



**ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ»
ΕΘΝΙΚΟ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΕΣΠΑ 2007-2013
ΔΡΑΣΗ «ΑΡΙΣΤΕΙΑ ΙΙ»**

**Συνδυασμένα συστήματα ανανεώσιμων πηγών για
αιιφορική ενεργειακή ανάπτυξη (CRESENDO)**

Ενότητα Εργασίας 3

Σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για τη διαχείριση ανανεώσιμων πηγών
ενέργειας

Παραδοτέο 3.1

Ανάπτυξη συστήματος υποστήριξης αποφάσεων για τη διαχείριση
ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Περιγράφεται το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων που υλοποιεί το μοντέλο προσομοίωσης και βελτιστοποίησης συνδυασμένων συστημάτων νερού και ενέργειας. Η διάρθρωση της έκθεσης έχει τη μορφή εγχειριδίου χρήσης, στο οποίο εξηγούνται με λεπτομέρεια οι λειτουργίες του λογισμικού.

ABSTRACT

We describe the decision support system that implements the simulation and optimization model for combined water and energy systems. The report follows the structure of a user manual, in which are explained in detail the software operations.

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

1	Εισαγωγή	8
2	Γενικά χαρακτηριστικά συστήματος υποστήριξης αποφάσεων	9
2.1	Γενικά	9
2.2	Προσομοίωση υδροενεργειακών πόρων	9
3	Επιφάνεια εργασίας	12
4	Διαχείριση σεναρίων	13
4.1	Κατανόηση βασικών εννοιών	13
4.2	Επίκαιρο σενάριο	13
4.3	Δημιουργία νέου σεναρίου	13
4.4	Αποθήκευση σεναρίου	14
4.5	Άνοιγμα σεναρίου	14
4.6	Κλείσιμο σεναρίου	14
5	Γραφικό περιβάλλον σχηματοποίησης και διαχείρισης δεδομένων μοντέλου υδροσυστήματος	15
5.1	Σχεδιασμός δικτύου	15
5.1.1	Εισαγωγή συνιστώσας δικτύου	16
5.1.2	Διαγραφή συνιστώσας δικτύου	16
5.1.3	Τροποποίηση ιδιοτήτων συνιστώσας δικτύου	17
5.2	Υποστηρικτικές λειτουργίες σχεδίασης δικτύου	17
5.2.1	Μετατόπιση μεμονωμένης συνιστώσας δικτύου	17
5.2.2	Μετατόπιση του δικτύου	17
5.2.3	Ευθυγράμμιση	18
5.2.4	Εμφάνιση ονομασιών	19
5.2.5	Επιβεβαίωση διαγραφής	20
5.2.6	Αναδρομική διαγραφή	20
5.2.7	Εισαγωγή και εξαγωγή δεδομένων πίνακα	21
5.2.8	Εισαγωγή δεδομένων	22
5.2.9	Εξαγωγή πίνακα σε αρχείο .csv	22
5.3	Πίνακες συνιστωσών σεναρίου	23
6	Συνιστώσες υδροσυστήματος	25
6.1	Κόμβος (Junction)	25
6.1.1	Εισαγωγή νέου κόμβου	25
6.1.2	Τροποποίηση δεδομένων κόμβου	26
6.2	Ταμιευτήρας (Reservoir)	26

6.2.1	Εισαγωγή νέου ταμιευτήρα	26
6.2.2	Τροποποίηση δεδομένων ταμιευτήρα	27
6.2.3	Βασικά δεδομένα	27
6.2.4	Καμπύλες στάθμης-όγκου-επιφάνειας.....	29
6.2.5	Υπόγειες διαφυγές	30
6.2.6	Κανόνας λειτουργίας	31
6.2.7	Χρονοσειρές	32
6.3	Υδραγωγείο (Aqueduct)	33
6.3.1	Εισαγωγή νέου υδραγωγείου	33
6.3.2	Τροποποίηση δεδομένων υδραγωγείου	34
6.3.3	Παροχετευτικότητα υδραγωγείου.....	35
6.3.4	Σταθερή παροχετευτικότητα.....	35
6.3.5	Μεταβλητή παροχετευτικότητα συναρτήσει του ύψους πτώσης	35
6.3.6	Μεταβλητή παροχετευτικότητα συναρτήσει του χρόνου.....	37
6.3.7	Μεταβλητή παροχετευτικότητα συναρτήσει του χρόνου και του ύψους πτώσης	38
6.3.8	Συντελεστής μείωσης παροχετευτικότητας.....	38
6.3.9	Υδραγωγείο αμφίδρομης ροής	39
6.3.10	Συντελεστής διαρροής υδραγωγείου	40
6.3.11	Σταθερός συντελεστής διαρροής.....	40
6.3.12	Μεταβολή συντελεστή διαρροής συναρτήσει του χρόνου	40
6.3.13	Μηδενική διαρροή	41
6.3.14	Οικονομικά δεδομένα υδραγωγείου	41
6.4	Αντλιοστάσιο (Pump)	42
6.4.1	Εισαγωγή νέου αντλιοστασίου	42
6.4.2	Τροποποίηση δεδομένων αντλιοστασίου	43
6.5	Στρόβιλος (Turbine).....	45
6.5.1	Τροποποίηση δεδομένων στροβίλου	46
6.5.2	Έλεγχος παροχετευτικότητας στροβίλου	48
6.5.3	Οικονομικά δεδομένα στροβίλου	48
6.6	Υδατόρευμα (River).....	49
6.6.1	Εισαγωγή υδατορεύματος.....	49
6.6.2	Τροποποίηση δεδομένων υδατορεύματος	50
6.7	Γεώτρηση (Borehole).....	51
6.7.1	Τροποποίηση δεδομένων γεώτρησης	51
6.7.2	Οικονομικά δεδομένα γεώτρησης	52
6.8	Κόμβος εισροής (Inflow).....	53
6.8.1	Εισαγωγή νέου κόμβου εισροής	54
6.8.2	Τροποποίηση δεδομένων εισροής	54
6.8.3	Διαχείριση χρονοσειράς εισροής	54
6.9	Στόχος (Target)	55
6.9.1	Εισαγωγή στόχου.....	56
6.9.2	Μεταβλητή τιμή στόχου	57
6.9.3	Τροποποίηση δεδομένων στόχου	58

7	Υδρολογικά σενάρια και χρονοσειρές	59
7.1	Υδρολογικές χρονοσειρές.....	59
7.2	Καθολικές ενεργειακές χρονοσειρές	59
7.3	Εισαγωγή χρονοσειρών.....	60
8	Προσομοίωση	62
8.1	Γενικά	62
8.2	Κανόνες λειτουργίας.....	62
8.2.1	Κανόνες λειτουργίας ταμιευτήρων.....	63
8.2.2	Γραφική παράσταση κανόνων λειτουργίας ταμιευτήρων	64
8.2.3	Κανόνες λειτουργίας γεωτρήσεων.....	66
8.2.4	Διαχείριση κανόνων λειτουργίας.....	67
8.3	Επιλογές.....	70
8.4	Εκτέλεση προσομοίωσης.....	71
8.4.1	Έλεγχος εγκυρότητας δεδομένων.....	72
8.4.2	Παρακολούθηση της διαδικασίας.....	73
9	Οπτικοποίηση προσομοίωσης	74
9.1	Οπτικοποίηση κατά την εκτέλεση προσομοίωσης	77
9.2	Αναδρομική οπτικοποίηση προσομοίωσης	77
10	Αποτελέσματα προσομοίωσης	80
10.1	Πρόγνωση αστοχίας στόχων και περιορισμών	80
10.1	Χρονική κατανομή πιθανότητας αστοχίας	82
10.2	Ισοζύγια	82
10.2.1	Ισοζύγιο ταμιευτήρων.....	84
10.2.2	Ισοζύγιο κόμβων.....	85
10.2.3	Ισοζύγιο υδραγωγείων και υδατορευμάτων	85
10.2.4	Ενεργειακό ισοζύγιο	86
10.3	Πρόγνωση αποθέματος και στάθμης ταμιευτήρων	87
11	Βελτιστοποίηση	89
11.1	Γενικά	89
11.2	Μεταβλητές ελέγχου.....	89
11.3	Στοχική συνάρτηση.....	92
11.4	Επιλογές.....	95
11.5	Εκτέλεση βελτιστοποίησης.....	96
11.6	Παρακολούθηση διαδικασίας βελτιστοποίησης.....	97
11.6.1	Μεταβλητές ελέγχου.....	98

11.6.2	Στοχική συνάρτηση	99
11.6.3	Γράφημα δείκτη επίδοσης	100
11.7	Δημιουργία αρχείου αποτελεσμάτων βελτιστοποίησης	100

