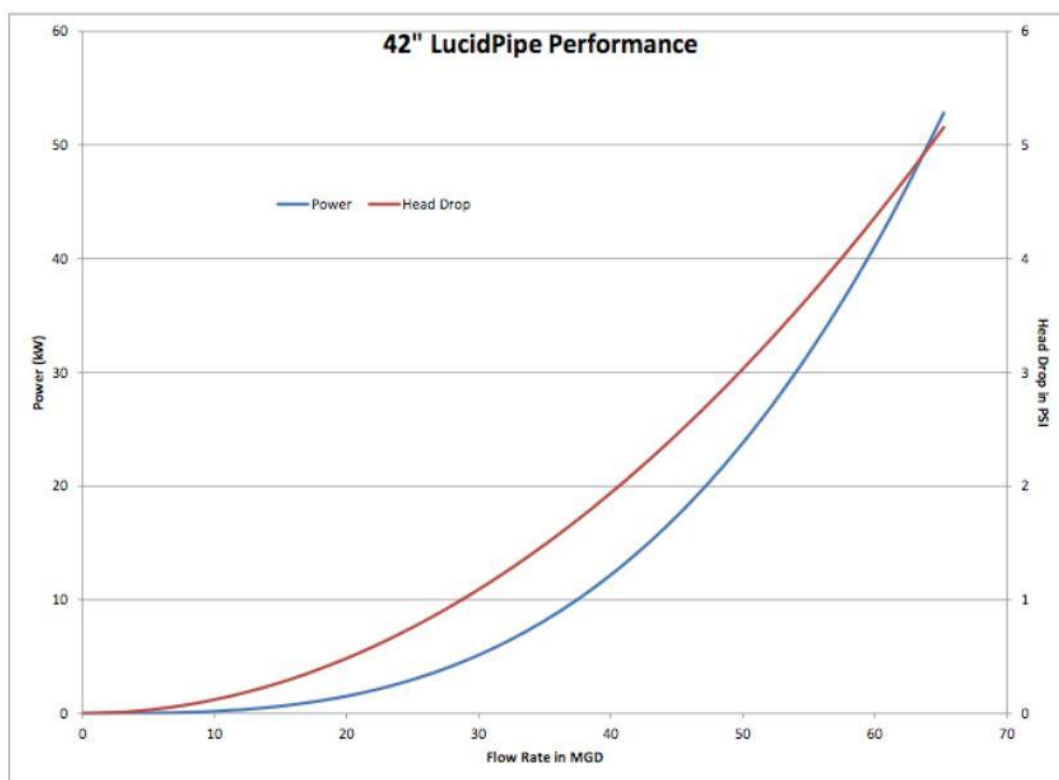
Τα διαθέσιμα μοντέλα υδροστροβίλων της Lucid Energy, με τα χαρακτηριστικά τους παρατίθενται στον Πίνακα 5:

Πίνακας 5: Διαθέσιμα μοντέλα υδροστροβίλων της Lucid Energy

| Μοντέλο | Διάμετρος (in) | Διάμετρος (mm) | Ονομαστική ισχύς (kW) | Ελάχιστη ανάντη πίεση (m) | Μέγιστη ροή (m ³ /s) |
|---------|----------------|----------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------------|
| LPS24A | 24" | 600 | 14 | 34 | 1,0 |
| LPS30A | 30" | 760 | 23 | 29 | 1,5 |
| LPS42A | 42" | 1060 | 50 | 30 | 2,8 |
| LPS60A | 60" | 1500 | 100 | 30 | 5,6 |

Αναφορικά με το μέγεθος του αγωγού, η διάμετρος του υδροστροβίλου δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από τη διάμετρο του αγωγού, αλλά από την άλλη πλευρά μπορεί (εάν χρειαστεί) να τοποθετηθεί μικρότερος υδροστροβίλος σε αγωγό μεγαλύτερης διαμέτρου. Για να μπορέσει να παραγάγει την ονομαστική του ισχύ ένας υδροστροβίλος της Lucid Energy, η ανάντη πίεση πρέπει να είναι μεγαλύτερη από αυτήν που αναγράφεται στην 5^η στήλη του Πίνακα 5. Η προσθήκη ενός υδροστροβίλου (οποιουδήποτε μεγέθους) προκαλεί πτώση πίεσης 3.5m (5psi) όταν ο υδροστροβίλος λειτουργεί στην ονομαστική του ισχύ (Πουλιέζος κα, 2016).

Η μόνη διαθέσιμη πληροφορία για τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των υδροστροβίλων της Lucid Energy είναι αυτή που δίνεται στην Εικόνα 27 και αφορά τη μεταβολή της ισχύος και των υδραυλικών απωλειών του μοντέλου LPS42A (ονομαστικής ισχύος 50kW) σε σχέση με τη ροή. Ένα βασικό χαρακτηριστικό της καμπύλης ισχύος είναι ότι μεταβάλλεται εκθετικά σε σχέση με την ροή, επομένως χρειάζονται ροές κοντά στη μέγιστη για να προσεγγιστεί η ονομαστική ισχύς (Πουλιέζος κα, 2016).

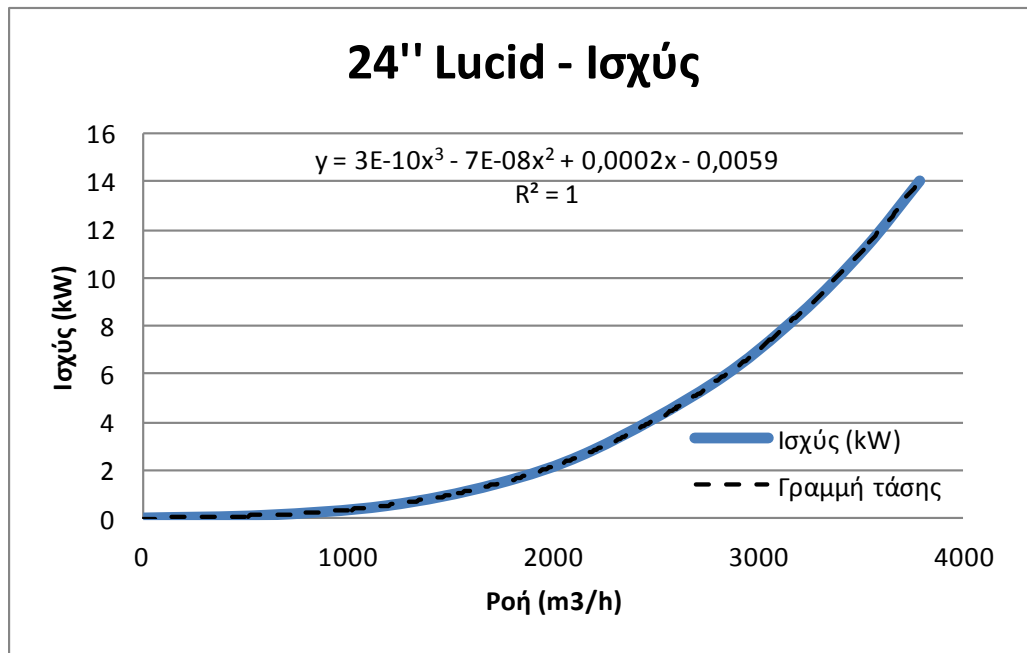


Εικόνα 27: Καμπύλη ισχύος και απωλειών μοντέλου LPS42A

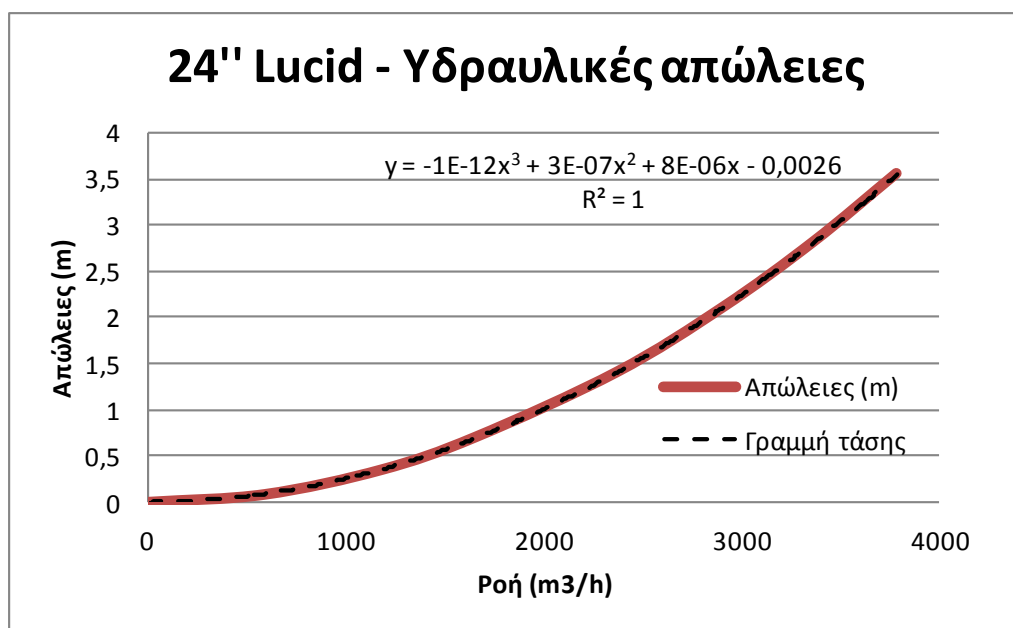
Για να εκτιμηθεί η παραγωγή ισχύος του μοντέλου LPS24A, έγινε η υπόθεση ότι οι μορφές των καμπυλών παρουσιάζουν ομοιότητα για όλα τα μοντέλα της Lucid Energy. Ακολουθούν οι ακριβείς εξισώσεις υπολογισμού της ισχύος P24L (σε kW) και των υδραυλικών απωλειών H_{l24L} (σε m) του υδροστροβίλου 14KW (LPS24A) για δεδομένη ροή (σε m³/h) (Πουλιέζος κα, 2016).

$$P_{24L} = 2,6545 \cdot 10^{-10} \cdot Q^3 - 7,1275 \cdot 10^{-8} \cdot Q^2 + 1,5775 \cdot 10^{-4} \cdot Q - 0,0059 \quad (10)$$

$$H_{l24L} = -1,278 \cdot 10^{-12} \cdot Q^3 + 2,5058 \cdot 10^{-7} \cdot Q^2 + 8,1922 \cdot 10^{-6} \cdot Q - 0,0026 \quad (11)$$



Εικόνα 28: Εκτίμηση Καμπύλης ισχύος και απωλειών μοντέλου LPS24A



Εικόνα 29: Εκτίμηση Καμπύλη υδραυλικών απωλειών LPS24A

3.2 Υπολογισμός μείωσης εκπομπών CO₂ (περιβαλλοντικό αποτύπωμα)

Καθώς τα προτεινόμενα έργα αφορούν σε παραγωγή ενέργειας μέσω ΑΠΕ σε αντικατάσταση ενέργειας παραγόμενης από τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας της ΔΕΗ στην Κρήτη, υπάρχει περιβαλλοντική προστιθέμενη αξία που μεταφράζεται σε μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Ο περιορισμός των εκπομπών του CO₂, δηλαδή το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, αυτών των έργων σχετίζεται με την κλιματική αλλαγή και την αειφόρο ανάπτυξη, ζητήματα που αποτελούν παγκοσμίως την σημαντικότερη πρόκληση για τον πλανήτη γη.

Προκειμένου να εκτιμηθεί η μείωση αυτή σε κάθε σενάριο που μελετάται στην εργασία, λαμβάνονται υπόψη τα δεδομένα εκπομπών CO₂ για τους 3 σταθμούς της ΔΕΗ στην Κρήτη, προκειμένου να προκύψει ο συντελεστής μείωσης εκπομπών για όλο το νησί που θα χρησιμοποιηθεί στην μελέτη μας. Σύμφωνα με τα δεδομένα της ΔΕΗ για την Κρήτη (ΔΕΗ, 2007), προκύπτει ο συντελεστής **0,76 tnCO₂/MWh** με επεξεργασία που παρουσιάζεται στον κάτωθι Πίνακα.

Πίνακας 6: Συντελεστής CO₂ για την Κρήτη

| ΘΕΡΜΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ | ΤΥΠΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ | ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ (ton CO ₂ /MWh) | ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΚΑΘΕ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂ | CO ₂ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΡΗΤΗ (ton/MWh) |
|------------------|----------------------------|---|---|---|
| ΧΑΝΙΑ | Diesel oil | 0.82 | 0.26 | 0.76 |
| ΑΘΕΡΙΝΟΛΑΚΟΣ | Mazut (S≤1% cubic measure) | 0.589 | 0.24 | |
| ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΑ | Diesel oil | 0.835 | 0.03 | |
| | Mazut (S≤1% cubic measure) | 0.812 | 0.47 | |

3.3 Οικονομική ανάλυση

Η οικονομική ανάλυση των υπό μελέτη έργων έχει ως αντικείμενο την εξέταση της οικονομικής τους βιωσιμότητας. Στην οικονομική ανάλυση λαμβάνονται υπόψη δαπάνες και έσοδα τα οποία είναι μετρήσιμα με καθαρά οικονομικούς όρους και όχι αυτά που σχετίζονται με κοινωνικές ή άλλες επιπτώσεις, όπως για παράδειγμα το εξωτερικό κόστος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ή εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων.

3.3.1 Βασικά στοιχεία της οικονομικής ανάλυσης

3.3.1.1 Χρονική διάρκεια

Η διάρκεια ζωής ενός ΜΥΗΕ είναι της τάξεως των 15-40 ετών, ενώ η διάρκεια ζωής των έργων πολιτικού μηχανικού είναι τουλάχιστον 50 χρόνια. Στο τέλος της διάρκειας ζωής του έργου και ανάλογα με τις συνθήκες θα πρέπει να αποφασισθεί είτε η ανανέωση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού είτε η πλήρης ανακατασκευή του. Στην οικονομική βιωσιμότητα του έργου σημαντικό ρόλο παίζει η διάρκεια κατασκευής του, δηλ. η περίοδος κατά την οποία υπάρχουν υψηλές δαπάνες αλλά μηδενικά έσοδα. Συνήθως η διάρκεια κατασκευής ενός μικρού ΥΗΕ είναι της τάξεως του ενός με δύο έτη με περισσότερο πιθανή αυτή των 2 ετών (εκτός και εάν πρόκειται για ΥΗΕ πολύ μικρής ισχύος, της τάξεως των 100 KW). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η διάρκεια των μελετών και των διαδικασιών δανειοδότησης είναι έτη στα οποία

υπάρχουν δαπάνες. Στην πράξη και για λόγους απλοποίησης ως αφετηρία της οικονομικής ανάλυσης θεωρείται συνήθως η έναρξη κατασκευής του έργου (και όχι η έναρξη των διαδικασιών και μελετών) (Παπαντώνης, 2008)

3.3.1.2 Επιτόκιο δανεισμού

Το επιτόκιο δανεισμού υπεισέρχεται στην χρηματοδοτική ανάλυση καθώς εκφράζει την ποσοστιαία προσαύξηση που πρέπει να καταβληθεί στον δανειοδότη (πχ. την τράπεζα) για το ποσό του δανείου με το οποίο καλύπτεται μέρος της συνολικής επένδυσης. Πρόκειται για μακροοικονομικό μέγεθος που εξαρτάται από την οικονομική κατάσταση και οικονομική πολιτική του κράτους (Παπαντώνης, 2008).

3.3.1.3 Προεξοφλητικό επιτόκιο

Το προεξοφλητικό επιτόκιο λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό της σημερινής αξίας ενός χρηματικού ποσού που θα δαπανηθεί ή θα εισπραχθεί στο μέλλον και χρησιμοποιείται στην ανάλυση της οικονομικής βιωσιμότητας μίας επένδυσης. Συνήθως λαμβάνεται υψηλότερο από το επιτόκιο δανεισμού έτσι ώστε να ληφθούν υπόψη οι οικονομικές αβεβαιότητες και η αβεβαιότητα της παραγωγής κατά την διάρκεια ζωής και λειτουργίας του έργου. (Παπαντώνης, 2008)

3.3.1.4 Πληθωρισμός

Ως πληθωρισμός χαρακτηρίζεται το φαινόμενο αύξησης (θετικός πληθωρισμός) ή μείωσης (αρνητικός πληθωρισμός) των τιμών των αγαθών και των υπηρεσιών με το πέρασμα του χρόνου, κατά τρόπο μη ομοιόμορφο για κάθε ένα από αυτά. Πρόκειται για μακροοικονομικό μέγεθος που εξαρτάται τόσο από την κατάσταση της εθνικής οικονομίας όσο και τις διεθνείς εξελίξεις. Ιδιαίτερα στα ΥΗΕ, των οποίων η διάρκεια ζωής είναι σημαντική, η εξέλιξη του πληθωρισμού σε τόσο μεγάλο χρονικό διάστημα είναι δύσκολο να προβλεφθεί.

3.3.1.5 Αναγωγή σε παρούσα αξία

Λόγω των επιτοκίων, η σημερινή (ή παρούσα) αξία A_o ενός ποσού χρημάτων A_n το οποίο θα εισπραχθεί (ή θα δαπανηθεί) μετά από n χρόνια δίνεται από την σχέση:

$$A_o = \frac{A_n}{(1+r)^n} \quad (12)$$

στην οποία με r συμβολίζεται το προεξοφλητικό επιτόκιο.

Ο όρος $\frac{1}{(1+r)^n}$ στην εξίσωση (12) ονομάζεται **συντελεστής παρούσας αξίας**.

Επειδή η διάρκεια ζωής ενός μικρού ΥΗΕ είναι σημαντική, για να είναι συγκρίσιμα τα ποσά που θα εισπραχθούν και θα δαπανηθούν μετά από n χρόνια θα πρέπει να αναχθούν σε σημερινές τιμές, δηλ. στην παρούσα αξία τους.

Για να είναι δυνατή η εφαρμογή μίας μεθόδου οικονομικής ανάλυσης σε ένα μικρό ΥΗΕ θα πρέπει να είναι γνωστά τα ακόλουθα μεγέθη (Παπαντώνης, 2008):

- Εγκατεστημένη ισχύς

- Ετήσια παραγωγή ενέργειας
- Συνολικό ύψος της επένδυσης (προϋπολογισμός του έργου)
- Τιμολόγιο πώλησης της ενέργειας
- Επιτόκιο δανεισμού και καταθέσεως
- Πληθωρισμός
- Χρονική περίοδος οικονομικής διαχείρισης
- Διάρκεια κατασκευής του έργου
- Ετήσια λειτουργικά έξοδα (συντήρηση, ασφάλεια, μισθοί, απόσβεση κλπ)

3.3.2 Βασικά κριτήρια οικονομικής βιωσιμότητας

Τα κριτήρια της οικονομικής βιωσιμότητας μιας επένδυσης είναι αρκετά και εφαρμόζονται ανάλογα με τη φύση και τη σκοπιμότητα του έργου. Αναφέρονται τα κάτωθι κριτήρια:

- Λόγος εσόδων προς έξοδα BCR (Benefit to Cost Ratio)
- Καθαρή παρούσα αξία NPV (Net Present Value)
- Διάρκεια αποπληρωμής
- Κριτήριο εσωτερικής απόδοσης της επένδυσης IRR (Internal Rate of Return)

Στην παρούσα εργασία θα αναλυθούν σύντομα οι δείκτες που χρησιμοποιούνται για την οικονομική αξιολόγηση των υπό μελέτη έργων.

3.3.2.1 Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)

Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) είναι το συνολικό καθαρό όφελος μιας επένδυσης, που προκύπτει ως διαφορά μεταξύ του λειτουργικού οφέλους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της επένδυσης. Η ΚΠΑ προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$Κ.Π.Α. = \sum_{i=1}^N \frac{ΚΤΡ}{(1+r)^i} - Κ \quad (13)$$

όπου:

Κ (€), συνολικό κόστος επένδυσης

ΚΤΡ (€), οι καθαρές ταμειακές ροές, δηλαδή η διαφορά μεταξύ των εσόδων από τις πωλήσεις και των πληρωμών για τους διάφορους συντελεστές παραγωγής

r, το επιτόκιο προεξόφλησης (5%)

N ο οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης (διαχειριστική περίοδος) σε έτη.

Για να είναι η επένδυση οικονομικά βιώσιμη θα πρέπει η τιμή της καθαρής παρούσας αξίας να είναι θετική. Έργα με αρνητική παρούσα αξία πρέπει να απορρίπτονται. Ο δείκτης αυτός είναι χρήσιμος για την κατάταξη διαφόρων εναλλακτικών λύσεων κατά σειρά οικονομικής βιωσιμότητας: το πλέον αποδοτικό είναι αυτό στο οποίο αντιστοιχεί υψηλότερη τιμή της καθαρής παρούσας αξίας.

Η αξιολόγηση του επενδυτικού σχεδίου προκύπτει, λοιπόν, ως εξής:

- Εάν ΚΠΑ>0 έχουμε επιλογή του επενδυτικού σχεδίου.
- Εάν ΚΠΑ<0 έχουμε απόρριψη του επενδυτικού σχεδίου.

- Εάν ΚΠΑ=0 (οριακή κατάσταση) έχουμε αδιαφορία του επενδυτή ως προς την αποδοχή ή απόρριψη.

Οι **Καθαρές Ταμειακές Ροές** (€) ορίζονται από την σχέση:

$$KTP = \text{Έσοδα από την αξιοποίηση της ενέργειας} - \text{Λειτουργικά έξοδα} \quad (14)$$

Έσοδα (€) = Παραγόμενη ενέργεια (MWh)* τιμή €/MWh

Η τιμή πώλησης παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας: 87.85€/MWh (Ν.3851/2010 – ΦΕΚ 85/Α/4.6.2010).

Για τη σύγκριση περισσότερων επενδυτικών σχεδίων των ιδίων χαρακτηριστικών και του ιδίου οικονομικού κύκλου ζωής, επιλέγεται ως αποδοτικότερο αυτό με την μεγαλύτερη ΚΠΑ στον οικονομικό κύκλο ζωής.

3.3.2.2 Διάρκεια αποπληρωμής

Εκφράζει το πλήθος των ετών που απαιτούνται ώστε τα αναμενόμενα καθαρά έσοδα (έσοδα μείον τα λειτουργικά έξοδα) να αποπληρώσουν το ποσό της επένδυσης. Συνήθως υπολογίζεται χωρίς την αναγωγή των διαφόρων ποσών σε παρούσα αξία. Η διάρκεια αποπληρωμής ενός μικρού ΥΗΕ δεν πρέπει να ξεπερνά τα 7 έτη ώστε να μπορεί να κριθεί ως οικονομικά βιώσιμο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ & ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Περιγραφή μεθοδολογίας

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε προκειμένου να αξιολογηθεί η εφικτότητα, η παραγόμενη ενέργεια και η οικονομική βιωσιμότητα της εφαρμογής υδροστροβίλων στα δίκτυα νερού του ΟΑΚ ΑΕ περιγράφεται στα κάτωθι βήματα:

Βήμα 1: Εντοπισμός σημείων μελέτης των δικτύων του ΟΑΚ ΑΕ:

Αρχικά εντοπίστηκαν τα σημεία ενδιαφέροντος προς μελέτη όπου υπήρχε εμφάνιση παροχής σε μεγάλο ποσοστό στη διάρκεια του έτους και υπήρχαν διαθέσιμα πραγματικά (μετρημένα) δεδομένα. Επιλέχθηκαν 3 σημεία προς μελέτη με τα 2 να βρίσκονται στην δυτική Κρήτη (ΠΕ Χανίων) και 1 στην ανατολική (ΠΕ Ηρακλείου).

Βήμα 2: Δημιουργία καμπυλών διάρκειας παροχής

Έχοντας τις χρονοσειρές παροχής για τα επιλεγμένα σημεία δημιουργήθηκαν οι καμπύλες διάρκειας παροχής, σύμφωνα με τα μαθηματικά μοντέλα που περιγράφονται αναλυτικά στην ενότητα 3.1.1 της παρούσης.

Βήμα 3: Επιλογή υδροστροβίλου

Στη συνέχεια βρέθηκαν τα στοιχεία που αφορούν στην υψομετρική διαφορά που υπάρχει από την αρχή της πηγής/ταμιευτήρα και σημείο τοποθέτησης του υδροστροβίλου καθώς και το μήκος και η διάμετρος του αγωγού. Έγινε επιλογή 6 κατάλληλων τύπων υδροστροβίλων σύμφωνα με τα κριτήρια που ορίζονται στην ενότητα 3.1.2 για να μελετηθούν στις 3 περιοχές. Επίσης λήφθηκαν υπόψη και οι απώλειες που υπάρχουν στα σημεία τοποθέτησης καθώς στην περίπτωση της περιοχής Μυλωνιανών θα έπρεπε το όλο σύστημα να παραμείνει ανεπηρέαστο και οι απώλειες να είναι όσο το δυνατόν ελάχιστες διότι το νερό συνεχίζει την πορεία μετά το σημείο τοποθέτησης του υδροστροβίλου για να καταλήξει μετά από 15km σε άλλο ταμιευτήρα με φυσική ροή.

Βήμα 4: Υπολογισμός ετήσιας παραγόμενης ενέργειας και μείωσης εκπομπών CO₂

Με βάση τις μαθηματικές εξισώσεις και τους δείκτες που περιγράφονται στις ενότητες 3.1.5 και 3.1.6 αναπτύχθηκε μοντέλο υπολογισμού ετήσιας παραγόμενης ενέργειας για κάθε υπό μελέτη περίπτωση (6 περιπτώσεις). Επίσης υπολογίζεται και η μείωση των εκπομπών CO₂ με βάση τα δεδομένα της ενότητας 3.2.

Βήμα 5: Οικονομική ανάλυση, έλεγχος βιωσιμότητας και ανάλυση κόστους - οφέλους

Λόγω του ότι η ετήσια παραγόμενη ενέργεια δεν αποτελεί από μόνη της κριτήριο για την επιλογή του σεναρίου και την διαστασιολόγηση του έργου για κάθε σενάριο υπολογίζουμε την οικονομική του απόδοση με δείκτη την ΚΠΑ στα 20 έτη (Anagnostopoulos and Papantonis, 2007) και το έτος αποπληρωμής για τους

παραδοσιακούς υδροστρόβιλους και τους υδροστρόβιλους της Lucid Energy. Για τους απαιτούμενους υπολογισμούς αναπτύχθηκε μοντέλο υπολογισμού της ΚΠΑ και του έτους αποπληρωμής σύμφωνα με τις εξισώσεις της ενότητας 3.3.2. και τις σχέσεις (15)-(17). Δεδομένου του ότι δεν είναι ξεκάθαρο το θεσμικό πλαίσιο για την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας, θεωρούμε 2 σενάρια:

Σενάριο Α: Πώληση στη ΔΕΗ της παραγόμενης ενέργειας με τιμή 87,85€/MWh.

Σενάριο Β: Εικονικό Ενεργειακό Συμψηφισμό (virtual net metering) με την καταναλισκόμενη ενέργεια στα αντλιοστάσια άρδευσης του ΟΑΚ ΑΕ, δηλαδή ο συσχετισμός και συμψηφισμός μίας κατανάλωσης που δεν βρίσκεται στο χώρο όπου πραγματοποιείται αυτή η κατανάλωση. Σήμερα, η σχετική Υπουργική Απόφαση επιτρέπει την εγκατάσταση μόνο στον ίδιο ή όμορο χώρο. Η πρόβλεψη αυτή υπάρχει στο Νόμο 3851/2010 και στην περίπτωση που περάσει η τροπολογία, τα έσοδα που αντιστοιχούν στα έξοδα που εξοικονομούμε από την παραγόμενη ενέργεια που δεν αγοράζουμε από τη ΔΕΗ με τιμή 127€/MWh που προκύπτει από τα στοιχεία του ΟΑΚ ΑΕ.

Με βάση δεδομένα του ΥΠΕΚΑ αλλά και του Παπαντώνη (Παπαντώνης, 2008) το συνολικό κόστος κατασκευής ενός ΜΥΗΕ είναι μικρότερο των 1.500€/kW στην περίπτωση έργων σε υφιστάμενα υδατικά δίκτυα, ειδικότερα αναφέρεται ότι «Σε ειδικές περιπτώσεις κατά τις οποίες μέρος των έργων προϋπάρχουν (πχ. κατασκευή μικρού ΥΗΕ σε διώρυγα άρδευσης ή ύδρευσης) το ειδικό κόστος του μικρού ΥΗΕ μπορεί να είναι μικρότερο των 1.500 €/KW (Παπαντώνης, 2008)» Αναφέρεται ότι το συνολικό κόστος του εξοπλισμού (υδροστρόβιλος, γεννήτρια, κιβώτιο στροφών) αντιστοιχεί στο 34% της συνολικής επένδυσης ενός ΜΥΗΕ (Aggidis et al., 2010). Στη δική μας περίπτωση, δεδομένου του ότι είναι ήδη κατασκευασμένες όλες οι υποδομές (ταμιευτήρες, αγωγοί κλπ.), λαμβάνουμε υπόψη μόνο το κόστος του εξοπλισμού $C_{EM}=0.34*1500 \text{ €/kW} = 510 \text{ €/kW}$, θεωρώντας ότι το κόστος εγκατάστασης καλύπτεται από το προσωπικό του Οργανισμού. Το ως άνω κόστος επιβεβαιώνεται και από την εφαρμογή σχετικών μαθηματικών τύπου κόστους συναρτήσει του ύψους και της παροχής από την βιβλιογραφία (Aggidis et al., 2010).

Για τους υδροστρόβιλους της LucidEnergy από τον κατασκευαστή δίνεται μία μέση τιμή στα 7000€/KW.

Το κόστος συντήρησης λαμβάνεται ίσο με το 2% του αρχικού κόστους επένδυσης, σύμφωνα με την βιβλιογραφία.

$$K_{oper} = 0.02 * K \quad (15)$$

Επιτόκιο προεξόφλησης $r=5\%$

Οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης $N=20$ έτη για τους υδροστρόβιλους

Ετήσια έσοδα E :

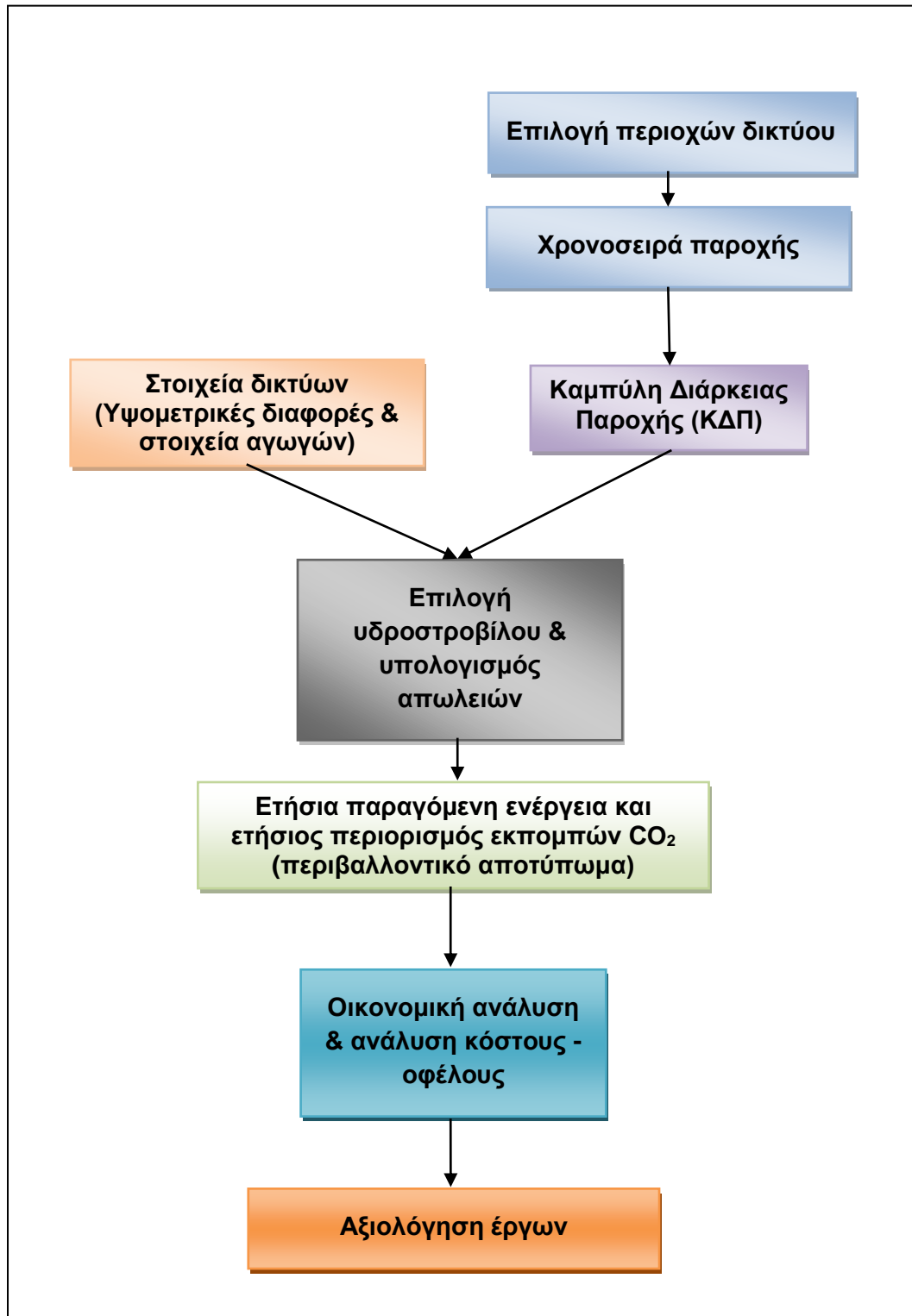
$$\text{Σενάριο Α: } E (\text{€/y}) = E(\text{kWh/y}) * 87,85\text{€/MWh} \quad (16)$$

$$\text{Σενάριο Β: } E (\text{€/y}) = E(\text{kWh/y}) * 127\text{€/MWh} \quad (17)$$

Επίσης, υπολογίζουμε τους δείκτες κόστους – οφέλους της κάθε επένδυσης με βάση το ετήσια ανηγμένο αρχικό κόστος και την ετήσια παραγόμενη ενέργεια σε κάθε περίπτωση.

Βήμα 6: Συγκριτική αξιολόγηση περιπτώσεων, επαλήθευση και συμπεράσματα

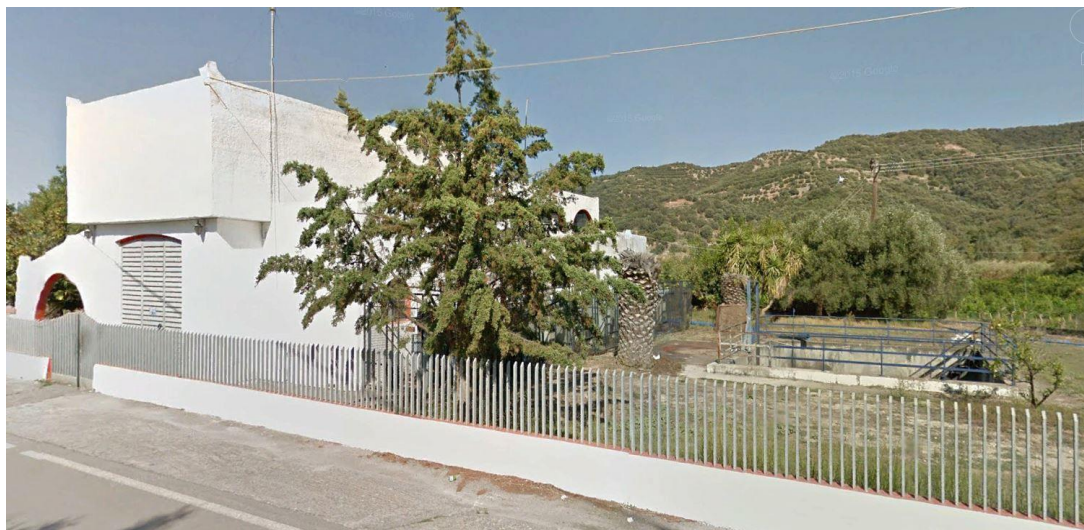
Τέλος τα τεχνικά και οικονομικά αποτελέσματα συνοψίζονται για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την τεχνική και οικονομική αποδοτικότητα των προτεινόμενων έργων.



Εικόνα 30: Σχηματική απεικόνιση της μεθοδολογίας

4.2 Περίπτωση 1: Πατελάρι, Χανιά

Το υδροληπτικό κέντρο του Πατελαρίου αρδεύει τον ΤΟΕΒ Αγιάς-Κολυμβαρίου, τον ΤΟΕΒ Αγ. Μαρίας – Πλατανιά, τον Μάλεμε, την υψηλή ζώνη Χανίων και συμπληρώνει την άρδευση Κοντομαρί και Ξαμουδοχωρίου. Αξιοποιεί το νερό κυρίως των πηγών Καλαμιώνα, την υπερχειλίση της λίμνης Αγυιάς και από τον Κερίτη δια μέσου φρεατίων στο Πατελάρι. Στις πηγές Καλαμιώνα κατάντη του φράγματος της λίμνης έχει κατασκευαστεί υδρομάστευση, απ' όπου τροφοδοτείται ο αγωγός Φ900 του αντλιοστασίου Πατελαρίου.



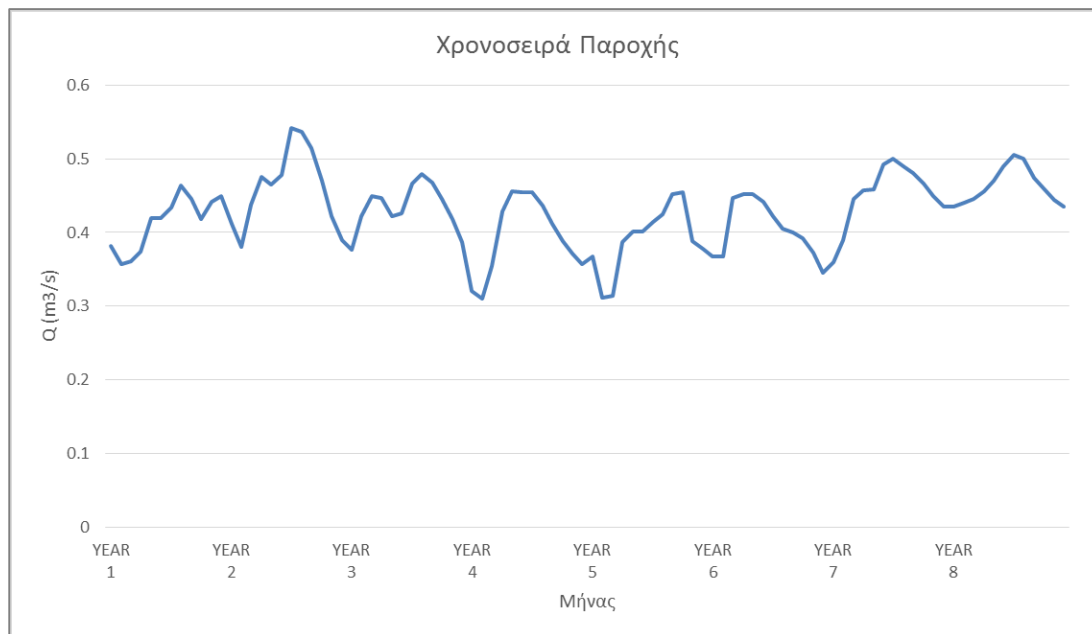
Εικόνα 31: Αντλιοστάσιο Πατελαρίου

4.2.1 Χρονοσειρά παροχής

Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη χρονοσειρά παροχής είναι από μετρήσεις της Περιφέρειας Κρήτης, Διεύθυνση Δημοσίων Έργων, Τμήμα Εγγείων Βελτιώσεων και αφορούν σε μηνιαίες μετρήσεις μέσης παροχής για το διάστημα Σεπτέμβριος 1971 έως Αύγουστο 1979.

Πίνακας 7: Μέσες μηνιαίες μετρούμενες παροχές πηγής Καλαμιώνα (Περιφέρεια Κρήτης)

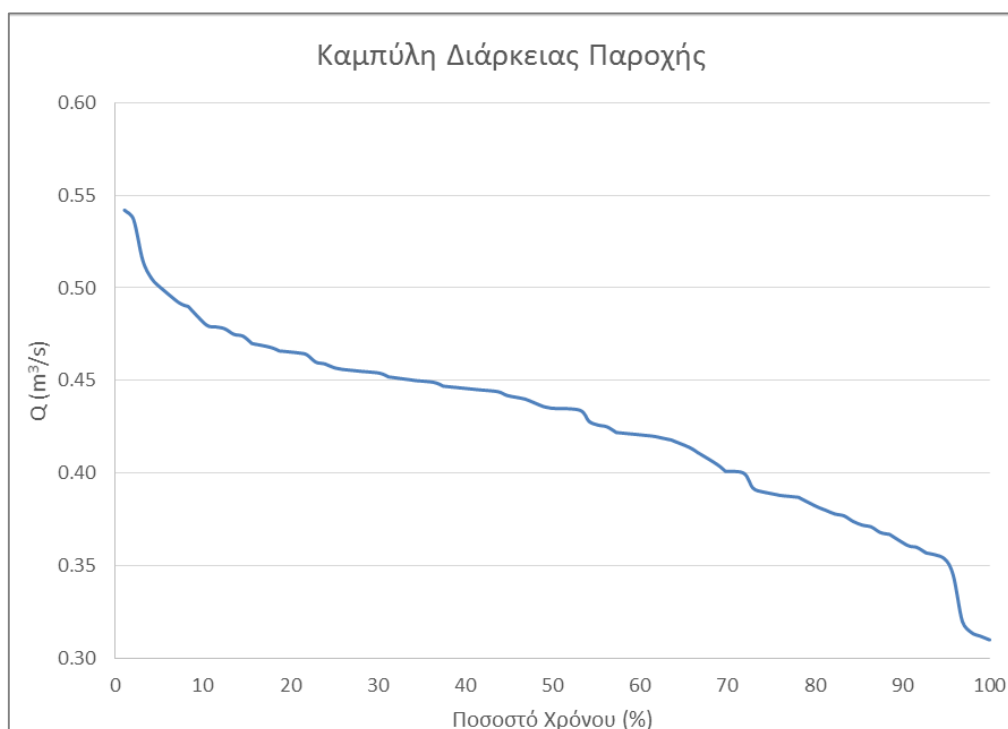
| ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΤΟΣ | ΣΕΠΤ. | ΟΚΤ. | ΝΟΕ. | ΔΕΚ. | ΙΑΝ. | ΦΕΒ. | ΜΑΡ. | ΑΠΡ. | ΜΑΗΣ | ΙΟΥΝ | ΙΟΥΛ | ΑΥΓ. |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1971 - 1972 | 0.382 | 0.357 | 0.361 | 0.374 | 0.42 | 0.419 | 0.434 | 0.464 | 0.446 | 0.418 | 0.441 | 0.45 |
| 1972 - 1973 | 0.411 | 0.38 | 0.438 | 0.475 | 0.465 | 0.478 | 0.542 | 0.537 | 0.515 | 0.47 | 0.422 | 0.39 |
| 1973 - 1974 | 0.377 | 0.422 | 0.45 | 0.447 | 0.422 | 0.426 | 0.466 | 0.479 | 0.468 | 0.446 | 0.418 | 0.387 |
| 1974 - 1975 | 0.32 | 0.31 | 0.354 | 0.428 | 0.456 | 0.454 | 0.455 | 0.436 | 0.411 | 0.388 | 0.371 | 0.357 |
| 1975 - 1976 | 0.367 | 0.312 | 0.314 | 0.387 | 0.401 | 0.401 | 0.414 | 0.425 | 0.452 | 0.455 | 0.388 | 0.378 |
| 1976 - 1977 | 0.367 | 0.368 | 0.447 | 0.452 | 0.452 | 0.442 | 0.422 | 0.405 | 0.4 | 0.392 | 0.372 | 0.345 |
| 1977 - 1978 | 0.36 | 0.39 | 0.445 | 0.457 | 0.459 | 0.492 | 0.5 | 0.49 | 0.48 | 0.466 | 0.449 | 0.435 |
| 1978 - 1979 | 0.435 | 0.44 | 0.445 | 0.456 | 0.47 | 0.49 | 0.505 | 0.5 | 0.474 | 0.46 | 0.444 | 0.435 |



Εικόνα 32: Διάγραμμα χρονοσειράς παροχών της πηγής Καλαμιώνα

4.2.2 Καμπύλη διάρκειας παροχής

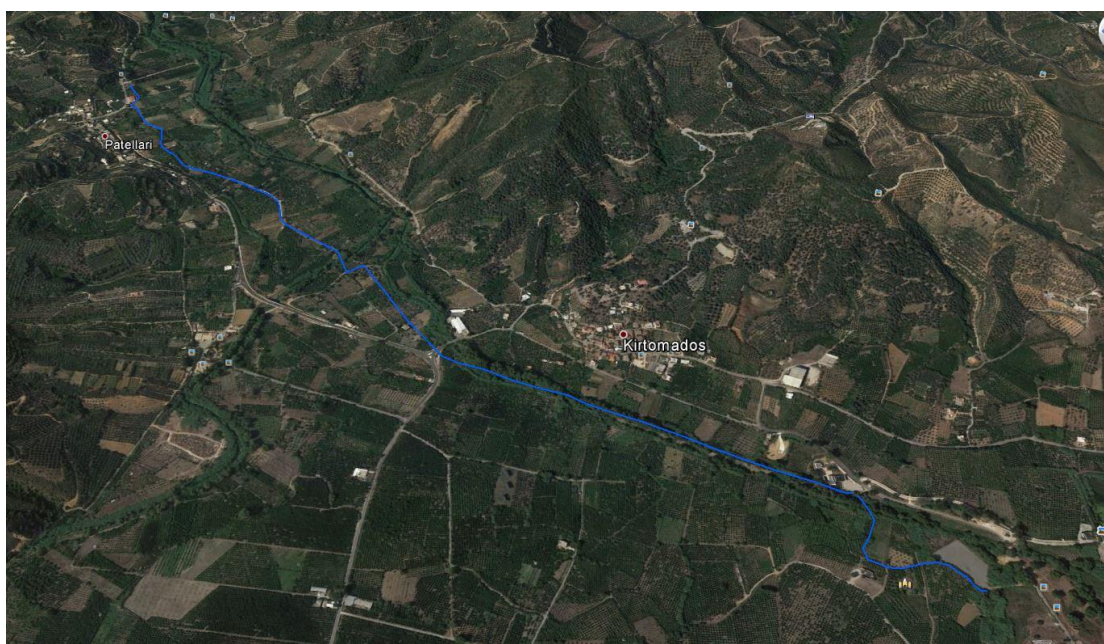
Οι καμπύλες διάρκειας παροχής στην παρούσα εργασία υπολογίζονται σε φύλα εργασίας excel παίρνοντας σαν δεδομένα εισόδου τις μετρήσεις των παροχών (Flow) για το κάθε σημείο σε φθίνουσα σειρά. Με την συνάρτηση RANK επιστρέφεται η τάξη της κάθε μέτρησης στο εύρος μετρήσεων και στη συνέχεια υπολογίζεται σε ποσοστό επί τις εκατό (Percent Exceedent). Αναλυτικά οι υπολογισμοί φαίνονται στον πίνακα Ι του παραρτήματος της παρούσας εργασίας.