Αναφορές

102

1 Εισαγωγή

Στα πλαίσια της Δράσης «Αριστεία II» του ΕΣΠΑ 2007-2013, η Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας ανέθεσε Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο το ερευνητικό έργο “*Συνδυασμένα συστήματα ανανεώσιμων πηγών για αιεφόρο ενεργειακή ανάπτυξη*”. Το έργο αποσκοπεί στην ανάπτυξη ενός ολιστικού πλαισίου για τον βέλτιστο σχεδιασμό και διαχείριση των υβριδικών συστημάτων ανανεώσιμης ενέργειας μεγάλης κλίμακας, στο οποίο η υδροηλεκτρική ενέργεια και τα συναφή έργα ανάπτυξης και διαχείρισης των υδατικών πόρων θα έχουν κυρίαρχο ρόλο. Οι μεθοδολογίες και τα υπολογιστικά εργαλεία που αναπτύσσονται ελέγχονται στο σύστημα των λεκανών απορροής Αχελώου και του Πηνειού, που καλύπτει το 12% της Ελλάδας και χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα υψηλό υδροδυναμικό. Η περιοχή μελέτης αντιμετωπίζεται ως κλειστό και ενεργειακά αυτόνομο, κατά το μέτρο του εφικτού, σύστημα, οι ενεργειακές ανάγκες του οποίου καλύπτονται από μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα, καθώς και έργα παραγωγής ηλιακής και αιολικής ενέργειας. Στόχος του έργου είναι να διερευνηθούν οι προοπτικές μιας αιεφόρου ανάπτυξης σε περιφερειακή κλίμακα, με αποκλειστική χρήση ΑΠΕ.

Στην παρούσα έκθεση συνοψίζονται οι ερευνητικές εργασίες της Ενότητας Εργασίας 3, με τίτλο “*Σύστημα υποστήριξης αποφάσεων για τη διαχείριση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας*”. Ειδικότερα, περιγράφεται το λογισμικό Υδρονομέας, που υλοποιεί το μεθοδολογικό πλαίσιο που αναπτύχθηκε για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων σε προβλήματα συνδυασμένων συστημάτων υδατικών και ενεργειακών πόρων. Η έκθεση έχει τη μορφή εγχειριδίου χρήσης, ενώ το θεωρητικό υπόβαθρο του μοντέλου, το οποίο περιλαμβάνει και άλλα υποστηρικτικά μοντέλα και συναφή λογισμικά για την ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων εισόδου και εξόδου, περιγράφονται λεπτομερώς στο αντίστοιχο παραδοτέο της Ενότητας Εργασίας 2.

Η ομάδα εκπόνησης του παρόντος τεύχους είναι:

- Αλέξανδρος Σίσκος, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, MSc Πληροφορικής
- Γιώργος Καραβοκυρός, Διπλ. Πληροφορικής
- Αντώνης Χριστοφίδης, Πολιτικός Μηχανικός, MSc Πληροφορικής, Υποψ. Δρ. ΕΜΠ
- Ανδρέας Ευστρατιάδης, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, MSc, ΕΔΙΠ ΕΜΠ

Συντονιστής του συνόλου των εργασιών της Ενότητας Εργασίας 3 είναι ο Α. Ευστρατιάδης, ΕΔΙΠ ΕΜΠ.

2 Γενικά χαρακτηριστικά συστήματος υποστήριξης αποφάσεων

2.1 Γενικά

Το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ είναι ένα ολοκληρωμένο εργαλείο προσομοίωσης και βέλτιστης διαχείρισης συστημάτων υδατικών πόρων, που ενσωματώνει πλήθος φυσικών, λειτουργικών, οικονομικών, διοικητικών και περιβαλλοντικών πτυχών του νερού. Το μεθοδολογικό πλαίσιο, όπως και το ίδιο το λογισμικό, αναπτύσσονται και εξελίσσονται από τις αρχές της δεκαετίας του 1990. Ο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ είναι σε θέση να δώσει απαντήσεις σε καίρια ερωτήματα που απασχολούν διαχειριστές υδατικών πόρων, μερικά από τα οποία είναι τα ακόλουθα:

- Ποια είναι η ασφαλής απόδοση του υδροσυστήματος με δεδομένο το υδρολογικό καθεστώς και για δεδομένη αξιοπιστία επίτευξης στόχων (ύδρευσης, άρδευσης, παραγωγής Υ/Η ενέργειας, παροχής, κλπ.);
- Με ποιο διαχειριστική πολιτική ελαχιστοποιείται η πιθανότητα αστοχίας επίτευξης των στόχων και μεγιστοποιείται το συνολικό οικονομικό όφελος του συστήματος;
- Με ποιο ελάχιστο κόστος μπορούν να επιτευχθούν οι στόχοι και να τηρηθεί το επίπεδο αξιοπιστίας που όρισε ο χρήστης;
- Πως θα επιδράσουν στα αποτελέσματα τα διαφορετικά διαχειριστικά ή κλιματολογικά σενάρια και ενδεχόμενες μελλοντικές τροποποιήσεις του δικτύου;
- Είναι εφικτή η μακροχρόνια και αξιόπιστη εξυπηρέτηση νέων χρήσεων νερού;
- Ποιες θα είναι οι επιπτώσεις ειδικών περιστάσεων (π.χ. βλάβη στις εγκαταστάσεις); Πως πρέπει να διαμορφωθεί η διαχείριση των υδατικών πόρων σε αυτές τις έκτακτες περιπτώσεις;

Τα παραπάνω ερωτήματα εξειδικεύονται στην περίπτωση της συνδυασμένης προσομοίωσης υδατικών και ενεργειακών πόρων, το γενικό πλαίσιο της οποίας εξηγείται στη συνέχεια.

2.2 Προσομοίωση υδροενεργειακών πόρων

Στην παρούσα έκδοση, έγιναν μείζονες τροποποιήσεις, με κυριότερες την υλοποίηση του ημερήσιου χρονικού βήματος, τον χειρισμό των ροών ενέργειας ως συνιστωσών του ισοζυγίου προσφοράς και ζήτησης (κατ' αντιστοιχία με τις ροές νερού), και την παραμετροποίηση της λειτουργίας των υδροενεργειακών έργων έτσι ώστε να λαμβάνουν υπόψη τις συνδυαστικές χρήσεις νερού και ενέργειας. Το μοντέλο ημερήσιας προσομοίωσης του υποσυστήματος των υδροενεργειακών έργων εφαρμόζεται συνδυαστικά με το μοντέλο ωριαίας λειτουργίας του υποσυστήματος των ΑΠΕ, παρέχοντας τη δυνατότητα μελέτης μιας περιοχής ως κλειστό σύστημα ροών νερού και ενέργειας.

Δεδομένα εισόδου του μοντέλου είναι οι υδρομετεωρολογικές μεταβλητές που σχετίζονται με την παραγωγή νερού (απορροές λεκανών, βροχόπτωση στην επιφάνεια λιμνών και ταμιευτήρων, απώλειες λόγω εξάτμισης), η ζήτηση νερού για διάφορες χρήσεις, καθώς και η προσφορά και ζήτηση ενέργειας, που προέρχεται από το υποσύστημα των ΑΠΕ.

Όλες οι χρονοσειρές δίνονται σε ημερήσια βάση, που είναι η χρονική κλίμακα του μοντέλου προσομοίωσης του υποσυστήματος. Η ημερήσια κλίμακα αποτελεί έναν συμβιβασμό μεταξύ της

επιδιωκόμενης ακρίβειας στην κατάρτιση του ενεργειακού ισοζυγίου και της ταχύτητας του μοντέλου προσομοίωσης, το οποίο είναι ιδιαίτερα απαιτητικό σε υπολογιστικό φόρτο. Όπως και στο υποσύστημα των ΑΠΕ, οι χρονοσειρές των υδρομετεωρολογικών μεταβλητών παράγονται συνθετικά, από ένα πολυμεταβλητό στοχαστικό μοντέλο. Από την άλλη πλευρά, για τη ζήτηση νερού και τους περιορισμούς θεωρούνται σταθερές ετήσιες τιμές, που μπορούν να μεταβάλλονται μόνο εποχιακά (ανά μήνα).

Για μηδενική προσφορά και ζήτηση ενέργειας, η λειτουργία του συστήματος περιγράφεται ως ένα τυπικό πρόβλημα διαχείρισης υδατικών πόρων, το οποίο επιδιώκεται η ικανοποίηση των διαφόρων χρήσεων νερού κάτω από ένα σύνολο τεχνικών και λειτουργικών περιορισμών. Σε αυτή την περίπτωση, εφόσον δεν έχουν τεθεί στόχοι παραγωγής ενέργειας, οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί ενεργοποιούνται μόνο όταν επιβάλλεται μεταφορά νερού μέσω των στροβίλων για την ικανοποίηση κατάντη υδατικών αναγκών και περιορισμών ή εφόσον υπάρχει ενδεχόμενο υπερχειλίσσης του ταμιευτήρα. Όσον αφορά στην κίνηση των αντλιοστασίων και γεωτρήσεων, θεωρείται ότι υπάρχει πλήρης διαθεσιμότητα ενέργειας από κάποια εξωτερική πηγή.

Ο χειρισμός του προβλήματος διαφοροποιείται όταν θεωρείται η προσφορά και ζήτηση ενέργειας από το υποσύστημα των ΑΠΕ, σε όρους συναθροισμένων ωριαίων πλεονασμάτων και ελλειμμάτων, αντίστοιχα. Στην περίπτωση αυτή, η λειτουργία του υδροενεργειακού συστήματος προσομοιάζει ένα επιχειρησιακό πρόβλημα συνδυασμένης διαχείρισης νερού και ενέργειας, στο οποίο γίνεται μια πρόγνωση της ζήτησης ενέργειας που πρέπει να καλυφθεί από τα υδροηλεκτρικά έργα, ταυτόχρονα με την ικανοποίηση των υδατικών αναγκών και περιορισμών. Στη ζήτηση ενέργειας προστίθεται και αυτή που προβλέπεται να απαιτηθεί από τις γεωτρήσεις και τα αντλιοστάσια, που θεωρείται ότι λειτουργούν σε 24ωρη βάση. Ως εκτιμήτρια της εν λόγω ζήτησης θεωρείται η κατανάλωση ενέργειας της προηγούμενης ημέρας, που προκύπτει από την προσομοίωση του προηγούμενου χρονικού βήματος. Συνεπώς, η ζήτηση ενέργειας περιλαμβάνει δύο συνιστώσες:

- το ημερήσιο έλλειμμα ηλεκτρικής ενέργειας του υποσυστήματος των ΑΠΕ, που εκτιμάται με συνάθροιση των ωριαίων ελλειμμάτων παραγωγής ενέργειας από ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά έργα και αντίστοιχης ζήτησης ενέργειας στον κόμβο ελέγχου
- την προβλεπόμενη ημερήσια ζήτηση ενέργειας των αντλιοστασίων και γεωτρήσεων του υποσυστήματος υδροενεργειακών πόρων, η οποία λαμβάνεται ίση με την προσομοιωμένη κατανάλωση ενέργειας της προηγούμενης ημέρας

Για δεδομένους κανόνες λειτουργίας των υδροηλεκτρικών έργων, στην αρχή κάθε ημέρας η συνολική ζήτηση ενέργειας επιμερίζεται σε κάθε μονάδα παραγωγής (στρόβιλοι), με τη μορφή στόχων παραγωγής ενέργειας. Στο μοντέλο προσομοίωσης οι στόχοι παραγωγής ενέργειας διατυπώνονται ως επιθυμητές μεταφορές νερού διαμέσου των στροβίλων (ειδικότερα, ως περιορισμοί ελάχιστης ροής), λαμβάνοντας υπόψη το διαθέσιμο ύψος πτώσης, που με τη σειρά του εξαρτάται από την στάθμη νερού του ανάντη ταμιευτήρα (στους υπολογισμούς θεωρείται η στάθμη στην αρχή του χρονικού βήματος, δηλαδή πριν την πραγματοποίηση εισροών και εκροών στον ταμιευτήρα).

Αφού στο μοντέλο προσομοίωσης η ζήτηση ενέργειας μετασχηματίζεται σε ζήτηση νερού, αυτή αντιμετωπίζεται συνδυαστικά με τις υπόλοιπες υδατικές χρήσεις και περιορισμούς. Ειδικότερα, εφαρμόζονται μια ιεραρχική διαχειριστική πολιτική, σύμφωνα με την οποία οι διάφορες χρήσεις ικανοποιούνται με δεδομένη σειρά προτεραιότητας, που έχει εξ αρχής καθοριστεί από τον χρήστη (δηλαδή τον υποθετικό διαχειριστή του συστήματος).

Ο επιθυμητός χρόνος λειτουργίας των υδροηλεκτρικών έργων στη διάρκεια της ημέρας καθορίζεται από τη διάρκεια των ελλειμμάτων ενέργειας του υποσυστήματος των ΑΠΕ, το

οποίο επιτυγχάνεται θέτοντας ως άνω όριο εκροής το αντίστοιχο ποσοστό της ονομαστικής ημερήσιας παροχευτικότητας των στροβίλων. Ωστόσο, αν υπάρχει (α) επιπρόσθετη ζήτηση ενέργειας από τα αντλιοστάσια και τις γεωτρήσεις του συστήματος, ή (β) επιπρόσθετη ζήτηση νερού για άλλες χρήσεις κατάντη, ή (γ) πλεονάζουσες ποσότητες νερού στους ανάντη ταμιευτήρες, που μπορεί να χαθεί λόγω υπερχείλισης, τα έργα επιτρέπεται να λειτουργήσουν σε συνεχή βάση.

Τέλος, η πλεονάζουσα ενέργεια από το υποσύστημα των ΑΠΕ χρησιμοποιείται για να κινήσει τις γεωτρήσεις και τα αντλιοστάσια κατά τις πλεονασματικές ώρες. Αν το πλεόνασμα επαρκεί για την ικανοποίηση των ενεργειακών αναγκών των υδραυλικών έργων του συστήματος, η παραμένουσα ενέργεια αξιοποιείται για την μεταφορά νερού από τους κατάντη ταμιευτήρες σε ανάντη ταμιευτήρες, με χρήση αντλιοστροβίλων. Με την διαδικασία αυτή υλοποιείται η αποθήκευση ενέργειας, που αποτελεί ουσιώδη συνιστώσα στη διαχείρισης του συνδυασμένου υβριδικού συστήματος υδροενεργειακών πόρων.

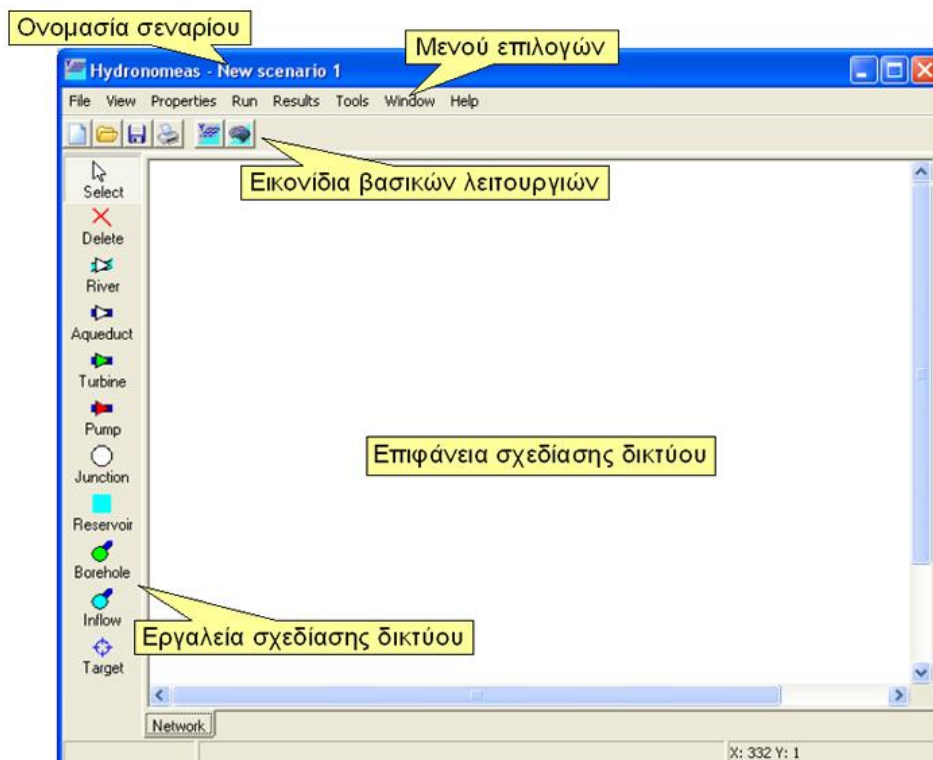
3 Επιφάνεια εργασίας

Με την έναρξη του ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ εμφανίζεται η **Κύρια Φόρμα** που αρχικά καταλαμβάνει όλη την επιφάνεια της οθόνης στην οποία διακρίνονται:

- το βασικό μενού επιλογών
- τα εικονίδια βασικών λειτουργιών
- την επιφάνεια σχεδίασης δικτύου
- τα εργαλεία σχεδίασης δικτύου

Εφόσον δεν έχει φορτωθεί κάποιο σενάριο, δίνεται μια προσωρινή **ονομασία** στο επίκαιρο σενάριο που αναγράφεται στην κεφαλίδα της φόρμας. Το σενάριο θα πάρει την οριστική ονομασία που θα ορίσει ο χρήστης κατά την αποθήκευσή του. Δίπλα στην ονομασία του σεναρίου εμφανίζεται ένας αστερίσκος (*), εφόσον έχουν γίνει αλλαγές στο σενάριο χωρίς αυτές να έχουν ακόμα αποθηκευτεί.