Εικόνα 33: Καμπύλη Διάρκειας Παροχής Πηγής Καλαμιώνα

4.2.3 Στοιχεία αγωγού και υδροστροβίλου

Στην παρακάτω εικόνα αποτυπώνεται η διαδρομή του αγωγού που συνδέει την πηγή του Καλαμιώνα με το φρεάτιο εισόδου του αντλιοστασίου Πατελαρίου. Το μήκος του αγωγού (L) είναι 2,600m και η διάμετρος (D) 0.9m. Από δεξιά φαίνεται το σημείο όπου ξεκινά ο αγωγός από την πηγή του Καλαμιώνα που βρίσκεται στο +34m και από αριστερά στο τελείωμα της διαδρομής του αγωγού του φρεάτιο εισόδου που βρίσκεται στο +21m. Η υψομετρική διαφορά από την πηγή μέχρι το σημείο τοποθέτησης του υδροστροβίλου είναι στα 13m. Σύμφωνα με το διάγραμμα επιλογής υδροστροβίλου και την υδραυλική πτώση που υπάρχει στο σημείο που θα τοποθετηθεί ο υδροστροβίλος, επιλέγεται υδροστροβίλος Kaplan 50kW με ονομαστική παροχή $Q_{TN}=0.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Σε σχέση με την ονομαστική παροχή για τον υδροστροβίλο Kaplan το εύρος λειτουργίας του περιορίζεται από $0.0621 \text{ m}^3/\text{s}$ η ελάχιστη παροχή λειτουργίας έως $0.7143 \text{ m}^3/\text{s}$ η μέγιστη.



Εικόνα 34: Αποτύπωση αγωγού πηγής Καλαμιώνα – Φρεάτιο εισόδου αντλιοστασίου Πατελαρίου

4.2.4 Υπολογισμός ετήσιας ολικής παραγόμενης ενέργειας

Στον πίνακα II του παραρτήματος φαίνονται οι υπολογισμοί για την ολική ετήσια ενέργεια που παράγει ο υδροστροβίλος Kaplan 50kW στο σημείο τοποθέτησης φρεατίου εισόδου αντλιοστασίου Πατελαρίου. Στην πρώτη στήλη έχουμε το ποσοστό εμφάνισης παροχής μεγαλύτερης από την παροχή Q_i που εμφανίζεται στη δεύτερη στήλη και βασίζεται σε πραγματικές τιμές από την καμπύλη διάρκειας παροχής της πηγής Καλαμιώνα. Στην τρίτη στήλη η τιμή QT εξαρτάται από το εύρος της εκμεταλλεύσιμης παροχής του υδροστροβίλου Kaplan. Από τις μετρήσεις των παροχών βλέπουμε ότι μέγιστη μετρούμενη παροχή είναι $0.54 \text{ m}^3/\text{s}$ και ελάχιστη $0.31 \text{ m}^3/\text{s}$. Σύμφωνα με τη θεωρία βρήκαμε ότι για την ονομαστική παροχή $Q_{TN}=0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ του υδροστροβίλου Kaplan 50kW έχουμε εύρος λειτουργίας $0.0621 \text{ m}^3/\text{s}$ η ελάχιστη παροχή λειτουργίας έως $0.7143 \text{ m}^3/\text{s}$ η μέγιστη οπότε ο υδροστροβίλος στη συγκεκριμένη περίπτωση μπορεί να εκμεταλλευτεί όλο το φάσμα της εμφανιζόμενης παροχής. Στη συνέχεια στην τέταρτη στήλη του πίνακα υπολογίζεται η μέση ταχύτητα ροής σε m/s η οποία σύμφωνα με την θεωρία εξαρτάται από τη διάμετρο (D) του

αγωγού αλλά και από την παροχή (QT). Στη συνέχεια υπολογίζεται ο αριθμός Reynolds για κάθε τιμή της μέσης ταχύτητας ροής (c). Για τον υπολογισμό του συντελεστή απωλειών (f) χρησιμοποιήθηκε πρόγραμμα στο excel και ο υπολογισμός έγινε για κάθε τιμή του αριθμού Reynolds. Η καθαρή υδραυλική πτώση (H) υπολογίζεται γνωρίζοντας την αρχική υδραυλική πτώση (h) και έχοντας βρει τις υδραυλικές απώλειες. Ο βαθμός απόδοσης (η) προκύπτει από το διάγραμμα της θεωρίας για κάθε τιμή της QT. Αφού έχουμε βρει όλα τα παραπάνω υπολογίζουμε την μηχανική ισχύς (Ne) του υδροστροβίλου για κάθε παροχή (QT). Τέλος υπολογίζουμε την ετήσια παραγόμενη ενέργεια για τιμή της μηχανικής ισχύς που βρίσκουμε και το σύνολο όλων των τιμών θα μας κάνουν την ολική ενέργεια που παράγεται ετησίως από τον υδροστροβίλο Kaplan. Για την περιοχή του Πατελαρίου υπολογίζεται να παράγονται **366,096.40 kWh/έτος** με συνολική ετήσια εξοικονόμηση διοξειδίου του άνθρακα να ανέρχεται σε **278.23 ton CO₂/έτος**.

Πίνακας 8: Βασικά στοιχεία υδροστροβίλου Kaplan 50kW, ετήσια παραγόμενη ενέργεια και μείωση εκπομπών CO₂.

| Μοντέλο Υδροστροβίλου | Ονομαστική παροχή (m ³ /s) | Εύρος λειτουργίας (m ³ /s) | | Ετήσια παραγόμενη ενέργεια (kWh/year) | Ετήσια εξοικονόμηση CO ₂ (ton CO ₂ /year) |
|--------------------------|---|--|---------|--|---|
| | | Ελάχιστο | Μέγιστο | | |
| Kaplan 50kW | 0.5 | 0.0621 | 0.7143 | 366,096.40 | 278.23 |

4.2.5 Οικονομική ανάλυση για 20 έτη με πώληση στη ΔΕΗ

Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα για υδροστροβίλο Kaplan 50kW θα έχουμε ετήσια έσοδα 32,161.89€ σύμφωνα με την ολική παραγόμενη ενέργεια που υπολογίσαμε παραπάνω και την τιμή πώλησης της MW στη ΔΕΗ στα 87.85€/MW. Το κόστος υδροστροβίλου για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση θα είναι στα 25.500€ σύμφωνα με τις πηγές από τη θεωρία και τα έργα πολιτικού μηχανικού είναι ήδη κατασκευασμένα στη συγκεκριμένη περιοχή. Το λειτουργικό κόστος (Koper) θα είναι στα 510€ το χρόνο με καθαρές ταμιακές ροές (KTP) να ανέρχονται στα 31,651.89€ ανά έτος.

Πίνακας 9: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Πατελάρι) – πώληση στη ΔΕΗ

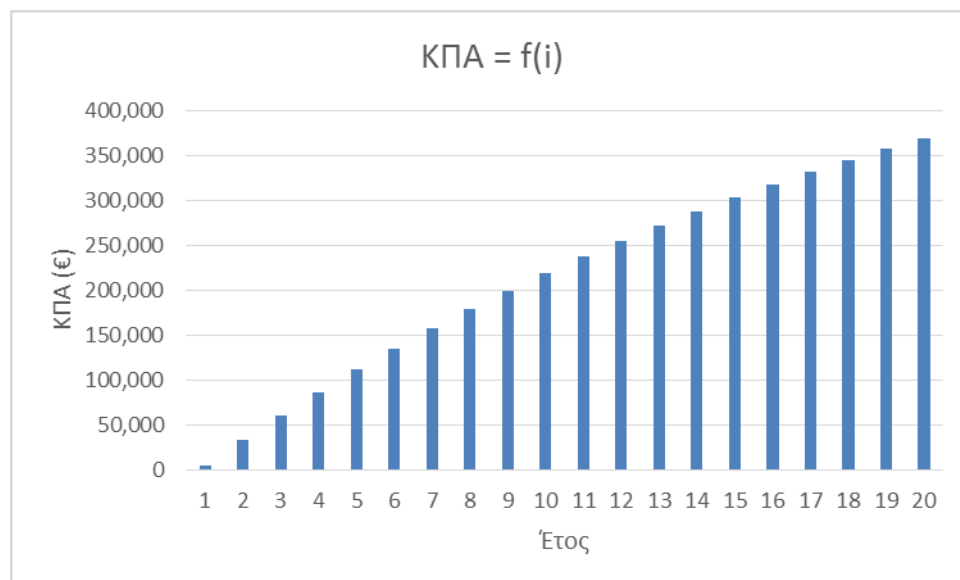
| | |
|------------------------|-----------|
| Kaplan turbine (kW) | 50.00 |
| Έσοδα (€/έτος) | 32,161.89 |
| Κόστος Kaplan (€) | 25,500.00 |
| Λειτουργικό κόστος (€) | 510.00 |
| KTP (€) | 31,651.89 |
| Επιτόκιο προεξόφλησης | 0.05 |

Στον επόμενο πίνακα υπολογίζονται το συνολικό καθαρό όφελος μιας επένδυσης (ΚΠΑ), που προκύπτει ως διαφορά μεταξύ του λειτουργικού οφέλους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της επένδυσης. Στη πρώτη στήλη έχουμε τα έτη του οικονομικού κύκλου ζωής της επένδυσης και στη δεύτερη στήλη φαίνονται καθαρές ταμιακές ροές (KTP) ανά έτος. Στην τρίτη στήλη γίνονται υπολογισμοί ανά έτος σύμφωνα με την θεωρία και το σύνολο των καθαρώς ταμιακών ροών μετά από 20 έτη ανέρχεται στο ποσό των 394,452.45€. Το σύνολο της καθαρής παρούσας αξίας (ΚΠΑ) στα 20 έτη φαίνεται στο τέλος της πέμπτης στήλης το οποίο ανέρχεται στα 368,952.45€. Στον πίνακα μπορούμε επίσης να διακρίνουμε τους υπολογισμούς για τα σύνολα των καθαρών ταμιακών ροών (KTP)

αλλά και την καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ) ανά έτος όπως αποτυπώνονται στις δύο τελευταίες στήλες του πίνακα.

Πίνακας 10: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Πατελάρι) – πώληση στη ΔΕΗ

| Έτος | ΚΤΡ | $ΚΤΡ/(1+0,05)^i$ | Σ ΚΤΡ | ΚΠΑ = f(i) |
|-------|-----------|------------------|-------------------|-------------------|
| 1.00 | 31,651.89 | 30,144.65 | 30,144.65 | 4,644.65 |
| 2.00 | 31,651.89 | 28,709.19 | 58,853.85 | 33,353.85 |
| 3.00 | 31,651.89 | 27,342.09 | 86,195.93 | 60,695.93 |
| 4.00 | 31,651.89 | 26,040.08 | 112,236.02 | 86,736.02 |
| 5.00 | 31,651.89 | 24,800.08 | 137,036.10 | 111,536.10 |
| 6.00 | 31,651.89 | 23,619.12 | 160,655.22 | 135,155.22 |
| 7.00 | 31,651.89 | 22,494.40 | 183,149.63 | 157,649.63 |
| 8.00 | 31,651.89 | 21,423.24 | 204,572.87 | 179,072.87 |
| 9.00 | 31,651.89 | 20,403.09 | 224,975.95 | 199,475.95 |
| 10.00 | 31,651.89 | 19,431.51 | 244,407.47 | 218,907.47 |
| 11.00 | 31,651.89 | 18,506.20 | 262,913.67 | 237,413.67 |
| 12.00 | 31,651.89 | 17,624.95 | 280,538.62 | 255,038.62 |
| 13.00 | 31,651.89 | 16,785.67 | 297,324.29 | 271,824.29 |
| 14.00 | 31,651.89 | 15,986.35 | 313,310.64 | 287,810.64 |
| 15.00 | 31,651.89 | 15,225.10 | 328,535.74 | 303,035.74 |
| 16.00 | 31,651.89 | 14,500.09 | 343,035.84 | 317,535.84 |
| 17.00 | 31,651.89 | 13,809.61 | 356,845.45 | 331,345.45 |
| 18.00 | 31,651.89 | 13,152.01 | 369,997.46 | 344,497.46 |
| 19.00 | 31,651.89 | 12,525.73 | 382,523.19 | 357,023.19 |
| 20.00 | 31,651.89 | 11,929.26 | 394,452.45 | 368,952.45 |



Εικόνα 35: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Πατελάρι) – πώληση στη ΔΕΗ

4.2.6 Οικονομική ανάλυση για 20 έτη με εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό (net metering)

Τα έσοδα που αντιστοιχούν στα έξοδα που εξοικονομούμε από την παραγόμενη ενέργεια που δεν αγοράζουμε από τη ΔΕΗ με τιμή 127€/MWh που προκύπτει από τα στοιχεία του ΟΑΚ ΑΕ δίνουν ετήσια έσοδα στην περίπτωση του net metering 46,494.70€. Το κόστος επένδυσης υδροστροβίλου Kaplan είναι στα 25,500€. Οι καθαρές ταμιακές ροές είναι στα 45,984.70€ με εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό, αυξημένες κατά 14,332.81€ ανά έτος σε σχέση με την περίπτωση της πώλησης της παραγόμενης ενέργειας στη ΔΕΗ.

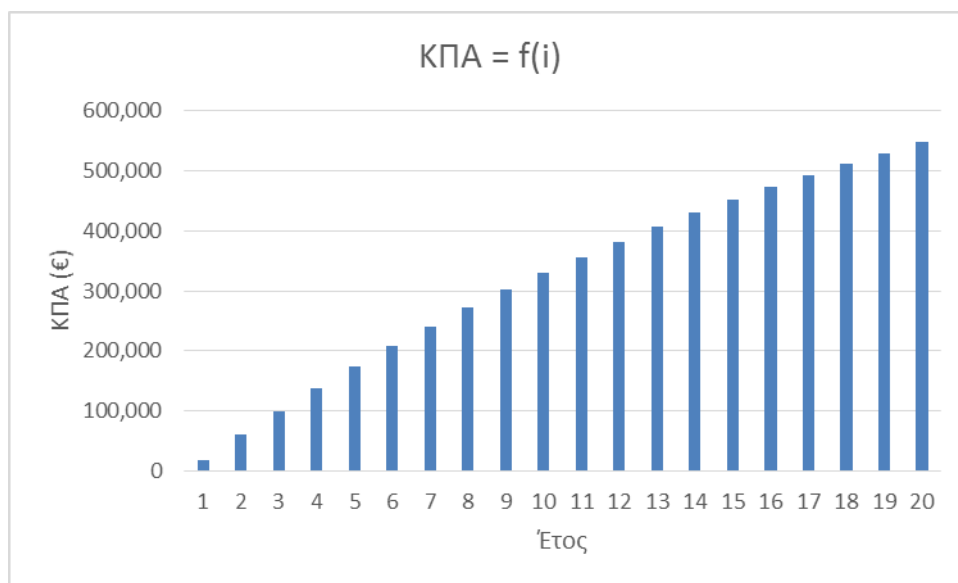
Πίνακας 11: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Πατελάρι) – net metering

| | |
|------------------------|-----------|
| Kaplan turbine (kW) | 50.00 |
| Έσοδα (€/έτος) | 46,494.70 |
| Κόστος Kaplan (€) | 25,500.00 |
| Λειτουργικό κόστος (€) | 510.00 |
| ΚΤΡ (€) | 45,984.70 |
| Επιτόκιο προεξόφλησης | 0.05 |

Παρακάτω στον πίνακα υπολογίζονται οι καθαρές ταμιακές ροές (ΚΤΡ) και η καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ) όπου το σύνολο της στα 20 έτη ανέρχεται στα 547,571.00€. Παρατηρώντας τους πίνακες στην περίπτωση της ΔΕΗ για το σύνολο της ΚΠΑ στα 20 έτη βλέπουμε ότι τα ίδια χρήματα περίπου εισέρχονται σαν έσοδα στο 12ο έτος της λειτουργίας του έργου στην περίπτωση του net metering.

Πίνακας 12: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Πατελάρι) – net metering

| Έτος | ΚΤΡ | $KTP/(1+0,05)^i$ | Σ ΚΤΡ | ΚΠΑ = f(i) |
|-------|-----------|------------------|-------------------|-------------------|
| 1.00 | 45,984.70 | 43,794.95 | 43,794.95 | 18,294.95 |
| 2.00 | 45,984.70 | 41,709.48 | 85,504.43 | 60,004.43 |
| 3.00 | 45,984.70 | 39,723.31 | 125,227.74 | 99,727.74 |
| 4.00 | 45,984.70 | 37,831.73 | 163,059.47 | 137,559.47 |
| 5.00 | 45,984.70 | 36,030.22 | 199,089.69 | 173,589.69 |
| 6.00 | 45,984.70 | 34,314.49 | 233,404.18 | 207,904.18 |
| 7.00 | 45,984.70 | 32,680.47 | 266,084.64 | 240,584.64 |
| 8.00 | 45,984.70 | 31,124.26 | 297,208.90 | 271,708.90 |
| 9.00 | 45,984.70 | 29,642.15 | 326,851.05 | 301,351.05 |
| 10.00 | 45,984.70 | 28,230.62 | 355,081.66 | 329,581.66 |
| 11.00 | 45,984.70 | 26,886.30 | 381,967.97 | 356,467.97 |
| 12.00 | 45,984.70 | 25,606.00 | 407,573.97 | 382,073.97 |
| 13.00 | 45,984.70 | 24,386.67 | 431,960.64 | 406,460.64 |
| 14.00 | 45,984.70 | 23,225.40 | 455,186.03 | 429,686.03 |
| 15.00 | 45,984.70 | 22,119.43 | 477,305.46 | 451,805.46 |
| 16.00 | 45,984.70 | 21,066.12 | 498,371.58 | 472,871.58 |
| 17.00 | 45,984.70 | 20,062.97 | 518,434.55 | 492,934.55 |
| 18.00 | 45,984.70 | 19,107.59 | 537,542.15 | 512,042.15 |
| 19.00 | 45,984.70 | 18,197.71 | 555,739.85 | 530,239.85 |
| 20.00 | 45,984.70 | 17,331.15 | 573,071.00 | 547,571.00 |



Εικόνα 36: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Πατελάρι) – net metering

4.3 Περίπτωση 2: Αγωγός Οροπεδίου Λασιθίου – Φράγμα Αποσελεμη, Ηράκλειο

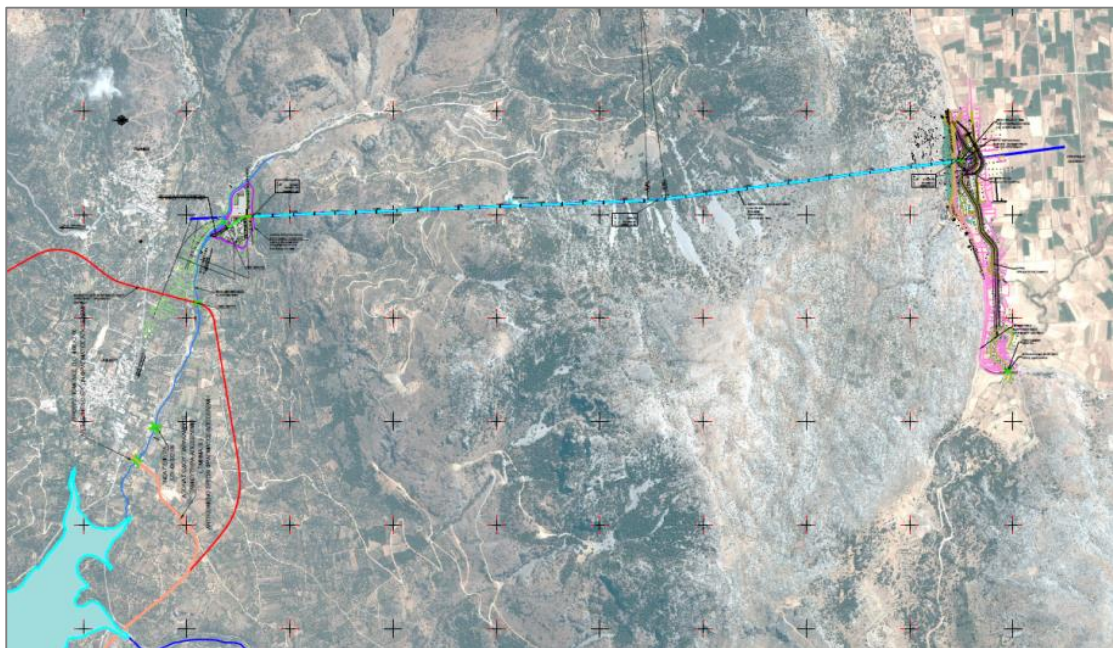
Η τρίτη περίπτωση μελετά την ενεργειακή αξιοποίηση του έργου του ΟΑΚ ΑΕ με τίτλο του έργου (ΑΡ. ΕΡΓΟΥ: 2003ΣΕ07630005) «Υδρευση Ηρακλείου και Αγίου Νικολάου από το Φράγμα Αποσελέμη – Έργα Ενίσχυσης Ταμιευτήρα Φράγματος Αποσελέμη από το Οροπέδιο Λασιθίου» (εργολάβος INTRAKAT). Το έργο περιλαμβάνει (Υδρολογική μελέτη, 2010):

- Έργα εκτροπής υδάτων Οροπεδίου Λασιθίου.
- Έργο απομόνωσης καταβόθρων Χώνου.
- Προσαγωγοί τάφροι που οδηγούν τα νερά στην είσοδο του έργου της σήραγγας εκτροπής των νερών.
- Έργο Υδροληψίας και έργα ανάντη εισόδου σήραγγας Οροπεδίου.
- Σήραγγα Οροπεδίου – ταμιευτήρα Αποσελέμη συνολικού οριζοντίου μήκους περίπου 3425m με ενιαία κατά μήκος κλίση σήραγγας περίπου 15%.
- Έργα κατάντη εξόδου των νερών Σήραγγας Οροπεδίου
- Αγωγός πτώσης μήκους (L) περίπου 3550m σε μήκος περίπου 3425m εντός της σήραγγας και εκτός αυτής περίπου 125m.
- Έργο καταστροφής ενέργειας αγωγού πτώσης .
- Οι Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις ηλεκτροφωτισμού, θυροφραγμάτων, καταστροφής ενέργειας κλπ .
- Διαμόρφωση του χώρου στην έξοδο της σήραγγας που περιβάλλει τις μόνιμες εγκαταστάσεις των έργων εξόδου της σήραγγας και του αγωγού Φ1800 (D=1.8m), έργων καταστροφής ενέργειας και των λοιπών μόνιμων εγκαταστάσεων παρακολούθησης της λειτουργίας των έργων.
- Οδοί προσπέλασης για τα έργα εισόδου και εξόδου της σήραγγας στα κατάντη και λοιπών έργων.

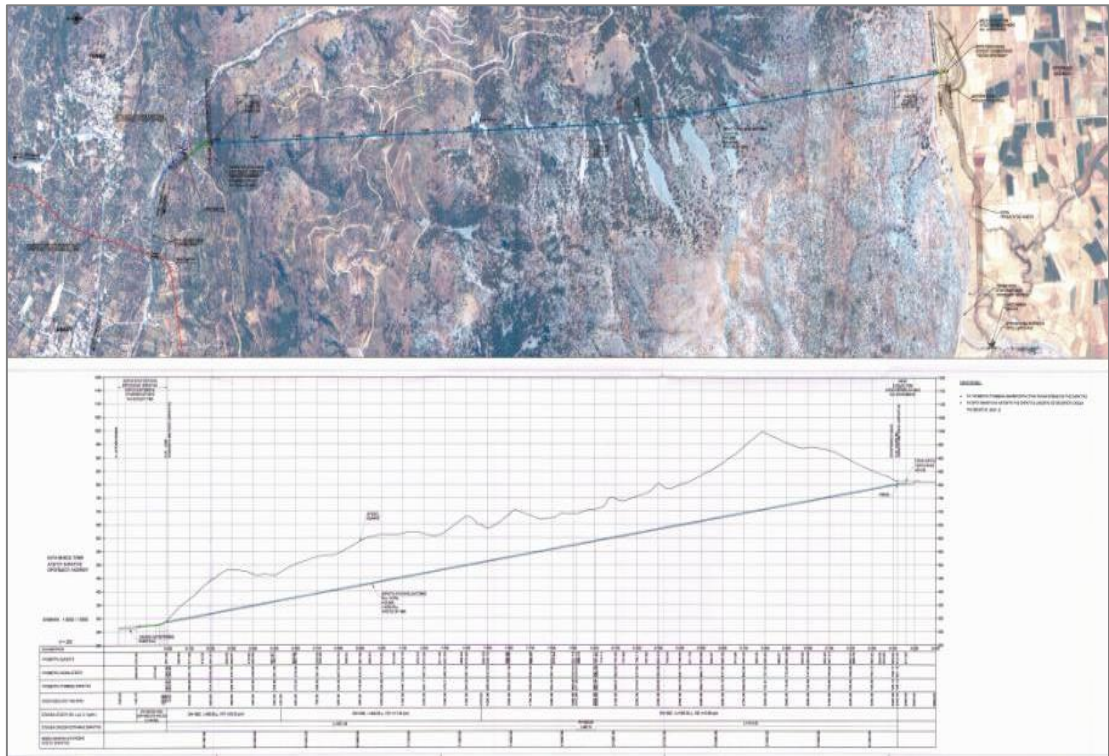
- Διευθέτηση χειμάρρου Αποσελέμη από την περιοχή του έργου καταστροφής ενέργειας μέχρι τον ταμιευτήρα Αποσελέμη και τεχνικά οδογεφυρών.

Σύμφωνα με την μελέτη (Υδρολογική Μελέτη, 2010) από τον αγωγό θα διέρχονται και θα είναι διαθέσιμα για τη λειτουργία ενός Μικρού Υδροηλεκτρικού Έργου περίπου 10hm^3 ($9\text{-}11,5\text{hm}^3$). Η μέση στάθμη υδροληψία θα είναι $+809\text{m}$, ενώ θα υπάρχει και μία δεξαμενή φόρτισης χωρητικότητας $\sim 7.000\text{m}^3$, κατά συνέπεια ο αγωγός θα μπορεί να λειτουργεί υπό πίεση. Ο αγωγός είναι χαλύβδινος διαμέτρου 1800mm έχει μήκος 3.245m μέση κλίση $15,04\%$, υψομετρική διαφορά $h=515\text{m}$, και η στάθμη εξόδου είναι $\sim 280\text{m}$. Εκεί αντί των έργων καταστροφής ενέργειας θα μπορεί να εγκατασταθεί ο υδροστροβίλος του ΜΥΗΕ.

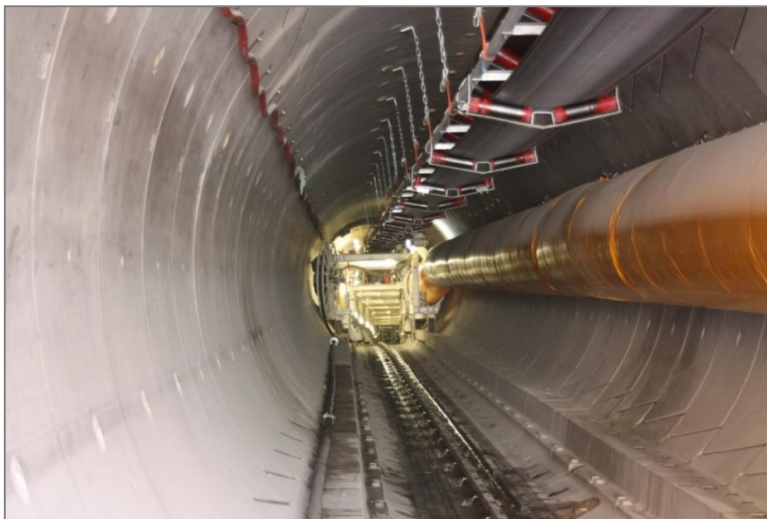
Η υδρολογική μελέτη καταλήγει ότι μία παροχή $2\text{-}4\text{ m}^3/\text{s}$ μπορεί να οδηγείται για την λειτουργία ενός μικρού υδροηλεκτρικού με ετήσιους όγκους από $9,0\text{-}11,5\text{hm}^3$. Λαμβάνουμε υπόψη τα δεδομένα της Υδρολογικής Μελέτης και πιο συγκεκριμένα την καμπύλη διάρκειας παροχών (για το σύνολο των 16.34hm^3 και όχι για τα πραγματικά διαθέσιμα $9\text{-}11,5\text{hm}^3$).



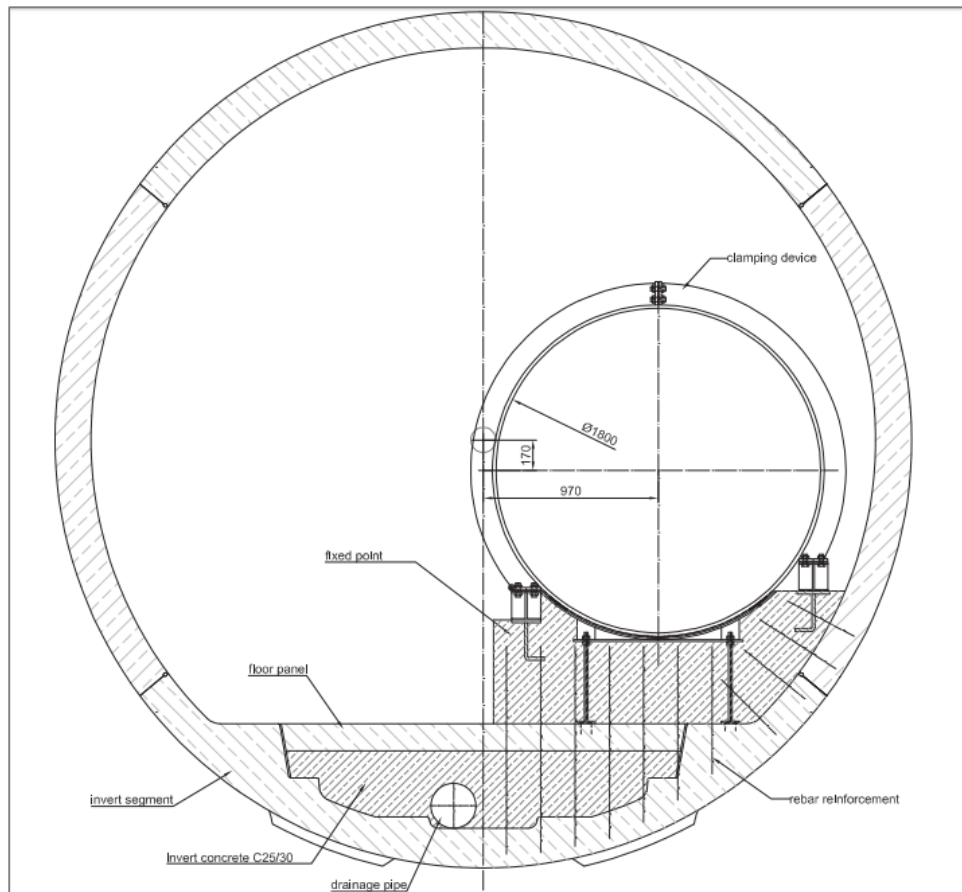
Εικόνα 37: Πανοραμική όψη όδευσης της σήραγγας (αρχεία ΟΑΚ ΑΕ)



Εικόνα 38: Τομή σήραγγας (αρχεία ΟΑΚ ΑΕ)



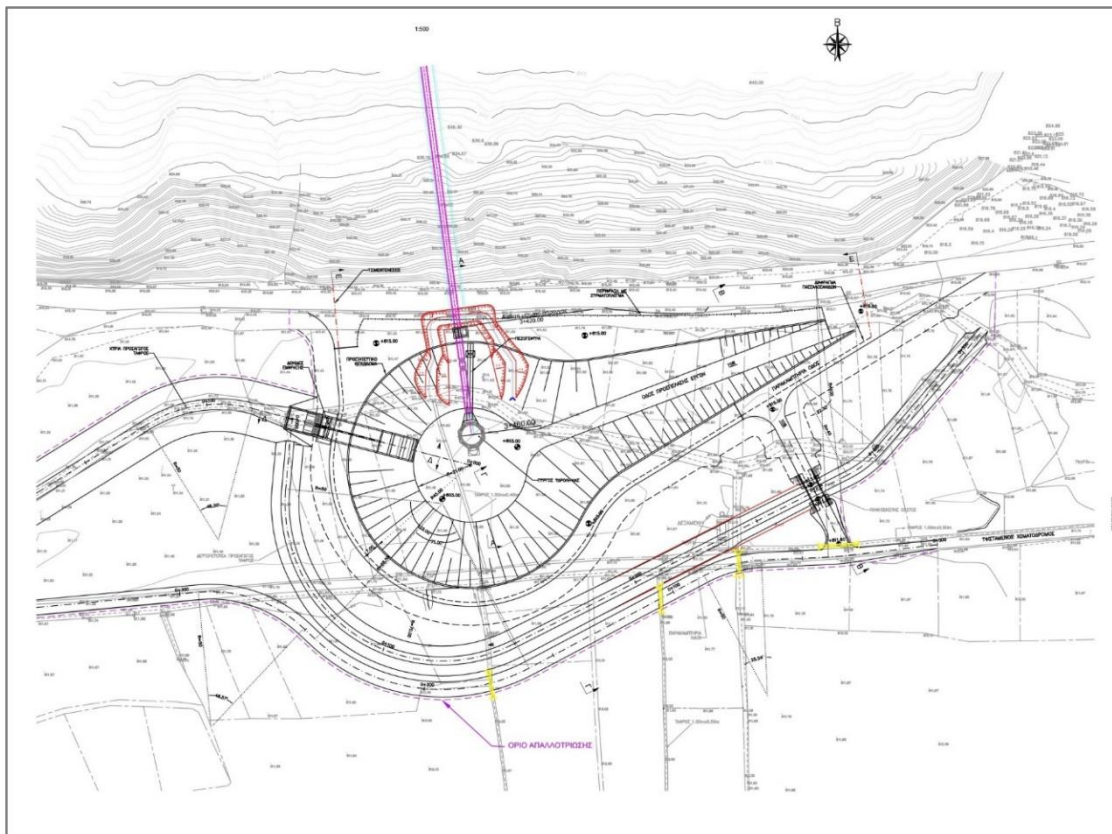
Εικόνα 39: Σήραγγα Αποσελέμη μεταφοράς πλημμυρικών παροχών Οροπεδίου (αρχεία ΟΑΚ ΑΕ)



Εικόνα 40: Τυπική διατομή σήραγγας Οροπεδίου Λασιθίου (αρχεία ΟΑΚ ΑΕ)



Εικόνα 41: Μηχάνημα ολομέτωπης κοπής T.B.M (αρχεία ΟΑΚ ΑΕ)



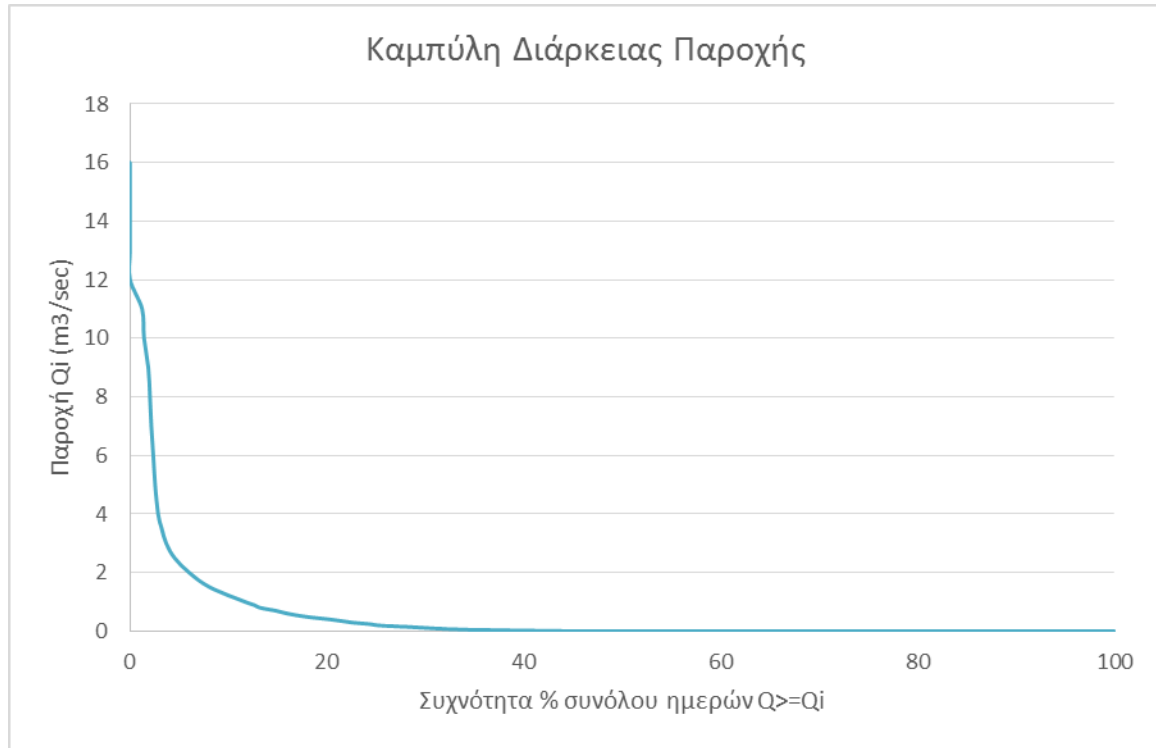
Εικόνα 42: Κάτοψη πύργου υδροληψίας (αρχεία ΟΑΚ ΑΕ)



Εικόνα 43: Τομή έργου υδροληψίας (αρχεία ΟΑΚ ΑΕ)

4.3.1 Καμπύλη διάρκειας παροχής

Η καμπύλη διάρκειας παροχής του αγωγού σήραγγας Οροπεδίου Λασιθίου- Φράγμα Αποσελέμη προκύπτει από την μελέτη (Υδρολογική Μελέτη, 2010) για δεδομένα της περιόδου 1970 – 1997 όπως παρουσιάζονται στον πίνακα III του παραρτήματος.



Εικόνα 44: Καμπύλη Διάρκειας Παροχής αγωγού Αποσελέμη

Επιλέγονται για μελέτη η περίπτωση εγκατάστασης υδροστροβίλου Pelton 2.5MW ή 4.8MW ή 10MW με αντίστοιχες ονομαστικές παροχές $Q_{TN}=0.5 \text{ m}^3/s$, $Q_{TN}=1 \text{ m}^3/s$ και $Q_{TN}=2 \text{ m}^3/s$ καθώς και μελέτη για εγκατάσταση μοντέλου υδροστροβίλου της εταιρίας Lucid Energy 50 kW με ονομαστική παροχή $Q_{TN}=2.8 \text{ m}^3/s$.

4.3.2 Υπολογισμός ετήσιας παραγόμενης ενέργειας (Pelton 2.5 MW)

Στον πίνακα IV του παραρτήματος φαίνονται οι υπολογισμοί για την ολική ετήσια ενέργεια που παράγει ο υδροστροβίλος Pelton 2.5MW στο σημείο τοποθέτησης πριν το έργο καταστροφής ενέργειας στην περιοχή του Αποσελέμη. Στην πρώτη στήλη έχουμε το ποσοστό εμφάνισης παροχής μεγαλύτερης από την παροχή Q_i που εμφανίζεται στη δεύτερη στήλη και βασίζεται σε τιμές της καμπύλης διάρκειας παροχής. Στην τρίτη στήλη η τιμή Q_T εξαρτάται από το εύρος της εκμεταλλεύσιμης παροχής του υδροστροβίλου Pelton όπου από τις μετρήσεις των παροχών βλέπουμε ότι μέγιστη μετρούμενη παροχή είναι μέχρι και $16 \text{ m}^3/s$. Σύμφωνα με τη θεωρία βρήκαμε ότι για την ονομαστική παροχή $Q_{TN}=0.5 \text{ m}^3/s$ του υδροστροβίλου Pelton 2.5MW έχουμε εύρος λειτουργίας $0.054 \text{ m}^3/s$ η ελάχιστη παροχή λειτουργίας έως $0.625 \text{ m}^3/s$ η μέγιστη οπότε ο υδροστροβίλος στη συγκεκριμένη περίπτωση μπορεί να εκμεταλλευτεί όλο το φάσμα της εμφανιζόμενης παροχής. Στη συνέχεια στην τέταρτη στήλη του πίνακα υπολογίζεται η μέση ταχύτητα ροής σε m/s η οποία σύμφωνα με την θεωρία εξαρτάται από τη διάμετρο (D) του αγωγού αλλά και από την παροχή (Q_T). Στη συνέχεια υπολογίζεται ο αριθμός Reynolds για κάθε τιμή της μέσης

ταχύτητας ροής (c). Για τον υπολογισμό του συντελεστή απωλειών (f) χρησιμοποιήθηκε πρόγραμμα στο excel και ο υπολογισμός έγινε για κάθε τιμή του αριθμού Reynolds. Η καθαρή υδραυλική πτώση (H) υπολογίζεται γνωρίζοντας την αρχική υδραυλική πτώση (h) και έχοντας βρει τις υδραυλικές απώλειες. Ο βαθμός απόδοσης (η) προκύπτει από το διάγραμμα της θεωρίας για κάθε τιμή της QT. Αφού έχουμε βρει όλα τα παραπάνω υπολογίζουμε την μηχανική ισχύς (Ne) του υδροστροβίλου για κάθε παροχή (QT). Τέλος υπολογίζουμε την ετήσια παραγόμενη ενέργεια για κάθε τιμή της μηχανικής ισχύς που βρίσκουμε και το σύνολο όλων των τιμών θα μας κάνουν την ολική ενέργεια που παράγεται ετησίως από τον υδροστροβίλο Pelton. Η ετήσια ολικά παραγόμενη ενέργεια υπολογίζεται στις **5,515,071.03 kWh/έτος** με εξοικονόμηση διοξειδίου του άνθρακα να ανέρχεται σε **4191.45 ton CO₂/έτος**.

Πίνακας 13: Βασικά στοιχεία υδροστροβίλου Pelton 2.5MW, ετήσια παραγόμενη ενέργεια και εξοικονόμηση εκπομπών CO₂.

| Μοντέλο Υδροστροβίλου | Ονομαστική παροχή (m ³ /s) | Εύρος λειτουργίας (m ³ /s) | | Ετήσια παραγόμενη ενέργεια (kWh/year) | Ετήσια εξοικονόμηση CO ₂ (ton CO ₂ /year) |
|--------------------------|---|--|---------|--|---|
| | | Ελάχιστο | Μέγιστο | | |
| Pelton 2.5MW | 0.5 | 0.054 | 0.625 | 5,515,071.03 | 4191.45 |

4.3.3 Οικονομική ανάλυση με πώληση στη ΔΕΗ (Pelton 2.5 MW)

Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα για υδροστροβίλο Pelton 2.5MW θα έχουμε ετήσια έσοδα 484,498.90€ σύμφωνα με την ολική παραγόμενη ενέργεια που υπολογίσαμε παραπάνω και την τιμή πώλησης της MW στη ΔΕΗ στα 87.85 €/MW. Το κόστος υδροστροβίλου για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση θα είναι στα 1,275,000€ σύμφωνα με τις πηγές από τη θεωρία και τα έργα πολιτικού μηχανικού είναι ήδη κατασκευασμένα στη συγκεκριμένη περιοχή. Το λειτουργικό κόστος (Koper) θα είναι στα 25,500€ το χρόνο με καθαρές ταμιακές ροές (KTP) να ανέρχονται στα 458,998.90€ ανά έτος.

Πίνακας 14: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ

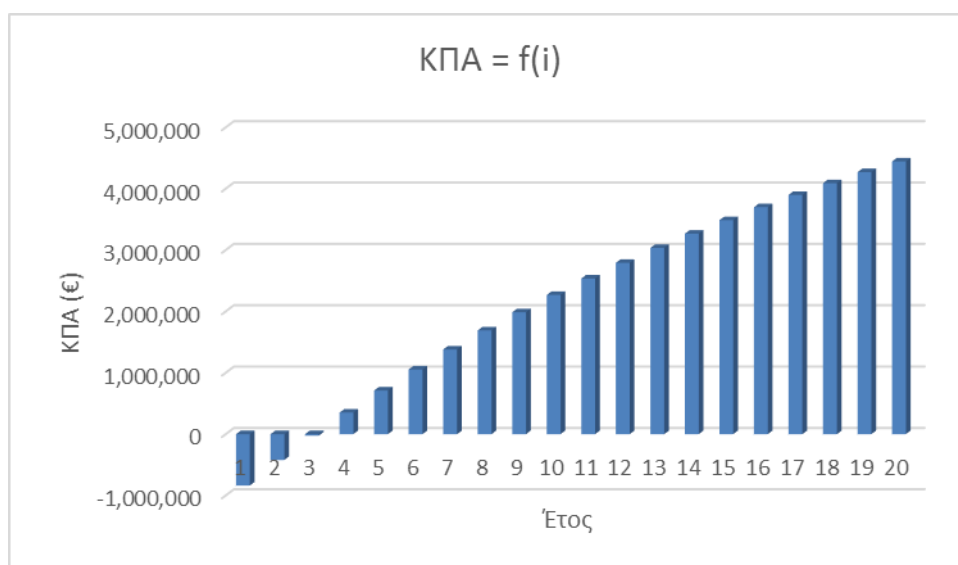
| | |
|------------------------|--------------|
| Pelton turbine (kW) | 2,500.00 |
| Έσοδα (€/έτος) | 484,498.90 |
| Κόστος Pelton (€) | 1,275,000.00 |
| Λειτουργικό κόστος (€) | 25,500.00 |
| KTP (€) | 458,998.90 |
| Επιτόκιο προεξόφλησης | 0.05 |

Στον επόμενο πίνακα υπολογίζονται το συνολικό καθαρό όφελος μιας επένδυσης (ΚΠΑ), που προκύπτει ως διαφορά μεταξύ του λειτουργικού οφέλους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της επένδυσης. Στη πρώτη στήλη έχουμε τα έτη του οικονομικού κύκλου ζωής της επένδυσης και στη δεύτερη στήλη φαίνονται καθαρές ταμιακές ροές (KTP) ανά έτος. Στην τρίτη στήλη γίνονται υπολογισμοί ανά έτος σύμφωνα με την θεωρία και το σύνολο των καθαρώς ταμιακών ροών μετά από 20 έτη ανέρχεται στο ποσό των 5,720,140.83€. Το

σύνολο της καθαρής παρούσας αξίας (ΚΠΑ) στα 20 έτη φαίνεται στο τέλος της πέμπτης στήλης το οποίο ανέρχεται στα 4,445,140.83€. Στον πίνακα μπορούμε επίσης να διακρίνουμε τους υπολογισμούς για τα σύνολα των καθαρών ταμειακών ροών (ΚΤΡ) αλλά και την καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ) ανά έτος όπως αποτυπώνονται στις δύο τελευταίες στήλες του πίνακα. Παρατηρούμε η συγκεκριμένη επένδυση αποσβένει το αρχικό κόστος σε μόλις 4 χρόνια λειτουργίας.

Πίνακας 15: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ

| Έτος | ΚΤΡ | $ΚΤΡ/(1+0,05)^i$ | Σ ΚΤΡ | ΚΠΑ = f(i) |
|-------------|------------|------------------|---------------------|---------------------|
| 1.00 | 458,998.90 | 437,141.81 | 437,141.81 | -837,858.19 |
| 2.00 | 458,998.90 | 416,325.53 | 853,467.34 | -421,532.66 |
| 3.00 | 458,998.90 | 396,500.51 | 1,249,967.85 | -25,032.15 |
| 4.00 | 458,998.90 | 377,619.53 | 1,627,587.38 | 352,587.38 |
| 5.00 | 458,998.90 | 359,637.65 | 1,987,225.03 | 712,225.03 |
| 6.00 | 458,998.90 | 342,512.05 | 2,329,737.07 | 1,054,737.07 |
| 7.00 | 458,998.90 | 326,201.95 | 2,655,939.02 | 1,380,939.02 |
| 8.00 | 458,998.90 | 310,668.52 | 2,966,607.54 | 1,691,607.54 |
| 9.00 | 458,998.90 | 295,874.78 | 3,262,482.33 | 1,987,482.33 |
| 10.00 | 458,998.90 | 281,785.51 | 3,544,267.83 | 2,269,267.83 |
| 11.00 | 458,998.90 | 268,367.15 | 3,812,634.98 | 2,537,634.98 |
| 12.00 | 458,998.90 | 255,587.76 | 4,068,222.75 | 2,793,222.75 |
| 13.00 | 458,998.90 | 243,416.92 | 4,311,639.66 | 3,036,639.66 |
| 14.00 | 458,998.90 | 231,825.63 | 4,543,465.30 | 3,268,465.30 |
| 15.00 | 458,998.90 | 220,786.32 | 4,764,251.62 | 3,489,251.62 |
| 16.00 | 458,998.90 | 210,272.68 | 4,974,524.30 | 3,699,524.30 |
| 17.00 | 458,998.90 | 200,259.70 | 5,174,784.00 | 3,899,784.00 |
| 18.00 | 458,998.90 | 190,723.52 | 5,365,507.52 | 4,090,507.52 |
| 19.00 | 458,998.90 | 181,641.45 | 5,547,148.97 | 4,272,148.97 |
| 20.00 | 458,998.90 | 172,991.86 | 5,720,140.83 | 4,445,140.83 |



Εικόνα 45: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ

4.3.4 Οικονομική ανάλυση με net metering (Pelton 2.5 MW)

Τα έσοδα που αντιστοιχούν στα έξοδα που εξοικονομούμε από την παραγόμενη ενέργεια που δεν αγοράζουμε από τη ΔΕΗ με τιμή 127€/MWh που προκύπτει από τα στοιχεία του ΟΑΚ ΑΕ δίνουν ετήσια έσοδα στην περίπτωση του net metering 700,413.89€. Το κόστος επένδυσης υδροστροβίλου Pelton 2.5MW είναι στα 1,275,000€. Οι καθαρές ταμιακές ροές είναι στα 674,913.89€ με εικονικό ενεργειακό συμφητισμό, αυξημένες κατά 215,914.99€ ανά έτος σε σχέση με την περίπτωση της πώλησης της παραγόμενης ενέργειας στη ΔΕΗ.

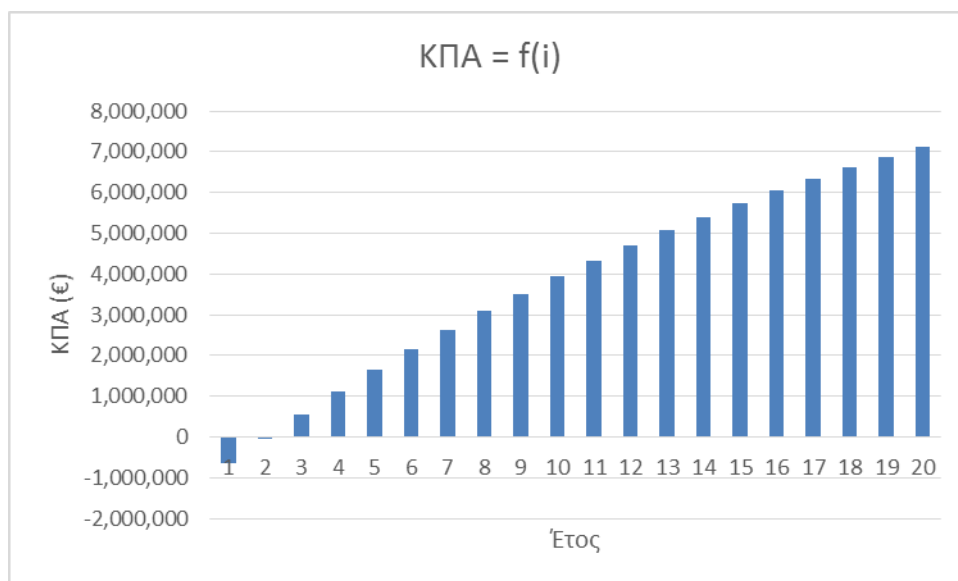
Πίνακας 16: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – net metering

| | |
|------------------------|--------------|
| Pelton turbine (kW) | 2,500.00 |
| Έσοδα (€/έτος) | 700,413.89 |
| Κόστος Pelton (€) | 1,275,000.00 |
| Λειτουργικό κόστος (€) | 25,500.00 |
| ΚΤΡ (€) | 674,913.89 |
| Επιτόκιο προεξόφλησης | 0.05 |

Στον παρακάτω πίνακα το σύνολο των καθαρών ταμιακών ροών (Σ ΚΤΡ) ανέρχεται στα 8,410,918.86€ με την επένδυση να αποσβένει μόλις στο 3^ο έτος λειτουργίας. Υπολογίζονται οι καθαρές ταμιακές ροές (ΚΤΡ) και η καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ) όπου το σύνολο της στα 20 έτη ανέρχεται στα 7,135,918.86€. Παρατηρώντας τους πίνακες στην περίπτωση της ΔΕΗ για το σύνολο της ΚΠΑ στα 20 έτη βλέπουμε ότι τα ίδια χρήματα περίπου εισέρχονται σαν έσοδα στο 12^ο έτος της λειτουργίας του έργου στην περίπτωση του net metering. Η απόσβεση της επένδυσης γίνεται μόλις στο 3^ο έτος λειτουργίας του έργου.

Πίνακας 17: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – net metering

| Έτος | ΚΤΡ | $ΚΤΡ/(1+0,05)^i$ | Σ ΚΤΡ | ΚΠΑ = f(i) |
|-------------|------------|------------------|---------------------|---------------------|
| 1.00 | 674,913.89 | 642,775.13 | 642,775.13 | -632,224.87 |
| 2.00 | 674,913.89 | 612,166.79 | 1,254,941.93 | -20,058.07 |
| 3.00 | 674,913.89 | 583,015.99 | 1,837,957.92 | 562,957.92 |
| 4.00 | 674,913.89 | 555,253.33 | 2,393,211.25 | 1,118,211.25 |
| 5.00 | 674,913.89 | 528,812.69 | 2,922,023.94 | 1,647,023.94 |
| 6.00 | 674,913.89 | 503,631.14 | 3,425,655.08 | 2,150,655.08 |
| 7.00 | 674,913.89 | 479,648.70 | 3,905,303.78 | 2,630,303.78 |
| 8.00 | 674,913.89 | 456,808.29 | 4,362,112.07 | 3,087,112.07 |
| 9.00 | 674,913.89 | 435,055.51 | 4,797,167.58 | 3,522,167.58 |
| 10.00 | 674,913.89 | 414,338.58 | 5,211,506.16 | 3,936,506.16 |
| 11.00 | 674,913.89 | 394,608.17 | 5,606,114.33 | 4,331,114.33 |
| 12.00 | 674,913.89 | 375,817.31 | 5,981,931.64 | 4,706,931.64 |
| 13.00 | 674,913.89 | 357,921.25 | 6,339,852.89 | 5,064,852.89 |
| 14.00 | 674,913.89 | 340,877.38 | 6,680,730.26 | 5,405,730.26 |
| 15.00 | 674,913.89 | 324,645.12 | 7,005,375.38 | 5,730,375.38 |
| 16.00 | 674,913.89 | 309,185.83 | 7,314,561.21 | 6,039,561.21 |
| 17.00 | 674,913.89 | 294,462.69 | 7,609,023.91 | 6,334,023.91 |
| 18.00 | 674,913.89 | 280,440.66 | 7,889,464.57 | 6,614,464.57 |
| 19.00 | 674,913.89 | 267,086.34 | 8,156,550.91 | 6,881,550.91 |
| 20.00 | 674,913.89 | 254,367.95 | 8,410,918.86 | 7,135,918.86 |



Εικόνα 46: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Αποσελέμης) – net metering

4.3.5 Υπολογισμός ετήσιας παραγόμενης ενέργειας (Pelton 4.8 MW)

Οι υπολογισμοί για την ολική ετήσια ενέργεια που παράγει ο υδροστροβίλος Pelton 4.8MW στο σημείο τοποθέτησης πριν το έργο καταστροφής ενέργειας στην περιοχή του Αποσελέμη φαίνονται στον πίνακα V του παραρτήματος. Στην πρώτη στήλη έχουμε το ποσοστό εμφάνισης παροχής μεγαλύτερης από την παροχή Q_i που εμφανίζεται στη δεύτερη στήλη και βασίζεται σε τιμές της καμπύλης διάρκειας παροχής. Στην τρίτη στήλη η τιμή QT εξαρτάται από το εύρος της εκμεταλλεύσιμης παροχής του υδροστροβίλου Pelton όπου από την καμπύλη διάρκειας παροχής βλέπουμε ότι μέγιστη τιμή είναι τα $16 \text{ m}^3/\text{s}$ όπου σύμφωνα με τη θεωρία για την ονομαστική παροχή $Q_{TN}=1 \text{ m}^3/\text{s}$ του υδροστροβίλου Pelton 4.8MW έχουμε εύρος λειτουργίας $0.1087 \text{ m}^3/\text{s}$ η ελάχιστη παροχή λειτουργίας έως $1.25 \text{ m}^3/\text{s}$ η μέγιστη. Στη συνέχεια στην τέταρτη στήλη του πίνακα υπολογίζεται η μέση ταχύτητα ροής σε m/s η οποία σύμφωνα εξαρτάται από τη διάμετρο (D) του αγωγού (στην περίπτωση μας 1.8m) αλλά και από την παροχή (QT). Για κάθε τιμή της μέσης ταχύτητας ροής (c) υπολογίζεται ο αριθμός Reynolds. Στη συνέχεια υπολογίζεται ο συντελεστής απωλειών (f) για κάθε τιμή του αριθμού Reynolds. Η καθαρή υδραυλική πτώση (H) υπολογίζεται γνωρίζοντας την αρχική υδραυλική πτώση ($h=515\text{m}$) και έχοντας βρει τις υδραυλικές απώλειες. Ο βαθμός απόδοσης (η) προκύπτει από το διάγραμμα της θεωρίας για κάθε τιμή της QT . Αφού έχουμε βρει όλα τα παραπάνω υπολογίζουμε την μηχανική ισχύ (N_e) του υδροστροβίλου για κάθε παροχή (QT). Η ετήσια παραγόμενη ενέργεια για κάθε τιμή της μηχανικής ισχύς που βρίσκουμε και το σύνολο όλων των τιμών θα μας κάνουν την ολική ενέργεια που παράγεται ετησίως από τον υδροστροβίλο Pelton και αντιστοιχεί σε **7,543,291.02 kWh/έτος**. Η εξοικονόμηση διοξειδίου του άνθρακα στην παρούσα εγκατάσταση ανέρχεται σε **5,732.90 ton CO₂/έτος**.

Πίνακας 18: Βασικά στοιχεία υδροστροβίλου Pelton 4.8MW, ετήσια παραγόμενη ενέργεια και εξοικονόμηση εκπομπών CO₂.

| Μοντέλο Υδροστροβίλου | Ονομαστική παροχή (m ³ /s) | Εύρος λειτουργίας (m ³ /s) | | Ετήσια παραγόμενη ενέργεια (kWh/year) | Ετήσια εξοικονόμηση CO ₂ (ton CO ₂ /year) |
|--------------------------|---|--|---------|--|---|
| | | Ελάχιστο | Μέγιστο | | |
| Pelton 4.8MW | 1 | 0.1087 | 1.25 | 7,543,291.02 | 5732.90 |

4.3.6 Οικονομική ανάλυση με πώληση στη ΔΕΗ (Pelton 4.8 MW)

Στον παρακάτω πίνακα παρατηρούμε ότι για υδροστρόβιλο Pelton 4.8MW θα έχουμε ετήσια έσοδα 662,678.03€ σύμφωνα με την ολική παραγόμενη ενέργεια που υπολογίσαμε και την τιμή πώλησης της kW στη ΔΕΗ στα 87.85€/MW. Το κόστος υδροστροβίλου Pelton για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση (υδροστρόβιλος, κιβώτιο ταχυτήτων και γεννήτρια) θα είναι στα 2,448,000€ καθώς τα έργα πολιτικού μηχανικού είναι ήδη κατασκευασμένα στη συγκεκριμένη περιοχή. Το λειτουργικό κόστος (Koper) θα είναι στα 48,960€ το χρόνο με καθαρές ταμιακές ροές (KTP) να ανέρχονται στα 613,718.03€ ανά έτος.

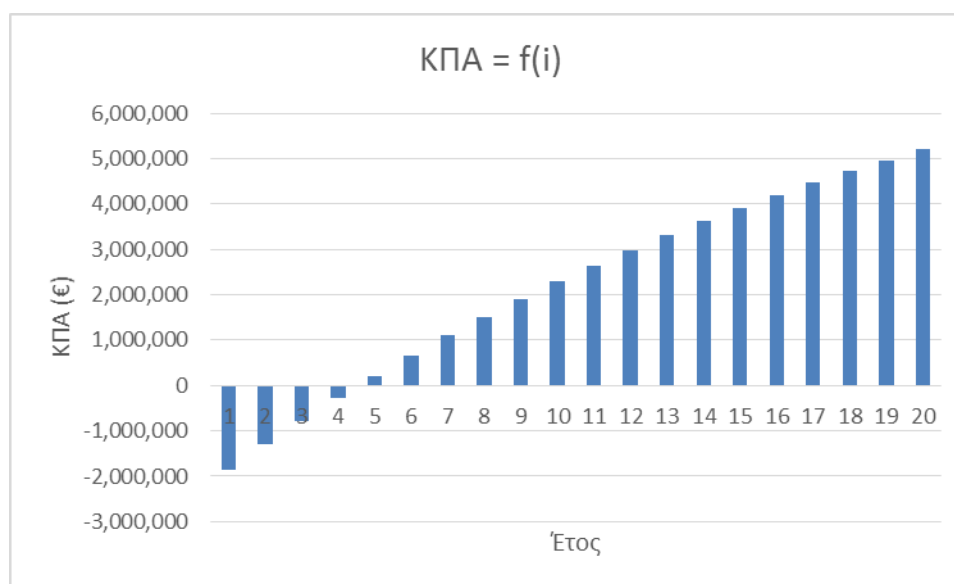
Πίνακας 19: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ

| | |
|------------------------|--------------|
| Pelton turbine (kW) | 4,800.00 |
| Έσοδα (€/έτος) | 662,678.03 |
| Κόστος Pelton (€) | 2,448,000.00 |
| Λειτουργικό κόστος (€) | 48,960.00 |
| KTP (€) | 613,718.03 |
| Επιτόκιο προεξόφλησης | 0.05 |

Παρακάτω υπολογίζονται το συνολικό καθαρό όφελος μιας επένδυσης (ΚΠΑ), που προκύπτει ως διαφορά μεταξύ του λειτουργικού οφέλους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της επένδυσης. Στη πρώτη στήλη έχουμε τα έτη του οικονομικού κύκλου ζωής της επένδυσης και στη δεύτερη στήλη φαίνονται καθαρές ταμιακές ροές (KTP) ανά έτος που ανέρχονται σε 613,718.03€. Στην τρίτη στήλη γίνονται υπολογισμοί ανά έτος σύμφωνα με την θεωρία και το σύνολο των καθαρών ταμειακών ροών (Σ KTP) μετά από 20 έτη ανέρχεται στο ποσό των 7,648,283.14€. Το σύνολο της καθαρής παρούσας αξίας (ΚΠΑ) στα 20 έτη φαίνεται στο τέλος της πέμπτης στήλης το οποίο ανέρχεται στα 5,200,283.14€. Στον πίνακα μπορούμε επίσης να διακρίνουμε τους υπολογισμούς για τα σύνολα των καθαρών ταμειακών ροών (KTP) αλλά και την καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ) ανά έτος όπως αποτυπώνονται στις δύο τελευταίες στήλες του πίνακα. Η συγκεκριμένη επένδυση αποσβένει στα πρώτα 5 χρόνια λειτουργίας.

Πίνακας 20: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ

| Έτος | ΚΤΡ | $\text{ΚΤΡ}/(1+0,05)^i$ | Σ ΚΤΡ | ΚΠΑ = f(i) |
|-------------|------------|-------------------------|---------------------|---------------------|
| 1.00 | 613,718.03 | 584,493.36 | 584,493.36 | -1,863,506.64 |
| 2.00 | 613,718.03 | 556,660.34 | 1,141,153.70 | -1,306,846.30 |
| 3.00 | 613,718.03 | 530,152.71 | 1,671,306.41 | -776,693.59 |
| 4.00 | 613,718.03 | 504,907.34 | 2,176,213.75 | -271,786.25 |
| 5.00 | 613,718.03 | 480,864.13 | 2,657,077.88 | 209,077.88 |
| 6.00 | 613,718.03 | 457,965.84 | 3,115,043.72 | 667,043.72 |
| 7.00 | 613,718.03 | 436,157.94 | 3,551,201.66 | 1,103,201.66 |
| 8.00 | 613,718.03 | 415,388.52 | 3,966,590.18 | 1,518,590.18 |
| 9.00 | 613,718.03 | 395,608.11 | 4,362,198.29 | 1,914,198.29 |
| 10.00 | 613,718.03 | 376,769.63 | 4,738,967.92 | 2,290,967.92 |
| 11.00 | 613,718.03 | 358,828.22 | 5,097,796.14 | 2,649,796.14 |
| 12.00 | 613,718.03 | 341,741.16 | 5,439,537.30 | 2,991,537.30 |
| 13.00 | 613,718.03 | 325,467.77 | 5,765,005.08 | 3,317,005.08 |
| 14.00 | 613,718.03 | 309,969.31 | 6,074,974.38 | 3,626,974.38 |
| 15.00 | 613,718.03 | 295,208.86 | 6,370,183.25 | 3,922,183.25 |
| 16.00 | 613,718.03 | 281,151.30 | 6,651,334.55 | 4,203,334.55 |
| 17.00 | 613,718.03 | 267,763.14 | 6,919,097.69 | 4,471,097.69 |
| 18.00 | 613,718.03 | 255,012.52 | 7,174,110.20 | 4,726,110.20 |
| 19.00 | 613,718.03 | 242,869.06 | 7,416,979.27 | 4,968,979.27 |
| 20.00 | 613,718.03 | 231,303.87 | 7,648,283.14 | 5,200,283.14 |



Εικόνα 47: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ

4.3.7 Οικονομική ανάλυση με net metering (Pelton 4.8 MW)

Όπως προκύπτει από τα στοιχεία του ΟΑΚ ΑΕ τα έσοδα που αντιστοιχούν στα έξοδα που εξοικονομούμε από την παραγόμενη ενέργεια που δεν αγοράζουμε από τη ΔΕΗ με τιμή 127€/MWh δίνουν ετήσια έσοδα στην περίπτωση του net metering 957,997.83€. Το κόστος επένδυσης υδροστροβίλου Pelton 4.8MW είναι στα 2,448,000€ με καθαρές ταμιακές ροές στα 909,037,83€ ανά έτος με εικονικό ενεργειακό συμφητισμό, αυξημένες κατά 295,319.8€ ανά έτος σε σχέση με την περίπτωση της πώλησης της παραγόμενης ενέργειας στη ΔΕΗ.

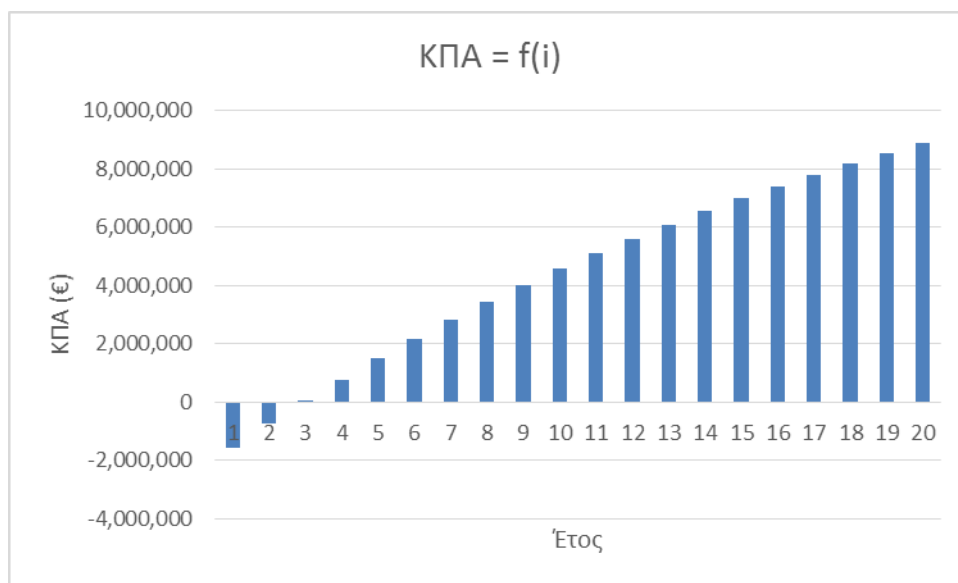
Πίνακας 21: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – net metering

| | |
|------------------------|--------------|
| Pelton turbine (kW) | 4,800.00 |
| Έσοδα (€/έτος) | 957,997.83 |
| Κόστος Pelton (€) | 2,448,000.00 |
| Λειτουργικό κόστος (€) | 48,960.00 |
| ΚΤΡ (€) | 909,037.83 |
| Επιτόκιο προεξόφλησης | 0.05 |

Στον παρακάτω πίνακα το σύνολο των καθαρών ταμιακών ροών (Σ ΚΤΡ) ανέρχεται στα 11,328,620.65€ με την επένδυση να αποσβένει μόλις στο 3ο έτος λειτουργίας. Υπολογίζονται οι καθαρές ταμιακές ροές (ΚΤΡ) ανά έτος και η καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ) όπου το σύνολο της στα 20 έτη ανέρχεται στα 8,880,620.65€. Παρατηρώντας τους πίνακες στην περίπτωση της ΔΕΗ για το σύνολο της ΚΠΑ στα 20 έτη βλέπουμε ότι τα ίδια χρήματα περίπου εισέρχονται σαν έσοδα μόλις στο 12ο έτος της λειτουργίας του έργου στην περίπτωση του net metering.

Πίνακας 22: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – net metering

| Έτος | ΚΤΡ | $KTP/(1+0,05)^i$ | Σ ΚΤΡ | ΚΠΑ = f(i) |
|-------------|------------|------------------|----------------------|---------------------|
| 1.00 | 909,037.83 | 865,750.31 | 865,750.31 | -1,582,249.69 |
| 2.00 | 909,037.83 | 824,524.11 | 1,690,274.42 | -757,725.58 |
| 3.00 | 909,037.83 | 785,261.06 | 2,475,535.48 | 27,535.48 |
| 4.00 | 909,037.83 | 747,867.67 | 3,223,403.15 | 775,403.15 |
| 5.00 | 909,037.83 | 712,254.93 | 3,935,658.08 | 1,487,658.08 |
| 6.00 | 909,037.83 | 678,338.02 | 4,613,996.10 | 2,165,996.10 |
| 7.00 | 909,037.83 | 646,036.21 | 5,260,032.32 | 2,812,032.32 |
| 8.00 | 909,037.83 | 615,272.58 | 5,875,304.90 | 3,427,304.90 |
| 9.00 | 909,037.83 | 585,973.89 | 6,461,278.79 | 4,013,278.79 |
| 10.00 | 909,037.83 | 558,070.37 | 7,019,349.16 | 4,571,349.16 |
| 11.00 | 909,037.83 | 531,495.59 | 7,550,844.76 | 5,102,844.76 |
| 12.00 | 909,037.83 | 506,186.28 | 8,057,031.03 | 5,609,031.03 |
| 13.00 | 909,037.83 | 482,082.17 | 8,539,113.20 | 6,091,113.20 |
| 14.00 | 909,037.83 | 459,125.88 | 8,998,239.08 | 6,550,239.08 |
| 15.00 | 909,037.83 | 437,262.74 | 9,435,501.82 | 6,987,501.82 |
| 16.00 | 909,037.83 | 416,440.70 | 9,851,942.52 | 7,403,942.52 |
| 17.00 | 909,037.83 | 396,610.19 | 10,248,552.72 | 7,800,552.72 |
| 18.00 | 909,037.83 | 377,723.99 | 10,626,276.71 | 8,178,276.71 |
| 19.00 | 909,037.83 | 359,737.14 | 10,986,013.85 | 8,538,013.85 |
| 20.00 | 909,037.83 | 342,606.80 | 11,328,620.65 | 8,880,620.65 |



Εικόνα 48: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Αποσελέμης) – net metering

4.3.8 Υπολογισμός ετήσιας παραγόμενης ενέργειας (Pelton 10 MW)

Στον πίνακα VI του παραρτήματος φαίνονται οι υπολογισμοί για την ολική ετήσια ενέργεια που παράγει ο υδροστροβίλος Pelton 10MW. Το ποσοστό εμφάνισης παροχής μεγαλύτερης από την παροχή Q_i εμφανίζεται στην πρώτη στήλη και η παροχή βασίζεται σε τιμές της καμπύλης διάρκειας παροχής όπως προκύπτει από την υδρολογική μελέτη του έργου. Η τιμή Q_T εξαρτάται από το εύρος της εκμεταλλεύσιμης παροχής του υδροστροβίλου Pelton όπου υπάρχει αξιοποίηση σε όλο το φάσμα της καθώς για την ονομαστική παροχή $Q_{TN}=2 \text{ m}^3/\text{s}$ του υδροστροβίλου Pelton 10MW έχουμε εύρος λειτουργίας $0.2174 \text{ m}^3/\text{s}$ η ελάχιστη παροχή λειτουργίας έως $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ η μέγιστη. Στη συνέχεια υπολογίζεται η μέση ταχύτητα ροής σε m/s και ο αριθμός Reynolds για κάθε τιμή της μέσης ταχύτητας ροής (c). Ο υπολογισμός του συντελεστή απωλειών (f) έγινε για κάθε τιμή του αριθμού Reynolds. Η καθαρή υδραυλική πτώση (H) υπολογίζεται γνωρίζοντας την αρχική υδραυλική πτώση (h) και έχοντας βρει τις υδραυλικές απώλειες. Ο βαθμός απόδοσης (η) προκύπτει από το διάγραμμα της θεωρίας για κάθε τιμή της Q_T . Στη συνέχεια υπολογίζουμε την μηχανική ισχύ (N_e) του υδροστροβίλου για κάθε παροχή (Q_T). Τέλος υπολογίζουμε την ετήσια παραγόμενη ενέργεια για κάθε τιμή της μηχανικής ισχύς που βρίσκουμε και το σύνολο όλων των τιμών θα μας κάνουν την ολική ενέργεια που παράγεται ετησίως από τον υδροστροβίλο Pelton 10MW με τις kWh να ανέρχονται στις **8,754,451.10 kWh/έτος**. Η ετήσια εξοικονόμηση διοξειδίου του άνθρακα στην παρούσα εγκατάσταση ανέρχεται σε **6,653.38 ton CO₂/έτος**.

Πίνακας 23: Βασικά στοιχεία υδροστροβίλου Pelton 10MW, ετήσια παραγόμενη ενέργεια και εξοικονόμηση εκπομπών CO₂.

| Μοντέλο Υδροστροβίλου | Ονομαστική παροχή (m ³ /s) | Εύρος λειτουργίας (m ³ /s) | | Ετήσια παραγόμενη ενέργεια (kWh/year) | Ετήσια εξοικονόμηση CO ₂ (ton CO ₂ /year) |
|--------------------------|---|--|---------|--|---|
| | | Ελάχιστο | Μέγιστο | | |
| Pelton 10MW | 2 | 0.2174 | 2.5 | 8,754,451.10 | 6653.38 |

4.3.9 Οικονομική ανάλυση με πώληση στη ΔΕΗ (Pelton 10MW)

Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα για υδροστροβίλο Pelton 10W θα έχουμε ετήσια έσοδα 769,078,43€ σύμφωνα με την ολική παραγόμενη ενέργεια που υπολογίσαμε παραπάνω και την τιμή πώλησης της MW στη ΔΕΗ στα 87.85€/MW. Το κόστος υδροστροβίλου είναι στα 5,100,000€ σύμφωνα με τον υπολογισμό €/kW από τις πηγές της θεωρίας και τα έργα πολιτικού μηχανικού στη συγκεκριμένη περιοχή είναι ήδη κατασκευασμένα. Το λειτουργικό κόστος (Koper) θα είναι στα 102,000€ ετησίως με καθαρές ταμιακές ροές (KTP) να ανέρχονται στα 667,078.43€ ανά έτος.

Πίνακας 24: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ

| | |
|------------------------|--------------|
| Pelton turbine (kW) | 10,000.00 |
| Έσοδα (€/έτος) | 769,078.43 |
| Κόστος Pelton (€) | 5,100,000.00 |
| Λειτουργικό κόστος (€) | 102,000.00 |
| KTP (€) | 667,078.43 |
| Επιτόκιο προεξόφλησης | 0.05 |

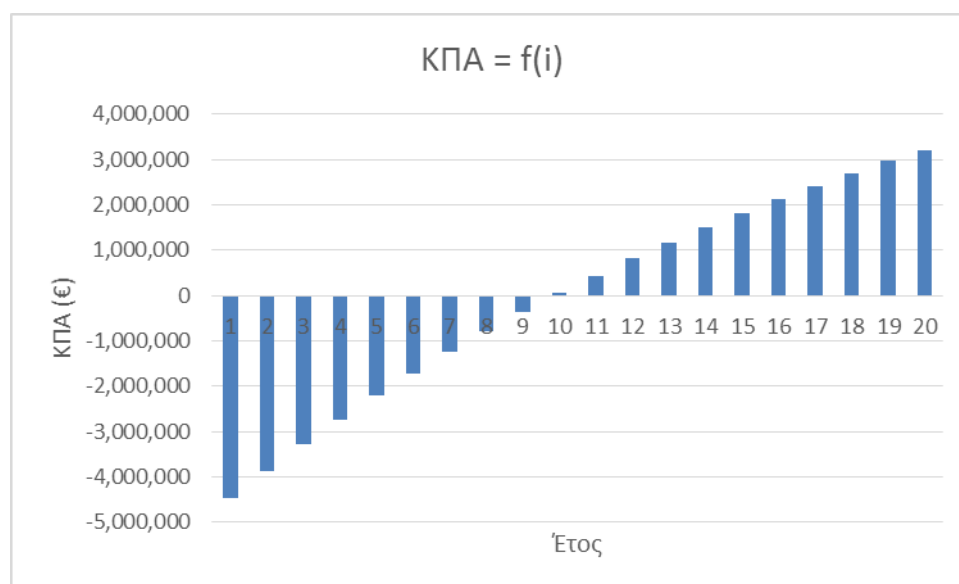
Στον επόμενο γίνονται αναλυτικοί υπολογισμοί για το συνολικό καθαρό όφελος μιας επένδυσης (ΚΠΑ), που προκύπτει ως διαφορά μεταξύ του λειτουργικού οφέλους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της επένδυσης. Στη πρώτη στήλη έχουμε τα έτη του οικονομικού κύκλου ζωής της επένδυσης και στη δεύτερη στήλη φαίνονται καθαρές ταμιακές ροές (KTP) ανά έτος με τιμή 667,078.43€/έτος.

Στην τρίτη στήλη γίνονται υπολογισμοί ανά έτος πολλαπλασιάζοντας τις καθαρές ταμιακές ροές με το συντελεστή της παρούσας αξίας σύμφωνα με την θεωρία και το σύνολο των καθαρών ταμιακών ροών μετά από 20 έτη ανέρχεται στο ποσό των 8,313,271.74€.

Το σύνολο της καθαρής παρούσας αξίας (ΚΠΑ) στα 20 έτη φαίνεται στο τέλος της πέμπτης στήλης το οποίο ανέρχεται στα 3,213,271.74€. Στον πίνακα μπορούμε επίσης να διακρίνουμε τους υπολογισμούς για τα σύνολα των καθαρών ταμιακών ροών (KTP) αλλά και την καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ) ανά έτος όπως αποτυπώνονται στις δύο τελευταίες στήλες του πίνακα. Παρατηρούμε η συγκεκριμένη επένδυση αποσβένει το αρχικό κόστος μετά τα πρώτα 10 χρόνια λειτουργίας του έργου.

Πίνακας 25: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ

| Έτος | ΚΤΡ | $ΚΤΡ/(1+0,05)^i$ | Σ ΚΤΡ | ΚΠΑ = f(i) |
|-------|------------|------------------|--------------|---------------|
| 1.00 | 667,078.43 | 635,312.79 | 635,312.79 | -4,464,687.21 |
| 2.00 | 667,078.43 | 605,059.80 | 1,240,372.60 | -3,859,627.40 |
| 3.00 | 667,078.43 | 576,247.43 | 1,816,620.03 | -3,283,379.97 |
| 4.00 | 667,078.43 | 548,807.08 | 2,365,427.10 | -2,734,572.90 |
| 5.00 | 667,078.43 | 522,673.41 | 2,888,100.51 | -2,211,899.49 |
| 6.00 | 667,078.43 | 497,784.20 | 3,385,884.71 | -1,714,115.29 |
| 7.00 | 667,078.43 | 474,080.19 | 3,859,964.90 | -1,240,035.10 |
| 8.00 | 667,078.43 | 451,504.94 | 4,311,469.84 | -788,530.16 |
| 9.00 | 667,078.43 | 430,004.71 | 4,741,474.54 | -358,525.46 |
| 10.00 | 667,078.43 | 409,528.29 | 5,151,002.83 | 51,002.83 |
| 11.00 | 667,078.43 | 390,026.94 | 5,541,029.78 | 441,029.78 |
| 12.00 | 667,078.43 | 371,454.23 | 5,912,484.01 | 812,484.01 |
| 13.00 | 667,078.43 | 353,765.94 | 6,266,249.94 | 1,166,249.94 |
| 14.00 | 667,078.43 | 336,919.94 | 6,603,169.88 | 1,503,169.88 |
| 15.00 | 667,078.43 | 320,876.13 | 6,924,046.01 | 1,824,046.01 |
| 16.00 | 667,078.43 | 305,596.32 | 7,229,642.33 | 2,129,642.33 |
| 17.00 | 667,078.43 | 291,044.11 | 7,520,686.44 | 2,420,686.44 |
| 18.00 | 667,078.43 | 277,184.87 | 7,797,871.31 | 2,697,871.31 |
| 19.00 | 667,078.43 | 263,985.59 | 8,061,856.90 | 2,961,856.90 |
| 20.00 | 667,078.43 | 251,414.85 | 8,313,271.74 | 3,213,271.74 |



Εικόνα 49: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ

4.3.10 Οικονομική ανάλυση με net metering (Pelton 10MW)

Τα έσοδα που αντιστοιχούν στα έξοδα που εξοικονομούμε από την παραγόμενη ενέργεια που δεν αγοράζουμε από τη ΔΕΗ με τιμή 127€/MWh δίνουν ετήσια έσοδα

στην περίπτωση του net metering 1,111,815.15€. Το κόστος επένδυσης των 5,100,000€ υδροστροβίλου Pelton 10MW έχει ένα λειτουργικό ετήσιο κόστος 102,000€ με καθαρές ετήσιες ταμιακές ροές 1,009,815.15€ αυξημένες κατά 342,736.72€ ανά έτος σε σχέση με την περίπτωση της πώλησης της παραγόμενης ενέργειας στη ΔΕΗ.

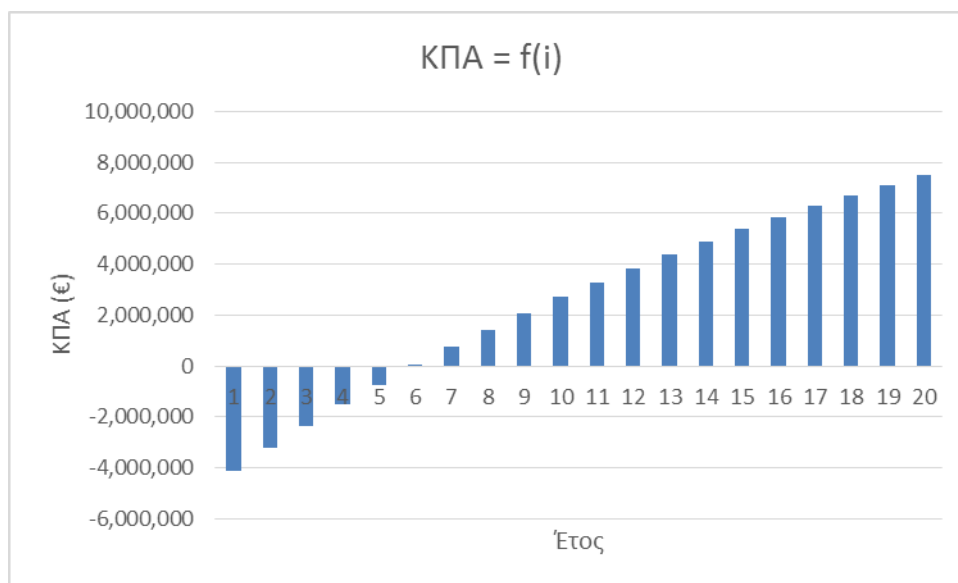
Πίνακας 26: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – net metering

| | |
|------------------------|--------------|
| Pelton turbine (kW) | 10,000.00 |
| Έσοδα (€/έτος) | 1,111,815.15 |
| Κόστος Pelton (€) | 5,100,000.00 |
| Λειτουργικό κόστος (€) | 102,000.00 |
| ΚΤΡ (€) | 1,009,815.15 |
| Επιτόκιο προεξόφλησης | 0.05 |

Στον παρακάτω πίνακα που ακολουθεί το σύνολο των καθαρών ταμιακών ροών (Σ ΚΤΡ) ανέρχεται στα 12,584,528.81€. Υπολογίζονται οι καθαρές ταμιακές ροές (ΚΤΡ) και η καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ) όπου το σύνολο της στα 20 έτη ανέρχεται στα 7,484,528.81€. Παρατηρώντας τους πίνακες στην περίπτωση της ΔΕΗ για το σύνολο της ΚΠΑ στα 20 έτη βλέπουμε ότι τα ίδια χρήματα περίπου εισέρχονται σαν έσοδα μόλις στο 11 έτος της λειτουργίας του έργου στην περίπτωση του net metering. Η απόσβεση της αρχικής επένδυσης πραγματοποιείται σε μόλις 6 χρόνια από την αρχή της λειτουργίας του έργου και μπορεί να κριθεί ως μια οικονομικά βιώσιμη επένδυση.

Πίνακας 27: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – με net metering

| Έτος | ΚΤΡ | $KTP/(1+0,05)^i$ | Σ ΚΤΡ | ΚΠΑ = f(i) |
|-------------|--------------|------------------|----------------------|---------------------|
| 1.00 | 1,009,815.15 | 961,728.71 | 961,728.71 | -4,138,271.29 |
| 2.00 | 1,009,815.15 | 915,932.11 | 1,877,660.82 | -3,222,339.18 |
| 3.00 | 1,009,815.15 | 872,316.29 | 2,749,977.12 | -2,350,022.88 |
| 4.00 | 1,009,815.15 | 830,777.42 | 3,580,754.54 | -1,519,245.46 |
| 5.00 | 1,009,815.15 | 791,216.59 | 4,371,971.13 | -728,028.87 |
| 6.00 | 1,009,815.15 | 753,539.61 | 5,125,510.75 | 25,510.75 |
| 7.00 | 1,009,815.15 | 717,656.77 | 5,843,167.52 | 743,167.52 |
| 8.00 | 1,009,815.15 | 683,482.64 | 6,526,650.16 | 1,426,650.16 |
| 9.00 | 1,009,815.15 | 650,935.85 | 7,177,586.01 | 2,077,586.01 |
| 10.00 | 1,009,815.15 | 619,938.90 | 7,797,524.92 | 2,697,524.92 |
| 11.00 | 1,009,815.15 | 590,418.00 | 8,387,942.92 | 3,287,942.92 |
| 12.00 | 1,009,815.15 | 562,302.86 | 8,950,245.78 | 3,850,245.78 |
| 13.00 | 1,009,815.15 | 535,526.53 | 9,485,772.31 | 4,385,772.31 |
| 14.00 | 1,009,815.15 | 510,025.27 | 9,995,797.59 | 4,895,797.59 |
| 15.00 | 1,009,815.15 | 485,738.35 | 10,481,535.94 | 5,381,535.94 |
| 16.00 | 1,009,815.15 | 462,607.96 | 10,944,143.89 | 5,844,143.89 |
| 17.00 | 1,009,815.15 | 440,579.01 | 11,384,722.90 | 6,284,722.90 |
| 18.00 | 1,009,815.15 | 419,599.05 | 11,804,321.95 | 6,704,321.95 |
| 19.00 | 1,009,815.15 | 399,618.15 | 12,203,940.10 | 7,103,940.10 |
| 20.00 | 1,009,815.15 | 380,588.71 | 12,584,528.81 | 7,484,528.81 |



Εικόνα 50: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Αποσελέμης) – net metering

4.3.11 Υπολογισμός ετήσιας παραγόμενης ενέργειας (Lucid Energy 50kW)

Στον πίνακα VII του παραρτήματος παρουσιάζονται αναλυτικά οι υπολογισμοί για την ισχύ του υδροστροβίλου σε κάθε τιμή στο ποσοστό χρόνου εμφάνισης παροχής όπως φαίνεται στην έκτη στήλη του πίνακα (P(kW)) σύμφωνα με την καμπύλη υπολογισμού της ισχύος. Υπολογίζονται οι απώλειες στην τέταρτη στήλη (HeadDrop) σύμφωνα με την καμπύλη του διαγράμματος των υδραυλικών απωλειών (σε m) του υδροστροβίλου 50kW (LPS42A) για δεδομένη ροή (σε m³/h) καθώς και η καθαρή υδραυλική πτώση (ClearHeadDrop(H)) στην πέμπτη στήλη του πίνακα. Τέλος υπολογίζεται η συνολική ετήσια παραγόμενη ενέργεια στα **28,785.58 kWh/έτος** που αποτελεί το σύνολο των τιμών της τελευταίας στήλης του πίνακα του παραρτήματος.

Η εξοικονόμηση διοξειδίου του άνθρακα στην παρούσα εγκατάσταση ανέρχεται σε **21.88 ton CO₂/έτος**.

Πίνακας 28: Βασικά στοιχεία υδροστροβίλου Lucid Energy 50kW, ετήσια παραγόμενη ενέργεια και εξοικονόμηση εκπομπών CO₂.

| Μοντέλο Υδροστροβίλου | Ονομαστική παροχή (m ³ /s) | Εύρος λειτουργίας (m ³ /s) | | Ετήσια παραγόμενη ενέργεια (kWh/year) | Ετήσια εξοικονόμηση CO ₂ (ton CO ₂ /year) |
|--------------------------|---|--|---------|--|---|
| | | Ελάχιστο | Μέγιστο | | |
| Lucid Energy 50kW | 2.8 | 0.6 | 2.8 | 28,785.58 | 21.88 |

4.3.12 Οικονομική ανάλυση με πώληση στη ΔΕΗ (Lucid Energy 50kW)

Το κόστος υδροστροβίλου Lucid Energy 50kW ανέρχεται στις 350,000.00€ με τιμές από την κατασκευάστρια εταιρία για κόστος 7000€/kW. Τα ετήσια έσοδα θα είναι 2,528.32€ με τιμή πώλησης στη ΔΕΗ 87.85€/MW.

Για τους συγκεκριμένους υδροστροβίλους δεν υπάρχει ετήσιο κόστος συντήρησης και οι καθαρές ταμιακές ροές (ΚΤΡ) θα ανέρχονται στις 2,528.32€/έτος.

Πίνακας 29: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ

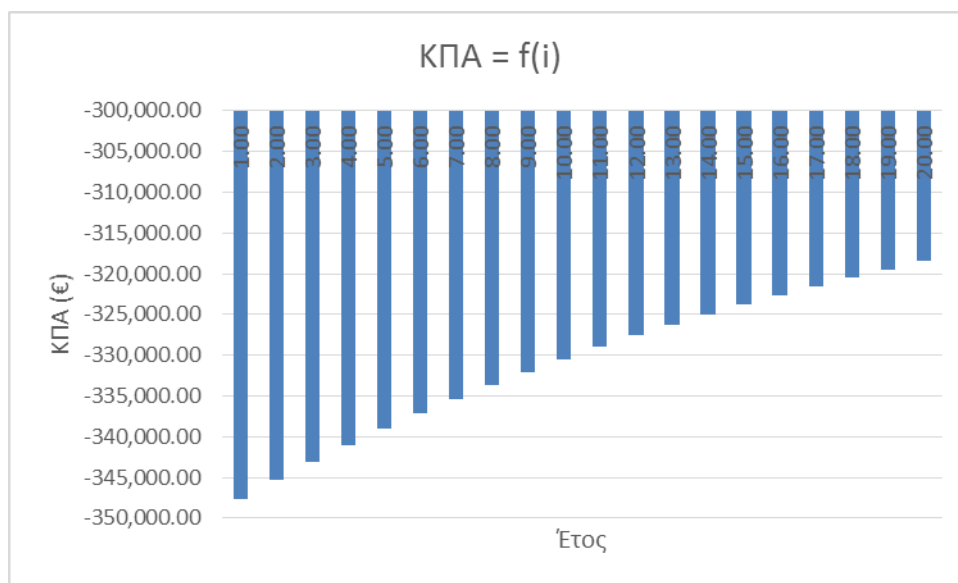
| | |
|--------------------------|------------|
| LucidEnergy turbine (kW) | 50.00 |
| Έσοδα (€/έτος) | 2,528.32 |
| Κόστος LucidEnergy (€) | 350,000.00 |
| Λειτουργικό κόστος (€) | 0.00 |
| ΚΤΡ (€) | 2,528.32 |
| Επιτόκιο προεξόφλησης | 0.05 |

Στον επόμενο πίνακα υπολογίζονται οι καθαρές ταμιακές ροές (ΚΤΡ) αλλά και το σύνολο της καθαρά παρούσας αξίας (ΚΠΑ) σε βάθος 20ετίας.