Ο χρήστης μπορεί να σχεδιάσει το μοντέλο του υδροσυστήματος χρησιμοποιώντας τα **εργαλεία** και την **επιφάνεια σχεδίασης δικτύου** που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της Κύριας Φόρμας του ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ. Άλλες λειτουργίες όπως η εκτέλεση υπολογισμών και η επισκόπηση αποτελεσμάτων εκτελούνται είτε από το **μενού επιλογών** είτε με επιλογή σχετικών **εικονιδίων**.



Εικόνα 3.1: Επιφάνεια εργασίας προγράμματος.

4 Διαχείριση σεναρίων

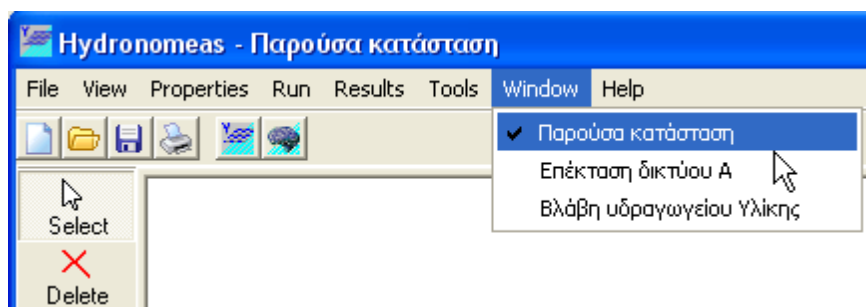
4.1 Κατανόηση βασικών εννοιών

Το παρόν **μαθηματικό μοντέλο** σχεδιάστηκε για να εφαρμοστεί στα πλαίσια τεχνικών έργων στον τομέα της διαχείρισης των υδατικών πόρων. Το έργο μπορεί να υφίσταται στην πραγματικότητα, ή να αποτελεί αντικείμενο μελέτης. Στα πλαίσια του έργου θα πρέπει να εξεταστούν μια σειρά από πραγματικές ή υποθετικές καταστάσεις. Συνήθως αναφερόμαστε σε αυτές με τον όρο **σενάρια**, προσδιορίζοντάς τα σε σενάριο παρούσας κατάστασης, σενάρια βλαβών, σενάρια πρόγνωσης εισροών κλπ.

Μεταφέροντας τα παραπάνω στο μαθηματικό μοντέλο διαπιστώνεται ότι ένα σενάριο δεν είναι τίποτε άλλο παρά το σύνολο των δεδομένων εισόδου που χρησιμοποιούνται από το μαθηματικό μοντέλο. Τα δεδομένα αυτά προσαρμόζονται κάθε φορά ώστε να ανταποκρίνονται στην εκάστοτε κατάσταση που αντιστοιχεί στο σενάριο.

4.2 Επίκαιρο σενάριο

Ο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ έχει τη δυνατότητα να διατηρεί στη μνήμη περισσότερα από ένα σενάρια τα οποία ο χρήστης έχει σχεδιάσει ή έχει φορτώσει. **Επίκαιρο** ονομάζεται εκείνο το σενάριο, το οποίο βλέπει στην οθόνη του και επεξεργάζεται εκείνη τη στιγμή ο χρήστης. Με επιλογή **Window** από το βασικό μενού της Κύριας Φόρμας μπορεί ο χρήστης να ανατρέξει στον κατάλογο των σεναρίων που είναι στη μνήμη και να επαναφέρει στο προσκήνιο το επιθυμητό σενάριο στην κατάσταση που το είχε αφήσει την τελευταία φορά. Δίπλα στην ονομασία του επίκαιρου σεναρίου, εμφανίζεται το σύμβολο επιβεβαίωσης ✓.



Εικόνα 4.1: Μενού στην επιφάνεια εργασίας.

4.3 Δημιουργία νέου σεναρίου

Ένα νέο σενάριο δημιουργείται από το βασικό μενού του ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ επιλογή **File/New** ή από το εικονίδιο των βασικών λειτουργιών **New**. Δημιουργώντας νέο σενάριο, αυτόματα καθαρίζεται η επιφάνεια εργασίας και το νέο σενάριο λαμβάνει μια **προσωρινή ονομασία** (π.χ. New Scenario 1) που εμφανίζεται στην κεφαλίδα της κύριας φόρμας. **Οριστική ονομασία** δίνεται στο νέο σενάριο κατά την αποθήκευσή του.

4.4 Αποθήκευση σεναρίου

Όταν ο χρήστης έχει υλοποιήσει ένα σενάριο μπορεί να το αποθηκεύσει σε οποιοδήποτε φάκελο θέλει και να του δώσει και μία ονομασία της επιλογής του. Αυτό γίνεται από το βασικό μενού του ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ επιλογή **File/SAVE** ή από το εικονίδιο των βασικών λειτουργιών **Save**. Το αρχείο που αποθηκεύεται έχει κατάληξη “.hns” .

4.5 Άνοιγμα σεναρίου

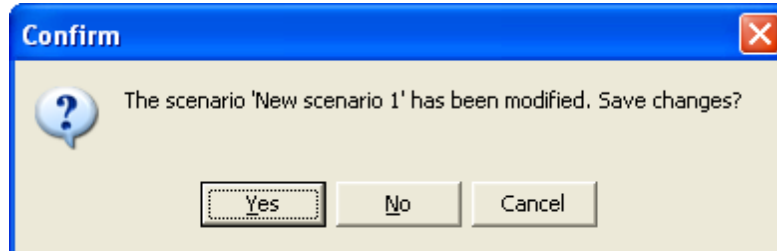
Τα σενάρια που είναι αποθηκευμένα στον υπολογιστή μπορούν να εισαχθούν επιλέγοντας από το βασικό μενού επιλογή File/Open ή αριστερό κλικ στο εικονίδιο **Open** (εικονίδιο βασικών λειτουργιών).

4.6 Κλείσιμο σεναρίου

Από τα σενάρια που διατηρεί στη μνήμη του ο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ μπορεί να κλείσει το επίκαιρο σενάριο (εκείνο που βλέπει στην οθόνη του) ακολουθώντας μια από τις ακόλουθες διαδικασίες:

- Με το πάτημα του συμβόλου **X** στο άνω δεξιό μέρος της κύριας φόρμας
 - με επιλογή **File/Close** από το μενού επιλογών

Επίσης, τερματίζοντας τον ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ με επιλογή **File/Exit** από το μενού επιλογών κλείνουν διαδοχικά όλα τα φορτωμένα στη μνήμη σενάρια. Σε περίπτωση που επιχειρηθεί το κλείσιμο κάποιου σεναρίου, το οποίο δεν έχει αποθηκευτεί, εμφανίζεται μια φόρμα διαλόγου όπως η ακόλουθη:



Εικόνα 4.2: Εμφάνιση μηνύματος επιβεβαίωσης αποθήκευσης σεναρίου.

Με αυτήν καλείται ο χρήστης να επιλέξει μια από τις παρακάτω διαδικασίες:

Yes: Το σενάριο πρώτα αποθηκεύεται (βλ. 2.4).




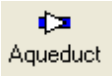





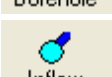
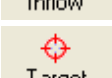

No: Το σενάριο κλείνει χωρίς να αποθηκευτεί και χάνονται όλες οι τροποποιήσεις που έχουν γίνει από την τελευταία αποθήκευση.

Cancel: Ακύρωση της διαδικασίας. Το σενάριο δεν κλείνει ούτε αποθηκεύεται και ο χρήστης ανακτά τον έλεγχο του συστήματος

5 Γραφικό περιβάλλον σχηματοποίησης και διαχείρισης δεδομένων μοντέλου υδροσυστήματος

5.1 Σχεδιασμός δικτύου

Το πρώτο βήμα για την ανάπτυξη ενός μοντέλου αποτελεί συνήθως ο σχεδιασμός του δικτύου και ο καθορισμός των χαρακτηριστικών του. Στο αριστερό μέρος της επιφάνειας εργασίας της Κύριας Φόρμας του ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ βρίσκονται τα εργαλεία σχεδίασης δικτύου:

	Select: Επιλογή συνιστώσας δικτύου
	Delete: Διαγραφή συνιστώσας δικτύου
	River: Εισαγωγή Υδατορεύματος
	Aqueduct: Εισαγωγή Υδραγωγείου
	Turbine: Εισαγωγή Στροβίλου
	Pump: Εισαγωγή Αντλιοστασίου
	Junction: Εισαγωγή Κόμβου
	Reservoir: Εισαγωγή Ταμιευτήρα
	Borehole: Εισαγωγή Γεώτρησης/Ομάδας Γεωτρήσεων
	Inflow: Εισαγωγή Κόμβου Εισροής
	Target: Εισαγωγή Στόχου
	Water Treatment Plant: Μονάδα Επεξεργασίας Νερού

Με τη βοήθεια των παραπάνω εργαλείων ο χρήστης μπορεί πατώντας με το ποντίκι επάνω στο σχετικό κουμπί και μετά στην επιφάνεια σχεδίασης δικτύου:

- να εισάγει νέες συνιστώσες δικτύου
- να διαγράψει υφιστάμενες συνιστώσες
- να τροποποιήσει ιδιότητες συνιστωσών δικτύου

Οι συνιστώσες του δικτύου διακρίνονται σε αυτόνομες δηλαδή αυτές που μπορούν να υφίστανται ανεξάρτητα από την παρουσία άλλων και εξαρτημένες δηλαδή αυτές που συνδέονται απαραίτητα με κάποια ή κάποιες άλλες συνιστώσες. **Αυτόνομες συνιστώσες** δικτύου είναι :

- ο κόμβος υδραγωγείου
- ο κόμβος υδατορεύματος
- ο ταμιευτήρας.

Εξαρτημένες συνιστώσες πρέπει κατά την εισαγωγή τους να συνδεθούν ως εξής στο δίκτυο:

Πίνακας 5.1: Εξαρτημένες συνιστώσες δικτύου.

Εξαρτημένη συνιστώσα	Συνιστώσες σύνδεσης
Υδραγωγείο	κόμβος ή ταμιευτήρας (ανάτη και κατάντη)
Υδατόρευμα	κόμβος υδατορεύματος ή ταμιευτήρας (ανάτη και κατάντη)
Αντλιοστάσιο	κόμβος ή ταμιευτήρας (ανάτη και κατάντη)
Στρόβιλος	κόμβος ή ταμιευτήρας (ανάτη και κατάντη)
Γεώτρηση	κόμβος ή ταμιευτήρας
Κόμβος εισροής	κόμβος υδατορεύματος ή ταμιευτήρας
Στόχος	κόμβος ή ταμιευτήρας ή υδραγωγείο ή υδατόρευμα ή στρόβιλος

5.1.1 Εισαγωγή συνιστώσας δικτύου

Για την εισαγωγή μιας αυτόνομης συνιστώσας :

1. επιλέγεται το σχετικό κουμπί από τα εργαλεία σχεδίασης της Κύριας Φόρμας και κατόπιν
2. τοποθετείται η συνιστώσα με αριστερό κλικ σε ελεύθερο σημείο στην επιφάνεια σχεδίασης δικτύου

Για την εισαγωγή μιας εξαρτημένης συνιστώσας :

1. επιλέγεται το σχετικό κουμπί από τα εργαλεία σχεδίασης της Κύριας Φόρμας και κατόπιν
2. επιλέγεται η συνιστώσα σύνδεσης στο σχήμα. Για τους αγωγούς ειδικότερα (υδραγωγεία, υδατορεύματα, στρόβιλοι, αντλιοστάσια) πρέπει να επιλεγεί και μια δεύτερη συνιστώσα σύνδεσης. Στην περίπτωση των υδραγωγείων και των υδατορευμάτων, αν αντί για κάποια συνιστώσα σύνδεσης επιλεγεί ένα ελεύθερο σημείο στην επιφάνεια σχεδίασης δικτύου, τότε δημιουργείται αυτόματα στο σημείο αυτό ένας κόμβος με τον οποίον συνδέεται η εξαρτημένη συνιστώσα.

Πατώντας μια φορά σε ένα από τα κουμπιά Υδραγωγείου (Aqueduct) ή Υδατορεύματος (River) το κουμπί διατηρείται πατημένο επιτρέποντας στον χρήστη τη διαδοχική εισαγωγή περισσότερων αγωγών με τη μορφή πολυγραμμών (polylines). Αντίθετα ύστερα από εισαγωγή άλλων συνιστωσών δικτύου, ενεργοποιείται και πάλι το κουμπί Επιλογής (Select). Η εισαγωγή συνιστωσών δικτύου πραγματοποιείται αρχικά χωρίς να έχουν οριστεί οι ιδιότητές τους ή με κάποιες προσωρινές τιμές σε ορισμένες από αυτές (π.χ. η ονομασία). Ο χρήστης έχει την ευχέρεια να εισάγει ή να τροποποιήσει εκ των υστέρων, πριν από τη διενέργεια υπολογισμών, τα χαρακτηριστικά τους (βλ. τροποποίηση ιδιοτήτων συνιστώσας δικτύου). Εξάριση αποτελεί η εισαγωγή στόχου. Ύστερα από επιλογή με το ποντίκι της συνιστώσας σύνδεσης, εμφανίζεται η φόρμα εισαγωγής δεδομένων στόχου.

5.1.2 Διαγραφή συνιστώσας δικτύου

Μια συνιστώσα δικτύου διαγράφεται με τον ακόλουθο τρόπο:

1. Πάτημα του κουμπιού **Delete** στα εργαλεία σχεδίασης δικτύου.
2. Επιλογή της σχετικής συνιστώσας από την επιφάνεια σχεδίασης δικτύου
3. Επιβεβαίωση της διαγραφής από τη φόρμα διαλόγου (**Yes**)

Σημείωση: Η φόρμα διαλόγου για την επιβεβαίωση διαγραφής της συνιστώσας εμφανίζεται μόνο εφόσον είναι ενεργοποιημένη η σχετική επιλογή (βλ. Επιβεβαίωση διαγραφής). Εφόσον από τη συνιστώσα που πρόκειται να διαγραφεί εξαρτώνται άλλες συνιστώσες δικτύου, τότε δεν διαγράφεται η συνιστώσα και εμφανίζεται σχετικό μήνυμα. Κατ' εξαίρεση, με ενεργοποιημένη την αναδρομική διαγραφή, διαγράφονται ταυτόχρονα η επιλεγμένη συνιστώσα και όλες οι εξαρτημένες από αυτήν συνιστώσες του δικτύου.

5.1.3 Τροποποίηση ιδιοτήτων συνιστώσας δικτύου

Η τροποποίηση των στοιχείων μιας συνιστώσας δικτύου γίνεται από τη φόρμα δεδομένων της συνιστώσας, ή οποία μπορεί να εμφανιστεί στην οθόνη με έναν από τους ακόλουθους τρόπους:

1. Κάνοντας διπλό κλικ με το ποντίκι πάνω σε οποιαδήποτε συνιστώσα στην επιφάνεια σχεδίασης δικτύου (κόμβος, υδραγωγείο, γεώτρηση κλπ.)
2. Από τις καταστάσεις συνιστωσών δικτύου που εμφανίζονται επιλέγοντας από το μενού της Κύριας Φόρμας **Properties** και κατόπιν την κατηγορία της συνιστώσας

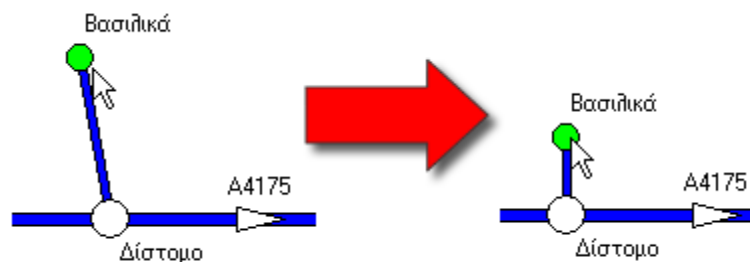
Ο χρήστης μπορεί από τη φόρμα δεδομένων της συνιστώσας να τροποποιήσει τα χαρακτηριστικά της και να καταχωρήσει τις αλλαγές πατώντας το κουμπί **OK** στο κάτω μέρος μιας φόρμας. Αντίθετα πατώντας **Cancel** ακυρώνονται όλες οι αλλαγές.