Το σύνολο των καθαρών ταμιακών ροών μετά από 20 έτη ανέρχεται στο ποσό των 31,508.49€ με αρνητική καθαρή παρούσα αξία που έχει σαν αποτέλεσμα το έργο να μην είναι οικονομικά βιώσιμο καθώς η απόσβεση της αρχικής επένδυσης πραγματοποιείται σε χρόνο πολύ μεγαλύτερο από τη διάρκεια ζωής του έργου.

Πίνακας 30: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ

| Έτος | ΚΤΡ | $KTP/(1+0,05)^i$ | Σ ΚΤΡ | ΚΠΑ = f(i) |
|-------|----------|------------------|------------------|--------------------|
| 1.00 | 2,528.32 | 2,407.93 | 2,407.93 | -347,592.07 |
| 2.00 | 2,528.32 | 2,293.26 | 4,701.19 | -345,298.81 |
| 3.00 | 2,528.32 | 2,184.06 | 6,885.25 | -343,114.75 |
| 4.00 | 2,528.32 | 2,080.06 | 8,965.31 | -341,034.69 |
| 5.00 | 2,528.32 | 1,981.01 | 10,946.32 | -339,053.68 |
| 6.00 | 2,528.32 | 1,886.67 | 12,832.99 | -337,167.01 |
| 7.00 | 2,528.32 | 1,796.83 | 14,629.82 | -335,370.18 |
| 8.00 | 2,528.32 | 1,711.27 | 16,341.09 | -333,658.91 |
| 9.00 | 2,528.32 | 1,629.78 | 17,970.87 | -332,029.13 |
| 10.00 | 2,528.32 | 1,552.17 | 19,523.04 | -330,476.96 |
| 11.00 | 2,528.32 | 1,478.26 | 21,001.30 | -328,998.70 |
| 12.00 | 2,528.32 | 1,407.86 | 22,409.16 | -327,590.84 |
| 13.00 | 2,528.32 | 1,340.82 | 23,749.99 | -326,250.01 |
| 14.00 | 2,528.32 | 1,276.97 | 25,026.96 | -324,973.04 |
| 15.00 | 2,528.32 | 1,216.17 | 26,243.13 | -323,756.87 |
| 16.00 | 2,528.32 | 1,158.25 | 27,401.38 | -322,598.62 |
| 17.00 | 2,528.32 | 1,103.10 | 28,504.48 | -321,495.52 |
| 18.00 | 2,528.32 | 1,050.57 | 29,555.05 | -320,444.95 |
| 19.00 | 2,528.32 | 1,000.54 | 30,555.59 | -319,444.41 |
| 20.00 | 2,528.32 | 952.90 | 31,508.49 | -318,491.51 |



Εικόνα 51: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Αποσελέμης) – πώληση στη ΔΕΗ

4.3.13 Οικονομική ανάλυση με net metering (Lucid Energy 50kW)

Για την περίπτωση του εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού (virtual net metering) έχουμε ετήσια έσοδα 3,655.06€ με μηδενικό ετήσιο κόστος συντήρησης. Το κόστος του υδροστροβίλου είναι στις 350,000€ και οι καθαρές ταμιακές ροές ανέρχονται στις 3,655.06€ ανά έτος.

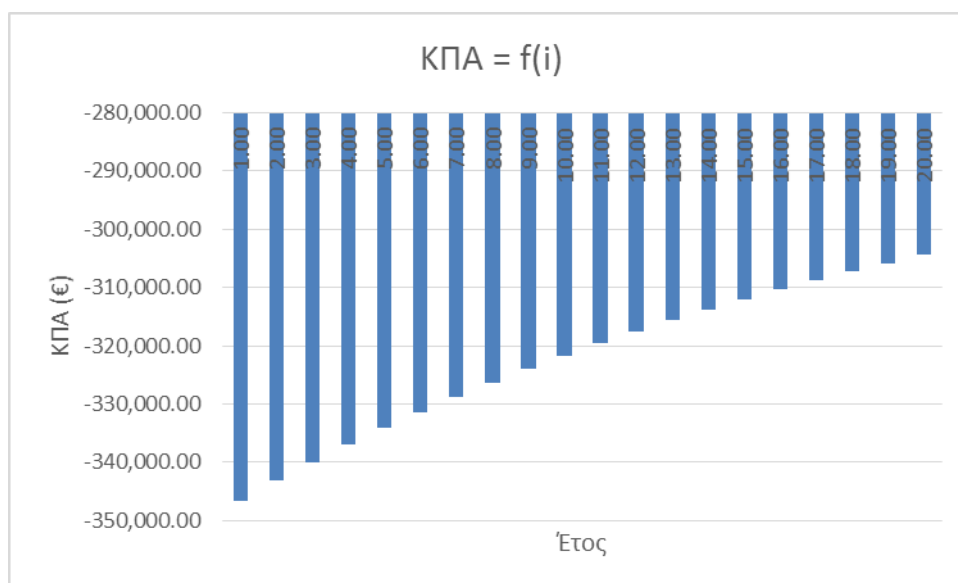
Πίνακας 31: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – net metering

| | |
|--------------------------|------------|
| LucidEnergy turbine (kW) | 50.00 |
| Έσοδα (€/έτος) | 3,655.06 |
| Κόστος LucidEnergy (€) | 350,000.00 |
| Λειτουργικό κόστος (€) | 0.00 |
| ΚΤΡ (€) | 3,655.06 |
| Επιτόκιο προεξόφλησης | 0.05 |

Στον πίνακα που ακολουθεί γίνονται αναλυτικοί υπολογισμοί για το σύνολο των καθαρών ταμιακών ροών (ΚΤΡ) αλλά και το σύνολο της καθαρής παρούσας αξίας (ΚΠΑ) για 20 έτη. Από τους υπολογισμούς προκύπτει ότι το σύνολο των καθαρών ταμιακών ροών (ΚΤΡ) ανέρχεται στις 45,550.13€ με αρνητική καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ) που καθιστά το έργο μη οικονομικά βιώσιμο καθώς δεν πραγματοποιείται απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου μέχρι το τέλος ζωής του έργου.

Πίνακας 32: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Αποσελέμης) – με net metering

| Έτος | ΚΤΡ | ΚΤΡ/(1+0,05) ^{Λι} | Σ ΚΤΡ | ΚΠΑ = f(i) |
|-------|----------|----------------------------|------------------|--------------------|
| 1.00 | 3,655.06 | 3,481.01 | 3,481.01 | -346,518.99 |
| 2.00 | 3,655.06 | 3,315.25 | 6,796.26 | -343,203.74 |
| 3.00 | 3,655.06 | 3,157.38 | 9,953.63 | -340,046.37 |
| 4.00 | 3,655.06 | 3,007.03 | 12,960.66 | -337,039.34 |
| 5.00 | 3,655.06 | 2,863.84 | 15,824.50 | -334,175.50 |
| 6.00 | 3,655.06 | 2,727.46 | 18,551.96 | -331,448.04 |
| 7.00 | 3,655.06 | 2,597.58 | 21,149.54 | -328,850.46 |
| 8.00 | 3,655.06 | 2,473.89 | 23,623.43 | -326,376.57 |
| 9.00 | 3,655.06 | 2,356.08 | 25,979.51 | -324,020.49 |
| 10.00 | 3,655.06 | 2,243.89 | 28,223.40 | -321,776.60 |
| 11.00 | 3,655.06 | 2,137.04 | 30,360.44 | -319,639.56 |
| 12.00 | 3,655.06 | 2,035.27 | 32,395.72 | -317,604.28 |
| 13.00 | 3,655.06 | 1,938.36 | 34,334.07 | -315,665.93 |
| 14.00 | 3,655.06 | 1,846.05 | 36,180.13 | -313,819.87 |
| 15.00 | 3,655.06 | 1,758.15 | 37,938.27 | -312,061.73 |
| 16.00 | 3,655.06 | 1,674.43 | 39,612.70 | -310,387.30 |
| 17.00 | 3,655.06 | 1,594.69 | 41,207.39 | -308,792.61 |
| 18.00 | 3,655.06 | 1,518.75 | 42,726.14 | -307,273.86 |
| 19.00 | 3,655.06 | 1,446.43 | 44,172.57 | -305,827.43 |
| 20.00 | 3,655.06 | 1,377.55 | 45,550.13 | -304,449.87 |



Εικόνα 52: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Αποσελέμης) – net metering

4.4 Περίπτωση 3: Μυλωνιανά, Χανιά

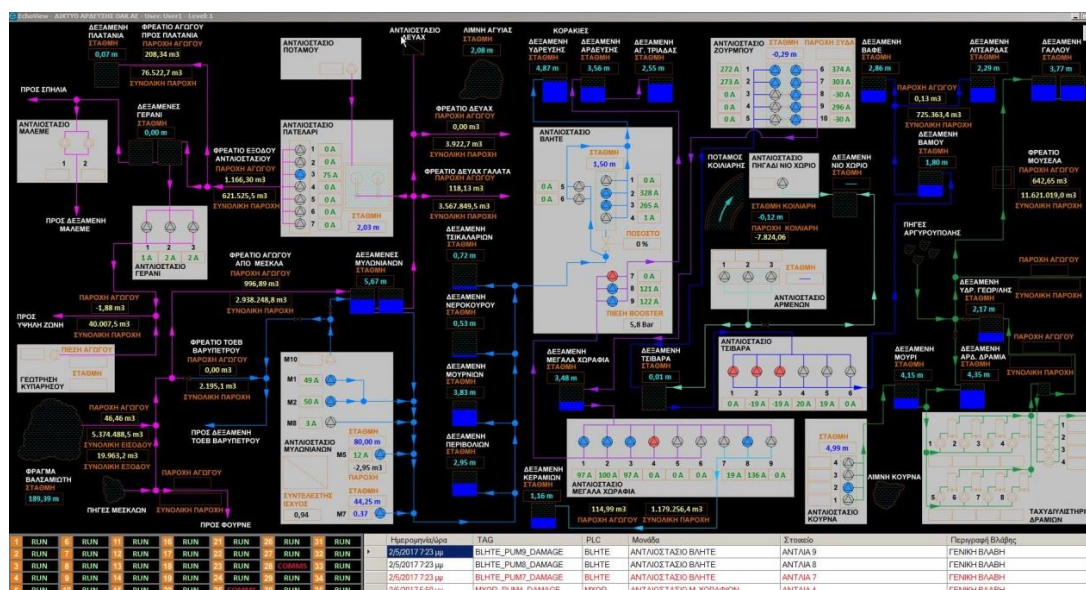
Το υδροληπτικό κέντρο Μυλωνιανών αρδεύει τον κάμπο Χανίων, την περιοχή Βαρυπέτρου, συμπληρώνει την άρδευση Φουρνέ, συμπληρώνει την ύδρευση των Δήμων Χανίων, Μουρνιών, Σούδας, των Κοινοτήτων Αγ. Μαρίνας, Πλατανιά, Περιβολίων, Τσικαλαριών, της ΔΕΥΑ Ακρωτηρίου. Αξιοποιεί το νερό κυρίως τριών γεωτρήσεων 950 m³/h στη περιοχή Μυλωνιανών, των πηγών Μεσκλών με φυσική ροή και άλλων μικρότερων υδρογεωτρήσεων



Εικόνα 53: Αντλιοστάσιο και δεξαμενές υδροληπτικού κέντρου Μυλωνιανών, Χανιά

4.4.1 Χρονοσειρά παροχής

Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν είναι από ημερήσιες μετρήσεις του συστήματος SCADA του ΟΑΚ ΑΕ για την ποσότητα νερού που εξέρχεται από το αντλιοστάσιο προς την περιοχή Χανίων και Ακρωτηρίου. Το σύστημα SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) συλλέγει και καταγράφει ψηφιακά και αναλογικά σήματα σε πραγματικό χρόνο, που αφορούν σε λειτουργία αντλιοστασίων και μετρήσεις ηλεκτρονικού εξοπλισμού.



Εικόνα 54: Απεικόνιση του συστήματος SCADA του ΟΑΚ ΑΕ

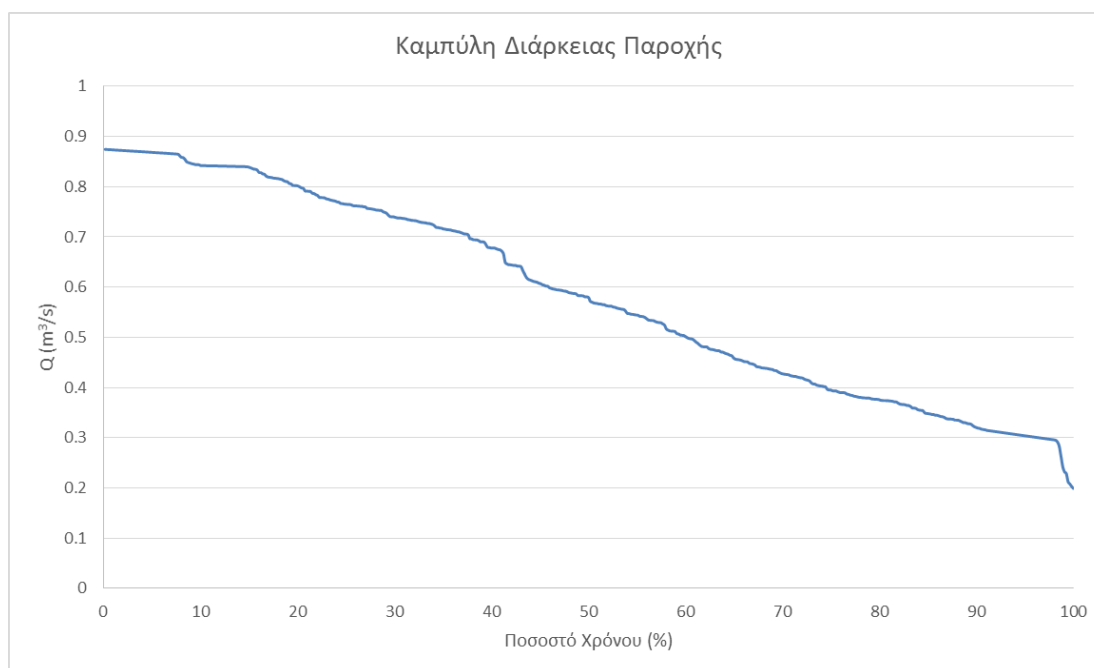
Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη χρονοσειρά παροχής είναι ημερήσιες μετρήσεις παροχής για διάστημα 18 μηνών περιόδου Ιούνιος 2015 έως Νοέμβριος 2016.



Εικόνα 55: Ημερήσιες Παροχές Κεντρικού Αγωγού Μυλωνιανά

4.4.2 Καμπύλη διάρκειας παροχής

Η καμπύλη διάρκεια παροχής προκύπτει από τις μετρήσεις των ημερήσιων παροχών που καταγράφηκαν στη βάση δεδομένων του SCADA υπολογισμένη με τον ίδιο τρόπο όπως και στην περίπτωση της μελέτης στην περιοχή Πατελαρίου. Οι υπολογισμοί από τους οποίους προκύπτει η παρακάτω καμπύλη φαίνονται αναλυτικά στον πίνακα VIII του παραρτήματος.



Εικόνα 56: Καμπύλη Διάρκειας Παροχής Κεντρικού Αγωγού Μυλωνιανά

4.4.3 Στοιχεία αγωγού και υδροστροβίλου

Στην παρακάτω εικόνα από αριστερά παρατηρούμε τις δύο δεξαμενές του αντλιοστασίου Μυλωνιανών. Οι δύο δεξαμενές είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους και η έξοδος τους βρίσκεται στον πάτο της δεύτερης δεξαμενής σε υψόμετρο +135m. Ο αγωγός που ξεκινάει από τον πυθμένα της δεξαμενής για να τροφοδοτήσει στη συνέχεια τον κάμπο Χανίων έχει διάμετρο (D) 1.2m. Το σημείο που έχει γίνει επιλογή για τοποθέτηση του υδροστροβίλου είναι ένα υφιστάμενο φρεάτιο μετά από 760m από την έξοδο της δεξαμενής με τον αγωγό να περνάει μέσα από αυτό σε βάθος 2m από την επιφάνεια του δρόμου και σε υψόμετρο +87m. Στην αρχή και στο τέλος της επιλεγμένης διαδρομής δημιουργείται υδραυλική πτώση 48m με το δίκτυο μας να είναι κλειστό καθώς ο αγωγός μετά το φρεάτιο συνεχίζει την πορεία του. Η επιλογή για τοποθέτηση υδροστροβίλου της εταιρίας Lucid Energy αποτελεί μονόδρομο καθώς έχουμε ένα κλειστό δίκτυο αλλά και λόγω της μικρής πτώσης πίεσης (μόλις 3.5m όταν ο υδροστρόβιλος λειτουργεί στην ονομαστική του ισχύ) που μας ενδιαφέρει καθώς το νερό θα πρέπει να προωθηθεί με φυσική ροή μέχρι το φρεάτιο εισόδου του αντλιοστασίου Βλητέ Ακρωτηρίου που βρίσκεται σε απόσταση 15.5km από το αντλιοστάσιο Μυλωνιανών και σε υψόμετρο +78m. Από την καμπύλη διάρκειας παροχής που υπολογίστηκε προηγουμένως φαίνεται να μην εμφανίζονται παροχές πάνω από 1 m³/s οπότε επιλέγεται υδροστρόβιλος 14kW σύμφωνα με τον πίνακα που δίνει ο κατασκευαστής για ονομαστική παροχή Q_{TN}=1 m³/s.



Εικόνα 57: Αποτύπωση αγωγού κεντρικού αγωγού Μυλωνιανών έως σημείο τοποθέτησης υδροστροβίλου

4.4.4 Υπολογισμός ετήσιας ολικής παραγόμενης ενέργειας

Στον πίνακα ΙΧ του παραρτήματος παρουσιάζονται αναλυτικά οι υπολογισμοί για την ισχύς του υδροστροβίλου σε κάθε τιμή στο ποσοστό χρόνου εμφάνισης παροχής όπως φαίνεται στην έκτη στήλη του πίνακα (P(kW)) σύμφωνα με την εξίσωση υπολογισμού της ισχύος P24L. Υπολογίζονται οι απώλειες στην τέταρτη στήλη (HeadDrop) σύμφωνα με την εξίσωση των υδραυλικών απωλειών H124L (σε m) του υδροστροβίλου 14kW (LPS24A) για δεδομένη ροή (σε m³/h) καθώς και η καθαρή υδραυλική πτώση (ClearHeadDrop(H)) στην πέμπτη στήλη του πίνακα. Τέλος υπολογίζεται η συνολική ετήσια παραγόμενη ενέργεια που αποτελεί το σύνολο των τιμών της τελευταίας στήλης του πίνακα.

Η συνολική ετήσια παραγόμενη ενέργεια του υδροστροβίλου της LucidEnergy υπολογίζεται στις **28,611.97 kwh/έτος** όπως προκύπτει από τους υπολογισμούς που φαίνονται στον πίνακα ΙΧ του παραρτήματος.

Η συνολική ετήσια εξοικονόμηση διοξειδίου του άνθρακα για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση ανέρχεται σε **21.75 ton CO₂/έτος**.

Πίνακας 33: Βασικά στοιχεία υδροστροβίλου Lucid Energy 14kW , ετήσια παραγόμενη ενέργεια και εξοικονόμηση εκπομπών CO₂.

| Μοντέλο Υδροστροβίλου | Ονομαστική παροχή (m ³ /s) | Εύρος λειτουργίας (m ³ /s) | | Ετήσια παραγόμενη ενέργεια (kWh/year) | Ετήσια εξοικονόμηση CO ₂ (ton CO ₂ /year) |
|--------------------------|---|--|---------|--|---|
| | | Ελάχιστο | Μέγιστο | | |
| Lucid Energy 14kW | 1 | 0.2 | 1 | 28,612.00 | 21.75 |

4.4.5 Οικονομική ανάλυση για 20 έτη με πώληση στη ΔΕΗ

Το κόστος υδροστροβίλου Lucid Energy 14 kW ανέρχεται στις 98,000€ με τιμές από την κατασκευάστρια εταιρία και τα έργα πολιτικού μηχανικού είναι ήδη κατασκευασμένα. Τα ετήσια έσοδα θα είναι 2,513.39€ με τιμή πώλησης στη ΔΕΗ 87.85€/MW. Για τους συγκεκριμένους υδροστροβίλους δεν υπάρχει ετήσιο κόστος συντήρησης και οι καθαρές ταμιακές ροές (ΚΤΡ) θα ανέρχονται στις 2,513.39€/έτος.

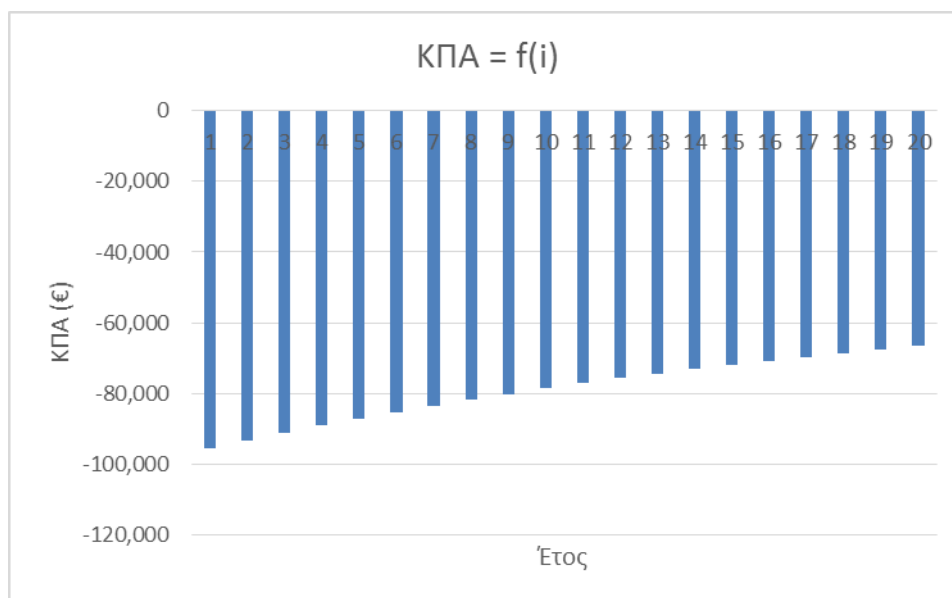
Πίνακας 34: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Μυλωνιανά) – πώληση στη ΔΕΗ

| | |
|--------------------------|-----------|
| LucidEnergy Turbine (kW) | 14.00 |
| Έσοδα (€/έτος) | 2,513.39 |
| Κόστος LucidEnergy (€) | 98,000.00 |
| Λειτουργικό κόστος (€) | 0.00 |
| ΚΤΡ (€) | 2,513.39 |
| Επιτόκιο προεξόφλησης | 0.05 |

Στον επόμενο πίνακα υπολογίζονται οι καθαρές ταμιακές ροές (ΚΤΡ) αλλά και το σύνολο της καθαρά παρούσας αξίας (ΚΠΑ) σε βάθος 20ετίας. Το σύνολο των καθαρών ταμιακών ροών μετά από 20 έτη ανέρχεται στο ποσό των 31,322.38€ με αρνητική καθαρή παρούσα αξία που έχει σαν αποτέλεσμα το έργο να μην είναι οικονομικά βιώσιμο καθώς η απόσβεση της αρχικής επένδυσης πραγματοποιείται σε χρόνο μεγαλύτερο από τη διάρκεια ζωής του έργου.

Πίνακας 35: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Μυλωνιανά) – πώληση στη ΔΕΗ

| Έτος | ΚΤΡ | ΚΤΡ/(1+0,05) ^Λ | Σ ΚΤΡ | ΚΠΑ = f(i) |
|-------|----------|---------------------------|------------------|-------------------|
| 1.00 | 2,513.39 | 2,393.70 | 2,393.70 | -95,606.30 |
| 2.00 | 2,513.39 | 2,279.72 | 4,673.42 | -93,326.58 |
| 3.00 | 2,513.39 | 2,171.16 | 6,844.58 | -91,155.42 |
| 4.00 | 2,513.39 | 2,067.77 | 8,912.35 | -89,087.65 |
| 5.00 | 2,513.39 | 1,969.31 | 10,881.66 | -87,118.34 |
| 6.00 | 2,513.39 | 1,875.53 | 12,757.19 | -85,242.81 |
| 7.00 | 2,513.39 | 1,786.22 | 14,543.40 | -83,456.60 |
| 8.00 | 2,513.39 | 1,701.16 | 16,244.56 | -81,755.44 |
| 9.00 | 2,513.39 | 1,620.15 | 17,864.72 | -80,135.28 |
| 10.00 | 2,513.39 | 1,543.00 | 19,407.72 | -78,592.28 |
| 11.00 | 2,513.39 | 1,469.53 | 20,877.25 | -77,122.75 |
| 12.00 | 2,513.39 | 1,399.55 | 22,276.79 | -75,723.21 |
| 13.00 | 2,513.39 | 1,332.90 | 23,609.70 | -74,390.30 |
| 14.00 | 2,513.39 | 1,269.43 | 24,879.13 | -73,120.87 |
| 15.00 | 2,513.39 | 1,208.98 | 26,088.11 | -71,911.89 |
| 16.00 | 2,513.39 | 1,151.41 | 27,239.53 | -70,760.47 |
| 17.00 | 2,513.39 | 1,096.58 | 28,336.11 | -69,663.89 |
| 18.00 | 2,513.39 | 1,044.36 | 29,380.47 | -68,619.53 |
| 19.00 | 2,513.39 | 994.63 | 30,375.11 | -67,624.89 |
| 20.00 | 2,513.39 | 947.27 | 31,322.38 | -66,677.62 |



Εικόνα 58: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Μυλωνιανά) – πώληση στη ΔΕΗ

4.4.6 Οικονομική ανάλυση για 20 έτη με εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό (net metering)

Για την περίπτωση του εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού (virtual net metering) έχουμε ετήσια έσοδα 3,633.47€ με μηδενικό ετήσιο κόστος συντήρησης. Το κόστος

του υδροστροβίλου είναι στις 98,000€ και οι καθαρές ταμιακές ροές ανέρχονται στις 3,633.47€ ανά έτος.

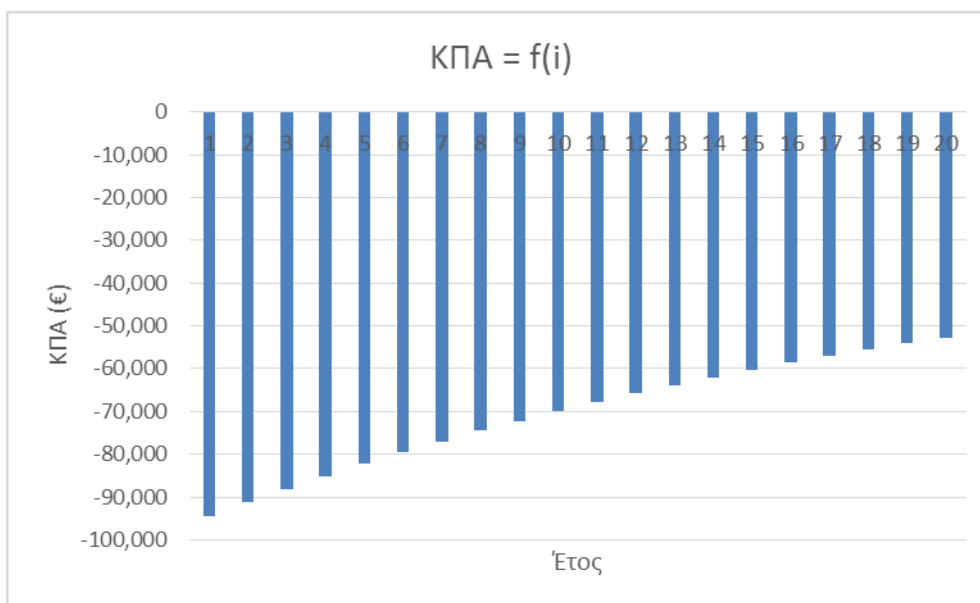
Πίνακας 36: Βασικά στοιχεία οικονομικής ανάλυσης (Μυλωνιανά) – net metering

| | |
|--------------------------|-----------|
| LucidEnergy Turbine (kW) | 14.00 |
| Έσοδα (€/έτος) | 3,633.47 |
| Κόστος LucidEnergy (€) | 98,000.00 |
| Λειτουργικό κόστος (€) | 0.00 |
| ΚΤΡ (€) | 3,633.47 |
| Επιτόκιο προεξόφλησης | 0.05 |

Στον πίνακα που ακολουθεί γίνονται αναλυτικοί υπολογισμοί για το σύνολο των καθαρών ταμιακών ροών (ΚΤΡ) αλλά και το σύνολο της καθαρής παρούσας αξίας (ΚΠΑ) για 20 έτη που είναι και η διάρκεια ζωής του έργου. Από τους υπολογισμούς το σύνολο των καθαρών ταμιακών ροών (ΚΤΡ) ανέρχεται στις 45,281.07€ με αρνητική καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ) που καθιστά το έργο μη οικονομικά βιώσιμο καθώς δεν πραγματοποιείται απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου μέχρι το τέλος ζωής του έργου.

Πίνακας 37: Αναλυτικοί υπολογισμοί οικονομικής ανάλυσης (Μυλωνιανά) – net metering

| Έτος | ΚΤΡ | $KTP/(1+0,05)^i$ | Σ ΚΤΡ | ΚΠΑ = f(i) |
|-------|----------|------------------|------------------|-------------------|
| 1.00 | 3,633.47 | 3,460.45 | 3,460.45 | -94,539.55 |
| 2.00 | 3,633.47 | 3,295.66 | 6,756.11 | -91,243.89 |
| 3.00 | 3,633.47 | 3,138.73 | 9,894.84 | -88,105.16 |
| 4.00 | 3,633.47 | 2,989.26 | 12,884.10 | -85,115.90 |
| 5.00 | 3,633.47 | 2,846.92 | 15,731.02 | -82,268.98 |
| 6.00 | 3,633.47 | 2,711.35 | 18,442.37 | -79,557.63 |
| 7.00 | 3,633.47 | 2,582.24 | 21,024.61 | -76,975.39 |
| 8.00 | 3,633.47 | 2,459.28 | 23,483.89 | -74,516.11 |
| 9.00 | 3,633.47 | 2,342.17 | 25,826.06 | -72,173.94 |
| 10.00 | 3,633.47 | 2,230.64 | 28,056.69 | -69,943.31 |
| 11.00 | 3,633.47 | 2,124.41 | 30,181.11 | -67,818.89 |
| 12.00 | 3,633.47 | 2,023.25 | 32,204.36 | -65,795.64 |
| 13.00 | 3,633.47 | 1,926.91 | 34,131.27 | -63,868.73 |
| 14.00 | 3,633.47 | 1,835.15 | 35,966.41 | -62,033.59 |
| 15.00 | 3,633.47 | 1,747.76 | 37,714.18 | -60,285.82 |
| 16.00 | 3,633.47 | 1,664.53 | 39,378.71 | -58,621.29 |
| 17.00 | 3,633.47 | 1,585.27 | 40,963.98 | -57,036.02 |
| 18.00 | 3,633.47 | 1,509.78 | 42,473.76 | -55,526.24 |
| 19.00 | 3,633.47 | 1,437.89 | 43,911.65 | -54,088.35 |
| 20.00 | 3,633.47 | 1,369.42 | 45,281.07 | -52,718.93 |



Εικόνα 59: Διάγραμμα ΚΠΑ του έργου για 20 έτη (Μυλωνιανά) – net metering

4.5 Ανάλυση αποτελεσμάτων – σχόλια

Τα αποτελέσματα για τις περιπτώσεις που μελετήσαμε στις παραπάνω ενότητες αναλυτικά, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στους κάτωθι πίνακες.

4.5.1 Ενεργειακή και περιβαλλοντική απόδοση των έργων

Όσον αφορά στην ενεργειακή και περιβαλλοντική απόδοση των προτεινόμενων έργων τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 38 και την Εικόνα 60.

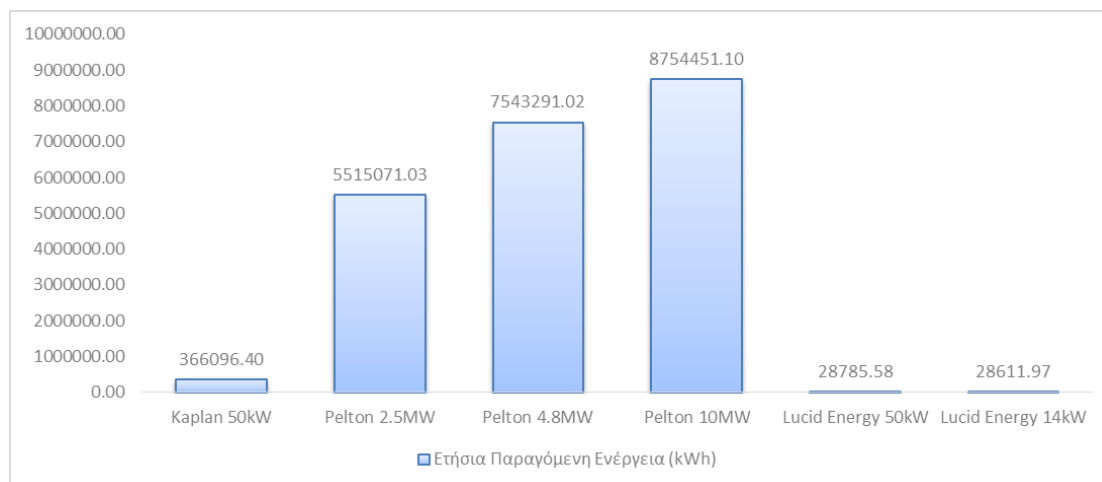
Πίνακας 38: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ενεργειακής & περιβαλλοντικής απόδοσης έργων

| Περιοχή | Μοντέλο Υδροστροβίλου | Ονομαστική παροχή (m ³ /s) | Εύρος λειτουργίας (m ³ /s) | | Ετήσια παραγόμενη ενέργεια (kWh/year) | Ετήσιος περιορισμός εκπομπών CO ₂ (ton CO ₂ /year) |
|-----------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------|---------------------------------------|--|
| | | | Ελάχιστο | Μέγιστο | | |
| Πατελάρι | Karlan 50kW | 0,5 | 0,0621 | 0,7143 | 366.096,40 | 278,23 |
| Αποσελέμη | Pelton 2.5MW | 0,5 | 0,054 | 0,625 | 5.515.071,03 | 4.191,45 |
| Αποσελέμη | Pelton 4.8MW | 1 | 0,1087 | 1,25 | 7.543.291,02 | 5.732,90 |
| Αποσελέμη | Pelton 10MW | 2 | 0,2174 | 2,5 | 8.754.451,10 | 6.653,38 |
| Αποσελέμη | Lucid Energy 50kW | 2,8 | 0,6 | 2,8 | 28.785,58 | 21,88 |
| Μυλωνιανά | Lucid Energy 14kW | 1 | 0,2 | 1 | 28.612,00 | 21,75 |

Για τους υδροστροβίλους της Lucid Energy παρατηρείται ότι η ετήσια παραγόμενη ενέργεια στις δυο διαφορετικές περιοχές (Αποσελέμη και Μυλωνιανά) είναι σχεδόν η ίδια. Αυτό εξηγείται ως εξής: στην περιοχή των Μυλωνιανών υπάρχει διαθέσιμη παροχή σε όλο το διάστημα του έτους με αποτέλεσμα ο υδροστροβίλος των 14kW (σχεδόν 1/3 της εγκατεστημένης ισχύς του υδροστροβίλου περιοχής Αποσελέμη) να μπορεί να την αξιοποιήσει καθώς είναι μέσα στο εύρος λειτουργίας του και να παράγει ενέργεια σε όλη τη διάρκεια του έτους. Στην περίπτωση του Αποσελέμη ο υδροστροβίλος Lucid Energy 50kW μπορεί να λειτουργήσει μόνο στο διάστημα εμφάνισης παροχής (30% στη διάρκεια του έτους).

Για την περίπτωση του Αποσελέμη η ενεργειακά αποδοτικότερη εφαρμογή είναι ο Pelton 10 MW.

Επίσης να σημειωθεί ότι στην περίπτωση του Αποσελέμη παρατηρείται και σημαντικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα από τον περιορισμό των εκπομπών CO₂, με την αντικατάσταση της συμβατικής ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ με ενέργεια παραγόμενη από σύστημα ΑΠΕ.



Εικόνα 60: Ετήσια παραγόμενη ενέργεια των υπό μελέτη συστημάτων

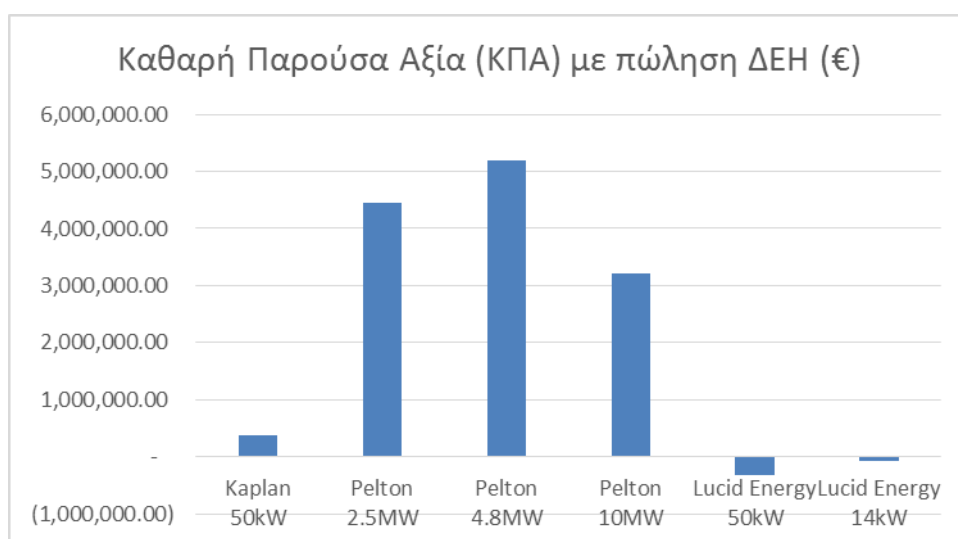
4.5.2 Οικονομική αξιολόγηση των έργων

Όσον αφορά στην οικονομική αξιολόγηση των έργων, τα αποτελέσματα της οικονομικής βιωσιμότητας της κάθε περίπτωσης (ΚΠΑ στην 20 ετία και έτος απολήρωμης) με σενάριο πώλησης ενέργειας στη ΔΕΗ και net metering παρουσιάζονται στον Πίνακα 39, ενώ η ΚΠΑ για κάθε σενάριο στις Εικόνες 61 και 62.

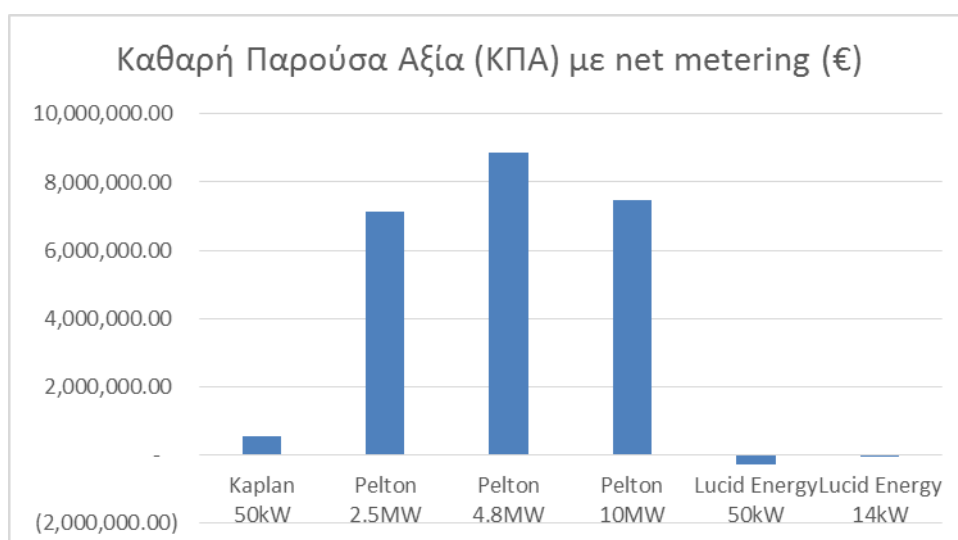
Πίνακας 39: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης των έργων

| Περιοχή | Τύπος δροστροβίλου | Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια (kWh) | Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) με πώληση ΔΕΗ (€) | Κόστος υδροστροβίλου (€) | Απόσβεση σε έτη |
|-----------|--------------------|----------------------------------|---|--------------------------|-----------------|
| Πατελάρι | Kaplan 50kW | 366,096.40 | 368,952.45 | 25,500.00 | 1 |
| Αποσελέμη | Pelton 2.5MW | 5,515,071.03 | 4,445,140.83 | 1,275,000.00 | 4 |
| | Pelton 4.8MW | 7,543,291.02 | 5,200,283.14 | 2,448,000.00 | 5 |
| | Pelton 10MW | 8,754,451.10 | 3,213,271.74 | 5,100,000.00 | 10 |
| | Lucid Energy 50kW | 28,785.58 | -318,491.51 | 350,000.00 | > 20 |
| | Lucid Energy 14kW | 28,611.97 | -66,677.62 | 98,000.00 | > 20 |

| Περιοχή | Τύπος δροστροβίλου | Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια (kWh) | Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) με net metering (€) | Κόστος υδροστροβίλου (€) | Απόσβεση σε έτη |
|-----------|--------------------|----------------------------------|---|--------------------------|-----------------|
| Πατελάρι | Kaplan 50kW | 366,096.40 | 547,571.00 | 25,500.00 | 1 |
| Αποσελέμη | Pelton 2.5MW | 5,515,071.03 | 7,135,918.86 | 1,275,000.00 | 3 |
| | Pelton 4.8MW | 7,543,291.02 | 8,880,620.65 | 2,448,000.00 | 3 |
| | Pelton 10MW | 8,754,451.10 | 7,484,528.81 | 5,100,000.00 | 6 |
| | Lucid Energy 50kW | 28,785.58 | -304,449.87 | 350,000.00 | > 20 |
| | Lucid Energy 14kW | 28,611.97 | -52,718.93 | 98,000.00 | > 20 |



Εικόνα 61: ΚΠΑ των προτεινόμενων έργων (πώληση ενέργειας στη ΔΕΗ)



Εικόνα 62: ΚΠΑ των προτεινόμενων έργων (net metering)

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι οι υδροστρόβιλοι της Lucid Energy σε εφαρμογή στα δίκτυα του ΟΑΚ ΑΕ είναι μια μη οικονομικά βιώσιμη επένδυση καθώς η απόσβεση του αρχικού κεφαλαίου πραγματοποιείται σε διάστημα μεγαλύτερο από τη διάρκεια ζωής του έργου και για τις δυο περιπτώσεις που εξετάστηκαν (Αποσελέμη και Μυλωνιανά). Για να είναι οικονομικά βιώσιμη η εφαρμογή ενός συστήματος της Lucid Energy θα πρέπει στο σημείο εγκατάστασης από τον αγωγό να υπάρχει συνεχή παροχή σε όλη τη διάρκεια του χρόνου και σε τιμή κοντά στην ονομαστική παροχή λειτουργίας του υδροστροβίλου.

Όλες οι άλλες περιπτώσεις είναι οικονομικά βιώσιμες και αποδοτικές επενδύσεις με έτη απόσβεσης έως 10 για την περίπτωση της πώλησης της ενέργειας στη ΔΕΗ και έως 6 για το σενάριο του net metering.

4.5.3 Ανάλυση Κόστους – Οφέλους των έργων

Η ανάλυση κόστους – οφέλους (ή κόστους-αποτελεσματικότητας, cost – benefit analysis) είναι μία μέθοδος οικονομικής ανάλυσης που έχει προταθεί για τη διαμόρφωση του προγράμματος μέτρων επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ Πλαίσιο για τα νερά. Η μέθοδος χρησιμοποιείται για τη σύγκριση διαφορετικών μέτρων σε παρόμοιους όρους και σύμφωνα με τη βασική της αρχή, όλα τα κόστη των εξεταζόμενων μέτρων, παρεμβάσεων, στρατηγικών συσχετίζονται με την επίτευξη ενός συγκεκριμένου αποτελέσματος ή στόχου (Bradly, 1999). Η ανάλυση κόστους – οφέλους δεν είναι απλά μία μέθοδος που προσδιορίζει την εναλλακτική λύση με το χαμηλότερο κόστος. Στην πραγματικότητα, η μέθοδος είναι ένα εργαλείο σύγκρισης μέτρων και στρατηγικών, το οποίο δεν οδηγεί ξεκάθαρα σε κάποια επιλογή. Αντίθετα, αξιολογεί τις εναλλακτικές προτάσεις με βάση ποσοτικά και αντικειμενικά κριτήρια, χρησιμοποιώντας μία καθορισμένη μεθοδολογία.

Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ συνδέει την οικονομική ανάλυση με την επιλογή του κατάλληλου προγράμματος μέτρων για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων, αναφέροντας ότι η οικονομική ανάλυση θα πρέπει να παρέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες και δεδομένα ούτως ώστε «να επιλέγεται ο αποτελεσματικότερος συνδυασμός μέτρων για τις χρήσεις ύδατος. Στα μέτρα/έργα που σχετίζονται με τα έργα ύδατος συνήθως χρησιμοποιείται ο δείκτης θεωρώντας ως ποσοτικοποιημένο όφελος της ποσότητα ύδατος που βελτιώνεται ποιοτικά ή αυξάνεται σε διαθεσιμότητα με την εφαρμογή του εκάστοτε μέτρου ή έργου. Στην προκειμένη περίπτωση το ποσοτικοποιημένο όφελος είναι η ετήσια παραγωγή ΑΠΕ από την εφαρμογή των προτεινόμενων έργων.

Στην εξεταζόμενη περίπτωση, λοιπόν, θεωρούμε κάθε περίπτωση μελέτης ως μέτρο με κόστος το αρχικό κόστος της επένδυσης ανηγμένο σε ετήσια βάση και ως όφελος την ετήσια παραγόμενη ενέργεια. Ειδικότερα:

$$CE_i = \frac{C_i}{BE_i} \quad (18)$$

Όπου:

CE_i : ο λόγος κόστους – οφέλους του μέτρου i σε €/kWh

C_i : τα ετήσια οικονομικά κόστη για το μέτρο i σε €/y.

BE_i : το όφελος δηλαδή η ετήσια παραγόμενη ενέργεια από ΑΠΕ λόγω εφαρμογής του μέτρου i σε kWh/y.