5.2 Υποστηρικτικές λειτουργίες σχεδίασης δικτύου

5.2.1 Μετατόπιση μεμονωμένης συνιστώσας δικτύου

Το σύμβολο μιας σημειακής συνιστώσας δικτύου (κόμβος, ταμιευτήρας, γεώτρηση, εισροή) μπορεί να μετατοπιστεί στην περιοχή σχεδίασης δικτύου με τον εξής τρόπο:

1. Επιλογή της συνιστώσας κάνοντας αριστερό κλικ επάνω στο σύμβολο με το ποντίκι
2. Κρατώντας πατημένο το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού μπορεί να συρθεί η συνιστώσα στην νέα θέση.



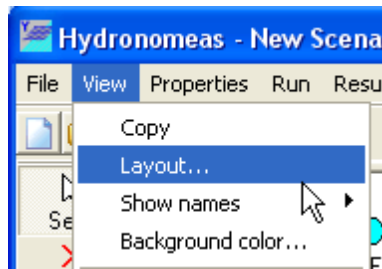
Εικόνα 5.1: Μετατόπιση αντικειμένου στην επιφάνεια εργασίας.

Μη σημειακές συνιστώσες δικτύου (υδραγωγεία, αντλιοστάσια, στρόβιλοι, υδατορεύματα) εξαρτώνται από τους ανάντη και κατάντη κόμβους και ως εκ τούτου μετατοπίζονται μόνο μέσω αυτών. Όλες οι εξαρτημένες συνιστώσες του δικτύου (π.χ. γεώτρηση, εισροή) μετατοπίζονται μαζί με τη συνιστώσα με την οποία συνδέονται. Επίσης, όλες οι ονομασίες μετατοπίζονται μαζί με τις αντίστοιχες συνιστώσες δικτύου.

5.2.2 Μετατόπιση του δικτύου

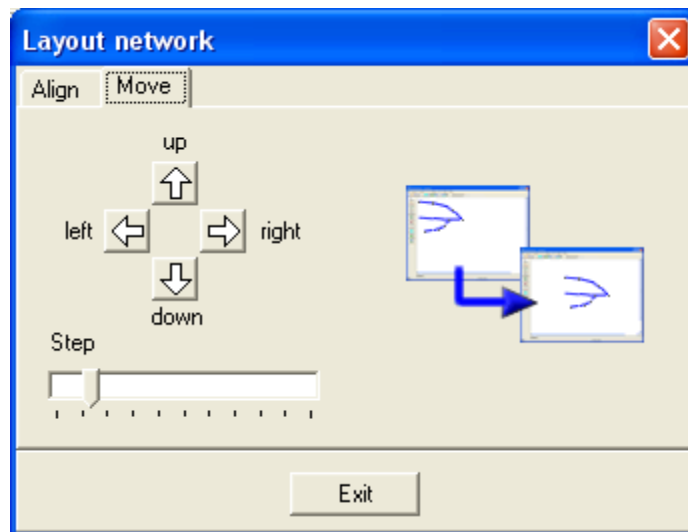
Όλες οι συνιστώσες δικτύου μπορούν να μετατοπιστούν με τον εξής τρόπο:

1. Επιλογή **View/Layout...** από το μενού της Κύριας Φόρμας.



Εικόνα 5.2: Εμφάνιση γενικής διάταξης συστήματος.

2. Από τη φόρμα που εμφανίζεται επιλογή του φύλλου μετατόπισης (**Move**).



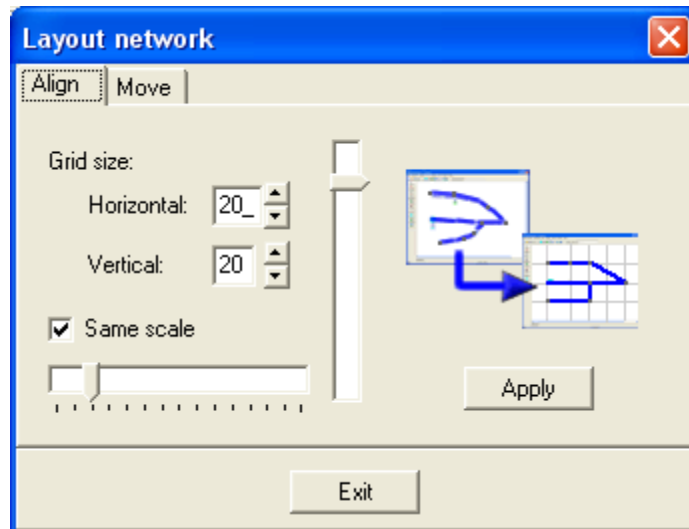
Εικόνα 5.3: Μενού μετατόπισης.

3. Ρύθμιση του επιθυμητού βήματος (**Step**).
4. Πάτημα του κουμπιού στην κατεύθυνση μετατόπισης: άνω (**up**), κάτω (**down**), αριστερά (**left**), δεξιά (**right**).

5.2.3 Ευθυγράμμιση

Όλες οι συνιστώσες του δικτύου μπορούν να ευθυγραμμισθούν ως προς ένα ιδεατό πλέγμα με τον εξής τρόπο:

1. Επιλογή **View/Layout...** από το μενού της Κύριας Φόρμας.
2. Από τη φόρμα που εμφανίζεται επιλογή του φύλλου δεδομένων ευθυγράμμισης (**Align**).
3. Επιλογή κοινού ή διαφορετικού διαστήματος πλέγματος σε οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα (**Same scale**).
4. Ρύθμιση του επιθυμητού διαστήματος πλέγματος σε οριζόντιο (**Horizontal**) και κατακόρυφο άξονα (**Vertical**).
5. Πάτημα του κουμπιού εφαρμογής της ευθυγράμμισης (**Apply**).

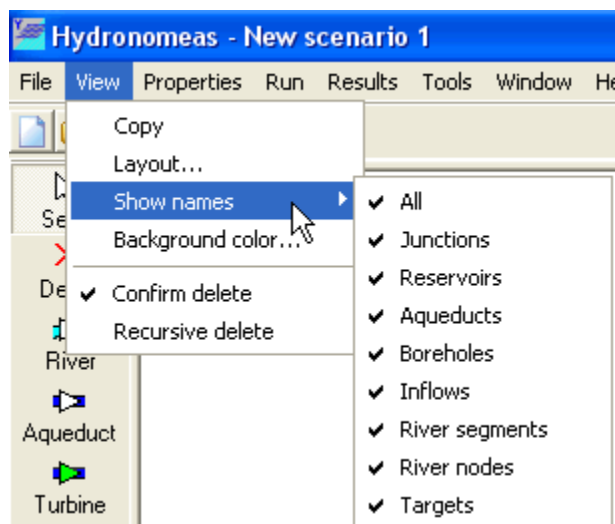


Εικόνα 5.4: Φόρμα ευθυγράμμισης αντικειμένων.

5.2.4 Εμφάνιση ονομασιών

Στην περιοχή σχεδίασης δικτύου ο χρήστης μπορεί να εμφανίζει ή να εξαφανίσει από την οθόνη τις ονομασίες των συνιστωσών του δικτύου με τον εξής τρόπο:

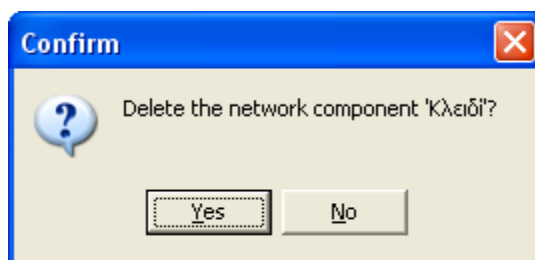
1. Επιλογή **View/Show names..** από το μενού της Κύριας Φόρμας του ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ.
2. Από το υπομενού που εμφανίζεται επιλογή ενός από τα ακόλουθα:
 - **All**: Εμφάνιση/εξαφάνιση των ονομασιών όλων των συνιστωσών του δικτύου.
 - **Junctions**: Εμφάνιση/εξαφάνιση των ονομασιών όλων των κόμβων του δικτύου.
 - **Reservoirs**: Εμφάνιση/εξαφάνιση των ονομασιών όλων των ταμιευτήρων του δικτύου.
 - **Aqueducts**: Εμφάνιση/εξαφάνιση των ονομασιών όλων των υδραγωγείων του δικτύου (συμπεριλαμβανομένων και στροβίλων και αντλιοστασίων).
 - **Boreholes**: Εμφάνιση/εξαφάνιση των ονομασιών όλων των γεωτρήσεων του δικτύου.
 - **Inflows**: Εμφάνιση/εξαφάνιση των ονομασιών όλων των εισροών του δικτύου.
 - **River segments**: Εμφάνιση/εξαφάνιση των ονομασιών όλων των υδατορευμάτων του δικτύου.
 - **River nodes**: Εμφάνιση/εξαφάνιση των ονομασιών όλων των κόμβων των υδατορευμάτων του δικτύου.
 - **Targets**: Εμφάνιση/εξαφάνιση των ονομασιών όλων των στόχων του δικτύου.