Να σημειώσουμε ότι στους δείκτες κόστους – οφέλους ισχύει ότι όσο πιο μικρή η αριθμητική τιμή του δείκτη, τόσο πιο αποδοτικό θεωρείται το έργο, δηλαδή επιτυγχάνεται μεγάλο όφελος με μικρό κόστος. Τα αποτελέσματα για τα εξεταζόμενα έργα παρουσιάζονται στον Πίνακα 40. Ως ετήσιο κόστος λαμβάνεται το αρχικό κόστος της επένδυσης ανηγμένο σε επίπεδο έτους με βάση τον 20 ετή κύκλο ζωής προσθέτοντας το ετήσιο κόστος συντήρησης.

Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 40 παρατηρούμε ότι τα προτεινόμενα έργα έχουν αποδοτικούς δείκτες κόστους - οφέλους με μέση τιμή 0.53 cents ανά παραγόμενη kWh, τιμή η οποία είναι αποδεκτή, δεδομένου ότι η πιο πρόσφατη βιβλιογραφική

ανασκόπηση για την Ευρώπη (Agugliaro et al., 2017) δίνει μέση τιμή 0.85 cents ανά παραγόμενη kWh.

Πίνακας 40: Δείκτες κόστους - οφέλους για τα υπό μελέτη έργα (μέση τιμή 0.53cents/kWh)

| Περιοχή | Τύπος δροστροβίλου | Συνολικό κόστος ανηγμένο στο έτος (€/έτος) | Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια (kWh) | Δείκτης κόστους οφέλους (€/kWh) |
|-----------|--------------------|--|----------------------------------|---------------------------------|
| Πατελάρι | Karlan 50kW | 1785 | 366.096,40 | 0,005 |
| Αποσελέμη | Pelton 2.5MW | 89250 | 5.515.071,03 | 0,016 |
| | Pelton 4.8MW | 171360 | 7.543.291,02 | 0,023 |
| | Pelton 10MW | 357000 | 8.754.451,10 | 0,041 |
| | Lucid Energy 50kW | 1750 | 28.785,58 | 0,061 |
| Μυλωνιανά | Lucid Energy 14kW | 4900 | 28.611,97 | 0,171 |

4.5.4 Επιλογή βέλτιστου σεναρίου συνδυασμών έργων στα υδατικά δίκτυα του ΟΑΚ ΑΕ

Δεδομένου του ότι δεν είναι ξεκάθαρο το θεσμικό πλαίσιο για την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας μελετήθηκαν και τα δύο σενάρια (ΔΕΗ και net metering) όσο αφορά την επιλογή του βέλτιστου συνδυασμού έργων στα υδατικά δίκτυα του ΟΑΚ ΑΕ. Στον πίνακα 41 παρουσιάζονται οι επιλεγμένες περιοχές και η αντίστοιχη εγκατάσταση υδροστροβίλου με βασικό κριτήριο την σύντομη απόσβεση του αρχικού κόστους εγκατάστασης της επένδυσης. Παρουσιάζεται επίσης και το κόστος ενεργειακής κάλυψης του κοντινότερο σημείου υδραυλικής εγκατάστασης του ΟΑΚ ΑΕ. Σύμφωνα με στοιχεία του 2016 (αρχεία ΟΑΚ ΑΕ) για το αντλιοστάσιο Πατελαρίου η συνολική κατανάλωση κατά της διάρκεια του έτους ήταν 3,770,441.80kWh/έτος και για την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Νερού (ΕΕΝ) πλησίον του φράγματος Αποσελέμη ήταν 1,928,808.50kWh/έτος. Παρατηρείται ότι ο συνδυασμός της υλοποίησης και των δύο έργων έχει ποσοστό ενεργειακής κάλυψης μεγαλύτερο του 100% και για τα δύο σενάρια (πώληση ΔΕΗ και net metering) με απόσβεση της αρχικής επένδυσης μόλις στα πρώτα χρόνια ζωής των έργων.

Πίνακας 41: Βέλτιστος συνδυασμός έργων στα υδατικά δίκτυα του ΟΑΚ ΑΕ

| Περιοχή | Τύπος υδροστροβίλου | Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια (kWh) | Κατανάλωση ενέργειας πλησιέστερης υδρ. εγκατάστασης του ΟΑΚ ΑΕ (kWh) | Ποσοστό ενεργειακής κάλυψης (%) | Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) με πώληση ΔΕΗ (€) | Απόσβεση σε έτη |
|-----------------|---------------------|----------------------------------|--|---------------------------------|---|-----------------|
| Πατελάρι | Karlan 50kW | 366,096.40 | 3,770,441.80 | 9.71 | 368,952.45 | 1 |
| Αποσελέμη | Pelton 2.5MW | 5,515,071.03 | 1,928,808.50 | 285.93 | 4,445,140.83 | 4 |
| ΣΥΝΟΛΙΚΑ | | 5,881,167.43 | 5,699,250.30 | 103.19 | 4,814,093.28 | 1 έως 4 |

| Περιοχή | Τύπος δροστροβίλου | Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια (kWh) | Κατανάλωση ενέργειας πλησιέστερης υδρ. εγκατάστασης του ΟΑΚ ΑΕ (kWh) | Ποσοστό ενεργειακής κάλυψης (%) | Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) με net metering (€) | Απόσβεση σε έτη |
|-----------------|--------------------|----------------------------------|--|---------------------------------|---|-----------------|
| Πατελάρι | Karlan 50kW | 366,096.40 | 3,770,441.80 | 9.71 | 547,571.00 | 1 |
| Αποσελέμη | Pelton 4.8MW | 7,543,291.02 | 1,928,808.50 | 391.09 | 8,880,620.65 | 3 |
| ΣΥΝΟΛΙΚΑ | | 7,909,387.42 | 5,699,250.30 | 138.78 | 9,428,191.65 | 1 έως 3 |

4.5.5 Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων με δείκτες αποδοτικότητας

Προκειμένου να γίνει επαλήθευση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων με συσχέτισή τους με ανάλογες μελέτες από τη διεθνή βιβλιογραφία, θα χρησιμοποιηθούν 3 δείκτες αποδοτικότητας που προτείνονται από τους Anagnostopoulos and Papantonis (Anagnostopoulos and Papantonis, 2007).

Δείκτης ενεργειακής παραγωγής (Energy production index) Ef: Ο δείκτης αυτός εκφράζει την ενέργεια που παράγεται από τον υδροστρόβιλο προς την διαθέσιμη υδραυλική ενέργεια σε ύψος h (gross head).

Δείκτης αξιοποίησης νερού (Water exploitation index) Wf: Ο δείκτης αυτός εκφράζει την παροχή που αξιοποιείται από τον υδροστρόβιλο προς την διαθέσιμη αρχική παροχή νερού.

Δείκτης φορτίου (Load coefficient index) Lf: Ο δείκτης αυτός εκφράζει την μέση ωριαία παραγόμενη ενέργεια (E παραγόμενη ετησίως kWh/8760h) προς την εγκατεστημένη ισχύ της εγκατάστασης.

Οι δείκτες υπολογίσθηκαν για τα επιλεγμένα σενάρια, ενώ παρουσιάζονται και για τα 3 σενάρια Pelton στον Αποσελέμη προκειμένου να εξαχθούν περεταίρω συμπεράσματα. Τα αποτελέσματα Παρουσιάζονται στον Πίνακα 42.

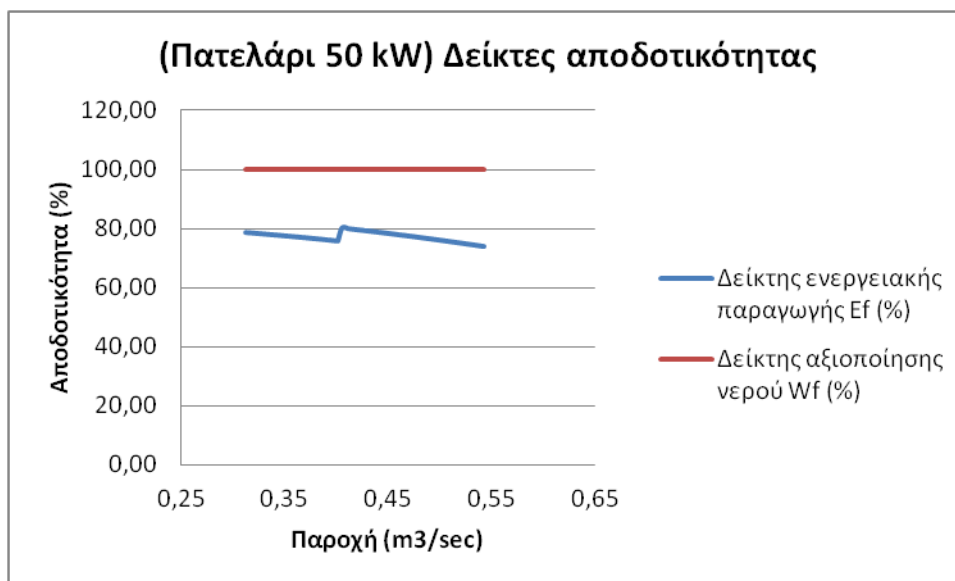
Πίνακας 42: Δείκτες αποδοτικότητας για Πατελάρι και Αποσελέμη

| Περιοχή | Τύπος υδρ/λου | Ef (%) | Wf (%) | Lf (%) |
|-----------|---------------|--------|--------|--------|
| Πατελάρι | Kaplan 50 kW | 77.65 | 100 | 83.58 |
| Αποσελέμη | Pelton 2.5 MW | 24.24 | 39.8 | 25.18 |
| | Pelton 4.8 MW | 33.16 | 46.3 | 17.94 |
| | Pelton 10 MW | 38.48 | 48.38 | 9.99 |

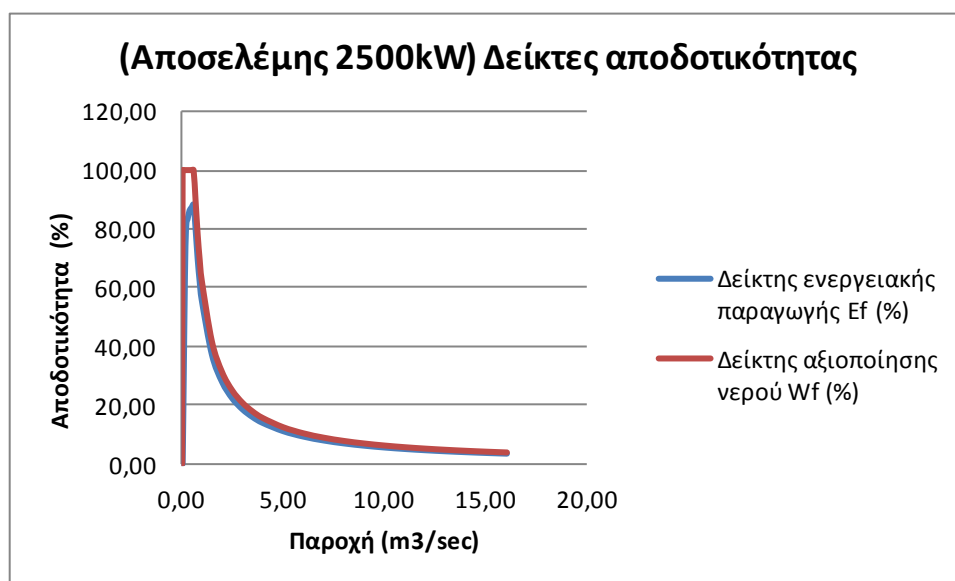
Από τον παραπάνω Πίνακα παρατηρούμε τους μεγαλύτερους δείκτες στην περίπτωση του Πατελαρίου, το οποίο είναι αναμενόμενο, εφόσον έχουμε επαρκείς τιμές παροχών για την λειτουργία του έργου σε όλη την διάρκεια του έτους.

Όσον αφορά στον Αποσελέμη με Pelton, οι δείκτες είναι χαμηλότεροι δεδομένου ότι οι παροχές είναι ικανοποιητικά αξιοποιήσιμες ένα πολύ μικρό ποσοστό του χρόνου σε ετήσια βάση. Η βέλτιστη επιλογή για τον Αποσελέμη σε σχέση με τον δείκτη φορτίου L_f , δηλαδή με τη συσχέτιση της παραγόμενης ενέργειας προς την εγκατεστημένη ισχύ συγκλίνει απόλυτα με τα αποτελέσματα της οικονομικής ανάλυσης, δίνοντας προβάδισμα στα σενάρια των 2.5 και 4.8 MW που ενώ, λόγω του μικρότερου μεγέθους (σε σχέση με τον Pelton 10 MW) δείχνουν μικρότερο βαθμό αξιοποίησης της διαθέσιμης υδραυλικής ενέργειας (E_f), καθώς και της διαθέσιμης ποσότητας νερού (W_f), ωστόσο όμως σε ετήσια βάση δίνουν πολύ καλύτερα αποτελέσματα παραγόμενης ενέργειας σε σχέση με το πολύ χαμηλό ποσοστό 9.99% του Pelton 10 MW.

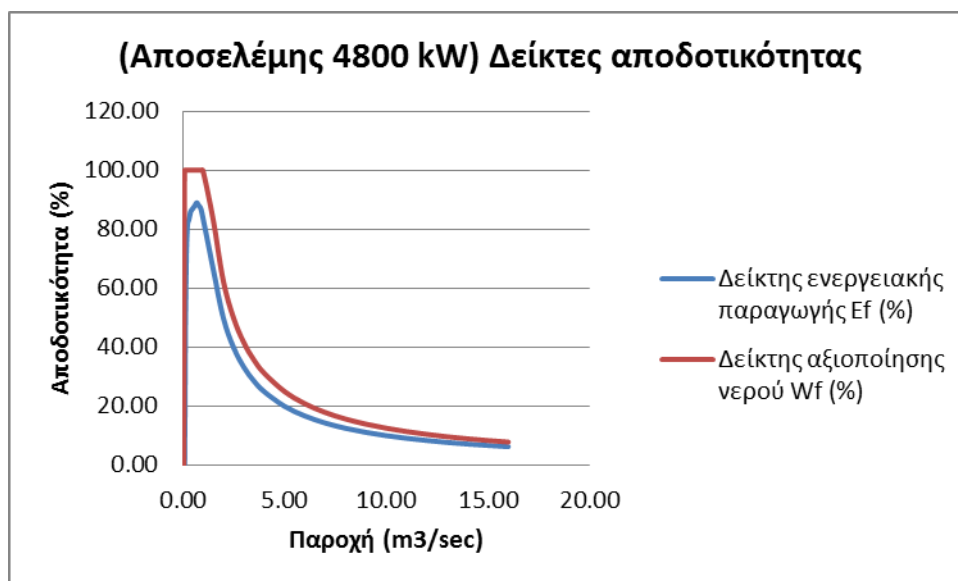
Στη συνέχεια, καθώς οι δείκτες E_f και W_f υπολογίζονται και αναλυτικά για κάθε τιμή της παροχής, παρατίθενται τα επόμενα διαγράμματα για περεταίρω ανάλυση.



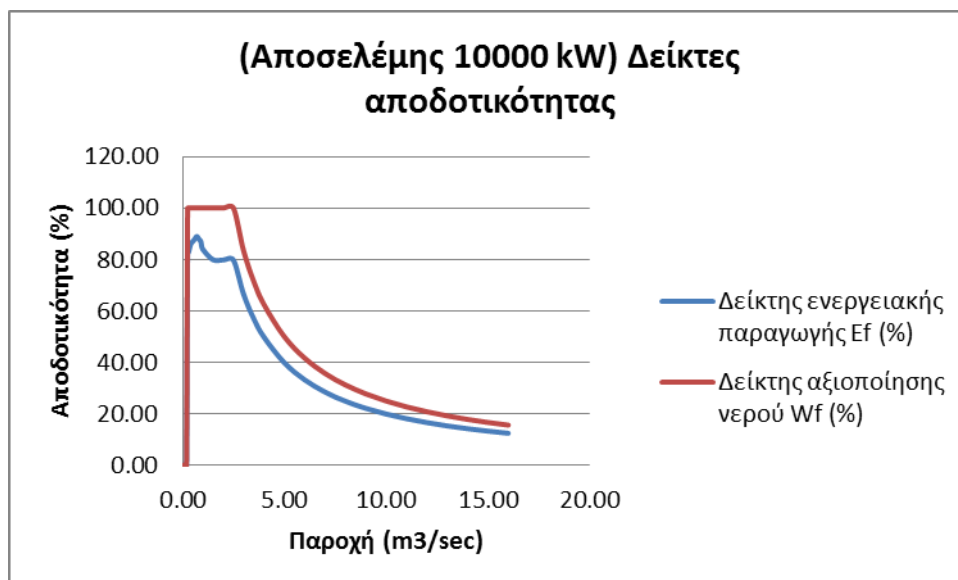
Εικόνα 63: Οι δείκτες Ef και Wf για το Πατελάρι



Εικόνα 64: Οι δείκτες Ef και Wf για Αποσελέμη Pelton 2.5 MW



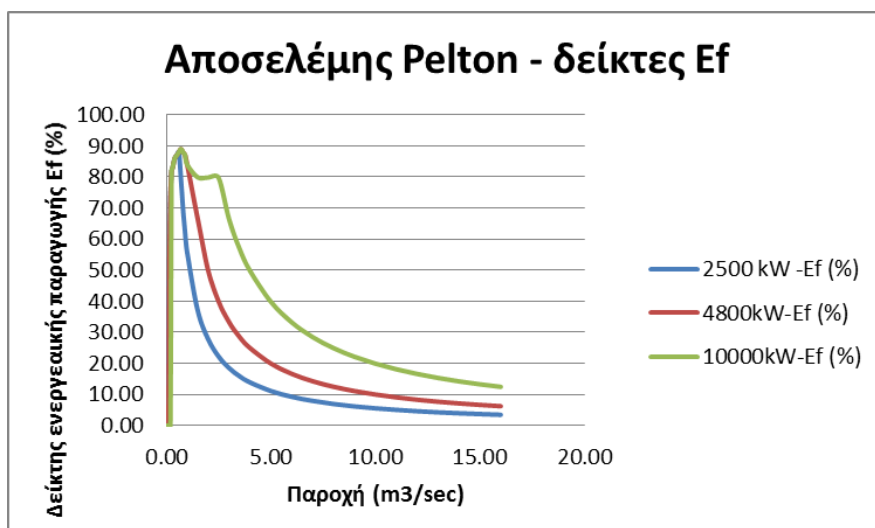
Εικόνα 65: Οι δείκτες Ef και Wf για Αποσελέμη Pelton 4.8 MW



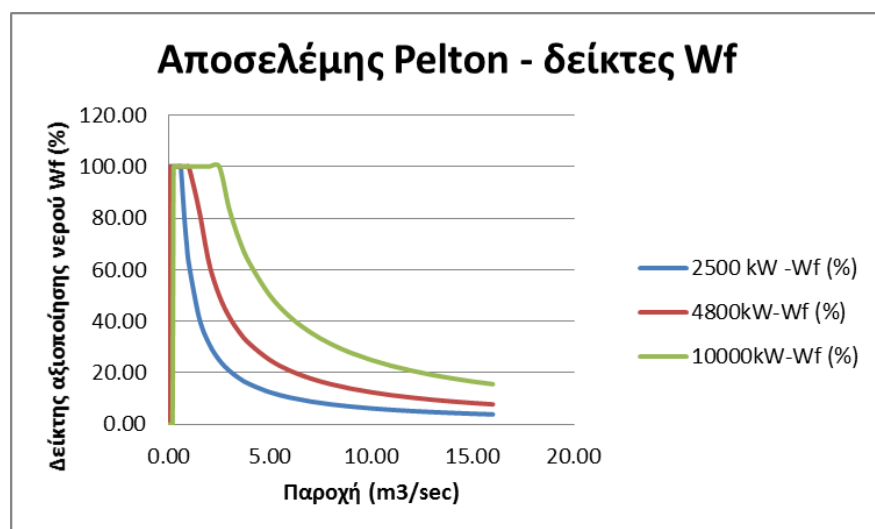
Εικόνα 66: Οι δείκτες Ef και Wf για Αποσελέμη Pelton 10 MW

Από τις Εικόνες 63-66 είναι εμφανές η μεγάλη απόδοση του Πατελαρίου σε όλο το εύρος των παροχών νερού, καθώς και η μεγάλη απόδοση των έργων του Αποσελέμη αλλά σε πολύ περιορισμένο εύρος παροχών νερού, γεγονός που δικαιολογεί τις χαμηλές συγκεντρωτικές τιμές των δεικτών του Πίνακα 42.

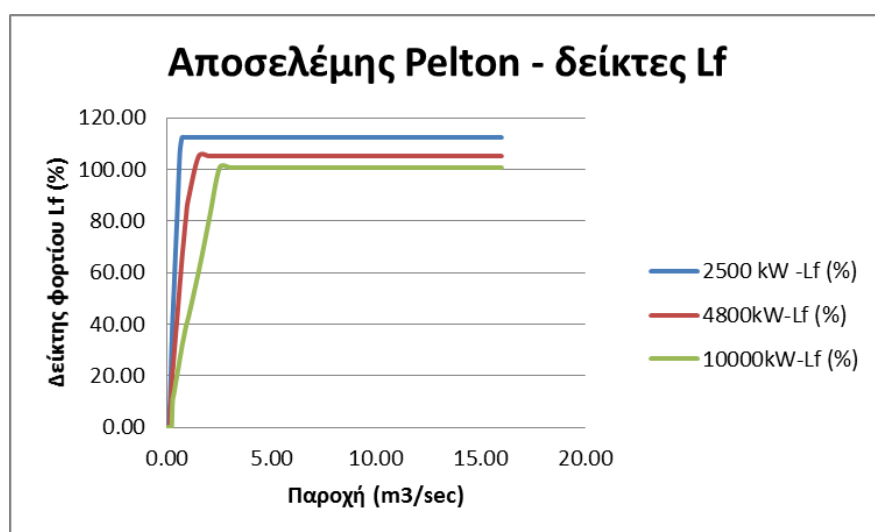
Για την κατανόηση της επιλογής των βέλτιστων σεναρίων στον Αποσελέμη παρουσιάζονται συγκριτικά οι 3 δείκτες για τα 3 διαφορετικά σεναρία.



(α)



(β)



(γ)

Εικόνα 67: Δείκτες Ef (α), Wf (β) και Lf (γ) για τα 3 σενάρια Pelton

Όπως είναι αναμενόμενο και από τα ετήσια συγκεντρωτικά αποτελέσματα, είναι εμφανής η υπεροχή των 2 σεναρίων (2.5 και 4.8 MW) στον δείκτη φορτίου, που σχετίζεται με την παραγόμενη ενέργεια σε ετήσια βάση σε σχέση με το μέγεθος του υδροστροβίλου και η υπεροχή του σεναρίου των 10MW στην αξιοποίηση της διαθέσιμης υδραυλικής ενέργειας και νερού αλλά μόνο για περιορισμένο εύρος τιμών παροχών, δηλαδή για μικρό χρονικό διάστημα μέσα στο έτος.

Τέλος όσον αφορά στη μέση τιμή των δεικτών κόστους – οφέλους των επιλεγμένων με βάση την οικονομική ανάλυση σεναρίων προκύπτει η τιμή με εύρος 0.10 (ΔΕΗ) - 0.14 (net metering) cents ανά παραγόμενη kWh, η οποία κατατάσσει τα προτεινόμενα έργα σε αυτά με πολύ υψηλή αποδοτικότητα σύμφωνα με την τιμή αναφοράς του 2017 0.85 cents ανά παραγόμενη kWh για την Ευρώπη, (Agugliaro et al., 2017).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

5.1 Συμπεράσματα

Η αλλαγή του κλίματος έχει προκαλέσει τον τομέα των υδάτων για τη βελτιστοποίηση της χρήσης ενέργειας και τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Υπάρχουν πολλές επιλογές για ενεργειακά μέτρα στον τομέα των υδάτων, που περιλαμβάνουν από την αποθήκευση ποσοτήτων υδάτων σε ταμιευτήρες μέχρι τη βελτίωση της αποδοτικότητας των διαδικασιών με νέες τεχνολογίες και τον επανασχεδιασμό των συστημάτων ύδρο-άρδευσης.

Πέρα από τις βελτιώσεις της ενεργειακής απόδοσης, υπάρχει ανάγκη για νέες έννοιες στις οποίες το νερό θεωρείται φορέας ενέργειας. Σε περιοχές με υψομετρικές διαφορές η εγκατάσταση μικρο – υδροηλεκτρικής τεχνολογίας στα συστήματα διανομής νερού μπορεί να μετατρέψει την ενέργεια από την πίεση και τη ροή του νερού σε ηλεκτρική ενέργεια. Σε ένα σύστημα διανομής νερού, το νερό και η ενέργεια μπορούν να εξοικονομηθούν με την ενσωμάτωση συστημάτων διαχείρισης πίεσης και ενέργειας. Η ενέργεια μπορεί να δημιουργηθεί αντικαθιστώντας βαλβίδες μείωσης σε κλειστά δίκτυα με συστήματα της Lucid Energy ή συστήματα PAT καθώς και σε έργα καταστροφής ενέργειας ή φρεάτια ηρεμίας να δημιουργηθούν ΜΥΗΕ με παραδοσιακούς υδροστρόβιλους.

Η άντληση μπορεί να αποτελεί σημαντικό μέρος της συνολικής χρήσης ενέργειας ανάλογα με την μορφολογία του εδάφους. Στην περίπτωση του ΟΑΚ αν και στο μεγαλύτερο μέρος του υδραυλικού δικτύου το νερό μεταφέρεται με τη δύναμη της βαρύτητας, το κόστος της κατανάλωσης ρεύματος για την λειτουργία των υδρο-αρδευτικών έργων και κυρίως προωθητικών αντλιοστασίων ανέρχεται σχεδόν στο 50% όλου του λειτουργικού κόστους. Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας όπως τοποθέτηση μετατροπών συχνότητας στις αντλίες (κυρίως σε περιπτώσεις που προωθούν νερό απευθείας σε κλειστό δίκτυο αγωγού), συχνός καθαρισμός φίλτρων και φρεατίων εισόδων νερού αντλίας, επικάλυψη εσωτερικών εξαρτημάτων της αντλίας με ειδικά χρώματα για την αύξηση της υδραυλικής απόδοσης αλλά και κυρίως ορθή διαχείριση - χρήση των αντλιών θα μπορούσαν να μειώσουν το ενεργειακό κόστος του ΟΑΚ ΑΕ.

Πέρα το ενεργειακό κόστος η χρήση αντλιών αποτελεί και το μεγαλύτερο μέρος των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου των συστημάτων διανομής νερού. Η μείωση των διαρροών με τη διαχείριση πίεσης ή με τεχνικές προληπτικής ανίχνευσης συμβάλουν επίσης στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Οι επιχειρήσεις διαχείρισης νερού αντιμετωπίζουν την πρόκληση να είναι ενεργειακά αποδοτικές και οφείλουν να συμβάλουν στην προσπάθεια των ευρωπαϊκών και εθνικών κυβερνήσεων για χρήση ενέργειας από ΑΠΕ και μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερεύνει την ενσωμάτωση μικρών υδροηλεκτρικών έργων στις υποδομές και τα υδροαρδευτικά δίκτυα του ΟΑΚ ΑΕ στην Κρήτη. Συγκεκριμένα επιλέχθηκαν 3 περιοχές των δικτύων, Μυλιανιά και Πατελάρι στα υδροαρδευτικά δίκτυα στην Δυτική Κρήτη και η έξοδος του αγωγού ενίσχυσης του Φράγματος Αποσελέμη στο Ηράκλειο, λαμβάνοντας υπόψη το διαθέσιμο υδροδυναμικό και τις διαθέσιμες μετρημένες χρονοσειρές παροχών. Με βάση τα στοιχεία και τα τεχνικά δεδομένα του δικτύου επιλέχθηκαν οι υπό μελέτη τεχνολογίες και οι διαστάσεις τους (ονομαστική παροχή και ονομαστική ισχύς υδροστροβίλων) και υπολογίστηκαν αναλυτικά, με μαθηματική μοντελοποίηση των συστημάτων, η ετήσια παραγόμενη ενέργεια σε κάθε περίπτωση. Στη συνέχεια τα προτεινόμενα έργα αξιολογήθηκαν με βάση την οικονομική τους βιωσιμότητα με κριτήριο την ΚΠΑ στην 20 ετία και τα έτη αποπληρωμής (απόσβεσης), λαμβάνοντας υπόψη δύο σενάρια οικονομικής εκμετάλλευσης της παραγόμενης ενέργειας, με βάση το παρόν θεσμικό πλαίσιο: την πώληση στη ΔΕΗ και τον εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό (net metering).

Τα αποτελέσματα η ανάλυση και η επαλήθευση αυτών έδειξαν ότι το βέλτιστο τεχνικά και οικονομικά σενάριο περιλαμβάνει εγκατάσταση υδροστροβίλου Kaplan 50 kW στο Πατελάρι και Pelton 2.5MW στην περίπτωση με πώληση στη ΔΕΗ / Pelton 4.8MW στη περίπτωση του ενεργειακού συμψηφισμού στον αγωγό σύνδεσης Οροπεδίου Λασιθίου και Φράγματος Αποσελέμη. Ο συνδυασμός των έργων ισοδυναμεί: α) Στην περίπτωση του σεναρίου πώλησης της ΔΕΗ με ετήσια παραγόμενη ενέργεια 5,881,167.43 kWh, με ΚΠΑ στην 20 ετία 4,814,093.28 €, απόσβεση στα 4 έτη και κάλυψη 103.19% των τοπικών ενεργειακών αναγκών. β) Στην περίπτωση του ενεργειακού συμψηφισμού με ετήσια παραγόμενη ενέργεια 7,909,387.42 kWh, με ΚΠΑ στην 20 ετία 9,428,191,65€, απόσβεση στα 3 έτη και κάλυψη 138.78% των τοπικών ενεργειακών αναγκών.

Όσον αφορά στη μέση τιμή των δεικτών κόστους – οφέλους των επιλεγμένων με βάση την οικονομική ανάλυση σεναρίων προκύπτει η τιμή με εύρος 0.10 (ΔΕΗ) - 0.14 (net metering) cents ανά παραγόμενη kWh, η οποία κατατάσσει τα προτεινόμενα έργα σε αυτά με πολύ υψηλή αποδοτικότητα σύμφωνα με την τιμή αναφοράς του 2017 0.85 cents ανά παραγόμενη kWh για την Ευρώπη.

Τέλος, έχοντας εργασθεί πάνω στα αρχικά ερωτήματα που κλήθηκε να απαντήσει η παρούσα έρευνα συμπεραίνουμε ότι:

- Η εγκατάσταση υδροστροβίλων είναι τεχνικά εφικτή σε υδροαρδευτικά δίκτυα. Η ενέργεια μπορεί να δημιουργηθεί αντικαθιστώντας βαλβίδες μείωσης σε κλειστά δίκτυα με συστήματα της Lucid Energy ή συστήματα PAT καθώς και σε έργα καταστροφής ενέργειας ή φρεάτια ηρεμίας να δημιουργηθούν ΜΥΗΕ με παραδοσιακούς υδροστροβίλους.
- Οι εφαρμογές αυτές είναι τεχνικά αποδοτικές με σημαντική ετήσια ενεργειακή παραγωγή, που υπερκαλύπτει τις τοπικές ενεργειακές ανάγκες συλλογής και διανομής νερού, καθώς και με σημαντικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα, δεδομένου ότι αποτελούν παραγωγή ΑΠΕ.
- Στα υδροαδευτικά δίκτυα του ΟΑΚ ΑΕ οικονομικά βιώσιμες λύσεις προκύπτουν από την εγκατάσταση παραδοσιακών μικρών υδροστροβίλων κοντά σε έργα καταστροφής ενέργειας (Αποσελέμη) ή φρεάτια (Πατελάρι). Οι υδροστροβίλοι της Lucid Energy με αρχικό υψηλό κόστος εγκατάστασης

(7000€/kW) για να μπορούν να θεωρηθούν μια οικονομικά βιώσιμη επένδυση θα πρέπει να τοποθετηθούν σε αγωγό με εμφάνιση παροχής σε όλη τη διάρκεια του χρόνου και σε τιμή κοντά στην ονομαστική παροχή λειτουργίας. Μια τέτοια εγκατάσταση θα μπορούσε να είναι σε δίκτυο ύδρευσης, λαμβάνοντας υπόψη ότι ο σχεδιασμός τους δεν παρακωλύει τη λειτουργία του υφιστάμενου δικτύου και ικανοποιώντας τις υπάρχουσες ανάγκες ύδρευσης στο σημείο εφαρμογής.

5.2 Μελλοντική Έρευνα

Η χρήση τεχνολογιών απομακρυσμένων συστημάτων ελέγχου βοηθάει στο να ελαχιστοποιηθεί ο χρόνος απόκρισης σε ένα πρόβλημα, να ελεγχθεί η απόκριση του υδραυλικού συστήματος και έτσι να μειωθεί το συνολικό κόστος ενέργειας. Ο ΟΑΚ ΑΕ διαθέτει ένα ολοκληρωμένο σύστημα SCADA για την συγκέντρωση πληροφοριών, τον εποπτικό έλεγχο, τον τηλεχειρισμό και την ολική εποπτεία 9 αντλιοστασίων, 21 δεξαμενών ύδρευσης-άρδευσης, 2 ποταμών, 2 λιμνών και 5 γεωτρήσεων.

Η κατανάλωση του νερού και ενέργειας αντλιοστασίων προσδιορίζεται από τον ΟΑΚ ΑΕ με μετρήσεις από υδρομετρητές, ώρες λειτουργίας κινητήρων και από δεδομένα που προέρχονται από τους λογαριασμούς της ΔΕΗ. Κάθε μέρος του αντλιοστασίου καταναλώνει ένα συγκεκριμένο μέρος ενέργειας για την προώθηση του νερού. Οι ενεργειακές ροές στα επιλεγόμενα σημεία όπως και οι παροχές νερού θα πρέπει να μετριοούνται σε πραγματικό χρόνο.

Με ένα ολοκληρωμένο σύστημα παρακολούθησης το οποίο να μετρά και να καταγράφει την κατανάλωση / παραγωγή ενέργειας και νερού στα διάφορα τμήματα για τα σενάρια λειτουργίας αντλιοστασίων και υδραυλικού εξοπλισμού, θα είναι δυνατόν να καταγραφεί η πραγματική κατανάλωση ενέργειας και νερού για τα διάφορα τμήματα του αντλιοστασίου, θα μετρά την ηλεκτρική ενέργεια (κατανάλωση-παραγωγή) με την εγκατάσταση ενεργειακών αναλυτών και την παροχή νερού με εγκατάσταση υδρομετρητών σε κρίσιμα σημεία.

Η επέκταση του υπάρχοντος συστήματος SCADA με την υλοποίηση και θέση σε λειτουργία ολοκληρωμένου πληροφοριακού συστήματος ελέγχου και πρόβλεψης διαρροών, σε συνδυασμό με ανάπτυξη έργων παραγωγής ενέργειας (ΜΥΗΕ) από τα δίκτυα του νερού, αναλυτική μέτρηση παραγόμενου νερού εξωτερικού δικτύου ύδρευσης/άρδευσης καθώς και καταγραφή πραγματικής ενεργειακής κατανάλωσης των υδραυλικών υποδομών θα μπορούσε να επιφέρει καλύτερο και αποτελεσματικότερο έλεγχο όλου του υδρο-αρδευτικού έργου του ΟΑΚ ΑΕ, αλλά και γενικότερα των υδροαρδευτικών δικτύων, και συνεπώς μειωμένο κόστος συντήρησης, εξοικονόμηση νερού, εξοικονόμηση/παραγωγή ενέργειας και σημαντική μείωση του συνολικού κόστους διαχείρισης έργων ύδατος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A. Διεθνής Βιβλιογραφία

- Aggidis, G.A., Luchinskaya, E., Rothschild, R., Howard, D.C., 2010. The costs of small-scale hydro power production: Impact on the development of existing potential, *Renewable Energy*, Volume 35 (12), pp. 2632–2638.
- Agugliaro - Manzano, F., Taher, M., Zapata-Sierra, A., Judaidi, A., Montoya, F.G., 2017. An overview of research and energy evolution for small hydropower in Europe, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 75, pp. 476-489.
- Anagnostopoulos, J.S., Papantonis, D.E., 2007. Optimal size of a run -of- river small hydropower plant, *Energy Conversion and Management*, 48 (10), pp. 2663-2670.
- Bradly A., 1999, Cost-Effectiveness Analysis: An assessment of its application in evaluating humanitarian assistance, Australian National University. Available at: <http://ncdsnet.anu.edu.au/pdf/cem/cem99-5.pdf>.
- Carravetta, A., del Giudice, G., Fecarotta, O., Ramos, H.M., 2013. PAT Design Strategy for Energy Recovery in Water Distribution Networks by Electrical Regulation. *Energies* 2013, 6, 411-424.
- Carravetta, A., Giuseppe, G., Fecarotta, O., Ramos, H., 2012. Energy production in water distribution networks: a PAT design strategy, *Water Resour. Manag.* 26 (13) 3947e3959, <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-012-0114-1>.
- Carravetta, A., Giuseppe, G., Fecarotta, O. & Ramos, H., 2012. Energy production in water distribution networks: A PAT design strategy. *Water Resources Management*, 26(13): 3947–3959.
- Chen, J., Yang, H.X., Liu, C.P., Lau, C.P., Lo, M., 2013. A novel vertical axis water turbine for power generation from water pipelines. *Energy* 54 (2013), 184-193.
- Corcora, L., McNabola, A. & Coughlan, P. 2015. Optimization of water distribution networks for combined hydropower energy recovery and leakage reduction. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 142(2): 1–8.
- European Benchmarking Co-operation, 2011. Learning from international best practices; 2010 water and wastewater benchmark.
- Gaius - Obaseki, T., 2010. Hydropower Opportunities in the water industry, *International Journal of Environmental Sciences*, Vol. 1, No 3, pp.392-402.
- HYLO 2010 (Hydropower Converters with very low head differences, Periodic Report Summary, http://cordis.europa.eu/result/rcn/45354_en.html.
- Jain, S., Patel, N., 2014. Investigation of pump running in turbine mode: a review of the state- of- the- art, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, pp. 841-868.
- Mc Nabola, A., P. Coughlan, L. Corcoran, C. Power, A.P. Williams, I. Harris, J. Gallagher & D. Styles, 2013. Energy recovery in the water industry using micro-hydropower: an opportunity to improve sustainability. *Water Policy* 16 (1), 168-183.

- Monteiro, A.J., Bologhnesi, A., Bragalli, C., Baki, S., 2014. Technical Report: Intervention concepts for energy saving, recovery and generation from the urban water system - D45.1.
- Nikolaou, T.G., Christodoulakos, I., Piperidis P.G., and Angelakis. A. N., 2016a. Evolution of Cretan, Greece Aqueducts, 4th IWA International Symposium on Water and Wastewater Technologies in Ancient Civilizations, September 17-19, 2016 Coimbra, Portugal.
- Nikolaou, T.G., Christodoulakos, I., Piperidis, P.G., and Angelakis A.N., 2016b. Evolution of Cretan Aqueducts and Their Potential for Hydroelectric Exploitation, Water, 9, 31; doi:10.3390/w9010031.
- Paish, O., 2002. Small hydro power:technology and current status, Renewable & Sustainable Energy Reviews, 6, pp. 537-556.
- Pouliezios, A., Kanellos, F.D., Papaefthimiou, S., Katsigiannis, Y.A., 2016. Energy Management System for Water Distribution Systems: Application to Crete, Engineering and Industry Series Volume Power Systems, Energy Markets and Renewable Energy Sources in South-Eastern Europe, Trivent Publishing, <http://trivent-publishing.eu/>.
- Samora, I., Hasmatuchi, V., Munch – Alligne, C., Franca, M.J., Schleiss, A.J., Ramos, H.M., 2016. Experimental characterization of five blade tubular propeller turbine for pipe line installation, Renewable Energy 95, pp. 356-366.
- U.S. Department of Energy, 2014. The Water-Energy Nexus: Challenges and Opportunities, JUNE 2014.
- UKWIR and GWRC, 2010. Energy Efficiency in the Water Industry: Compendium of Best Practices and Case Studies. Global Report. UKWIR Report Ref No 10/CL/11/3.
- Vardoulakis E., Nikolaou T., Piperidis P., Kopasis L., Bazdanis G., 2016. Systems and Methods for Optimal Management and Energy Saving at Water Supply and Irrigation Infrastructure of the O.A.K. S.A, 2nd EWaS International Conference, 1- 4 June, 2016 - Chania, Crete, Greece, Book of Proceedings ID122.
- Williams, A., 1996. Pumps as Turbines for Low Cost Micro Hydro Power, World Renewable Energy Congress.
- World Business Council for Sustainable Development, 2009. Water, Energy and Climate Change: A Contribution from the Business Community.
- Xu, Q., Chen, Q., Ma, j., Blanckaert, K., Wan, Z., 2014. Water saving and energy reduction through pressure management in urban water distribution networks. WaterResources Management, 28:3715–3726.

B. Ελληνική Βιβλιογραφία

- Βαρδουλάκη Ε., Καλαϊτζάκης Σ., Χαιδεμενάκης Ε., Χαριτάκης Γ. (2013). Ο.Α.ΔΥ.Κ. – Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, Αξιοποίηση Υδατικού Δυναμικού Δυτικής Κρήτης, άδεια χρήσης νερού υφιστάμενων γεωτρήσεων, πηγών και πηγαδιών.