Εικόνα 5.5: Επιλογές εμφάνισης πινακίδων στον χάρτη.

5.2.5 Επιβεβαίωση διαγραφής

Πριν από τη διαγραφή μιας συνιστώσας δικτύου, ο χρήστης καλείται να επιβεβαιώσει τη διαγραφή της με μια φόρμα διαλόγου όπως η παρακάτω:

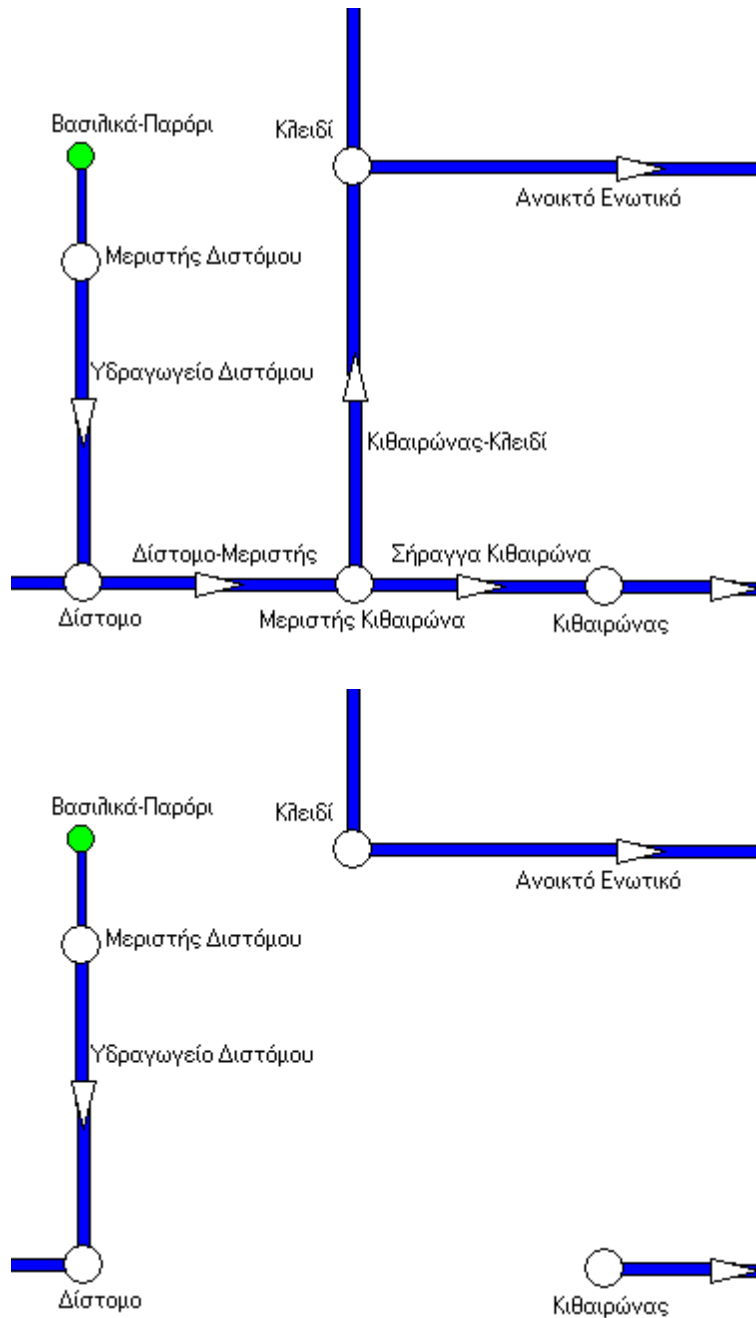


Εικόνα 5.6: Επιβεβαίωση διαγραφής συνιστώσας δικτύου.

Η διαδικασία αυτή μπορεί να απλοποιηθεί από το χρήστη απενεργοποιώντας την επιβεβαίωση διαγραφής από το μενού της Βασικής Φόρμας με **View/Confirm delete**.

5.2.6 Αναδρομική διαγραφή

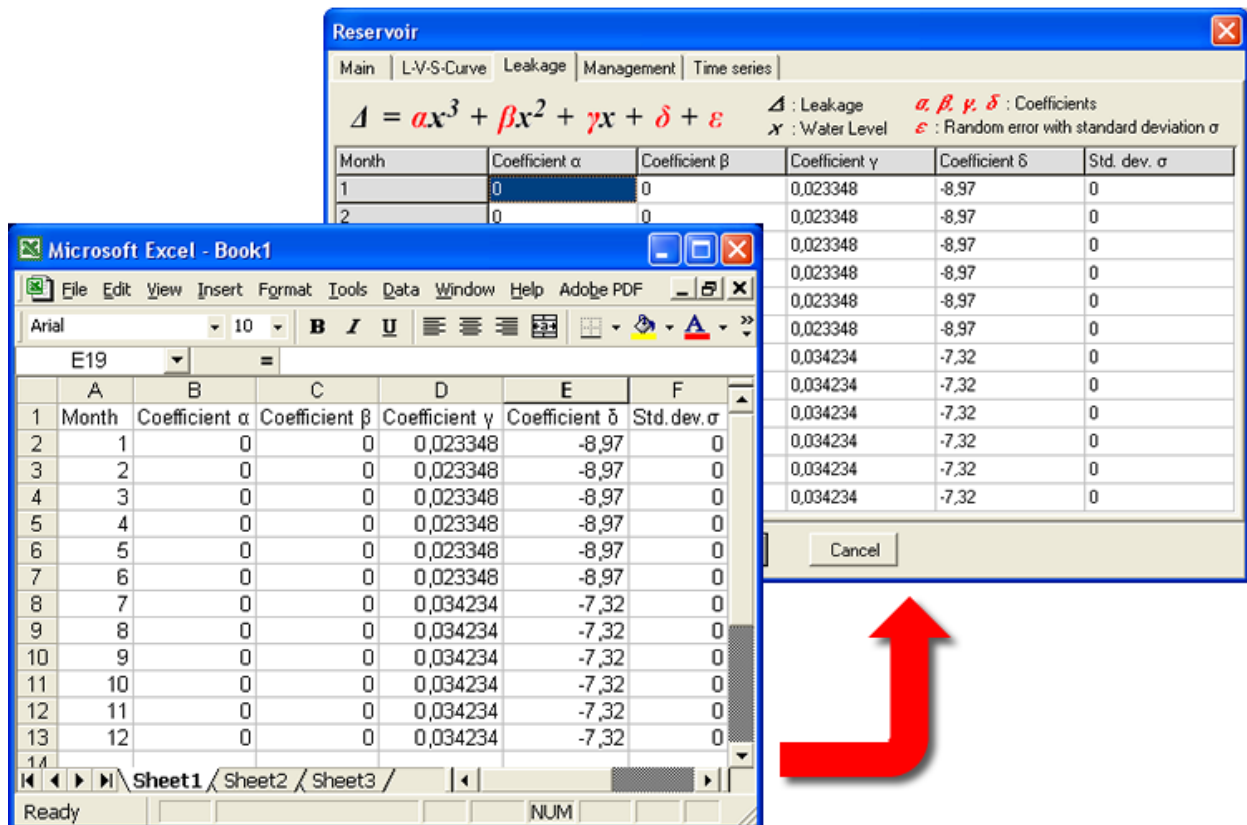
Αυτόνομες συνιστώσες δικτύου (κόμβος, ταμιευτήρας κλπ.) ενδέχεται να συνδέονται με κάποιες εξαρτημένες συνιστώσες δικτύου (υδραγωγείο, γεώτρηση κλπ.). Ο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ για λόγους ασφάλειας κατά κανόνα απαγορεύει τη διαγραφή αυτόνομων συνιστωσών δικτύου αν δεν έχουν διαγραφεί προηγουμένως όλες οι εξαρτημένες από αυτήν συνιστώσες. Κατ' εξαίρεση μπορούν να διαγραφούν μαζί με μια συνιστώσα δικτύου και όλες οι εξαρτημένες από αυτήν συνιστώσες στην ίδια διαδικασία εφόσον ο χρήστης ενεργοποιήσει προηγουμένως την αναδρομική διαγραφή (**Recursive delete**) με επιλογή από το μενού της Βασικής Φόρμας με **View/Recursive delete**.



Εικόνα 5.7: Παράδειγμα αναδρομικής διαγραφής: (α) αρχικό σχήμα δικτύου, και (β) μετά την αναδρομική διαγραφή του κόμβου "Μεριστής Κιθαιρώνας".