- Γεωργαλάς, Λ., 2011. Προσέγγιση της σχέσης νερού – ενέργειας στο σύστημα ύδρευση – αποχέτευση, *Ανεμολόγια*, Ιαν- Φεβρ, σελ. 31-35.
- ΔΕΗ, Δ/ση Διαχείρισης Νήσων, Τεχνικά & Οικονομικά στοιχεία του αυτόνομου Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας της Νήσου Κρήτης, Αθήνα 2007.
- Κανακούδης, Β. και Πατέλης, Μ., Δυνατότητες ανάκτησης ενέργειας στα δίκτυα ύδρευσης με χρήση μικρο-τουρμπινών, *DRINKADRIA – 2016 – Chania* - 21.09.2015.
- Νικολάου, Τ., Βαρδουλάκη, Ε., Μπαζδάνης, Γ., Πιπερίδης, Π., 2016. Ανάλυση Κόστους Οφέλους, Πρόγραμμα Καινοτόμες Μεθοδολογίες Διαχείρισης Υδατικών Πόρων για την Προσαρμογή της Κλιματικής Αλλαγής και Διακυβέρνησης της Περιφέρειας Κρήτης – *AQUAMAN, XMX EOX 2015-2016*.
- Νικολάου, Τ., Μαμαγκάκης Ε., 2013. Τεχνική παρουσίαση του έργου: Ενεργειακή αξιοποίηση του Φράγματος Ποταμών Ρεθύμνου - Υβριδικός Σταθμός 50 MW. 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φραγμάτων & Ταμιευτήρων, Αθήνα, 7-8 Νοεμβρίου 2013, Βιβλίο Πρακτικών Συνεδρίου σελ. 119.
- Νικολάου, Τ., Πιπερίδης, Π., Κοπάσης, Λ., Βαρδουλάκη, Ε., Μπαζδάνης, Γ., Συστήματα και Μέθοδοι Βέλτιστης Διαχείρισης και Εξοικονόμησης Ενέργειας στα Υδροαρδευτικά έργα του ΟΑΚ ΑΕ 3^ο Κοινό Συνέδριο ΕΥΕ – ΕΕΔΥΠ – ΕΥΣ - Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων στη Νέα Εποχή, Αθήνα, 10-12 Δεκεμβρίου 2015, Βιβλίο Πρακτικών, Τόμος II, σελ. 567-574.
- Περιφέρεια Κρήτης, Διεύθυνση Δημοσίων Έργων, τμήμα Εγγείων Βελτιώσεων, στοιχεία από υδρολογικό σταθμό πηγής Καλαμιώνα Αγυιάς Χανίων.
- Παπαντώνης Δ., 2001. Η οικονομοτεχνική επιλογή του μεγέθους των υδροστροβίλων σε συνδυασμό με τον βαθμό ενεργειακής αξιοποίησης, Η Εφαρμογή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Αθήνα, 2001.
- Παπαντώνης, Δ. Ε., 1994. Μελέτη και Χάραξη Φυγόκεντρων και Αξονικών Αντλιών Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα, Σημειώσεις του Μαθήματος Υδροδυναμικών Μηχανών II, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ.
- Παπαντώνης, Δ. Ε., 1998. Υδροδυναμικές Εγκαταστάσεις, Εκδόσεις Συμεών.
- Παπαντώνης, Δ. Ε., 2008. Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα, Εκδόσεις Συμεών, ISBN: 9789607888235
- Πουλιέζος Α., Σταυρακάκης, Γ., Παπαευθυμίου, Σ., Κανέλλος, Φ., Σεργάκη, Ε., Σουλιώτης, Ε., Μπλαζάκης, Κ., 2016. Σχεδιασμός ευφυούς συστήματος αειφόρου διαχείρισης υδατικών δικτύων: εφαρμογή στην Κρήτη – *Smart Waters*, Υποέργο 4: Μοντελοποίηση και ευφυής διαχείριση υδατικού δικτύου, Παραδοτέο 3: Μελέτη ενεργειακής αυτονόμησης υδροαρδευτικού δικτύου με χρήση ΑΠΕ.
- ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ ΟΡΟΠΕΔΙΟΥ ΛΑΣΙΘΙΟΥ – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΓΩΓΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ, Κ/Ξ ΣΥΜΒΟΥΛΩΝ ΑΠΟΣΕΛΕΜΗ, ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2010
- Υπ' αρ. οικ. 163 Απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων «Έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος της Κρήτης (ΦΕΚ 570/Β/8.4.2015).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας Ι: Πίνακας υπολογισμού της καμπύλης διάρκειας παροχής πηγής Καλαμιώνα

| Date | Flow(m3/s) | Rank | Percent Exceedent |
|--------|------------|-------|-------------------|
| Mar-73 | 0.54 | 1.00 | 1.04 |
| Apr-73 | 0.54 | 2.00 | 2.08 |
| May-73 | 0.52 | 3.00 | 3.13 |
| Mar-79 | 0.51 | 4.00 | 4.17 |
| Mar-78 | 0.50 | 5.00 | 5.21 |
| Apr-79 | 0.50 | 5.00 | 5.21 |
| Feb-78 | 0.49 | 7.00 | 7.29 |
| Apr-78 | 0.49 | 8.00 | 8.33 |
| Feb-79 | 0.49 | 8.00 | 8.33 |
| May-78 | 0.48 | 10.00 | 10.42 |
| Apr-74 | 0.48 | 11.00 | 11.46 |
| Feb-73 | 0.48 | 12.00 | 12.50 |
| Dec-72 | 0.48 | 13.00 | 13.54 |
| May-79 | 0.47 | 14.00 | 14.58 |
| Jun-73 | 0.47 | 15.00 | 15.63 |
| Jan-79 | 0.47 | 15.00 | 15.63 |
| May-74 | 0.47 | 17.00 | 17.71 |
| Mar-74 | 0.47 | 18.00 | 18.75 |
| Jun-78 | 0.47 | 18.00 | 18.75 |
| Jan-73 | 0.47 | 20.00 | 20.83 |
| Apr-72 | 0.46 | 21.00 | 21.88 |
| Jun-79 | 0.46 | 22.00 | 22.92 |
| Jan-78 | 0.46 | 23.00 | 23.96 |
| Dec-77 | 0.46 | 24.00 | 25.00 |
| Jan-75 | 0.46 | 25.00 | 26.04 |
| Dec-78 | 0.46 | 25.00 | 26.04 |
| Mar-75 | 0.46 | 27.00 | 28.13 |
| Jun-76 | 0.46 | 27.00 | 28.13 |
| Feb-75 | 0.45 | 29.00 | 30.21 |
| May-76 | 0.45 | 30.00 | 31.25 |
| Dec-76 | 0.45 | 30.00 | 31.25 |
| Jan-77 | 0.45 | 30.00 | 31.25 |
| Aug-72 | 0.45 | 33.00 | 34.38 |
| Nov-73 | 0.45 | 33.00 | 34.38 |
| Jul-78 | 0.45 | 35.00 | 36.46 |
| Dec-73 | 0.45 | 36.00 | 37.50 |
| Nov-76 | 0.45 | 36.00 | 37.50 |
| May-72 | 0.45 | 38.00 | 39.58 |
| Jun-74 | 0.45 | 38.00 | 39.58 |
| Nov-77 | 0.45 | 40.00 | 41.67 |
| Nov-78 | 0.45 | 40.00 | 41.67 |

| | | | |
|--------|------|-------|-------|
| Jul-79 | 0.44 | 42.00 | 43.75 |
| Feb-77 | 0.44 | 43.00 | 44.79 |
| Jul-72 | 0.44 | 44.00 | 45.83 |
| Oct-78 | 0.44 | 45.00 | 46.88 |
| Nov-72 | 0.44 | 46.00 | 47.92 |
| Apr-75 | 0.44 | 47.00 | 48.96 |
| Aug-78 | 0.44 | 48.00 | 50.00 |
| Sep-78 | 0.44 | 48.00 | 50.00 |
| Aug-79 | 0.44 | 48.00 | 50.00 |
| Mar-72 | 0.43 | 51.00 | 53.13 |
| Dec-74 | 0.43 | 52.00 | 54.17 |
| Feb-74 | 0.43 | 53.00 | 55.21 |
| Apr-76 | 0.43 | 54.00 | 56.25 |
| Jul-73 | 0.42 | 55.00 | 57.29 |
| Oct-73 | 0.42 | 55.00 | 57.29 |
| Jan-74 | 0.42 | 55.00 | 57.29 |
| Mar-77 | 0.42 | 55.00 | 57.29 |
| Jan-72 | 0.42 | 59.00 | 61.46 |
| Feb-72 | 0.42 | 60.00 | 62.50 |
| Jun-72 | 0.42 | 61.00 | 63.54 |
| Jul-74 | 0.42 | 61.00 | 63.54 |
| Mar-76 | 0.41 | 63.00 | 65.63 |
| Sep-72 | 0.41 | 64.00 | 66.67 |
| May-75 | 0.41 | 64.00 | 66.67 |
| Apr-77 | 0.41 | 66.00 | 68.75 |
| Jan-76 | 0.40 | 67.00 | 69.79 |
| Feb-76 | 0.40 | 67.00 | 69.79 |
| May-77 | 0.40 | 69.00 | 71.88 |
| Jun-77 | 0.39 | 70.00 | 72.92 |
| Aug-73 | 0.39 | 71.00 | 73.96 |
| Oct-77 | 0.39 | 71.00 | 73.96 |
| Jun-75 | 0.39 | 73.00 | 76.04 |
| Jul-76 | 0.39 | 73.00 | 76.04 |
| Aug-74 | 0.39 | 75.00 | 78.13 |
| Dec-75 | 0.39 | 75.00 | 78.13 |
| Sep-71 | 0.38 | 77.00 | 80.21 |
| Oct-72 | 0.38 | 78.00 | 81.25 |
| Aug-76 | 0.38 | 79.00 | 82.29 |
| Sep-73 | 0.38 | 80.00 | 83.33 |
| Dec-71 | 0.37 | 81.00 | 84.38 |
| Jul-77 | 0.37 | 82.00 | 85.42 |
| Jul-75 | 0.37 | 83.00 | 86.46 |
| Oct-76 | 0.37 | 84.00 | 87.50 |
| Sep-75 | 0.37 | 85.00 | 88.54 |
| Sep-76 | 0.37 | 85.00 | 88.54 |

| | | | |
|--------|------|-------|--------|
| Nov-71 | 0.36 | 87.00 | 90.63 |
| Sep-77 | 0.36 | 88.00 | 91.67 |
| Oct-71 | 0.36 | 89.00 | 92.71 |
| Aug-75 | 0.36 | 89.00 | 92.71 |
| Nov-74 | 0.35 | 91.00 | 94.79 |
| Aug-77 | 0.35 | 92.00 | 95.83 |
| Sep-74 | 0.32 | 93.00 | 96.88 |
| Nov-75 | 0.31 | 94.00 | 97.92 |
| Oct-75 | 0.31 | 95.00 | 98.96 |
| Oct-74 | 0.31 | 96.00 | 100.00 |

Πίνακας ΙΙ: Αναλυτικοί υπολογισμοί ετήσιας παραγόμενης ενέργειας (Πατελάρι)

| % days $Q \geq Q_i$ | Q_i (m ³ /s) | Q_T | c | Re | f | k | H | n | Ne (kW) | E (kWh) |
|---------------------|---------------------------|-------|------|------------|------|------|-------|------|---------|-----------|
| 1.04 | 0.54 | 0.54 | 0.85 | 897,265.57 | 0.02 | 7.14 | 10.90 | 0.88 | 51.02 | 4,641.83 |
| 2.08 | 0.54 | 0.54 | 0.84 | 888,988.22 | 0.02 | 7.14 | 10.94 | 0.88 | 50.72 | 4,567.20 |
| 3.13 | 0.52 | 0.52 | 0.81 | 852,567.84 | 0.02 | 7.14 | 11.11 | 0.88 | 49.38 | 4,476.63 |
| 4.17 | 0.51 | 0.51 | 0.79 | 836,013.13 | 0.02 | 7.14 | 11.18 | 0.88 | 48.74 | 4,432.42 |
| 5.21 | 0.50 | 0.50 | 0.79 | 827,735.77 | 0.02 | 7.14 | 11.22 | 0.88 | 48.41 | 0.00 |
| 5.21 | 0.50 | 0.50 | 0.79 | 827,735.77 | 0.02 | 7.14 | 11.22 | 0.88 | 48.41 | 8,786.20 |
| 7.29 | 0.49 | 0.49 | 0.77 | 814,492.00 | 0.02 | 7.14 | 11.27 | 0.88 | 47.88 | 4,362.56 |
| 8.33 | 0.49 | 0.49 | 0.77 | 811,181.05 | 0.02 | 7.14 | 11.29 | 0.88 | 47.74 | 0.00 |
| 8.33 | 0.49 | 0.49 | 0.77 | 811,181.05 | 0.02 | 7.14 | 11.29 | 0.88 | 47.74 | 8,650.05 |
| 10.42 | 0.48 | 0.48 | 0.75 | 794,626.34 | 0.02 | 7.14 | 11.36 | 0.88 | 47.05 | 4,290.48 |
| 11.46 | 0.48 | 0.48 | 0.75 | 792,970.87 | 0.02 | 7.14 | 11.36 | 0.88 | 46.98 | 4,284.11 |
| 12.50 | 0.48 | 0.48 | 0.75 | 791,315.40 | 0.02 | 7.14 | 11.37 | 0.88 | 46.91 | 4,271.31 |
| 13.54 | 0.48 | 0.48 | 0.75 | 786,348.98 | 0.02 | 7.14 | 11.39 | 0.88 | 46.70 | 4,258.47 |
| 14.58 | 0.47 | 0.47 | 0.75 | 784,693.51 | 0.02 | 7.14 | 11.40 | 0.88 | 46.63 | 4,242.28 |
| 15.63 | 0.47 | 0.47 | 0.74 | 778,071.62 | 0.02 | 7.14 | 11.42 | 0.88 | 46.35 | 0.00 |
| 15.63 | 0.47 | 0.47 | 0.74 | 778,071.62 | 0.02 | 7.14 | 11.42 | 0.88 | 46.35 | 8,445.58 |
| 17.71 | 0.47 | 0.47 | 0.74 | 774,760.68 | 0.02 | 7.14 | 11.44 | 0.88 | 46.21 | 4,209.70 |
| 18.75 | 0.47 | 0.47 | 0.73 | 771,449.74 | 0.02 | 7.14 | 11.45 | 0.88 | 46.06 | 0.00 |
| 18.75 | 0.47 | 0.47 | 0.73 | 771,449.74 | 0.02 | 7.14 | 11.45 | 0.88 | 46.06 | 8,399.69 |
| 20.83 | 0.47 | 0.47 | 0.73 | 769,794.27 | 0.02 | 7.14 | 11.46 | 0.88 | 45.99 | 4,193.25 |
| 21.88 | 0.46 | 0.46 | 0.73 | 768,138.79 | 0.02 | 7.14 | 11.46 | 0.88 | 45.92 | 4,176.67 |
| 22.92 | 0.46 | 0.46 | 0.72 | 761,516.91 | 0.02 | 7.14 | 11.49 | 0.88 | 45.63 | 4,160.05 |
| 23.96 | 0.46 | 0.46 | 0.72 | 759,861.44 | 0.02 | 7.14 | 11.50 | 0.88 | 45.55 | 4,150.01 |
| 25.00 | 0.46 | 0.46 | 0.72 | 756,550.49 | 0.02 | 7.14 | 11.51 | 0.88 | 45.41 | 4,139.94 |
| 26.04 | 0.46 | 0.46 | 0.72 | 754,895.02 | 0.02 | 7.14 | 11.52 | 0.88 | 45.33 | 0.00 |
| 26.04 | 0.46 | 0.46 | 0.72 | 754,895.02 | 0.02 | 7.14 | 11.52 | 0.88 | 45.33 | 8,266.42 |
| 28.13 | 0.46 | 0.46 | 0.72 | 753,239.55 | 0.02 | 7.14 | 11.52 | 0.88 | 45.26 | 0.00 |
| 28.13 | 0.46 | 0.46 | 0.72 | 753,239.55 | 0.02 | 7.14 | 11.52 | 0.88 | 45.26 | 8,252.92 |
| 30.21 | 0.45 | 0.45 | 0.71 | 751,584.08 | 0.02 | 7.14 | 11.53 | 0.88 | 45.18 | 4,116.30 |
| 31.25 | 0.45 | 0.45 | 0.71 | 748,273.14 | 0.02 | 7.14 | 11.54 | 0.88 | 45.04 | 0.00 |
| 31.25 | 0.45 | 0.45 | 0.71 | 748,273.14 | 0.02 | 7.14 | 11.54 | 0.88 | 45.04 | 0.00 |
| 31.25 | 0.45 | 0.45 | 0.71 | 748,273.14 | 0.02 | 7.14 | 11.54 | 0.88 | 45.04 | 12,308.15 |
| 34.38 | 0.45 | 0.45 | 0.71 | 744,962.19 | 0.02 | 7.14 | 11.55 | 0.88 | 44.89 | 0.00 |
| 34.38 | 0.45 | 0.45 | 0.71 | 744,962.19 | 0.02 | 7.14 | 11.55 | 0.88 | 44.89 | 8,184.98 |
| 36.46 | 0.45 | 0.45 | 0.71 | 743,306.72 | 0.02 | 7.14 | 11.56 | 0.88 | 44.81 | 4,082.22 |
| 37.50 | 0.45 | 0.45 | 0.70 | 739,995.78 | 0.02 | 7.14 | 11.57 | 0.88 | 44.66 | 0.00 |
| 37.50 | 0.45 | 0.45 | 0.70 | 739,995.78 | 0.02 | 7.14 | 11.57 | 0.88 | 44.66 | 8,143.85 |
| 39.58 | 0.45 | 0.45 | 0.70 | 738,340.31 | 0.02 | 7.14 | 11.58 | 0.88 | 44.59 | 0.00 |
| 39.58 | 0.45 | 0.45 | 0.70 | 738,340.31 | 0.02 | 7.14 | 11.58 | 0.88 | 44.59 | 8,130.08 |
| 41.67 | 0.45 | 0.45 | 0.70 | 736,684.84 | 0.02 | 7.14 | 11.59 | 0.88 | 44.51 | 0.00 |
| 41.67 | 0.45 | 0.45 | 0.70 | 736,684.84 | 0.02 | 7.14 | 11.59 | 0.88 | 44.51 | 8,116.28 |
| 43.75 | 0.44 | 0.44 | 0.70 | 735,029.36 | 0.02 | 7.14 | 11.59 | 0.88 | 44.43 | 4,047.76 |
| 44.79 | 0.44 | 0.44 | 0.70 | 731,718.42 | 0.02 | 7.14 | 11.61 | 0.88 | 44.28 | 4,037.35 |
| 45.83 | 0.44 | 0.44 | 0.69 | 730,062.95 | 0.02 | 7.14 | 11.61 | 0.88 | 44.21 | 4,030.39 |

| | | | | | | | | | | |
|-------|------|------|------|------------|------|------|-------|------|-------|-----------|
| 46.88 | 0.44 | 0.44 | 0.69 | 728,407.48 | 0.02 | 7.14 | 11.62 | 0.88 | 44.13 | 4,019.92 |
| 47.92 | 0.44 | 0.44 | 0.69 | 725,096.53 | 0.02 | 7.14 | 11.63 | 0.88 | 43.98 | 4,005.91 |
| 48.96 | 0.44 | 0.44 | 0.69 | 721,785.59 | 0.02 | 7.14 | 11.64 | 0.88 | 43.82 | 3,995.37 |
| 50.00 | 0.44 | 0.44 | 0.68 | 720,130.12 | 0.02 | 7.14 | 11.65 | 0.88 | 43.75 | 0.00 |
| 50.00 | 0.44 | 0.44 | 0.68 | 720,130.12 | 0.02 | 7.14 | 11.65 | 0.88 | 43.75 | 0.00 |
| 50.00 | 0.44 | 0.44 | 0.68 | 720,130.12 | 0.02 | 7.14 | 11.65 | 0.88 | 43.75 | 11,964.96 |
| 53.13 | 0.43 | 0.43 | 0.68 | 718,474.65 | 0.02 | 7.14 | 11.66 | 0.88 | 43.67 | 3,963.47 |
| 54.17 | 0.43 | 0.43 | 0.67 | 708,541.82 | 0.02 | 7.14 | 11.69 | 0.88 | 43.20 | 3,934.98 |
| 55.21 | 0.43 | 0.43 | 0.67 | 705,230.88 | 0.02 | 7.14 | 11.70 | 0.88 | 43.04 | 3,924.23 |
| 56.25 | 0.43 | 0.43 | 0.67 | 703,575.40 | 0.02 | 7.14 | 11.71 | 0.88 | 42.97 | 3,909.81 |
| 57.29 | 0.42 | 0.42 | 0.66 | 698,608.99 | 0.02 | 7.14 | 11.73 | 0.88 | 42.73 | 0.00 |
| 57.29 | 0.42 | 0.42 | 0.66 | 698,608.99 | 0.02 | 7.14 | 11.73 | 0.88 | 42.73 | 0.00 |
| 57.29 | 0.42 | 0.42 | 0.66 | 698,608.99 | 0.02 | 7.14 | 11.73 | 0.88 | 42.73 | 0.00 |
| 57.29 | 0.42 | 0.42 | 0.66 | 698,608.99 | 0.02 | 7.14 | 11.73 | 0.88 | 42.73 | 15,566.94 |
| 61.46 | 0.42 | 0.42 | 0.66 | 695,298.05 | 0.02 | 7.14 | 11.74 | 0.88 | 42.57 | 3,880.85 |
| 62.50 | 0.42 | 0.42 | 0.66 | 693,642.58 | 0.02 | 7.14 | 11.75 | 0.88 | 42.49 | 3,873.57 |
| 63.54 | 0.42 | 0.42 | 0.66 | 691,987.10 | 0.02 | 7.14 | 11.75 | 0.88 | 42.41 | 0.00 |
| 63.54 | 0.42 | 0.42 | 0.66 | 691,987.10 | 0.02 | 7.14 | 11.75 | 0.88 | 42.41 | 7,710.57 |
| 65.63 | 0.41 | 0.41 | 0.65 | 685,365.22 | 0.02 | 7.14 | 11.78 | 0.88 | 42.09 | 3,829.59 |
| 66.67 | 0.41 | 0.41 | 0.65 | 680,398.80 | 0.02 | 7.14 | 11.79 | 0.88 | 41.85 | 0.00 |
| 66.67 | 0.41 | 0.41 | 0.65 | 680,398.80 | 0.02 | 7.14 | 11.79 | 0.88 | 41.85 | 7,592.46 |
| 68.75 | 0.41 | 0.41 | 0.64 | 670,465.97 | 0.02 | 7.14 | 11.83 | 0.88 | 41.36 | 3,652.57 |
| 69.79 | 0.40 | 0.40 | 0.63 | 663,844.09 | 0.02 | 7.14 | 11.85 | 0.83 | 38.70 | 0.00 |
| 69.79 | 0.40 | 0.40 | 0.63 | 663,844.09 | 0.02 | 7.14 | 11.85 | 0.83 | 38.70 | 7,055.31 |
| 71.88 | 0.40 | 0.40 | 0.63 | 662,188.62 | 0.02 | 7.14 | 11.86 | 0.83 | 38.62 | 3,495.45 |
| 72.92 | 0.39 | 0.39 | 0.62 | 648,944.84 | 0.02 | 7.14 | 11.90 | 0.83 | 37.99 | 3,459.56 |
| 73.96 | 0.39 | 0.39 | 0.61 | 645,633.90 | 0.02 | 7.14 | 11.91 | 0.83 | 37.83 | 0.00 |
| 73.96 | 0.39 | 0.39 | 0.61 | 645,633.90 | 0.02 | 7.14 | 11.91 | 0.83 | 37.83 | 6,890.17 |
| 76.04 | 0.39 | 0.39 | 0.61 | 642,322.96 | 0.02 | 7.14 | 11.93 | 0.83 | 37.67 | 0.00 |
| 76.04 | 0.39 | 0.39 | 0.61 | 642,322.96 | 0.02 | 7.14 | 11.93 | 0.83 | 37.67 | 6,868.40 |
| 78.13 | 0.39 | 0.39 | 0.61 | 640,667.49 | 0.02 | 7.14 | 11.93 | 0.83 | 37.60 | 0.00 |
| 78.13 | 0.39 | 0.39 | 0.61 | 640,667.49 | 0.02 | 7.14 | 11.93 | 0.83 | 37.60 | 6,824.60 |
| 80.21 | 0.38 | 0.38 | 0.60 | 632,390.13 | 0.02 | 7.14 | 11.96 | 0.83 | 37.19 | 3,386.68 |
| 81.25 | 0.38 | 0.38 | 0.60 | 629,079.19 | 0.02 | 7.14 | 11.97 | 0.83 | 37.03 | 3,371.96 |
| 82.29 | 0.38 | 0.38 | 0.59 | 625,768.24 | 0.02 | 7.14 | 11.98 | 0.83 | 36.87 | 3,360.89 |
| 83.33 | 0.38 | 0.38 | 0.59 | 624,112.77 | 0.02 | 7.14 | 11.99 | 0.83 | 36.79 | 3,346.07 |
| 84.38 | 0.37 | 0.37 | 0.59 | 619,146.36 | 0.02 | 7.14 | 12.00 | 0.83 | 36.55 | 3,327.50 |
| 85.42 | 0.37 | 0.37 | 0.59 | 615,835.41 | 0.02 | 7.14 | 12.01 | 0.83 | 36.38 | 3,316.33 |
| 86.46 | 0.37 | 0.37 | 0.58 | 614,179.94 | 0.02 | 7.14 | 12.02 | 0.83 | 36.30 | 3,301.37 |
| 87.50 | 0.37 | 0.37 | 0.58 | 609,213.53 | 0.02 | 7.14 | 12.03 | 0.83 | 36.06 | 3,286.38 |
| 88.54 | 0.37 | 0.37 | 0.58 | 607,558.06 | 0.02 | 7.14 | 12.04 | 0.83 | 35.97 | 0.00 |
| 88.54 | 0.37 | 0.37 | 0.58 | 607,558.06 | 0.02 | 7.14 | 12.04 | 0.83 | 35.97 | 6,519.95 |
| 90.63 | 0.36 | 0.36 | 0.57 | 597,625.23 | 0.02 | 7.14 | 12.07 | 0.83 | 35.48 | 3,233.53 |
| 91.67 | 0.36 | 0.36 | 0.57 | 595,969.75 | 0.02 | 7.14 | 12.07 | 0.83 | 35.39 | 3,218.31 |

| | | | | | | | | | | |
|--------|------|------|------|------------|------|------|-------|------|-------|----------|
| 92.71 | 0.36 | 0.36 | 0.56 | 591,003.34 | 0.02 | 7.14 | 12.09 | 0.83 | 35.14 | 0.00 |
| 92.71 | 0.36 | 0.36 | 0.56 | 591,003.34 | 0.02 | 7.14 | 12.09 | 0.83 | 35.14 | 6,390.83 |
| 94.79 | 0.35 | 0.35 | 0.56 | 586,036.93 | 0.02 | 7.14 | 12.11 | 0.83 | 34.89 | 3,149.23 |
| 95.83 | 0.35 | 0.35 | 0.54 | 571,137.68 | 0.02 | 7.14 | 12.15 | 0.83 | 34.13 | 3,015.77 |
| 96.88 | 0.32 | 0.32 | 0.50 | 529,750.89 | 0.02 | 7.14 | 12.27 | 0.83 | 31.97 | 2,892.85 |
| 97.92 | 0.31 | 0.31 | 0.49 | 519,818.06 | 0.02 | 7.14 | 12.30 | 0.83 | 31.44 | 2,860.57 |
| 98.96 | 0.31 | 0.31 | 0.49 | 516,507.12 | 0.02 | 7.14 | 12.31 | 0.83 | 31.26 | 2,844.35 |
| 100.00 | 0.31 | 0.31 | 0.49 | 513,196.18 | 0.02 | 7.14 | 12.31 | 0.83 | 31.08 | — |

Πίνακας III: Υπολογισμοί καμπύλης διάρκειας παροχών (Αποσελέμη)

| % days $Q \geq Q_i$ | Q_i (m³/s) |
|---------------------------------------|---|
| 0.00 | 16.00 |
| 0.01 | 15.00 |
| 0.01 | 14.00 |
| 0.01 | 13.00 |
| 0.01 | 12.01 |
| 1.24 | 11.00 |
| 1.44 | 10.00 |
| 1.87 | 9.00 |
| 2.04 | 8.00 |
| 2.18 | 7.00 |
| 2.37 | 6.00 |
| 2.56 | 5.00 |
| 2.87 | 4.00 |
| 3.23 | 3.50 |
| 3.69 | 3.00 |
| 4.54 | 2.50 |
| 6.04 | 2.00 |
| 8.14 | 1.50 |
| 11.74 | 1.00 |
| 12.59 | 0.90 |
| 13.28 | 0.80 |
| 14.85 | 0.70 |
| 16.09 | 0.60 |
| 17.82 | 0.50 |
| 20.45 | 0.40 |
| 22.57 | 0.30 |
| 24.26 | 0.25 |
| 25.33 | 0.20 |
| 28.17 | 0.15 |
| 30.90 | 0.10 |
| 33.54 | 0.06 |
| 37.06 | 0.04 |
| 41.13 | 0.02 |
| 43.86 | 0.01 |
| 45.42 | 0.01 |
| 46.44 | 0.00 |
| 100.00 | 0.00 |

Πίνακας IV: Αναλυτικοί υπολογισμοί ετήσιας παραγόμενης ενέργειας (Pelton 2.5 MW)

| % days $Q \geq Q_i$ | Q_i (m ³ /s) | Q T | c | Re | f | k | H | n | Ne (kW) | E (kWh) |
|---------------------|---------------------------|------|------|------------|------|------|--------|------|----------|------------|
| 0.00 | 16.00 | 0.63 | 0.25 | 388,001.14 | 0.02 | 0.28 | 514.89 | 0.89 | 2,809.67 | 2,461.27 |
| 0.01 | 15.00 | 0.63 | 0.25 | 388,001.14 | 0.02 | 0.28 | 514.89 | 0.89 | 2,809.67 | 0.00 |
| 0.01 | 14.00 | 0.63 | 0.25 | 388,001.14 | 0.02 | 0.28 | 514.89 | 0.89 | 2,809.67 | 0.00 |
| 0.01 | 13.00 | 0.63 | 0.25 | 388,001.14 | 0.02 | 0.28 | 514.89 | 0.89 | 2,809.67 | 0.00 |
| 0.01 | 12.01 | 0.63 | 0.25 | 388,001.14 | 0.02 | 0.28 | 514.89 | 0.89 | 2,809.67 | 302,735.79 |
| 1.24 | 11.00 | 0.63 | 0.25 | 388,001.14 | 0.02 | 0.28 | 514.89 | 0.89 | 2,809.67 | 49,225.33 |
| 1.44 | 10.00 | 0.63 | 0.25 | 388,001.14 | 0.02 | 0.28 | 514.89 | 0.89 | 2,809.67 | 105,834.46 |
| 1.87 | 9.00 | 0.63 | 0.25 | 388,001.14 | 0.02 | 0.28 | 514.89 | 0.89 | 2,809.67 | 41,841.53 |
| 2.04 | 8.00 | 0.63 | 0.25 | 388,001.14 | 0.02 | 0.28 | 514.89 | 0.89 | 2,809.67 | 34,457.73 |
| 2.18 | 7.00 | 0.63 | 0.25 | 388,001.14 | 0.02 | 0.28 | 514.89 | 0.89 | 2,809.67 | 46,764.06 |
| 2.37 | 6.00 | 0.63 | 0.25 | 388,001.14 | 0.02 | 0.28 | 514.89 | 0.89 | 2,809.67 | 46,764.06 |
| 2.56 | 5.00 | 0.63 | 0.25 | 388,001.14 | 0.02 | 0.28 | 514.89 | 0.89 | 2,809.67 | 76,299.26 |
| 2.87 | 4.00 | 0.63 | 0.25 | 388,001.14 | 0.02 | 0.28 | 514.89 | 0.89 | 2,809.67 | 88,605.60 |
| 3.23 | 3.50 | 0.63 | 0.25 | 388,001.14 | 0.02 | 0.28 | 514.89 | 0.89 | 2,809.67 | 113,218.26 |
| 3.69 | 3.00 | 0.63 | 0.25 | 388,001.14 | 0.02 | 0.28 | 514.89 | 0.89 | 2,809.67 | 209,207.66 |
| 4.54 | 2.50 | 0.63 | 0.25 | 388,001.14 | 0.02 | 0.28 | 514.89 | 0.89 | 2,809.67 | 369,189.98 |
| 6.04 | 2.00 | 0.63 | 0.25 | 388,001.14 | 0.02 | 0.28 | 514.89 | 0.89 | 2,809.67 | 516,865.97 |
| 8.14 | 1.50 | 0.63 | 0.25 | 388,001.14 | 0.02 | 0.28 | 514.89 | 0.89 | 2,809.67 | 886,055.96 |
| 11.74 | 1.00 | 0.63 | 0.25 | 388,001.14 | 0.02 | 0.28 | 514.89 | 0.89 | 2,809.67 | 209,207.66 |
| 12.59 | 0.90 | 0.63 | 0.25 | 388,001.14 | 0.02 | 0.28 | 514.89 | 0.89 | 2,809.67 | 169,827.39 |
| 13.28 | 0.80 | 0.63 | 0.25 | 388,001.14 | 0.02 | 0.28 | 514.89 | 0.89 | 2,809.67 | 386,418.85 |
| 14.85 | 0.70 | 0.63 | 0.25 | 388,001.14 | 0.02 | 0.28 | 514.89 | 0.89 | 2,809.67 | 297,449.50 |
| 16.09 | 0.60 | 0.60 | 0.24 | 372,481.10 | 0.02 | 0.28 | 514.90 | 0.88 | 2,667.02 | 368,595.14 |
| 17.82 | 0.50 | 0.50 | 0.20 | 310,400.91 | 0.02 | 0.28 | 514.93 | 0.87 | 2,197.39 | 453,308.14 |
| 20.45 | 0.40 | 0.40 | 0.16 | 248,320.73 | 0.02 | 0.28 | 514.95 | 0.86 | 1,737.79 | 278,169.45 |
| 22.57 | 0.30 | 0.30 | 0.12 | 186,240.55 | 0.02 | 0.29 | 514.97 | 0.83 | 1,257.92 | 169,775.08 |
| 24.26 | 0.25 | 0.25 | 0.10 | 155,200.46 | 0.02 | 0.29 | 514.98 | 0.82 | 1,035.65 | 83,578.75 |
| 25.33 | 0.20 | 0.20 | 0.08 | 124,160.37 | 0.02 | 0.29 | 514.99 | 0.74 | 747.70 | 140,141.00 |
| 28.17 | 0.15 | 0.15 | 0.06 | 93,120.27 | 0.02 | 0.29 | 514.99 | 0.50 | 378.91 | 57,389.41 |
| 30.90 | 0.10 | 0.10 | 0.04 | 62,080.18 | 0.02 | 0.29 | 515.00 | 0.20 | 101.04 | 11,683.74 |
| 33.54 | 0.06 | 0.06 | 0.02 | 37,248.11 | 0.02 | 0.29 | 515.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 37.06 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 41.13 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 43.86 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 45.42 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 46.44 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 100.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | — |

Πίνακας V: Αναλυτικοί υπολογισμοί ετήσιας παραγόμενης ενέργειας (Pelton 4.8 MW)

| % days $Q \geq Q_i$ | Q_i (m ³ /s) | Q T | c | Re | f | k | H | n | Ne (kW) | E (kWh) |
|---------------------|---------------------------|------|------|------------|------|------|--------|------|----------|--------------|
| 0.00 | 16.00 | 1.25 | 0.49 | 776,002.28 | 0.02 | 0.27 | 514.57 | 0.80 | 5,047.97 | 4,422.02 |
| 0.01 | 15.00 | 1.25 | 0.49 | 776,002.28 | 0.02 | 0.27 | 514.57 | 0.80 | 5,047.97 | 0.00 |
| 0.01 | 14.00 | 1.25 | 0.49 | 776,002.28 | 0.02 | 0.27 | 514.57 | 0.80 | 5,047.97 | 0.00 |
| 0.01 | 13.00 | 1.25 | 0.49 | 776,002.28 | 0.02 | 0.27 | 514.57 | 0.80 | 5,047.97 | 0.00 |
| 0.01 | 12.01 | 1.25 | 0.49 | 776,002.28 | 0.02 | 0.27 | 514.57 | 0.80 | 5,047.97 | 543,908.64 |
| 1.24 | 11.00 | 1.25 | 0.49 | 776,002.28 | 0.02 | 0.27 | 514.57 | 0.80 | 5,047.97 | 88,440.43 |
| 1.44 | 10.00 | 1.25 | 0.49 | 776,002.28 | 0.02 | 0.27 | 514.57 | 0.80 | 5,047.97 | 190,146.92 |
| 1.87 | 9.00 | 1.25 | 0.49 | 776,002.28 | 0.02 | 0.27 | 514.57 | 0.80 | 5,047.97 | 75,174.37 |
| 2.04 | 8.00 | 1.25 | 0.49 | 776,002.28 | 0.02 | 0.27 | 514.57 | 0.80 | 5,047.97 | 61,908.30 |
| 2.18 | 7.00 | 1.25 | 0.49 | 776,002.28 | 0.02 | 0.27 | 514.57 | 0.80 | 5,047.97 | 84,018.41 |
| 2.37 | 6.00 | 1.25 | 0.49 | 776,002.28 | 0.02 | 0.27 | 514.57 | 0.80 | 5,047.97 | 84,018.41 |
| 2.56 | 5.00 | 1.25 | 0.49 | 776,002.28 | 0.02 | 0.27 | 514.57 | 0.80 | 5,047.97 | 137,082.67 |
| 2.87 | 4.00 | 1.25 | 0.49 | 776,002.28 | 0.02 | 0.27 | 514.57 | 0.80 | 5,047.97 | 159,192.77 |
| 3.23 | 3.50 | 1.25 | 0.49 | 776,002.28 | 0.02 | 0.27 | 514.57 | 0.80 | 5,047.97 | 203,412.99 |
| 3.69 | 3.00 | 1.25 | 0.49 | 776,002.28 | 0.02 | 0.27 | 514.57 | 0.80 | 5,047.97 | 375,871.83 |
| 4.54 | 2.50 | 1.25 | 0.49 | 776,002.28 | 0.02 | 0.27 | 514.57 | 0.80 | 5,047.97 | 663,303.22 |
| 6.04 | 2.00 | 1.25 | 0.49 | 776,002.28 | 0.02 | 0.27 | 514.57 | 0.80 | 5,047.97 | 928,624.51 |
| 8.14 | 1.50 | 1.25 | 0.49 | 776,002.28 | 0.02 | 0.27 | 514.57 | 0.80 | 5,047.97 | 1,464,771.00 |
| 11.74 | 1.00 | 1.00 | 0.39 | 620,801.83 | 0.02 | 0.27 | 514.73 | 0.84 | 4,241.55 | 305,124.64 |
| 12.59 | 0.90 | 0.90 | 0.35 | 558,721.64 | 0.02 | 0.28 | 514.78 | 0.87 | 3,954.12 | 226,955.57 |
| 13.28 | 0.80 | 0.80 | 0.31 | 496,641.46 | 0.02 | 0.28 | 514.82 | 0.88 | 3,555.50 | 460,880.43 |
| 14.85 | 0.70 | 0.70 | 0.28 | 434,561.28 | 0.02 | 0.28 | 514.86 | 0.89 | 3,146.66 | 315,752.37 |
| 16.09 | 0.60 | 0.60 | 0.24 | 372,481.10 | 0.02 | 0.28 | 514.90 | 0.88 | 2,667.02 | 0.00 |
| 17.82 | 0.50 | 0.50 | 0.20 | 310,400.91 | 0.02 | 0.28 | 514.93 | 0.87 | 2,197.39 | 453,308.84 |
| 20.45 | 0.40 | 0.40 | 0.16 | 248,320.73 | 0.02 | 0.28 | 514.96 | 0.86 | 1,737.79 | 278,169.97 |
| 22.57 | 0.30 | 0.30 | 0.12 | 186,240.55 | 0.02 | 0.28 | 514.97 | 0.83 | 1,257.92 | 169,775.37 |
| 24.26 | 0.25 | 0.25 | 0.10 | 155,200.46 | 0.02 | 0.28 | 514.98 | 0.82 | 1,035.66 | 83,578.85 |
| 25.33 | 0.20 | 0.20 | 0.08 | 124,160.37 | 0.02 | 0.28 | 514.99 | 0.74 | 747.70 | 140,141.11 |
| 28.17 | 0.15 | 0.15 | 0.06 | 93,120.27 | 0.02 | 0.28 | 514.99 | 0.50 | 378.91 | 45,307.38 |
| 30.90 | 0.10 | 0.10 | 0.04 | 62,080.18 | 0.02 | 0.28 | 515.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 33.54 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 37.06 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 41.13 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 43.86 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 45.42 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 46.44 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 100.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | — |

Πίνακας VI: Αναλυτικοί υπολογισμοί ετήσιας παραγόμενης ενέργειας (Pelton 10 MW)

| % days $Q \geq Q_i$ | Q_i (m ³ /s) | Q T | c | Re | f | k | H | n | Ne (kW) | E (kWh) |
|---------------------|---------------------------|------|------|--------------|------|------|--------|------|-----------|--------------|
| 0.00 | 16.00 | 2.50 | 0.98 | 1,552,004.57 | 0.02 | 0.27 | 513.31 | 0.80 | 10,071.21 | 8,822.38 |
| 0.01 | 15.00 | 2.50 | 0.98 | 1,552,004.57 | 0.02 | 0.27 | 513.31 | 0.80 | 10,071.21 | 0.00 |
| 0.01 | 14.00 | 2.50 | 0.98 | 1,552,004.57 | 0.02 | 0.27 | 513.31 | 0.80 | 10,071.21 | 0.00 |
| 0.01 | 13.00 | 2.50 | 0.98 | 1,552,004.57 | 0.02 | 0.27 | 513.31 | 0.80 | 10,071.21 | 0.00 |
| 0.01 | 12.01 | 2.50 | 0.98 | 1,552,004.57 | 0.02 | 0.27 | 513.31 | 0.80 | 10,071.21 | 1,085,152.33 |
| 1.24 | 11.00 | 2.50 | 0.98 | 1,552,004.57 | 0.02 | 0.27 | 513.31 | 0.80 | 10,071.21 | 176,447.53 |
| 1.44 | 10.00 | 2.50 | 0.98 | 1,552,004.57 | 0.02 | 0.27 | 513.31 | 0.80 | 10,071.21 | 379,362.20 |
| 1.87 | 9.00 | 2.50 | 0.98 | 1,552,004.57 | 0.02 | 0.27 | 513.31 | 0.80 | 10,071.21 | 149,980.40 |
| 2.04 | 8.00 | 2.50 | 0.98 | 1,552,004.57 | 0.02 | 0.27 | 513.31 | 0.80 | 10,071.21 | 123,513.27 |
| 2.18 | 7.00 | 2.50 | 0.98 | 1,552,004.57 | 0.02 | 0.27 | 513.31 | 0.80 | 10,071.21 | 167,625.16 |
| 2.37 | 6.00 | 2.50 | 0.98 | 1,552,004.57 | 0.02 | 0.27 | 513.31 | 0.80 | 10,071.21 | 167,625.16 |
| 2.56 | 5.00 | 2.50 | 0.98 | 1,552,004.57 | 0.02 | 0.27 | 513.31 | 0.80 | 10,071.21 | 273,493.68 |
| 2.87 | 4.00 | 2.50 | 0.98 | 1,552,004.57 | 0.02 | 0.27 | 513.31 | 0.80 | 10,071.21 | 317,605.56 |
| 3.23 | 3.50 | 2.50 | 0.98 | 1,552,004.57 | 0.02 | 0.27 | 513.31 | 0.80 | 10,071.21 | 405,829.33 |
| 3.69 | 3.00 | 2.50 | 0.98 | 1,552,004.57 | 0.02 | 0.27 | 513.31 | 0.80 | 10,071.21 | 749,902.01 |
| 4.54 | 2.50 | 2.50 | 0.98 | 1,552,004.57 | 0.02 | 0.27 | 513.31 | 0.80 | 10,071.21 | 1,191,647.03 |
| 6.04 | 2.00 | 2.00 | 0.79 | 1,241,603.66 | 0.02 | 0.27 | 513.92 | 0.80 | 8,066.50 | 1,298,931.45 |
| 8.14 | 1.50 | 1.50 | 0.59 | 931,202.74 | 0.02 | 0.27 | 514.39 | 0.80 | 6,055.39 | 0.00 |
| 11.74 | 1.00 | 1.00 | 0.39 | 620,801.83 | 0.02 | 0.27 | 514.73 | 0.84 | 4,241.57 | 305,126.50 |
| 12.59 | 0.90 | 0.90 | 0.35 | 558,721.64 | 0.02 | 0.27 | 514.78 | 0.87 | 3,954.15 | 226,956.94 |
| 13.28 | 0.80 | 0.80 | 0.31 | 496,641.46 | 0.02 | 0.27 | 514.83 | 0.88 | 3,555.51 | 460,882.90 |
| 14.85 | 0.70 | 0.70 | 0.28 | 434,561.28 | 0.02 | 0.27 | 514.87 | 0.89 | 3,146.68 | 315,754.02 |
| 16.09 | 0.60 | 0.60 | 0.24 | 372,481.10 | 0.02 | 0.27 | 514.90 | 0.88 | 2,667.03 | 0.00 |
| 17.82 | 0.50 | 0.50 | 0.00 | 4,591.39 | 0.02 | 0.27 | 514.93 | 0.87 | 2,197.40 | 453,310.15 |
| 20.45 | 0.40 | 0.40 | 0.00 | 3,673.12 | 0.02 | 0.27 | 514.96 | 0.86 | 1,737.79 | 278,170.47 |
| 22.57 | 0.30 | 0.30 | 0.00 | 2,754.84 | 0.02 | 0.27 | 514.98 | 0.83 | 1,257.93 | 169,775.55 |
| 24.26 | 0.25 | 0.25 | 0.00 | 2,295.70 | 0.02 | 0.27 | 514.98 | 0.82 | 1,035.66 | 48,537.08 |
| 25.33 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 28.17 | 0.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 30.90 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 33.54 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 37.06 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 41.13 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 43.86 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 45.42 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 46.44 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 100.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | — |

Πίνακας VII: Αναλυτικοί υπολογισμοί ετήσιας παραγόμενης ενέργειας (Lucid Energy 50kW)

| % days Q>=Qi | Qi (m3/h) | Qi (m3/s) | HeadDrop | ClearHeadDrop (H) | P (kw) | E (kw) |
|--------------|-----------|-----------|----------|-------------------|--------|---------|
| 0.00 | 57600.00 | 16.00 | 3.50 | 511.50 | 53.00 | 46.43 |
| 0.01 | 54000.00 | 15.00 | 3.50 | 511.50 | 53.00 | 0.00 |
| 0.01 | 50400.00 | 14.00 | 3.50 | 511.50 | 53.00 | 0.00 |
| 0.01 | 46800.00 | 13.00 | 3.50 | 511.50 | 53.00 | 0.00 |
| 0.01 | 43236.00 | 12.01 | 3.50 | 511.50 | 53.00 | 5710.64 |
| 1.24 | 39600.00 | 11.00 | 3.50 | 511.50 | 53.00 | 928.56 |
| 1.44 | 36000.00 | 10.00 | 3.50 | 511.50 | 53.00 | 1996.40 |
| 1.87 | 32400.00 | 9.00 | 3.50 | 511.50 | 53.00 | 789.28 |
| 2.04 | 28800.00 | 8.00 | 3.50 | 511.50 | 53.00 | 649.99 |
| 2.18 | 25200.00 | 7.00 | 3.50 | 511.50 | 53.00 | 882.13 |
| 2.37 | 21600.00 | 6.00 | 3.50 | 511.50 | 53.00 | 882.13 |
| 2.56 | 18000.00 | 5.00 | 3.50 | 511.50 | 53.00 | 1439.27 |
| 2.87 | 14400.00 | 4.00 | 3.50 | 511.50 | 53.00 | 1671.41 |
| 3.23 | 12600.00 | 3.50 | 3.50 | 511.50 | 53.00 | 2135.69 |
| 3.69 | 10800.00 | 3.00 | 3.50 | 511.50 | 53.00 | 3313.47 |
| 4.54 | 9000.00 | 2.50 | 3.50 | 511.50 | 36.00 | 3547.80 |
| 6.04 | 7200.00 | 2.00 | 3.50 | 511.50 | 18.00 | 2391.48 |
| 8.14 | 5400.00 | 1.50 | 3.50 | 511.50 | 8.00 | 1734.48 |
| 11.74 | 3600.00 | 1.00 | 3.21 | 511.79 | 3.00 | 204.77 |
| 12.59 | 3240.00 | 0.90 | 2.61 | 512.39 | 2.50 | 136.00 |
| 13.28 | 2880.00 | 0.80 | 2.07 | 512.93 | 2.00 | 206.30 |
| 14.85 | 2520.00 | 0.70 | 1.59 | 513.41 | 1.00 | 81.47 |
| 16.09 | 2160.00 | 0.60 | 1.17 | 513.83 | 0.50 | 37.89 |
| 17.82 | 1800.00 | 0.50 | 0.82 | 514.18 | 0.00 | 0.00 |
| 20.45 | 1440.00 | 0.40 | 0.52 | 514.48 | 0.00 | 0.00 |
| 22.57 | 1080.00 | 0.30 | 0.30 | 514.70 | 0.00 | 0.00 |
| 24.26 | 900.00 | 0.25 | 0.21 | 514.79 | 0.00 | 0.00 |
| 25.33 | 720.00 | 0.20 | 0.13 | 514.87 | 0.00 | 0.00 |
| 28.17 | 540.00 | 0.15 | 0.07 | 514.93 | 0.00 | 0.00 |
| 30.90 | 360.00 | 0.10 | 0.03 | 514.97 | 0.00 | 0.00 |
| 33.54 | 216.00 | 0.06 | 0.01 | 514.99 | 0.00 | 0.00 |
| 37.06 | 144.00 | 0.04 | 0.00 | 515.00 | 0.00 | 0.00 |
| 41.13 | 72.00 | 0.02 | 0.00 | 515.00 | 0.00 | 0.00 |
| 43.86 | 36.00 | 0.01 | 0.00 | 515.00 | 0.00 | 0.00 |
| 45.42 | 18.00 | 0.01 | 0.00 | 515.00 | 0.00 | 0.00 |
| 46.44 | 3.60 | 0.00 | 0.00 | 515.00 | 0.00 | 0.00 |
| 100.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 515.00 | 0.00 | — |

Πίνακας VIII: Υπολογισμοί καμπύλης διάρκειας παροχών (Μυλωνιανά)

| Date | DailyFlow | Mean Daily Flow (m3/s) | Rank | Percent Exceedent |
|-----------------------|-----------|------------------------|-------|-------------------|
| 8/10/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 17/9/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 16/9/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 15/9/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 13/9/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 12/9/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 11/9/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 9/9/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 4/9/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 2/9/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 1/9/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 20/8/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 18/8/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 14/8/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 13/8/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 11/8/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 10/8/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 9/8/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 8/8/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 7/8/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 6/8/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 5/8/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 3/8/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 2/8/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 1/8/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 31/7/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 30/7/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 27/7/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 26/7/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 25/7/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 22/7/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 20/7/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 17/7/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 16/7/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 15/7/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 14/7/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 5/7/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 3/7/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 2/7/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 19/6/2016 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 1/8/2015 12:00:00 πμ | 75552.50 | 0.87 | 1.00 | 0.18 |
| 24/6/2016 12:00:00 πμ | 74729.17 | 0.86 | 42.00 | 7.66 |

| | | | | |
|------------------------|----------|------|-------|-------|
| 29/6/2016 12:00:00 πμ | 74491.67 | 0.86 | 43.00 | 7.85 |
| 17/8/2016 12:00:00 πμ | 74190.83 | 0.86 | 44.00 | 8.03 |
| 8/7/2016 12:00:00 πμ | 74143.33 | 0.86 | 45.00 | 8.21 |
| 19/8/2016 12:00:00 πμ | 73874.17 | 0.86 | 46.00 | 8.39 |
| 1/7/2016 12:00:00 πμ | 73430.83 | 0.85 | 47.00 | 8.58 |
| 26/6/2016 12:00:00 πμ | 73288.33 | 0.85 | 48.00 | 8.76 |
| 6/7/2016 12:00:00 πμ | 73177.50 | 0.85 | 49.00 | 8.94 |
| 7/7/2016 12:00:00 πμ | 73082.50 | 0.85 | 50.00 | 9.12 |
| 8/9/2016 12:00:00 πμ | 73019.17 | 0.85 | 51.00 | 9.31 |
| 9/10/2016 12:00:00 πμ | 72924.17 | 0.84 | 52.00 | 9.49 |
| 23/6/2016 12:00:00 πμ | 72908.33 | 0.84 | 53.00 | 9.67 |
| 21/8/2016 12:00:00 πμ | 72892.50 | 0.84 | 54.00 | 9.85 |
| 25/6/2016 12:00:00 πμ | 72765.83 | 0.84 | 55.00 | 10.04 |
| 16/10/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 7/10/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 19/9/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 18/9/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 14/9/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 10/9/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 6/9/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 3/9/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 23/8/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 12/8/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 4/8/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 29/7/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 28/7/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 24/7/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 23/7/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 21/7/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 19/7/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 13/7/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 12/7/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 11/7/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 10/7/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 22/6/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 21/6/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 20/6/2016 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 30/7/2015 12:00:00 πμ | 72750.00 | 0.84 | 56.00 | 10.22 |
| 16/8/2016 12:00:00 πμ | 72560.00 | 0.84 | 81.00 | 14.78 |
| 29/7/2015 12:00:00 πμ | 72496.67 | 0.84 | 82.00 | 14.96 |
| 27/6/2016 12:00:00 πμ | 72401.67 | 0.84 | 83.00 | 15.15 |
| 9/7/2016 12:00:00 πμ | 72275.00 | 0.84 | 84.00 | 15.33 |
| 28/6/2016 12:00:00 πμ | 72148.33 | 0.84 | 85.00 | 15.51 |
| 14/10/2016 12:00:00 πμ | 72116.67 | 0.83 | 86.00 | 15.69 |
| 4/7/2016 12:00:00 πμ | 71958.33 | 0.83 | 87.00 | 15.88 |

| | | | | |
|------------------------|----------|------|--------|-------|
| 13/10/2016 12:00:00 πμ | 71562.50 | 0.83 | 88.00 | 16.06 |
| 18/7/2016 12:00:00 πμ | 71546.67 | 0.83 | 89.00 | 16.24 |
| 30/6/2016 12:00:00 πμ | 71340.83 | 0.83 | 90.00 | 16.42 |
| 5/9/2016 12:00:00 πμ | 71261.67 | 0.82 | 91.00 | 16.61 |
| 31/7/2015 12:00:00 πμ | 70945.00 | 0.82 | 92.00 | 16.79 |
| 27/7/2015 12:00:00 πμ | 70786.67 | 0.82 | 93.00 | 16.97 |
| 18/6/2016 12:00:00 πμ | 70739.17 | 0.82 | 94.00 | 17.15 |
| 26/7/2015 12:00:00 πμ | 70707.50 | 0.82 | 95.00 | 17.34 |
| 10/9/2015 12:00:00 πμ | 70612.50 | 0.82 | 96.00 | 17.52 |
| 15/10/2016 12:00:00 πμ | 70580.83 | 0.82 | 97.00 | 17.70 |
| 13/7/2015 12:00:00 πμ | 70549.17 | 0.82 | 98.00 | 17.88 |
| 24/7/2015 12:00:00 πμ | 70501.67 | 0.82 | 99.00 | 18.07 |
| 28/7/2015 12:00:00 πμ | 70422.50 | 0.82 | 100.00 | 18.25 |
| 31/8/2016 12:00:00 πμ | 70359.17 | 0.81 | 101.00 | 18.43 |
| 22/8/2016 12:00:00 πμ | 70153.33 | 0.81 | 102.00 | 18.61 |
| 25/7/2015 12:00:00 πμ | 70026.67 | 0.81 | 103.00 | 18.80 |
| 8/9/2015 12:00:00 πμ | 69979.17 | 0.81 | 104.00 | 18.98 |
| 21/7/2015 12:00:00 πμ | 69678.33 | 0.81 | 105.00 | 19.16 |
| 22/7/2015 12:00:00 πμ | 69615.00 | 0.81 | 106.00 | 19.34 |
| 6/10/2016 12:00:00 πμ | 69345.83 | 0.80 | 107.00 | 19.53 |
| 8/8/2015 12:00:00 πμ | 69345.83 | 0.80 | 107.00 | 19.53 |
| 15/8/2016 12:00:00 πμ | 69314.17 | 0.80 | 109.00 | 19.89 |
| 25/8/2016 12:00:00 πμ | 69235.00 | 0.80 | 110.00 | 20.07 |
| 7/9/2016 12:00:00 πμ | 69092.50 | 0.80 | 111.00 | 20.26 |
| 18/7/2015 12:00:00 πμ | 68902.50 | 0.80 | 112.00 | 20.44 |
| 29/8/2016 12:00:00 πμ | 68839.17 | 0.80 | 113.00 | 20.62 |
| 23/10/2016 12:00:00 πμ | 68380.00 | 0.79 | 114.00 | 20.80 |
| 2/8/2015 12:00:00 πμ | 68364.17 | 0.79 | 115.00 | 20.99 |
| 12/10/2016 12:00:00 πμ | 68332.50 | 0.79 | 116.00 | 21.17 |
| 25/5/2016 12:00:00 πμ | 68316.67 | 0.79 | 117.00 | 21.35 |
| 16/7/2015 12:00:00 πμ | 68000.00 | 0.79 | 118.00 | 21.53 |
| 5/10/2016 12:00:00 πμ | 67952.50 | 0.79 | 119.00 | 21.72 |
| 23/7/2015 12:00:00 πμ | 67746.67 | 0.78 | 120.00 | 21.90 |
| 11/8/2015 12:00:00 πμ | 67635.83 | 0.78 | 121.00 | 22.08 |
| 20/7/2015 12:00:00 πμ | 67287.50 | 0.78 | 122.00 | 22.26 |
| 6/8/2015 12:00:00 πμ | 67255.83 | 0.78 | 123.00 | 22.45 |
| 7/7/2015 12:00:00 πμ | 67240.00 | 0.78 | 124.00 | 22.63 |
| 14/7/2015 12:00:00 πμ | 67208.33 | 0.78 | 125.00 | 22.81 |
| 22/10/2016 12:00:00 πμ | 67034.17 | 0.78 | 126.00 | 22.99 |
| 24/8/2016 12:00:00 πμ | 66986.67 | 0.78 | 127.00 | 23.18 |
| 4/10/2016 12:00:00 πμ | 66860.00 | 0.77 | 128.00 | 23.36 |
| 12/9/2015 12:00:00 πμ | 66860.00 | 0.77 | 128.00 | 23.36 |
| 17/6/2016 12:00:00 πμ | 66717.50 | 0.77 | 130.00 | 23.72 |
| 11/9/2015 12:00:00 πμ | 66654.17 | 0.77 | 131.00 | 23.91 |

| | | | | |
|------------------------|----------|------|--------|-------|
| 11/10/2016 12:00:00 πμ | 66511.67 | 0.77 | 132.00 | 24.09 |
| 17/7/2015 12:00:00 πμ | 66464.17 | 0.77 | 133.00 | 24.27 |
| 19/7/2015 12:00:00 πμ | 66258.33 | 0.77 | 134.00 | 24.45 |
| 10/10/2016 12:00:00 πμ | 66210.83 | 0.77 | 135.00 | 24.64 |
| 19/9/2015 12:00:00 πμ | 66147.50 | 0.77 | 136.00 | 24.82 |
| 7/8/2015 12:00:00 πμ | 66115.83 | 0.77 | 137.00 | 25.00 |
| 20/9/2016 12:00:00 πμ | 66084.17 | 0.76 | 138.00 | 25.18 |
| 30/8/2016 12:00:00 πμ | 66068.33 | 0.76 | 139.00 | 25.36 |
| 24/10/2016 12:00:00 πμ | 66020.83 | 0.76 | 140.00 | 25.55 |
| 7/9/2015 12:00:00 πμ | 65862.50 | 0.76 | 141.00 | 25.73 |
| 12/7/2015 12:00:00 πμ | 65830.83 | 0.76 | 142.00 | 25.91 |
| 26/8/2016 12:00:00 πμ | 65815.00 | 0.76 | 143.00 | 26.09 |
| 13/8/2015 12:00:00 πμ | 65799.17 | 0.76 | 144.00 | 26.28 |
| 15/7/2015 12:00:00 πμ | 65767.50 | 0.76 | 145.00 | 26.46 |
| 6/7/2015 12:00:00 πμ | 65751.67 | 0.76 | 146.00 | 26.64 |
| 1/9/2015 12:00:00 πμ | 65672.50 | 0.76 | 147.00 | 26.82 |
| 10/8/2015 12:00:00 πμ | 65656.67 | 0.76 | 148.00 | 27.01 |
| 16/6/2016 12:00:00 πμ | 65387.50 | 0.76 | 149.00 | 27.19 |
| 5/8/2015 12:00:00 πμ | 65355.83 | 0.76 | 150.00 | 27.37 |
| 4/9/2015 12:00:00 πμ | 65324.17 | 0.76 | 151.00 | 27.55 |
| 20/10/2016 12:00:00 πμ | 65260.83 | 0.76 | 152.00 | 27.74 |
| 4/8/2015 12:00:00 πμ | 65213.33 | 0.75 | 153.00 | 27.92 |
| 31/8/2015 12:00:00 πμ | 65118.33 | 0.75 | 154.00 | 28.10 |
| 10/7/2015 12:00:00 πμ | 65086.67 | 0.75 | 155.00 | 28.28 |
| 22/8/2015 12:00:00 πμ | 65055.00 | 0.75 | 156.00 | 28.47 |
| 6/9/2015 12:00:00 πμ | 65039.17 | 0.75 | 157.00 | 28.65 |
| 14/8/2015 12:00:00 πμ | 64817.50 | 0.75 | 158.00 | 28.83 |
| 18/9/2015 12:00:00 πμ | 64706.67 | 0.75 | 159.00 | 29.01 |
| 17/9/2015 12:00:00 πμ | 64564.17 | 0.75 | 160.00 | 29.20 |
| 5/9/2015 12:00:00 πμ | 64215.83 | 0.74 | 161.00 | 29.38 |
| 3/6/2016 12:00:00 πμ | 63962.50 | 0.74 | 162.00 | 29.56 |
| 3/9/2015 12:00:00 πμ | 63962.50 | 0.74 | 162.00 | 29.56 |
| 9/7/2015 12:00:00 πμ | 63930.83 | 0.74 | 164.00 | 29.93 |
| 15/6/2016 12:00:00 πμ | 63851.67 | 0.74 | 165.00 | 30.11 |
| 3/8/2015 12:00:00 πμ | 63756.67 | 0.74 | 166.00 | 30.29 |
| 12/8/2015 12:00:00 πμ | 63740.83 | 0.74 | 167.00 | 30.47 |
| 11/6/2016 12:00:00 πμ | 63725.00 | 0.74 | 168.00 | 30.66 |
| 20/9/2015 12:00:00 πμ | 63677.50 | 0.74 | 169.00 | 30.84 |
| 11/7/2015 12:00:00 πμ | 63645.83 | 0.74 | 170.00 | 31.02 |
| 4/6/2016 12:00:00 πμ | 63582.50 | 0.74 | 171.00 | 31.20 |
| 21/10/2016 12:00:00 πμ | 63455.83 | 0.73 | 172.00 | 31.39 |
| 21/8/2015 12:00:00 πμ | 63424.17 | 0.73 | 173.00 | 31.57 |
| 23/8/2015 12:00:00 πμ | 63345.00 | 0.73 | 174.00 | 31.75 |
| 26/8/2015 12:00:00 πμ | 63313.33 | 0.73 | 175.00 | 31.93 |

| | | | | |
|------------------------|----------|------|--------|-------|
| 9/8/2015 12:00:00 πμ | 63297.50 | 0.73 | 176.00 | 32.12 |
| 14/9/2015 12:00:00 πμ | 63234.17 | 0.73 | 177.00 | 32.30 |
| 1/6/2016 12:00:00 πμ | 63123.33 | 0.73 | 178.00 | 32.48 |
| 28/8/2016 12:00:00 πμ | 63044.17 | 0.73 | 179.00 | 32.66 |
| 5/6/2016 12:00:00 πμ | 62965.00 | 0.73 | 180.00 | 32.85 |
| 25/8/2015 12:00:00 πμ | 62933.33 | 0.73 | 181.00 | 33.03 |
| 17/10/2016 12:00:00 πμ | 62901.67 | 0.73 | 182.00 | 33.21 |
| 29/8/2015 12:00:00 πμ | 62822.50 | 0.73 | 183.00 | 33.39 |
| 6/6/2016 12:00:00 πμ | 62806.67 | 0.73 | 184.00 | 33.58 |
| 27/8/2016 12:00:00 πμ | 62806.67 | 0.73 | 184.00 | 33.58 |
| 30/8/2015 12:00:00 πμ | 62616.67 | 0.72 | 186.00 | 33.94 |
| 30/5/2016 12:00:00 πμ | 62426.67 | 0.72 | 187.00 | 34.12 |
| 7/6/2016 12:00:00 πμ | 62125.83 | 0.72 | 188.00 | 34.31 |
| 18/8/2015 12:00:00 πμ | 62110.00 | 0.72 | 189.00 | 34.49 |
| 20/8/2015 12:00:00 πμ | 62015.00 | 0.72 | 190.00 | 34.67 |
| 9/9/2015 12:00:00 πμ | 61999.17 | 0.72 | 191.00 | 34.85 |
| 21/9/2016 12:00:00 πμ | 61856.67 | 0.72 | 192.00 | 35.04 |
| 13/6/2016 12:00:00 πμ | 61825.00 | 0.72 | 193.00 | 35.22 |
| 28/8/2015 12:00:00 πμ | 61745.83 | 0.71 | 194.00 | 35.40 |
| 27/8/2015 12:00:00 πμ | 61714.17 | 0.71 | 195.00 | 35.58 |
| 9/6/2016 12:00:00 πμ | 61682.50 | 0.71 | 196.00 | 35.77 |
| 31/5/2016 12:00:00 πμ | 61587.50 | 0.71 | 197.00 | 35.95 |
| 19/8/2015 12:00:00 πμ | 61587.50 | 0.71 | 197.00 | 35.95 |
| 14/6/2016 12:00:00 πμ | 61476.67 | 0.71 | 199.00 | 36.31 |
| 2/9/2015 12:00:00 πμ | 61381.67 | 0.71 | 200.00 | 36.50 |
| 28/5/2016 12:00:00 πμ | 61350.00 | 0.71 | 201.00 | 36.68 |
| 19/10/2016 12:00:00 πμ | 61223.33 | 0.71 | 202.00 | 36.86 |
| 2/6/2016 12:00:00 πμ | 61112.50 | 0.71 | 203.00 | 37.04 |
| 28/4/2016 12:00:00 πμ | 60970.00 | 0.71 | 204.00 | 37.23 |
| 25/10/2016 12:00:00 πμ | 60970.00 | 0.71 | 204.00 | 37.23 |
| 13/9/2015 12:00:00 πμ | 60890.83 | 0.70 | 206.00 | 37.59 |
| 27/4/2016 12:00:00 πμ | 60210.00 | 0.70 | 207.00 | 37.77 |
| 8/7/2015 12:00:00 πμ | 60146.67 | 0.70 | 208.00 | 37.96 |
| 8/6/2016 12:00:00 πμ | 60004.17 | 0.69 | 209.00 | 38.14 |
| 24/8/2015 12:00:00 πμ | 59988.33 | 0.69 | 210.00 | 38.32 |
| 27/5/2016 12:00:00 πμ | 59972.50 | 0.69 | 211.00 | 38.50 |
| 10/6/2016 12:00:00 πμ | 59861.67 | 0.69 | 212.00 | 38.69 |
| 26/10/2016 12:00:00 πμ | 59624.17 | 0.69 | 213.00 | 38.87 |
| 18/10/2016 12:00:00 πμ | 59624.17 | 0.69 | 213.00 | 38.87 |
| 24/4/2016 12:00:00 πμ | 59608.33 | 0.69 | 215.00 | 39.23 |
| 16/9/2015 12:00:00 πμ | 59244.17 | 0.69 | 216.00 | 39.42 |
| 12/6/2016 12:00:00 πμ | 58721.67 | 0.68 | 217.00 | 39.60 |
| 22/5/2016 12:00:00 πμ | 58658.33 | 0.68 | 218.00 | 39.78 |
| 21/4/2016 12:00:00 πμ | 58579.17 | 0.68 | 219.00 | 39.96 |

| | | | | |
|------------------------|----------|------|--------|-------|
| 15/9/2015 12:00:00 πμ | 58579.17 | 0.68 | 219.00 | 39.96 |
| 21/5/2016 12:00:00 πμ | 58563.33 | 0.68 | 221.00 | 40.33 |
| 3/10/2016 12:00:00 πμ | 58436.67 | 0.68 | 222.00 | 40.51 |
| 23/4/2016 12:00:00 πμ | 58325.83 | 0.68 | 223.00 | 40.69 |
| 24/5/2016 12:00:00 πμ | 58262.50 | 0.67 | 224.00 | 40.88 |
| 1/10/2016 12:00:00 πμ | 58072.50 | 0.67 | 225.00 | 41.06 |
| 26/5/2016 12:00:00 πμ | 57645.00 | 0.67 | 226.00 | 41.24 |
| 21/9/2015 12:00:00 πμ | 56109.17 | 0.65 | 227.00 | 41.42 |
| 17/8/2015 12:00:00 πμ | 55840.00 | 0.65 | 228.00 | 41.61 |
| 11/10/2015 12:00:00 πμ | 55697.50 | 0.64 | 229.00 | 41.79 |
| 23/5/2016 12:00:00 πμ | 55681.67 | 0.64 | 230.00 | 41.97 |
| 22/9/2016 12:00:00 πμ | 55634.17 | 0.64 | 231.00 | 42.15 |
| 19/10/2015 12:00:00 πμ | 55586.67 | 0.64 | 232.00 | 42.34 |
| 17/10/2015 12:00:00 πμ | 55570.83 | 0.64 | 233.00 | 42.52 |
| 16/10/2015 12:00:00 πμ | 55444.17 | 0.64 | 234.00 | 42.70 |
| 12/10/2015 12:00:00 πμ | 55444.17 | 0.64 | 235.00 | 42.88 |
| 2/10/2016 12:00:00 πμ | 55349.17 | 0.64 | 236.00 | 43.07 |
| 22/4/2016 12:00:00 πμ | 54668.33 | 0.63 | 237.00 | 43.25 |
| 8/10/2015 12:00:00 πμ | 54082.50 | 0.63 | 238.00 | 43.43 |
| 16/8/2015 12:00:00 πμ | 53512.50 | 0.62 | 239.00 | 43.61 |
| 18/10/2015 12:00:00 πμ | 53211.67 | 0.62 | 240.00 | 43.80 |
| 14/10/2015 12:00:00 πμ | 53085.00 | 0.61 | 241.00 | 43.98 |
| 13/5/2016 12:00:00 πμ | 52958.33 | 0.61 | 242.00 | 44.16 |
| 20/4/2016 12:00:00 πμ | 52831.67 | 0.61 | 243.00 | 44.34 |
| 29/4/2016 12:00:00 πμ | 52768.33 | 0.61 | 244.00 | 44.53 |
| 26/9/2016 12:00:00 πμ | 52689.17 | 0.61 | 245.00 | 44.71 |
| 28/9/2016 12:00:00 πμ | 52530.83 | 0.61 | 246.00 | 44.89 |
| 25/4/2016 12:00:00 πμ | 52451.67 | 0.61 | 247.00 | 45.07 |
| 30/4/2016 12:00:00 πμ | 52261.67 | 0.60 | 248.00 | 45.26 |
| 23/9/2016 12:00:00 πμ | 52182.50 | 0.60 | 249.00 | 45.44 |
| 13/10/2015 12:00:00 πμ | 52024.17 | 0.60 | 250.00 | 45.62 |
| 10/10/2015 12:00:00 πμ | 52008.33 | 0.60 | 251.00 | 45.80 |
| 29/9/2016 12:00:00 πμ | 51739.17 | 0.60 | 252.00 | 45.99 |
| 15/8/2015 12:00:00 πμ | 51739.17 | 0.60 | 252.00 | 45.99 |
| 10/5/2016 12:00:00 πμ | 51533.33 | 0.60 | 254.00 | 46.35 |
| 2/5/2016 12:00:00 πμ | 51485.83 | 0.60 | 255.00 | 46.53 |
| 30/9/2016 12:00:00 πμ | 51390.83 | 0.59 | 256.00 | 46.72 |
| 26/4/2016 12:00:00 πμ | 51375.00 | 0.59 | 257.00 | 46.90 |
| 27/10/2016 12:00:00 πμ | 51327.50 | 0.59 | 258.00 | 47.08 |
| 29/5/2016 12:00:00 πμ | 51280.00 | 0.59 | 259.00 | 47.26 |
| 7/10/2015 12:00:00 πμ | 51185.00 | 0.59 | 260.00 | 47.45 |
| 10/4/2016 12:00:00 πμ | 51153.33 | 0.59 | 261.00 | 47.63 |
| 16/4/2016 12:00:00 πμ | 51074.17 | 0.59 | 262.00 | 47.81 |
| 15/10/2015 12:00:00 πμ | 50900.00 | 0.59 | 263.00 | 47.99 |

| | | | | |
|------------------------|----------|------|--------|-------|
| 9/10/2015 12:00:00 πμ | 50852.50 | 0.59 | 264.00 | 48.18 |
| 3/5/2016 12:00:00 πμ | 50773.33 | 0.59 | 265.00 | 48.36 |
| 15/4/2016 12:00:00 πμ | 50773.33 | 0.59 | 265.00 | 48.36 |
| 17/4/2016 12:00:00 πμ | 50710.00 | 0.59 | 267.00 | 48.72 |
| 5/7/2015 12:00:00 πμ | 50409.17 | 0.58 | 268.00 | 48.91 |
| 6/4/2016 12:00:00 πμ | 50393.33 | 0.58 | 269.00 | 49.09 |
| 9/5/2016 12:00:00 πμ | 50377.50 | 0.58 | 270.00 | 49.27 |
| 29/10/2016 12:00:00 πμ | 50345.83 | 0.58 | 271.00 | 49.45 |
| 20/5/2016 12:00:00 πμ | 50187.50 | 0.58 | 272.00 | 49.64 |
| 3/7/2015 12:00:00 πμ | 50187.50 | 0.58 | 272.00 | 49.64 |
| 22/9/2015 12:00:00 πμ | 50092.50 | 0.58 | 274.00 | 50.00 |
| 5/5/2016 12:00:00 πμ | 49443.33 | 0.57 | 275.00 | 50.18 |
| 14/5/2016 12:00:00 πμ | 49269.17 | 0.57 | 276.00 | 50.36 |
| 19/5/2016 12:00:00 πμ | 49126.67 | 0.57 | 277.00 | 50.55 |
| 11/4/2016 12:00:00 πμ | 49063.33 | 0.57 | 278.00 | 50.73 |
| 4/5/2016 12:00:00 πμ | 49031.67 | 0.57 | 279.00 | 50.91 |
| 9/4/2016 12:00:00 πμ | 48936.67 | 0.57 | 280.00 | 51.09 |
| 4/7/2015 12:00:00 πμ | 48936.67 | 0.57 | 281.00 | 51.28 |
| 5/10/2015 12:00:00 πμ | 48841.67 | 0.57 | 282.00 | 51.46 |
| 20/10/2015 12:00:00 πμ | 48825.83 | 0.57 | 283.00 | 51.64 |
| 11/5/2016 12:00:00 πμ | 48667.50 | 0.56 | 284.00 | 51.82 |
| 28/9/2015 12:00:00 πμ | 48604.17 | 0.56 | 285.00 | 52.01 |
| 23/9/2015 12:00:00 πμ | 48572.50 | 0.56 | 286.00 | 52.19 |
| 24/9/2015 12:00:00 πμ | 48572.50 | 0.56 | 287.00 | 52.37 |
| 7/5/2016 12:00:00 πμ | 48430.00 | 0.56 | 288.00 | 52.55 |
| 14/4/2016 12:00:00 πμ | 48382.50 | 0.56 | 289.00 | 52.74 |
| 18/4/2016 12:00:00 πμ | 48255.83 | 0.56 | 290.00 | 52.92 |
| 29/9/2015 12:00:00 πμ | 48160.83 | 0.56 | 291.00 | 53.10 |
| 27/9/2016 12:00:00 πμ | 48113.33 | 0.56 | 292.00 | 53.28 |
| 19/4/2016 12:00:00 πμ | 48018.33 | 0.56 | 293.00 | 53.47 |
| 8/5/2016 12:00:00 πμ | 48002.50 | 0.56 | 294.00 | 53.65 |
| 25/9/2015 12:00:00 πμ | 47733.33 | 0.55 | 295.00 | 53.83 |
| 17/5/2016 12:00:00 πμ | 47321.67 | 0.55 | 296.00 | 54.01 |
| 24/9/2016 12:00:00 πμ | 47290.00 | 0.55 | 297.00 | 54.20 |
| 6/5/2016 12:00:00 πμ | 47195.00 | 0.55 | 298.00 | 54.38 |
| 7/4/2016 12:00:00 πμ | 47163.33 | 0.55 | 299.00 | 54.56 |
| 4/10/2015 12:00:00 πμ | 47163.33 | 0.55 | 299.00 | 54.56 |
| 1/7/2015 12:00:00 πμ | 47052.50 | 0.54 | 301.00 | 54.93 |
| 18/5/2016 12:00:00 πμ | 47020.83 | 0.54 | 302.00 | 55.11 |
| 12/5/2016 12:00:00 πμ | 46830.83 | 0.54 | 303.00 | 55.29 |
| 1/5/2016 12:00:00 πμ | 46799.17 | 0.54 | 304.00 | 55.47 |
| 8/4/2016 12:00:00 πμ | 46767.50 | 0.54 | 305.00 | 55.66 |
| 6/10/2015 12:00:00 πμ | 46625.00 | 0.54 | 306.00 | 55.84 |
| 27/9/2015 12:00:00 πμ | 46387.50 | 0.54 | 307.00 | 56.02 |

| | | | | |
|------------------------|----------|------|--------|-------|
| 12/4/2016 12:00:00 πμ | 46165.83 | 0.53 | 308.00 | 56.20 |
| 30/9/2015 12:00:00 πμ | 46165.83 | 0.53 | 308.00 | 56.20 |
| 3/10/2015 12:00:00 πμ | 46102.50 | 0.53 | 310.00 | 56.57 |
| 2/10/2015 12:00:00 πμ | 46070.83 | 0.53 | 311.00 | 56.75 |
| 21/10/2015 12:00:00 πμ | 45896.67 | 0.53 | 312.00 | 56.93 |
| 3/3/2016 12:00:00 πμ | 45801.67 | 0.53 | 313.00 | 57.12 |
| 25/9/2016 12:00:00 πμ | 45754.17 | 0.53 | 314.00 | 57.30 |
| 26/9/2015 12:00:00 πμ | 45722.50 | 0.53 | 315.00 | 57.48 |
| 28/10/2016 12:00:00 πμ | 45516.67 | 0.53 | 316.00 | 57.66 |
| 13/4/2016 12:00:00 πμ | 45326.67 | 0.52 | 317.00 | 57.85 |
| 7/3/2016 12:00:00 πμ | 44661.67 | 0.52 | 318.00 | 58.03 |
| 15/5/2016 12:00:00 πμ | 44455.83 | 0.51 | 319.00 | 58.21 |
| 16/5/2016 12:00:00 πμ | 44313.33 | 0.51 | 320.00 | 58.39 |
| 3/4/2016 12:00:00 πμ | 44281.67 | 0.51 | 321.00 | 58.58 |
| 11/2/2016 12:00:00 πμ | 44265.83 | 0.51 | 322.00 | 58.76 |
| 11/3/2016 12:00:00 πμ | 44202.50 | 0.51 | 323.00 | 58.94 |
| 22/10/2015 12:00:00 πμ | 43854.17 | 0.51 | 324.00 | 59.12 |
| 4/3/2016 12:00:00 πμ | 43775.00 | 0.51 | 325.00 | 59.31 |
| 10/11/2015 12:00:00 πμ | 43585.00 | 0.50 | 326.00 | 59.49 |
| 5/3/2016 12:00:00 πμ | 43553.33 | 0.50 | 327.00 | 59.67 |
| 2/4/2016 12:00:00 πμ | 43521.67 | 0.50 | 328.00 | 59.85 |
| 1/10/2015 12:00:00 πμ | 43521.67 | 0.50 | 328.00 | 59.85 |
| 5/4/2016 12:00:00 πμ | 43125.83 | 0.50 | 330.00 | 60.22 |
| 4/4/2016 12:00:00 πμ | 42999.17 | 0.50 | 331.00 | 60.40 |
| 6/3/2016 12:00:00 πμ | 42951.67 | 0.50 | 332.00 | 60.58 |
| 22/11/2016 12:00:00 πμ | 42872.50 | 0.50 | 333.00 | 60.77 |
| 31/3/2016 12:00:00 πμ | 42619.17 | 0.49 | 334.00 | 60.95 |
| 30/10/2016 12:00:00 πμ | 42350.00 | 0.49 | 335.00 | 61.13 |
| 1/11/2016 12:00:00 πμ | 42144.17 | 0.49 | 336.00 | 61.31 |
| 9/11/2016 12:00:00 πμ | 41843.33 | 0.48 | 337.00 | 61.50 |
| 8/11/2016 12:00:00 πμ | 41637.50 | 0.48 | 338.00 | 61.68 |
| 2/11/2016 12:00:00 πμ | 41590.00 | 0.48 | 339.00 | 61.86 |
| 30/6/2015 12:00:00 πμ | 41558.33 | 0.48 | 340.00 | 62.04 |
| 6/11/2016 12:00:00 πμ | 41558.33 | 0.48 | 341.00 | 62.23 |
| 27/10/2015 12:00:00 πμ | 41273.33 | 0.48 | 342.00 | 62.41 |
| 3/11/2015 12:00:00 πμ | 41146.67 | 0.48 | 343.00 | 62.59 |
| 28/10/2015 12:00:00 πμ | 41115.00 | 0.48 | 344.00 | 62.77 |
| 12/11/2016 12:00:00 πμ | 41051.67 | 0.48 | 345.00 | 62.96 |
| 30/10/2015 12:00:00 πμ | 40940.83 | 0.47 | 346.00 | 63.14 |
| 10/11/2016 12:00:00 πμ | 40925.00 | 0.47 | 347.00 | 63.32 |
| 25/3/2016 12:00:00 πμ | 40893.33 | 0.47 | 348.00 | 63.50 |
| 12/3/2016 12:00:00 πμ | 40671.67 | 0.47 | 349.00 | 63.69 |
| 1/4/2016 12:00:00 πμ | 40655.83 | 0.47 | 350.00 | 63.87 |
| 7/11/2016 12:00:00 πμ | 40497.50 | 0.47 | 351.00 | 64.05 |

| | | | | |
|------------------------|----------|------|--------|-------|
| 14/11/2016 12:00:00 πμ | 40386.67 | 0.47 | 352.00 | 64.23 |
| 31/10/2015 12:00:00 πμ | 40291.67 | 0.47 | 353.00 | 64.42 |
| 26/11/2016 12:00:00 πμ | 40117.50 | 0.46 | 354.00 | 64.60 |
| 27/11/2016 12:00:00 πμ | 40054.17 | 0.46 | 355.00 | 64.78 |
| 1/11/2015 12:00:00 πμ | 39658.33 | 0.46 | 356.00 | 64.96 |
| 24/11/2016 12:00:00 πμ | 39452.50 | 0.46 | 357.00 | 65.15 |
| 26/6/2015 12:00:00 πμ | 39405.00 | 0.46 | 358.00 | 65.33 |
| 5/11/2016 12:00:00 πμ | 39357.50 | 0.46 | 359.00 | 65.51 |
| 25/11/2016 12:00:00 πμ | 39294.17 | 0.45 | 360.00 | 65.69 |
| 11/11/2016 12:00:00 πμ | 39183.33 | 0.45 | 361.00 | 65.88 |
| 21/6/2015 12:00:00 πμ | 39040.83 | 0.45 | 362.00 | 66.06 |
| 30/3/2016 12:00:00 πμ | 39009.17 | 0.45 | 363.00 | 66.24 |
| 10/2/2016 12:00:00 πμ | 38970.83 | 0.45 | 364.00 | 66.42 |
| 24/3/2016 12:00:00 πμ | 38724.17 | 0.45 | 365.00 | 66.61 |
| 12/2/2016 12:00:00 πμ | 38676.67 | 0.45 | 366.00 | 66.79 |
| 20/6/2015 12:00:00 πμ | 38676.67 | 0.45 | 366.00 | 66.79 |
| 29/10/2015 12:00:00 πμ | 38470.83 | 0.45 | 368.00 | 67.15 |
| 13/3/2016 12:00:00 πμ | 38170.00 | 0.44 | 369.00 | 67.34 |
| 23/10/2015 12:00:00 πμ | 38122.50 | 0.44 | 370.00 | 67.52 |
| 29/11/2016 12:00:00 πμ | 38059.17 | 0.44 | 371.00 | 67.70 |
| 24/10/2015 12:00:00 πμ | 37948.33 | 0.44 | 372.00 | 67.88 |
| 16/11/2016 12:00:00 πμ | 37932.50 | 0.44 | 373.00 | 68.07 |
| 25/10/2015 12:00:00 πμ | 37885.00 | 0.44 | 374.00 | 68.25 |
| 21/11/2016 12:00:00 πμ | 37853.33 | 0.44 | 375.00 | 68.43 |
| 25/6/2015 12:00:00 πμ | 37853.33 | 0.44 | 375.00 | 68.43 |
| 13/11/2016 12:00:00 πμ | 37710.83 | 0.44 | 377.00 | 68.80 |
| 17/11/2016 12:00:00 πμ | 37679.17 | 0.44 | 378.00 | 68.98 |
| 30/11/2015 12:00:00 πμ | 37498.33 | 0.43 | 379.00 | 69.16 |
| 28/3/2016 12:00:00 πμ | 37489.17 | 0.43 | 380.00 | 69.34 |
| 29/11/2015 12:00:00 πμ | 37299.17 | 0.43 | 381.00 | 69.53 |
| 2/7/2015 12:00:00 πμ | 37299.17 | 0.43 | 381.00 | 69.53 |
| 19/11/2016 12:00:00 πμ | 36982.50 | 0.43 | 383.00 | 69.89 |
| 28/11/2015 12:00:00 πμ | 36919.17 | 0.43 | 384.00 | 70.07 |
| 19/6/2015 12:00:00 πμ | 36855.83 | 0.43 | 385.00 | 70.26 |
| 27/11/2015 12:00:00 πμ | 36808.33 | 0.43 | 386.00 | 70.44 |
| 4/11/2016 12:00:00 πμ | 36792.50 | 0.43 | 387.00 | 70.62 |
| 10/3/2016 12:00:00 πμ | 36634.17 | 0.42 | 388.00 | 70.80 |
| 1/6/2015 12:00:00 πμ | 36557.50 | 0.42 | 389.00 | 70.99 |
| 20/11/2016 12:00:00 πμ | 36507.50 | 0.42 | 390.00 | 71.17 |
| 18/11/2016 12:00:00 πμ | 36491.67 | 0.42 | 391.00 | 71.35 |
| 29/3/2016 12:00:00 πμ | 36380.83 | 0.42 | 392.00 | 71.53 |
| 5/6/2015 12:00:00 πμ | 36310.83 | 0.42 | 393.00 | 71.72 |
| 24/6/2015 12:00:00 πμ | 36254.17 | 0.42 | 394.00 | 71.90 |
| 28/11/2016 12:00:00 πμ | 36206.67 | 0.42 | 395.00 | 72.08 |

| | | | | |
|------------------------|----------|------|--------|-------|
| 23/11/2016 12:00:00 πμ | 36016.67 | 0.42 | 396.00 | 72.26 |
| 3/11/2016 12:00:00 πμ | 35905.83 | 0.42 | 397.00 | 72.45 |
| 15/11/2016 12:00:00 πμ | 35826.67 | 0.41 | 398.00 | 72.63 |
| 22/6/2015 12:00:00 πμ | 35700.00 | 0.41 | 399.00 | 72.81 |
| 9/2/2016 12:00:00 πμ | 35354.17 | 0.41 | 400.00 | 72.99 |
| 23/6/2015 12:00:00 πμ | 35193.33 | 0.41 | 401.00 | 73.18 |
| 24/11/2015 12:00:00 πμ | 35161.67 | 0.41 | 402.00 | 73.36 |
| 3/1/2016 12:00:00 πμ | 34980.83 | 0.40 | 403.00 | 73.54 |
| 31/10/2016 12:00:00 πμ | 34908.33 | 0.40 | 404.00 | 73.72 |
| 2/3/2016 12:00:00 πμ | 34845.00 | 0.40 | 405.00 | 73.91 |
| 2/11/2015 12:00:00 πμ | 34829.17 | 0.40 | 406.00 | 74.09 |
| 19/3/2016 12:00:00 πμ | 34734.17 | 0.40 | 407.00 | 74.27 |
| 2/1/2016 12:00:00 πμ | 34680.00 | 0.40 | 408.00 | 74.45 |
| 7/11/2015 12:00:00 πμ | 34259.17 | 0.40 | 409.00 | 74.64 |
| 5/2/2016 12:00:00 πμ | 34150.83 | 0.40 | 410.00 | 74.82 |
| 14/12/2015 12:00:00 πμ | 34135.00 | 0.40 | 411.00 | 75.00 |
| 26/10/2015 12:00:00 πμ | 34005.83 | 0.39 | 412.00 | 75.18 |
| 20/11/2015 12:00:00 πμ | 33990.00 | 0.39 | 413.00 | 75.36 |
| 29/6/2015 12:00:00 πμ | 33974.17 | 0.39 | 414.00 | 75.55 |
| 2/6/2015 12:00:00 πμ | 33834.17 | 0.39 | 415.00 | 75.73 |
| 12/12/2015 12:00:00 πμ | 33714.17 | 0.39 | 416.00 | 75.91 |
| 10/12/2015 12:00:00 πμ | 33695.00 | 0.39 | 417.00 | 76.09 |
| 20/1/2016 12:00:00 πμ | 33691.67 | 0.39 | 418.00 | 76.28 |
| 3/2/2016 12:00:00 πμ | 33660.00 | 0.39 | 419.00 | 76.46 |
| 30/11/2016 12:00:00 πμ | 33451.67 | 0.39 | 420.00 | 76.64 |
| 22/11/2015 12:00:00 πμ | 33388.33 | 0.39 | 421.00 | 76.82 |
| 11/12/2015 12:00:00 πμ | 33255.00 | 0.38 | 422.00 | 77.01 |
| 25/1/2016 12:00:00 πμ | 33216.67 | 0.38 | 423.00 | 77.19 |
| 26/11/2015 12:00:00 πμ | 33087.50 | 0.38 | 424.00 | 77.37 |
| 26/1/2016 12:00:00 πμ | 33045.83 | 0.38 | 425.00 | 77.55 |
| 17/3/2016 12:00:00 πμ | 32960.83 | 0.38 | 426.00 | 77.74 |
| 1/1/2016 12:00:00 πμ | 32890.83 | 0.38 | 427.00 | 77.92 |
| 7/12/2015 12:00:00 πμ | 32871.67 | 0.38 | 428.00 | 78.10 |
| 5/12/2015 12:00:00 πμ | 32805.00 | 0.38 | 429.00 | 78.28 |
| 14/3/2016 12:00:00 πμ | 32786.67 | 0.38 | 430.00 | 78.47 |
| 6/11/2015 12:00:00 πμ | 32770.83 | 0.38 | 431.00 | 78.65 |
| 25/11/2015 12:00:00 πμ | 32755.00 | 0.38 | 432.00 | 78.83 |
| 17/6/2015 12:00:00 πμ | 32739.17 | 0.38 | 433.00 | 79.01 |
| 18/11/2015 12:00:00 πμ | 32612.50 | 0.38 | 434.00 | 79.20 |
| 21/11/2015 12:00:00 πμ | 32580.83 | 0.38 | 435.00 | 79.38 |
| 23/11/2015 12:00:00 πμ | 32549.17 | 0.38 | 436.00 | 79.56 |
| 1/3/2016 12:00:00 πμ | 32542.50 | 0.38 | 437.00 | 79.74 |
| 17/12/2015 12:00:00 πμ | 32507.50 | 0.38 | 438.00 | 79.93 |
| 19/1/2016 12:00:00 πμ | 32393.33 | 0.37 | 439.00 | 80.11 |

| | | | | |
|------------------------|----------|------|--------|-------|
| 8/12/2015 12:00:00 πμ | 32349.17 | 0.37 | 440.00 | 80.29 |
| 7/2/2016 12:00:00 πμ | 32330.00 | 0.37 | 441.00 | 80.47 |
| 19/11/2015 12:00:00 πμ | 32327.50 | 0.37 | 442.00 | 80.66 |
| 13/12/2015 12:00:00 πμ | 32320.83 | 0.37 | 443.00 | 80.84 |
| 4/6/2015 12:00:00 πμ | 32273.33 | 0.37 | 444.00 | 81.02 |
| 18/3/2016 12:00:00 πμ | 32248.33 | 0.37 | 445.00 | 81.20 |
| 6/2/2016 12:00:00 πμ | 32203.33 | 0.37 | 446.00 | 81.39 |
| 3/6/2015 12:00:00 πμ | 32099.17 | 0.37 | 447.00 | 81.57 |
| 7/6/2015 12:00:00 πμ | 32092.50 | 0.37 | 448.00 | 81.75 |
| 18/6/2015 12:00:00 πμ | 31884.17 | 0.37 | 449.00 | 81.93 |
| 15/3/2016 12:00:00 πμ | 31725.83 | 0.37 | 450.00 | 82.12 |
| 6/6/2015 12:00:00 πμ | 31671.67 | 0.37 | 451.00 | 82.30 |
| 31/12/2015 12:00:00 πμ | 31655.83 | 0.37 | 452.00 | 82.48 |
| 16/3/2016 12:00:00 πμ | 31599.17 | 0.37 | 453.00 | 82.66 |
| 13/11/2015 12:00:00 πμ | 31488.33 | 0.36 | 454.00 | 82.85 |
| 14/11/2015 12:00:00 πμ | 31472.50 | 0.36 | 455.00 | 83.03 |
| 2/12/2015 12:00:00 πμ | 31320.00 | 0.36 | 456.00 | 83.21 |
| 9/12/2015 12:00:00 πμ | 31050.83 | 0.36 | 457.00 | 83.39 |
| 28/6/2015 12:00:00 πμ | 31013.33 | 0.36 | 458.00 | 83.58 |
| 1/12/2015 12:00:00 πμ | 30984.17 | 0.36 | 459.00 | 83.76 |
| 17/1/2016 12:00:00 πμ | 30765.83 | 0.36 | 460.00 | 83.94 |
| 12/11/2015 12:00:00 πμ | 30680.83 | 0.36 | 461.00 | 84.12 |
| 13/6/2015 12:00:00 πμ | 30642.50 | 0.35 | 462.00 | 84.31 |
| 6/12/2015 12:00:00 πμ | 30591.67 | 0.35 | 463.00 | 84.49 |
| 4/12/2015 12:00:00 πμ | 30208.33 | 0.35 | 464.00 | 84.67 |
| 28/2/2016 12:00:00 πμ | 30120.00 | 0.35 | 465.00 | 84.85 |
| 27/6/2015 12:00:00 πμ | 30079.17 | 0.35 | 466.00 | 85.04 |
| 17/11/2015 12:00:00 πμ | 30031.67 | 0.35 | 467.00 | 85.22 |
| 18/12/2015 12:00:00 πμ | 29942.50 | 0.35 | 468.00 | 85.40 |
| 20/12/2015 12:00:00 πμ | 29930.00 | 0.35 | 469.00 | 85.58 |
| 25/12/2015 12:00:00 πμ | 29812.50 | 0.35 | 470.00 | 85.77 |
| 15/1/2016 12:00:00 πμ | 29800.00 | 0.34 | 471.00 | 85.95 |
| 12/6/2015 12:00:00 πμ | 29708.33 | 0.34 | 472.00 | 86.13 |
| 16/12/2015 12:00:00 πμ | 29594.17 | 0.34 | 473.00 | 86.31 |
| 19/12/2015 12:00:00 πμ | 29556.67 | 0.34 | 474.00 | 86.50 |
| 8/11/2015 12:00:00 πμ | 29461.67 | 0.34 | 475.00 | 86.68 |
| 16/11/2015 12:00:00 πμ | 29240.00 | 0.34 | 476.00 | 86.86 |
| 4/1/2016 12:00:00 πμ | 29170.00 | 0.34 | 477.00 | 87.04 |
| 24/12/2015 12:00:00 πμ | 29163.33 | 0.34 | 478.00 | 87.23 |
| 29/2/2016 12:00:00 πμ | 29138.33 | 0.34 | 479.00 | 87.41 |
| 16/6/2015 12:00:00 πμ | 29113.33 | 0.34 | 480.00 | 87.59 |
| 31/1/2016 12:00:00 πμ | 28973.33 | 0.34 | 481.00 | 87.77 |
| 8/6/2015 12:00:00 πμ | 28973.33 | 0.34 | 481.00 | 87.77 |
| 8/2/2016 12:00:00 πμ | 28941.67 | 0.33 | 483.00 | 88.14 |

| | | | | |
|------------------------|----------|------|--------|-------|
| 4/2/2016 12:00:00 πμ | 28815.00 | 0.33 | 484.00 | 88.32 |
| 7/1/2016 12:00:00 πμ | 28672.50 | 0.33 | 485.00 | 88.50 |
| 1/2/2016 12:00:00 πμ | 28514.17 | 0.33 | 486.00 | 88.69 |
| 15/6/2015 12:00:00 πμ | 28511.67 | 0.33 | 487.00 | 88.87 |
| 3/12/2015 12:00:00 πμ | 28387.50 | 0.33 | 488.00 | 89.05 |
| 27/2/2016 12:00:00 πμ | 28324.17 | 0.33 | 489.00 | 89.23 |
| 27/1/2016 12:00:00 πμ | 28292.50 | 0.33 | 490.00 | 89.42 |
| 2/2/2016 12:00:00 πμ | 28055.00 | 0.32 | 491.00 | 89.60 |
| 15/11/2015 12:00:00 πμ | 27830.83 | 0.32 | 492.00 | 89.78 |
| 11/11/2015 12:00:00 πμ | 27720.00 | 0.32 | 493.00 | 89.96 |
| 14/6/2015 12:00:00 πμ | 27593.33 | 0.32 | 494.00 | 90.15 |
| 18/1/2016 12:00:00 πμ | 27548.33 | 0.32 | 495.00 | 90.33 |
| 11/6/2015 12:00:00 πμ | 27405.83 | 0.32 | 496.00 | 90.51 |
| 22/2/2016 12:00:00 πμ | 27358.33 | 0.32 | 497.00 | 90.69 |
| 14/1/2016 12:00:00 πμ | 27310.83 | 0.32 | 498.00 | 90.88 |
| 26/2/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 25/2/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 24/2/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 23/2/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 21/2/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 20/2/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 19/2/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 18/2/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 17/2/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 16/2/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 15/2/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 14/2/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 13/2/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 30/1/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 29/1/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 28/1/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 24/1/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 23/1/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 22/1/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 21/1/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 13/1/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 12/1/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 11/1/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 10/1/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 9/1/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 8/1/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 6/1/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 5/1/2016 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 29/12/2015 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |

| | | | | |
|------------------------|----------|------|--------|--------|
| 28/12/2015 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 27/12/2015 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 26/12/2015 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 23/12/2015 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 22/12/2015 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 21/12/2015 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 15/12/2015 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 10/6/2015 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 9/6/2015 12:00:00 πμ | 27200.00 | 0.31 | 499.00 | 91.06 |
| 16/1/2016 12:00:00 πμ | 25572.50 | 0.30 | 537.00 | 97.99 |
| 5/11/2015 12:00:00 πμ | 25503.33 | 0.30 | 538.00 | 98.18 |
| 4/11/2015 12:00:00 πμ | 25202.50 | 0.29 | 539.00 | 98.36 |
| 27/3/2016 12:00:00 πμ | 24474.17 | 0.28 | 540.00 | 98.54 |
| 8/3/2016 12:00:00 πμ | 22732.50 | 0.26 | 541.00 | 98.72 |
| 26/3/2016 12:00:00 πμ | 20927.50 | 0.24 | 542.00 | 98.91 |
| 23/3/2016 12:00:00 πμ | 20056.67 | 0.23 | 543.00 | 99.09 |
| 20/3/2016 12:00:00 πμ | 19755.83 | 0.23 | 544.00 | 99.27 |
| 21/3/2016 12:00:00 πμ | 18362.50 | 0.21 | 545.00 | 99.45 |
| 9/3/2016 12:00:00 πμ | 17982.50 | 0.21 | 546.00 | 99.64 |
| 22/3/2016 12:00:00 πμ | 17555.00 | 0.20 | 547.00 | 99.82 |
| 30/12/2015 12:00:00 πμ | 17200.00 | 0.20 | 548.00 | 100.00 |

| | | | | | | |
|-------|---------|------|------|-------|------|--------|
| 17.70 | 2940.87 | 0.82 | 2.16 | 45.84 | 6.59 | 105.33 |
| 17.88 | 2939.55 | 0.82 | 2.15 | 45.85 | 6.58 | 105.15 |
| 18.07 | 2937.57 | 0.82 | 2.15 | 45.85 | 6.57 | 104.87 |
| 18.25 | 2934.27 | 0.82 | 2.15 | 45.85 | 6.55 | 104.56 |
| 18.43 | 2931.63 | 0.81 | 2.14 | 45.86 | 6.53 | 103.97 |
| 18.61 | 2923.06 | 0.81 | 2.13 | 45.87 | 6.48 | 103.24 |
| 18.80 | 2917.78 | 0.81 | 2.12 | 45.88 | 6.44 | 102.87 |
| 18.98 | 2915.80 | 0.81 | 2.12 | 45.88 | 6.43 | 102.11 |
| 19.16 | 2903.26 | 0.81 | 2.10 | 45.90 | 6.35 | 101.33 |
| 19.34 | 2900.63 | 0.81 | 2.10 | 45.90 | 6.33 | 100.62 |
| 19.53 | 2889.41 | 0.80 | 2.08 | 45.92 | 6.26 | 0.00 |
| 19.53 | 2889.41 | 0.80 | 2.08 | 45.92 | 6.26 | 199.95 |
| 19.89 | 2888.09 | 0.80 | 2.08 | 45.92 | 6.25 | 99.74 |
| 20.07 | 2884.79 | 0.80 | 2.08 | 45.92 | 6.23 | 99.27 |
| 20.26 | 2878.85 | 0.80 | 2.07 | 45.93 | 6.19 | 98.57 |
| 20.44 | 2870.94 | 0.80 | 2.06 | 45.94 | 6.14 | 98.03 |
| 20.62 | 2868.30 | 0.80 | 2.05 | 45.95 | 6.12 | 96.94 |
| 20.80 | 2849.17 | 0.79 | 2.03 | 45.97 | 6.00 | 95.95 |
| 20.99 | 2848.51 | 0.79 | 2.02 | 45.98 | 6.00 | 95.85 |
| 21.17 | 2847.19 | 0.79 | 2.02 | 45.98 | 5.99 | 95.76 |
| 21.35 | 2846.53 | 0.79 | 2.02 | 45.98 | 5.99 | 95.07 |
| 21.53 | 2833.33 | 0.79 | 2.00 | 46.00 | 5.91 | 94.32 |
| 21.72 | 2831.35 | 0.79 | 2.00 | 46.00 | 5.89 | 93.81 |
| 21.90 | 2822.78 | 0.78 | 1.99 | 46.01 | 5.84 | 93.16 |
| 22.08 | 2818.16 | 0.78 | 1.98 | 46.02 | 5.81 | 92.24 |
| 22.26 | 2803.65 | 0.78 | 1.96 | 46.04 | 5.73 | 91.47 |
| 22.45 | 2802.33 | 0.78 | 1.96 | 46.04 | 5.72 | 91.38 |
| 22.63 | 2801.67 | 0.78 | 1.96 | 46.04 | 5.71 | 91.28 |
| 22.81 | 2800.35 | 0.78 | 1.96 | 46.04 | 5.71 | 90.87 |
| 22.99 | 2793.09 | 0.78 | 1.95 | 46.05 | 5.66 | 90.43 |
| 23.18 | 2791.11 | 0.78 | 1.94 | 46.06 | 5.65 | 90.08 |
| 23.36 | 2785.83 | 0.77 | 1.94 | 46.06 | 5.62 | 0.00 |
| 23.36 | 2785.83 | 0.77 | 1.94 | 46.06 | 5.62 | 179.10 |
| 23.72 | 2779.90 | 0.77 | 1.93 | 46.07 | 5.58 | 89.14 |
| 23.91 | 2777.26 | 0.77 | 1.93 | 46.07 | 5.57 | 88.74 |
| 24.09 | 2771.32 | 0.77 | 1.92 | 46.08 | 5.53 | 88.37 |
| 24.27 | 2769.34 | 0.77 | 1.91 | 46.09 | 5.52 | 87.87 |
| 24.45 | 2760.76 | 0.77 | 1.90 | 46.10 | 5.47 | 87.38 |
| 24.64 | 2758.78 | 0.77 | 1.90 | 46.10 | 5.46 | 87.16 |
| 24.82 | 2756.15 | 0.77 | 1.90 | 46.10 | 5.45 | 86.98 |
| 25.00 | 2754.83 | 0.77 | 1.89 | 46.11 | 5.44 | 86.86 |
| 25.18 | 2753.51 | 0.76 | 1.89 | 46.11 | 5.43 | 86.77 |
| 25.36 | 2752.85 | 0.76 | 1.89 | 46.11 | 5.43 | 86.64 |
| 25.55 | 2750.87 | 0.76 | 1.89 | 46.11 | 5.41 | 86.25 |
| 25.73 | 2744.27 | 0.76 | 1.88 | 46.12 | 5.38 | 85.88 |
| 25.91 | 2742.95 | 0.76 | 1.88 | 46.12 | 5.37 | 85.79 |
| 26.09 | 2742.29 | 0.76 | 1.88 | 46.12 | 5.36 | 85.73 |
| 26.28 | 2741.63 | 0.76 | 1.88 | 46.12 | 5.36 | 85.64 |
| 26.46 | 2740.31 | 0.76 | 1.88 | 46.12 | 5.35 | 85.55 |

| | | | | | | |
|-------|---------|------|------|-------|------|--------|
| 26.64 | 2739.65 | 0.76 | 1.87 | 46.13 | 5.35 | 85.37 |
| 26.82 | 2736.35 | 0.76 | 1.87 | 46.13 | 5.33 | 85.19 |
| 27.01 | 2735.69 | 0.76 | 1.87 | 46.13 | 5.33 | 84.64 |
| 27.19 | 2724.48 | 0.76 | 1.85 | 46.15 | 5.26 | 84.07 |
| 27.37 | 2723.16 | 0.76 | 1.85 | 46.15 | 5.26 | 83.95 |
| 27.55 | 2721.84 | 0.76 | 1.85 | 46.15 | 5.25 | 83.77 |
| 27.74 | 2719.20 | 0.76 | 1.85 | 46.15 | 5.23 | 83.56 |
| 27.92 | 2717.22 | 0.75 | 1.84 | 46.16 | 5.22 | 83.30 |
| 28.10 | 2713.26 | 0.75 | 1.84 | 46.16 | 5.20 | 83.06 |
| 28.28 | 2711.94 | 0.75 | 1.84 | 46.16 | 5.19 | 82.94 |
| 28.47 | 2710.63 | 0.75 | 1.84 | 46.16 | 5.18 | 82.85 |
| 28.65 | 2709.97 | 0.75 | 1.83 | 46.17 | 5.18 | 82.41 |
| 28.83 | 2700.73 | 0.75 | 1.82 | 46.18 | 5.13 | 81.79 |
| 29.01 | 2696.11 | 0.75 | 1.82 | 46.18 | 5.10 | 81.32 |
| 29.20 | 2690.17 | 0.75 | 1.81 | 46.19 | 5.07 | 80.42 |
| 29.38 | 2675.66 | 0.74 | 1.79 | 46.21 | 4.99 | 79.32 |
| 29.56 | 2665.10 | 0.74 | 1.77 | 46.23 | 4.93 | 0.00 |
| 29.56 | 2665.10 | 0.74 | 1.77 | 46.23 | 4.93 | 157.60 |
| 29.93 | 2663.78 | 0.74 | 1.77 | 46.23 | 4.93 | 78.60 |
| 30.11 | 2660.49 | 0.74 | 1.77 | 46.23 | 4.91 | 78.29 |
| 30.29 | 2656.53 | 0.74 | 1.76 | 46.24 | 4.89 | 78.09 |
| 30.47 | 2655.87 | 0.74 | 1.76 | 46.24 | 4.88 | 78.03 |
| 30.66 | 2655.21 | 0.74 | 1.76 | 46.24 | 4.88 | 77.92 |
| 30.84 | 2653.23 | 0.74 | 1.76 | 46.24 | 4.87 | 77.77 |
| 31.02 | 2651.91 | 0.74 | 1.76 | 46.24 | 4.86 | 77.60 |
| 31.20 | 2649.27 | 0.74 | 1.75 | 46.25 | 4.85 | 77.27 |
| 31.39 | 2643.99 | 0.73 | 1.75 | 46.25 | 4.82 | 76.98 |
| 31.57 | 2642.67 | 0.73 | 1.75 | 46.25 | 4.81 | 76.79 |
| 31.75 | 2639.38 | 0.73 | 1.74 | 46.26 | 4.79 | 76.59 |
| 31.93 | 2638.06 | 0.73 | 1.74 | 46.26 | 4.79 | 76.50 |
| 32.12 | 2637.40 | 0.73 | 1.74 | 46.26 | 4.78 | 76.36 |
| 32.30 | 2634.76 | 0.73 | 1.74 | 46.26 | 4.77 | 76.06 |
| 32.48 | 2630.14 | 0.73 | 1.73 | 46.27 | 4.75 | 75.72 |
| 32.66 | 2626.84 | 0.73 | 1.72 | 46.28 | 4.73 | 75.44 |
| 32.85 | 2623.54 | 0.73 | 1.72 | 46.28 | 4.71 | 75.25 |
| 33.03 | 2622.22 | 0.73 | 1.72 | 46.28 | 4.70 | 75.14 |
| 33.21 | 2620.90 | 0.73 | 1.72 | 46.28 | 4.70 | 74.94 |
| 33.39 | 2617.60 | 0.73 | 1.71 | 46.29 | 4.68 | 74.78 |
| 33.58 | 2616.94 | 0.73 | 1.71 | 46.29 | 4.68 | 0.00 |
| 33.58 | 2616.94 | 0.73 | 1.71 | 46.29 | 4.68 | 148.84 |
| 33.94 | 2609.03 | 0.72 | 1.70 | 46.30 | 4.63 | 73.76 |
| 34.12 | 2601.11 | 0.72 | 1.69 | 46.31 | 4.59 | 72.92 |
| 34.31 | 2588.58 | 0.72 | 1.68 | 46.32 | 4.53 | 72.37 |
| 34.49 | 2587.92 | 0.72 | 1.67 | 46.33 | 4.53 | 72.18 |
| 34.67 | 2583.96 | 0.72 | 1.67 | 46.33 | 4.51 | 72.00 |
| 34.85 | 2583.30 | 0.72 | 1.67 | 46.33 | 4.50 | 71.73 |
| 35.04 | 2577.36 | 0.72 | 1.66 | 46.34 | 4.47 | 71.43 |
| 35.22 | 2576.04 | 0.72 | 1.66 | 46.34 | 4.47 | 71.25 |
| 35.40 | 2572.74 | 0.71 | 1.66 | 46.34 | 4.45 | 71.06 |

| | | | | | | |
|-------|---------|------|------|-------|------|--------|
| 35.58 | 2571.42 | 0.71 | 1.65 | 46.35 | 4.44 | 70.95 |
| 35.77 | 2570.10 | 0.71 | 1.65 | 46.35 | 4.44 | 70.74 |
| 35.95 | 2566.15 | 0.71 | 1.65 | 46.35 | 4.42 | 0.00 |
| 35.95 | 2566.15 | 0.71 | 1.65 | 46.35 | 4.42 | 140.79 |
| 36.31 | 2561.53 | 0.71 | 1.64 | 46.36 | 4.39 | 70.05 |
| 36.50 | 2557.57 | 0.71 | 1.64 | 46.36 | 4.37 | 69.84 |
| 36.68 | 2556.25 | 0.71 | 1.63 | 46.37 | 4.37 | 69.58 |
| 36.86 | 2550.97 | 0.71 | 1.63 | 46.37 | 4.34 | 69.18 |
| 37.04 | 2546.35 | 0.71 | 1.62 | 46.38 | 4.32 | 68.76 |
| 37.23 | 2540.42 | 0.71 | 1.61 | 46.39 | 4.29 | 0.00 |
| 37.23 | 2540.42 | 0.71 | 1.61 | 46.39 | 4.29 | 136.80 |
| 37.59 | 2537.12 | 0.70 | 1.61 | 46.39 | 4.27 | 67.17 |
| 37.77 | 2508.75 | 0.70 | 1.57 | 46.43 | 4.13 | 65.96 |
| 37.96 | 2506.11 | 0.70 | 1.57 | 46.43 | 4.12 | 65.63 |
| 38.14 | 2500.17 | 0.69 | 1.56 | 46.44 | 4.09 | 65.38 |
| 38.32 | 2499.51 | 0.69 | 1.56 | 46.44 | 4.09 | 65.33 |
| 38.50 | 2498.85 | 0.69 | 1.56 | 46.44 | 4.09 | 65.13 |
| 38.69 | 2494.24 | 0.69 | 1.56 | 46.44 | 4.06 | 64.58 |
| 38.87 | 2484.34 | 0.69 | 1.54 | 46.46 | 4.02 | 0.00 |
| 38.87 | 2484.34 | 0.69 | 1.54 | 46.46 | 4.02 | 128.35 |
| 39.23 | 2483.68 | 0.69 | 1.54 | 46.46 | 4.01 | 63.58 |
| 39.42 | 2468.51 | 0.69 | 1.53 | 46.47 | 3.94 | 62.21 |
| 39.60 | 2446.74 | 0.68 | 1.50 | 46.50 | 3.84 | 61.31 |
| 39.78 | 2444.10 | 0.68 | 1.50 | 46.50 | 3.83 | 61.10 |
| 39.96 | 2440.80 | 0.68 | 1.49 | 46.51 | 3.81 | 0.00 |
| 39.96 | 2440.80 | 0.68 | 1.49 | 46.51 | 3.81 | 121.90 |
| 40.33 | 2440.14 | 0.68 | 1.49 | 46.51 | 3.81 | 60.74 |
| 40.51 | 2434.86 | 0.68 | 1.48 | 46.52 | 3.79 | 60.38 |
| 40.69 | 2430.24 | 0.68 | 1.48 | 46.52 | 3.77 | 60.12 |
| 40.88 | 2427.60 | 0.67 | 1.48 | 46.52 | 3.75 | 59.74 |
| 41.06 | 2419.69 | 0.67 | 1.47 | 46.53 | 3.72 | 58.82 |
| 41.24 | 2401.88 | 0.67 | 1.44 | 46.56 | 3.64 | 55.99 |
| 41.42 | 2337.88 | 0.65 | 1.37 | 46.63 | 3.37 | 53.42 |
| 41.61 | 2326.67 | 0.65 | 1.36 | 46.64 | 3.32 | 52.85 |
| 41.79 | 2320.73 | 0.64 | 1.35 | 46.65 | 3.29 | 52.64 |
| 41.97 | 2320.07 | 0.64 | 1.35 | 46.65 | 3.29 | 52.55 |
| 42.15 | 2318.09 | 0.64 | 1.35 | 46.65 | 3.28 | 52.42 |
| 42.34 | 2316.11 | 0.64 | 1.34 | 46.66 | 3.28 | 52.33 |
| 42.52 | 2315.45 | 0.64 | 1.34 | 46.66 | 3.27 | 52.14 |
| 42.70 | 2310.17 | 0.64 | 1.34 | 46.66 | 3.25 | 51.97 |
| 42.88 | 2310.17 | 0.64 | 1.34 | 46.66 | 3.25 | 51.84 |
| 43.07 | 2306.22 | 0.64 | 1.33 | 46.67 | 3.23 | 50.80 |
| 43.25 | 2277.85 | 0.63 | 1.30 | 46.70 | 3.12 | 49.12 |
| 43.43 | 2253.44 | 0.63 | 1.27 | 46.73 | 3.03 | 47.63 |
| 43.61 | 2229.69 | 0.62 | 1.25 | 46.75 | 2.93 | 46.52 |
| 43.80 | 2217.15 | 0.62 | 1.23 | 46.77 | 2.89 | 45.99 |
| 43.98 | 2211.88 | 0.61 | 1.23 | 46.77 | 2.87 | 45.67 |
| 44.16 | 2206.60 | 0.61 | 1.22 | 46.78 | 2.85 | 45.36 |
| 44.34 | 2201.32 | 0.61 | 1.22 | 46.78 | 2.83 | 45.12 |

| | | | | | | |
|-------|---------|------|------|-------|------|-------|
| 44.53 | 2198.68 | 0.61 | 1.21 | 46.79 | 2.82 | 44.95 |
| 44.71 | 2195.38 | 0.61 | 1.21 | 46.79 | 2.81 | 44.66 |
| 44.89 | 2188.78 | 0.61 | 1.20 | 46.80 | 2.78 | 44.37 |
| 45.07 | 2185.49 | 0.61 | 1.20 | 46.80 | 2.77 | 44.04 |
| 45.26 | 2177.57 | 0.60 | 1.19 | 46.81 | 2.74 | 43.71 |
| 45.44 | 2174.27 | 0.60 | 1.19 | 46.81 | 2.73 | 43.43 |
| 45.62 | 2167.67 | 0.60 | 1.18 | 46.82 | 2.70 | 43.22 |
| 45.80 | 2167.01 | 0.60 | 1.18 | 46.82 | 2.70 | 42.88 |
| 45.99 | 2155.80 | 0.60 | 1.17 | 46.83 | 2.66 | 0.00 |
| 45.99 | 2155.80 | 0.60 | 1.17 | 46.83 | 2.66 | 84.64 |
| 46.35 | 2147.22 | 0.60 | 1.16 | 46.84 | 2.63 | 42.02 |
| 46.53 | 2145.24 | 0.60 | 1.16 | 46.84 | 2.63 | 41.85 |
| 46.72 | 2141.28 | 0.59 | 1.15 | 46.85 | 2.61 | 41.72 |
| 46.90 | 2140.63 | 0.59 | 1.15 | 46.85 | 2.61 | 41.65 |
| 47.08 | 2138.65 | 0.59 | 1.15 | 46.85 | 2.60 | 41.54 |
| 47.26 | 2136.67 | 0.59 | 1.15 | 46.85 | 2.60 | 41.37 |
| 47.45 | 2132.71 | 0.59 | 1.14 | 46.86 | 2.58 | 41.23 |
| 47.63 | 2131.39 | 0.59 | 1.14 | 46.86 | 2.58 | 41.10 |
| 47.81 | 2128.09 | 0.59 | 1.14 | 46.86 | 2.57 | 40.81 |
| 47.99 | 2120.83 | 0.59 | 1.13 | 46.87 | 2.54 | 40.55 |
| 48.18 | 2118.85 | 0.59 | 1.13 | 46.87 | 2.53 | 40.41 |
| 48.36 | 2115.56 | 0.59 | 1.12 | 46.88 | 2.52 | 0.00 |
| 48.36 | 2115.56 | 0.59 | 1.12 | 46.88 | 2.52 | 80.49 |
| 48.72 | 2112.92 | 0.59 | 1.12 | 46.88 | 2.51 | 39.83 |
| 48.91 | 2100.38 | 0.58 | 1.11 | 46.89 | 2.47 | 39.48 |
| 49.09 | 2099.72 | 0.58 | 1.11 | 46.89 | 2.47 | 39.44 |
| 49.27 | 2099.06 | 0.58 | 1.11 | 46.89 | 2.47 | 39.39 |
| 49.45 | 2097.74 | 0.58 | 1.11 | 46.89 | 2.46 | 39.18 |
| 49.64 | 2091.15 | 0.58 | 1.10 | 46.90 | 2.44 | 0.00 |
| 49.64 | 2091.15 | 0.58 | 1.10 | 46.90 | 2.44 | 77.79 |
| 50.00 | 2087.19 | 0.58 | 1.09 | 46.91 | 2.43 | 38.08 |
| 50.18 | 2060.14 | 0.57 | 1.07 | 46.93 | 2.34 | 37.18 |
| 50.36 | 2052.88 | 0.57 | 1.06 | 46.94 | 2.31 | 36.84 |
| 50.55 | 2046.94 | 0.57 | 1.05 | 46.95 | 2.30 | 36.62 |
| 50.73 | 2044.31 | 0.57 | 1.05 | 46.95 | 2.29 | 36.52 |
| 50.91 | 2042.99 | 0.57 | 1.05 | 46.95 | 2.28 | 36.38 |
| 51.09 | 2039.03 | 0.57 | 1.05 | 46.95 | 2.27 | 36.28 |
| 51.28 | 2039.03 | 0.57 | 1.05 | 46.95 | 2.27 | 36.18 |
| 51.46 | 2035.07 | 0.57 | 1.04 | 46.96 | 2.26 | 36.07 |
| 51.64 | 2034.41 | 0.57 | 1.04 | 46.96 | 2.26 | 35.88 |
| 51.82 | 2027.81 | 0.56 | 1.03 | 46.97 | 2.23 | 35.65 |
| 52.01 | 2025.17 | 0.56 | 1.03 | 46.97 | 2.23 | 35.55 |
| 52.19 | 2023.85 | 0.56 | 1.03 | 46.97 | 2.22 | 35.52 |
| 52.37 | 2023.85 | 0.56 | 1.03 | 46.97 | 2.22 | 35.37 |
| 52.55 | 2017.92 | 0.56 | 1.02 | 46.98 | 2.20 | 35.17 |
| 52.74 | 2015.94 | 0.56 | 1.02 | 46.98 | 2.20 | 34.99 |
| 52.92 | 2010.66 | 0.56 | 1.02 | 46.98 | 2.18 | 34.76 |
| 53.10 | 2006.70 | 0.56 | 1.01 | 46.99 | 2.17 | 34.62 |
| 53.28 | 2004.72 | 0.56 | 1.01 | 46.99 | 2.16 | 34.47 |

| | | | | | | |
|-------|---------|------|------|-------|------|-------|
| 53.47 | 2000.76 | 0.56 | 1.01 | 46.99 | 2.15 | 34.36 |
| 53.65 | 2000.10 | 0.56 | 1.01 | 46.99 | 2.15 | 34.07 |
| 53.83 | 1988.89 | 0.55 | 0.99 | 47.01 | 2.11 | 33.39 |
| 54.01 | 1971.74 | 0.55 | 0.98 | 47.02 | 2.06 | 32.94 |
| 54.20 | 1970.42 | 0.55 | 0.98 | 47.02 | 2.06 | 32.82 |
| 54.38 | 1966.46 | 0.55 | 0.97 | 47.03 | 2.05 | 32.69 |
| 54.56 | 1965.14 | 0.55 | 0.97 | 47.03 | 2.04 | 0.00 |
| 54.56 | 1965.14 | 0.55 | 0.97 | 47.03 | 2.04 | 65.11 |
| 54.93 | 1960.52 | 0.54 | 0.97 | 47.03 | 2.03 | 32.42 |
| 55.11 | 1959.20 | 0.54 | 0.97 | 47.03 | 2.03 | 32.20 |
| 55.29 | 1951.28 | 0.54 | 0.96 | 47.04 | 2.00 | 31.98 |
| 55.47 | 1949.97 | 0.54 | 0.96 | 47.04 | 2.00 | 31.92 |
| 55.66 | 1948.65 | 0.54 | 0.96 | 47.04 | 2.00 | 31.75 |
| 55.84 | 1942.71 | 0.54 | 0.95 | 47.05 | 1.98 | 31.39 |
| 56.02 | 1932.81 | 0.54 | 0.94 | 47.06 | 1.95 | 30.95 |
| 56.20 | 1923.58 | 0.53 | 0.93 | 47.07 | 1.92 | 0.00 |
| 56.20 | 1923.58 | 0.53 | 0.93 | 47.07 | 1.92 | 61.37 |
| 56.57 | 1920.94 | 0.53 | 0.93 | 47.07 | 1.92 | 30.59 |
| 56.75 | 1919.62 | 0.53 | 0.93 | 47.07 | 1.91 | 30.40 |
| 56.93 | 1912.36 | 0.53 | 0.92 | 47.08 | 1.89 | 30.15 |
| 57.12 | 1908.40 | 0.53 | 0.92 | 47.08 | 1.88 | 30.02 |
| 57.30 | 1906.42 | 0.53 | 0.91 | 47.09 | 1.88 | 29.94 |
| 57.48 | 1905.10 | 0.53 | 0.91 | 47.09 | 1.87 | 29.73 |
| 57.66 | 1896.53 | 0.53 | 0.91 | 47.09 | 1.85 | 29.36 |
| 57.85 | 1888.61 | 0.52 | 0.90 | 47.10 | 1.83 | 28.59 |
| 58.03 | 1860.90 | 0.52 | 0.87 | 47.13 | 1.75 | 27.82 |
| 58.21 | 1852.33 | 0.51 | 0.86 | 47.14 | 1.73 | 27.51 |
| 58.39 | 1846.39 | 0.51 | 0.86 | 47.14 | 1.71 | 27.36 |
| 58.58 | 1845.07 | 0.51 | 0.86 | 47.14 | 1.71 | 27.32 |
| 58.76 | 1844.41 | 0.51 | 0.86 | 47.14 | 1.71 | 27.25 |
| 58.94 | 1841.77 | 0.51 | 0.85 | 47.15 | 1.70 | 26.90 |
| 59.12 | 1827.26 | 0.51 | 0.84 | 47.16 | 1.66 | 26.53 |
| 59.31 | 1823.96 | 0.51 | 0.84 | 47.16 | 1.66 | 26.30 |
| 59.49 | 1816.04 | 0.50 | 0.83 | 47.17 | 1.64 | 26.12 |
| 59.67 | 1814.72 | 0.50 | 0.83 | 47.17 | 1.63 | 26.06 |
| 59.85 | 1813.40 | 0.50 | 0.83 | 47.17 | 1.63 | 0.00 |
| 59.85 | 1813.40 | 0.50 | 0.83 | 47.17 | 1.63 | 51.41 |
| 60.22 | 1796.91 | 0.50 | 0.81 | 47.19 | 1.59 | 25.27 |
| 60.40 | 1791.63 | 0.50 | 0.81 | 47.19 | 1.57 | 25.13 |
| 60.58 | 1789.65 | 0.50 | 0.81 | 47.19 | 1.57 | 25.03 |
| 60.77 | 1786.35 | 0.50 | 0.80 | 47.20 | 1.56 | 24.76 |
| 60.95 | 1775.80 | 0.49 | 0.79 | 47.21 | 1.54 | 24.34 |
| 61.13 | 1764.58 | 0.49 | 0.79 | 47.21 | 1.51 | 23.96 |
| 61.31 | 1756.01 | 0.49 | 0.78 | 47.22 | 1.49 | 23.56 |
| 61.50 | 1743.47 | 0.48 | 0.77 | 47.23 | 1.46 | 23.17 |
| 61.68 | 1734.90 | 0.48 | 0.76 | 47.24 | 1.44 | 22.97 |
| 61.86 | 1732.92 | 0.48 | 0.76 | 47.24 | 1.43 | 22.91 |
| 62.04 | 1731.60 | 0.48 | 0.76 | 47.24 | 1.43 | 22.89 |
| 62.23 | 1731.60 | 0.48 | 0.76 | 47.24 | 1.43 | 22.67 |

| | | | | | | |
|-------|---------|------|------|-------|------|-------|
| 62.41 | 1719.72 | 0.48 | 0.75 | 47.25 | 1.40 | 22.36 |
| 62.59 | 1714.44 | 0.48 | 0.74 | 47.26 | 1.39 | 22.24 |
| 62.77 | 1713.13 | 0.48 | 0.74 | 47.26 | 1.39 | 22.17 |
| 62.96 | 1710.49 | 0.48 | 0.74 | 47.26 | 1.38 | 22.04 |
| 63.14 | 1705.87 | 0.47 | 0.73 | 47.27 | 1.37 | 21.94 |
| 63.32 | 1705.21 | 0.47 | 0.73 | 47.27 | 1.37 | 21.91 |
| 63.50 | 1703.89 | 0.47 | 0.73 | 47.27 | 1.37 | 21.72 |
| 63.69 | 1694.65 | 0.47 | 0.72 | 47.28 | 1.35 | 21.55 |
| 63.87 | 1693.99 | 0.47 | 0.72 | 47.28 | 1.35 | 21.42 |
| 64.05 | 1687.40 | 0.47 | 0.72 | 47.28 | 1.33 | 21.22 |
| 64.23 | 1682.78 | 0.47 | 0.71 | 47.29 | 1.32 | 21.07 |
| 64.42 | 1678.82 | 0.47 | 0.71 | 47.29 | 1.31 | 20.88 |
| 64.60 | 1671.56 | 0.46 | 0.71 | 47.29 | 1.30 | 20.71 |
| 64.78 | 1668.92 | 0.46 | 0.70 | 47.30 | 1.29 | 20.39 |
| 64.96 | 1652.43 | 0.46 | 0.69 | 47.31 | 1.26 | 19.96 |
| 65.15 | 1643.85 | 0.46 | 0.68 | 47.32 | 1.24 | 19.79 |
| 65.33 | 1641.88 | 0.46 | 0.68 | 47.32 | 1.24 | 19.72 |
| 65.51 | 1639.90 | 0.46 | 0.68 | 47.32 | 1.23 | 19.65 |
| 65.69 | 1637.26 | 0.45 | 0.68 | 47.32 | 1.23 | 19.53 |
| 65.88 | 1632.64 | 0.45 | 0.67 | 47.33 | 1.22 | 19.36 |
| 66.06 | 1626.70 | 0.45 | 0.67 | 47.33 | 1.20 | 19.24 |
| 66.24 | 1625.38 | 0.45 | 0.67 | 47.33 | 1.20 | 19.19 |
| 66.42 | 1623.78 | 0.45 | 0.67 | 47.33 | 1.20 | 19.00 |
| 66.61 | 1613.51 | 0.45 | 0.66 | 47.34 | 1.18 | 18.80 |
| 66.79 | 1611.53 | 0.45 | 0.66 | 47.34 | 1.17 | 0.00 |
| 66.79 | 1611.53 | 0.45 | 0.66 | 47.34 | 1.17 | 37.27 |
| 67.15 | 1602.95 | 0.45 | 0.65 | 47.35 | 1.16 | 18.30 |
| 67.34 | 1590.42 | 0.44 | 0.64 | 47.36 | 1.13 | 18.07 |
| 67.52 | 1588.44 | 0.44 | 0.64 | 47.36 | 1.13 | 18.00 |
| 67.70 | 1585.80 | 0.44 | 0.64 | 47.36 | 1.12 | 17.89 |
| 67.88 | 1581.18 | 0.44 | 0.63 | 47.37 | 1.11 | 17.81 |
| 68.07 | 1580.52 | 0.44 | 0.63 | 47.37 | 1.11 | 17.77 |
| 68.25 | 1578.54 | 0.44 | 0.63 | 47.37 | 1.11 | 17.72 |
| 68.43 | 1577.22 | 0.44 | 0.63 | 47.37 | 1.11 | 0.00 |
| 68.43 | 1577.22 | 0.44 | 0.63 | 47.37 | 1.11 | 35.21 |
| 68.80 | 1571.28 | 0.44 | 0.62 | 47.38 | 1.10 | 17.50 |
| 68.98 | 1569.97 | 0.44 | 0.62 | 47.38 | 1.09 | 17.36 |
| 69.16 | 1562.43 | 0.43 | 0.62 | 47.38 | 1.08 | 17.24 |
| 69.34 | 1562.05 | 0.43 | 0.62 | 47.38 | 1.08 | 17.12 |
| 69.53 | 1554.13 | 0.43 | 0.61 | 47.39 | 1.06 | 0.00 |
| 69.53 | 1554.13 | 0.43 | 0.61 | 47.39 | 1.06 | 33.61 |
| 69.89 | 1540.94 | 0.43 | 0.60 | 47.40 | 1.04 | 16.57 |
| 70.07 | 1538.30 | 0.43 | 0.60 | 47.40 | 1.03 | 16.50 |
| 70.26 | 1535.66 | 0.43 | 0.60 | 47.40 | 1.03 | 16.43 |
| 70.44 | 1533.68 | 0.43 | 0.59 | 47.41 | 1.03 | 16.39 |
| 70.62 | 1533.02 | 0.43 | 0.59 | 47.41 | 1.02 | 16.29 |
| 70.80 | 1526.42 | 0.42 | 0.59 | 47.41 | 1.01 | 16.15 |
| 70.99 | 1523.23 | 0.42 | 0.59 | 47.41 | 1.01 | 16.07 |
| 71.17 | 1521.15 | 0.42 | 0.59 | 47.41 | 1.00 | 16.03 |

| | | | | | | |
|-------|---------|------|------|-------|------|-------|
| 71.35 | 1520.49 | 0.42 | 0.58 | 47.42 | 1.00 | 15.96 |
| 71.53 | 1515.87 | 0.42 | 0.58 | 47.42 | 0.99 | 15.85 |
| 71.72 | 1512.95 | 0.42 | 0.58 | 47.42 | 0.99 | 15.78 |
| 71.90 | 1510.59 | 0.42 | 0.58 | 47.42 | 0.98 | 15.71 |
| 72.08 | 1508.61 | 0.42 | 0.58 | 47.42 | 0.98 | 15.58 |
| 72.26 | 1500.69 | 0.42 | 0.57 | 47.43 | 0.97 | 15.40 |
| 72.45 | 1496.08 | 0.42 | 0.57 | 47.43 | 0.96 | 15.29 |
| 72.63 | 1492.78 | 0.41 | 0.56 | 47.44 | 0.95 | 15.17 |
| 72.81 | 1487.50 | 0.41 | 0.56 | 47.44 | 0.94 | 14.91 |
| 72.99 | 1473.09 | 0.41 | 0.55 | 47.45 | 0.92 | 14.62 |
| 73.18 | 1466.39 | 0.41 | 0.54 | 47.46 | 0.91 | 14.52 |
| 73.36 | 1465.07 | 0.41 | 0.54 | 47.46 | 0.91 | 14.40 |
| 73.54 | 1457.53 | 0.40 | 0.54 | 47.46 | 0.89 | 14.26 |
| 73.72 | 1454.51 | 0.40 | 0.54 | 47.46 | 0.89 | 14.19 |
| 73.91 | 1451.88 | 0.40 | 0.53 | 47.47 | 0.89 | 14.14 |
| 74.09 | 1451.22 | 0.40 | 0.53 | 47.47 | 0.88 | 14.08 |
| 74.27 | 1447.26 | 0.40 | 0.53 | 47.47 | 0.88 | 14.00 |
| 74.45 | 1445.00 | 0.40 | 0.53 | 47.47 | 0.87 | 13.75 |
| 74.64 | 1427.47 | 0.40 | 0.52 | 47.48 | 0.85 | 13.47 |
| 74.82 | 1422.95 | 0.40 | 0.51 | 47.49 | 0.84 | 13.40 |
| 75.00 | 1422.29 | 0.40 | 0.51 | 47.49 | 0.84 | 13.33 |
| 75.18 | 1416.91 | 0.39 | 0.51 | 47.49 | 0.83 | 13.25 |
| 75.36 | 1416.25 | 0.39 | 0.51 | 47.49 | 0.83 | 13.24 |
| 75.55 | 1415.59 | 0.39 | 0.51 | 47.49 | 0.83 | 13.16 |
| 75.73 | 1409.76 | 0.39 | 0.50 | 47.50 | 0.82 | 13.02 |
| 75.91 | 1404.76 | 0.39 | 0.50 | 47.50 | 0.81 | 12.95 |
| 76.09 | 1403.96 | 0.39 | 0.50 | 47.50 | 0.81 | 12.94 |
| 76.28 | 1403.82 | 0.39 | 0.50 | 47.50 | 0.81 | 12.92 |
| 76.46 | 1402.50 | 0.39 | 0.50 | 47.50 | 0.81 | 12.80 |
| 76.64 | 1393.82 | 0.39 | 0.49 | 47.51 | 0.79 | 12.67 |
| 76.82 | 1391.18 | 0.39 | 0.49 | 47.51 | 0.79 | 12.57 |
| 77.01 | 1385.63 | 0.38 | 0.49 | 47.51 | 0.78 | 12.48 |
| 77.19 | 1384.03 | 0.38 | 0.49 | 47.51 | 0.78 | 12.40 |
| 77.37 | 1378.65 | 0.38 | 0.48 | 47.52 | 0.77 | 12.32 |
| 77.55 | 1376.91 | 0.38 | 0.48 | 47.52 | 0.77 | 12.25 |
| 77.74 | 1373.37 | 0.38 | 0.48 | 47.52 | 0.76 | 12.18 |
| 77.92 | 1370.45 | 0.38 | 0.48 | 47.52 | 0.76 | 12.13 |
| 78.10 | 1369.65 | 0.38 | 0.48 | 47.52 | 0.76 | 12.09 |
| 78.28 | 1366.88 | 0.38 | 0.47 | 47.53 | 0.75 | 12.05 |
| 78.47 | 1366.11 | 0.38 | 0.47 | 47.53 | 0.75 | 12.04 |
| 78.65 | 1365.45 | 0.38 | 0.47 | 47.53 | 0.75 | 12.02 |
| 78.83 | 1364.79 | 0.38 | 0.47 | 47.53 | 0.75 | 12.00 |
| 79.01 | 1364.13 | 0.38 | 0.47 | 47.53 | 0.75 | 11.94 |
| 79.20 | 1358.85 | 0.38 | 0.47 | 47.53 | 0.74 | 11.86 |
| 79.38 | 1357.53 | 0.38 | 0.47 | 47.53 | 0.74 | 11.83 |
| 79.56 | 1356.22 | 0.38 | 0.47 | 47.53 | 0.74 | 11.81 |
| 79.74 | 1355.94 | 0.38 | 0.47 | 47.53 | 0.74 | 11.79 |
| 79.93 | 1354.48 | 0.38 | 0.47 | 47.53 | 0.74 | 11.72 |
| 80.11 | 1349.72 | 0.37 | 0.46 | 47.54 | 0.73 | 11.65 |
| 80.29 | 1347.88 | 0.37 | 0.46 | 47.54 | 0.73 | 11.62 |

| | | | | | | |
|-------|---------|------|------|-------|------|-------|
| 80.47 | 1347.08 | 0.37 | 0.46 | 47.54 | 0.73 | 11.61 |
| 80.66 | 1346.98 | 0.37 | 0.46 | 47.54 | 0.73 | 11.60 |
| 80.84 | 1346.70 | 0.37 | 0.46 | 47.54 | 0.73 | 11.58 |
| 81.02 | 1344.72 | 0.37 | 0.46 | 47.54 | 0.72 | 11.54 |
| 81.20 | 1343.68 | 0.37 | 0.46 | 47.54 | 0.72 | 11.51 |
| 81.39 | 1341.81 | 0.37 | 0.46 | 47.54 | 0.72 | 11.44 |
| 81.57 | 1337.47 | 0.37 | 0.45 | 47.55 | 0.71 | 11.39 |
| 81.75 | 1337.19 | 0.37 | 0.45 | 47.55 | 0.71 | 11.29 |
| 81.93 | 1328.51 | 0.37 | 0.45 | 47.55 | 0.70 | 11.12 |
| 82.12 | 1321.91 | 0.37 | 0.44 | 47.56 | 0.69 | 11.03 |
| 82.30 | 1319.65 | 0.37 | 0.44 | 47.56 | 0.69 | 10.99 |
| 82.48 | 1318.99 | 0.37 | 0.44 | 47.56 | 0.69 | 10.96 |
| 82.66 | 1316.63 | 0.37 | 0.44 | 47.56 | 0.68 | 10.89 |
| 82.85 | 1312.01 | 0.36 | 0.44 | 47.56 | 0.68 | 10.83 |
| 83.03 | 1311.35 | 0.36 | 0.44 | 47.56 | 0.68 | 10.75 |
| 83.21 | 1305.00 | 0.36 | 0.43 | 47.57 | 0.67 | 10.57 |
| 83.39 | 1293.78 | 0.36 | 0.42 | 47.58 | 0.65 | 10.43 |
| 83.58 | 1292.22 | 0.36 | 0.42 | 47.58 | 0.65 | 10.41 |
| 83.76 | 1291.01 | 0.36 | 0.42 | 47.58 | 0.65 | 10.30 |
| 83.94 | 1281.91 | 0.36 | 0.42 | 47.58 | 0.64 | 10.17 |
| 84.12 | 1278.37 | 0.36 | 0.41 | 47.59 | 0.63 | 10.12 |
| 84.31 | 1276.77 | 0.35 | 0.41 | 47.59 | 0.63 | 10.08 |
| 84.49 | 1274.65 | 0.35 | 0.41 | 47.59 | 0.63 | 9.90 |
| 84.67 | 1258.68 | 0.35 | 0.40 | 47.60 | 0.61 | 9.70 |
| 84.85 | 1255.00 | 0.35 | 0.40 | 47.60 | 0.60 | 9.65 |
| 85.04 | 1253.30 | 0.35 | 0.40 | 47.60 | 0.60 | 9.61 |
| 85.22 | 1251.32 | 0.35 | 0.40 | 47.60 | 0.60 | 9.55 |
| 85.40 | 1247.60 | 0.35 | 0.40 | 47.60 | 0.60 | 9.51 |
| 85.58 | 1247.08 | 0.35 | 0.39 | 47.61 | 0.59 | 9.46 |
| 85.77 | 1242.19 | 0.35 | 0.39 | 47.61 | 0.59 | 9.41 |
| 85.95 | 1241.67 | 0.34 | 0.39 | 47.61 | 0.59 | 9.37 |
| 86.13 | 1237.85 | 0.34 | 0.39 | 47.61 | 0.58 | 9.28 |
| 86.31 | 1233.09 | 0.34 | 0.39 | 47.61 | 0.58 | 9.22 |
| 86.50 | 1231.53 | 0.34 | 0.39 | 47.61 | 0.58 | 9.17 |
| 86.68 | 1227.57 | 0.34 | 0.38 | 47.62 | 0.57 | 9.05 |
| 86.86 | 1218.33 | 0.34 | 0.38 | 47.62 | 0.56 | 8.93 |
| 87.04 | 1215.42 | 0.34 | 0.38 | 47.62 | 0.56 | 8.90 |
| 87.23 | 1215.14 | 0.34 | 0.38 | 47.62 | 0.56 | 8.89 |
| 87.41 | 1214.10 | 0.34 | 0.37 | 47.63 | 0.56 | 8.87 |
| 87.59 | 1213.06 | 0.34 | 0.37 | 47.63 | 0.55 | 8.81 |
| 87.77 | 1207.22 | 0.34 | 0.37 | 47.63 | 0.55 | 0.00 |
| 87.77 | 1207.22 | 0.34 | 0.37 | 47.63 | 0.55 | 17.49 |
| 88.14 | 1205.90 | 0.33 | 0.37 | 47.63 | 0.55 | 8.68 |
| 88.32 | 1200.63 | 0.33 | 0.37 | 47.63 | 0.54 | 8.58 |
| 88.50 | 1194.69 | 0.33 | 0.36 | 47.64 | 0.53 | 8.47 |
| 88.69 | 1188.09 | 0.33 | 0.36 | 47.64 | 0.53 | 8.41 |
| 88.87 | 1187.99 | 0.33 | 0.36 | 47.64 | 0.53 | 8.36 |
| 89.05 | 1182.81 | 0.33 | 0.36 | 47.64 | 0.52 | 8.29 |
| 89.23 | 1180.17 | 0.33 | 0.35 | 47.65 | 0.52 | 8.26 |
| 89.42 | 1178.85 | 0.33 | 0.35 | 47.65 | 0.52 | 8.16 |

| | | | | | | |
|--------|---------|------|------|-------|------|------|
| 98.18 | 1062.64 | 0.30 | 0.29 | 47.71 | 0.40 | 6.30 |
| 98.36 | 1050.10 | 0.29 | 0.28 | 47.72 | 0.39 | 6.00 |
| 98.54 | 1019.76 | 0.28 | 0.26 | 47.74 | 0.36 | 5.34 |
| 98.72 | 947.19 | 0.26 | 0.23 | 47.77 | 0.31 | 4.46 |
| 98.91 | 871.98 | 0.24 | 0.19 | 47.81 | 0.25 | 3.87 |
| 99.09 | 835.69 | 0.23 | 0.18 | 47.82 | 0.23 | 3.64 |
| 99.27 | 823.16 | 0.23 | 0.17 | 47.83 | 0.22 | 3.32 |
| 99.45 | 765.10 | 0.21 | 0.15 | 47.85 | 0.19 | 3.00 |
| 99.64 | 749.27 | 0.21 | 0.14 | 47.86 | 0.18 | 2.87 |
| 99.82 | 731.46 | 0.20 | 0.14 | 47.86 | 0.18 | 2.75 |
| 100.00 | 716.67 | 0.20 | 0.13 | 47.87 | 0.17 | — |