5.2.7 Εισαγωγή και εξαγωγή δεδομένων πίνακα

Πολλές φορές πρέπει να γίνει εισαγωγή δεδομένων από άλλες εφαρμογές, π.χ. Microsoft Excel, ή, αντίστροφα, να χρησιμοποιηθούν δεδομένα αυτής της εφαρμογής σε άλλες. Για την υποστήριξη της εισαγωγής και εξαγωγής δεδομένων σε πίνακες, ο χρήστης μπορεί να κάνει χρήση των λειτουργιών αντιγραφής/επικόλλησης και αποθήκευσης σε αρχείο CSV. Οι λειτουργίες αυτές εκτελούνται επιλέγοντας από το μενού που εμφανίζεται με δεξί κλικ με το ποντίκι επάνω σε οποιονδήποτε πίνακα.



Εικόνα 5.8: Φόρμες εισαγωγής και εξαγωγής δεδομένων.

5.2.8 Εισαγωγή δεδομένων

Σε επιλεγμένους πίνακες είναι δυνατή η εισαγωγή δεδομένων από έναν πίνακα μιας άλλης εφαρμογής (π.χ. Microsoft Excel). Η εισαγωγή μπορεί να πραγματοποιηθεί με τον τρόπο της αντιγραφής και επικόλλησης όπως περιγράφεται παρακάτω:

1. Επιλέγονται τα κελιά που θα αντιγραφούν από τον πίνακα της πρώτης εφαρμογής.
2. Επιλογή του κελιού του πίνακα απ' όπου θα ξεκινήσει η επικόλληση.
3. Με δεξί κλικ επάνω στο κελί επιλέγεται επικόλληση (**Paste**).

Σημείωση: Η αντιγραφή δεδομένων περιορίζεται στα εγγράψιμα κελιά του πίνακα. Η λειτουργία αυτή δεν είναι διαθέσιμη γενικά για όλους τους πίνακες της εφαρμογής παρά μόνο για επιλεγμένους πίνακες. Όταν η λειτουργία δεν είναι διαθέσιμη, η επιλογή Paste εμφανίζεται απενεργοποιημένη.

5.2.9 Εξαγωγή πίνακα σε αρχείο .csv

Δεξί κλικ με το ποντίκι οπουδήποτε στην επιφάνεια του πίνακα και επιλογή Save to CSV-file.

1. Αναζήτηση του καταλόγου που θα αποθηκευτούν τα δεδομένα και δίνεται το όνομα του αρχείου στο πεδίο **File name**.
2. Το αρχείο .csv μπορεί να διαβαστεί από οποιοδήποτε λογισμικό, το οποίο αναγνωρίζει τη μορφή αυτή, π.χ. Microsoft Excel.

5.3 Πίνακες συνιστώσων σεναρίου

Οι πίνακες συνιστώσων σεναρίου απαριθμούν τις συνιστώσες και τις βασικές τους ιδιότητες μιας συγκεκριμένης κατηγορίας με τη μορφή καταστάσεων. Η επιλογή γίνεται με το μενού της Βασικής Φόρμας **Properties/...** από τις παρακάτω κατηγορίες:

Junctions: Κόμβοι υδραγωγείων

Reservoirs: Ταμιευτήρες

Aqueducts: Υδραγωγεία

Pumps: Αντλιοστάσια

Turbines: Στρόβιλοι

River segments: Τμήματα υδατορεύματος

River nodes: Κόμβοι υδατορεύματος

Boreholes: Γεωτρήσεις

Inflows: Εισροές

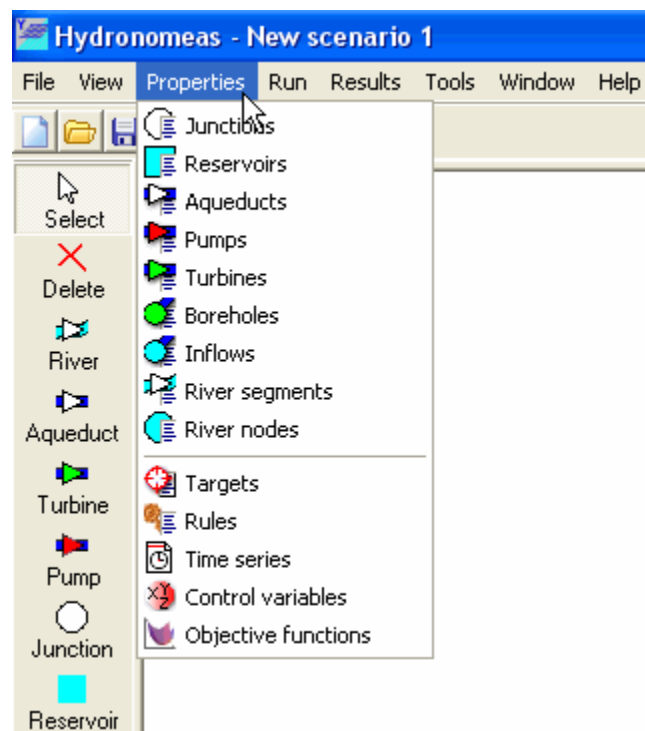
Targets: Στόχοι

Rules: Κανόνες λειτουργίας

Time series: Χρονοσειρές

Control variables Μεταβλητές ελέγχου

Objective functions Αντικειμενικές συναρτήσεις



Εικόνα 5.9: Συνιστώσες δικτύου.

Στη φόρμα που εμφανίζεται διακρίνονται:

- Ο **πίνακας βασικών ιδιοτήτων** των συνιστώσων δικτύου. Κάθε σειρά αντιστοιχεί με μια συνιστώσα δικτύου ενώ οι στήλες αναφέρονται σε βασικές ιδιότητες της συνιστώσας όπως π.χ. η ονομασία της συνιστώσας και άλλες ιδιότητες που εξαρτώνται από την κατηγορία της συνιστώσας (βλ. την αντίστοιχη φόρμα δεδομένων της συνιστώσας δικτύου).

The screenshot shows a window titled 'Reservoir Properties' with a table containing the following data:

	ID	NAME	SUBCAREA	MIN_LEVEL	MAX_LEVEL	INIT_LEVEL	hasLeakage	SpillNode	hasRunoffTS	hasRainTS
1	11988	Υλίκη	2460	43.5	79.8	60.3	1	none	1	1
2	11989	Μόρνος	586	384	435	403.6	1	none	1	1
3	11990	Εύηνος	352	458.3	505	482.5	0	none	1	1
4	11991	Μαραθώνας	120	204	224	219.2	0	none	1	1

At the bottom of the dialog box, there is an 'OK' button.

Εικόνα 5.10: Φόρμα χαρακτηριστικών μεγεθών ταμιευτήρων.

- Τα **εικονίδια λειτουργιών**:
 - **New**: Δημιουργία νέας συνιστώσας. Η λειτουργία αυτή υποστηρίζεται μόνο για τις κατηγορίες: Κόμβος υδραγωγείου, ταμιευτήρας, στόχος και κανόνας λειτουργίας.
 - **Open**: Άνοιγμα της φόρμας δεδομένων της επιλεγμένης συνιστώσας. Η φόρμα ανοίγει επίσης κάνοντας διπλό κλικ με το ποντίκι επάνω στη σειρά που αντιστοιχεί στην συνιστώσα.
 - **Delete**: Διαγραφή της επιλεγμένης συνιστώσας.

Επισήμανση: Η διαγραφή πραγματοποιείται με την επιλογή "Αναδρομική διαγραφή", δηλαδή μαζί με τη συνιστώσα διαγράφονται και όλες οι εξαρτημένες από αυτήν συνιστώσες.

Κατ' εξαίρεση στην κατηγορία κανόνων λειτουργίας παρατίθενται οι επιπρόσθετες λειτουργίες:

- **Reservoirs**: Εμφάνιση της φόρμας γραφήματος κανόνων λειτουργίας ταμιευτήρων
- **Simulate**: Εκτέλεση προσομοίωσης με τους επιλεγμένους κανόνες λειτουργίας ταμιευτήρων και γεωτρήσεων

Το σχήμα του δικτύου επικαιροποιείται με το κλείσιμο της φόρμας.

6 Συνιστώσες υδροσυστήματος

6.1 Κόμβος (Junction)

Ο κόμβος (Junction) αποτελεί βασική συνιστώσα δικτύου υδραγωγείων καθώς ορίζει την αρχή και το τέλος ενός υδραγωγείου ή αποτελεί σημείο σύνδεσης άλλων συνιστωσών στο δίκτυο. Στο μοντέλο του δικτύου δεν γίνεται διάκριση μεταξύ των διαφόρων τύπων κόμβου, καθώς όλοι οι κόμβοι αντιμετωπίζονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο. Έτσι ένας κόμβος μπορεί στην πραγματικότητα να αντιπροσωπεύει:

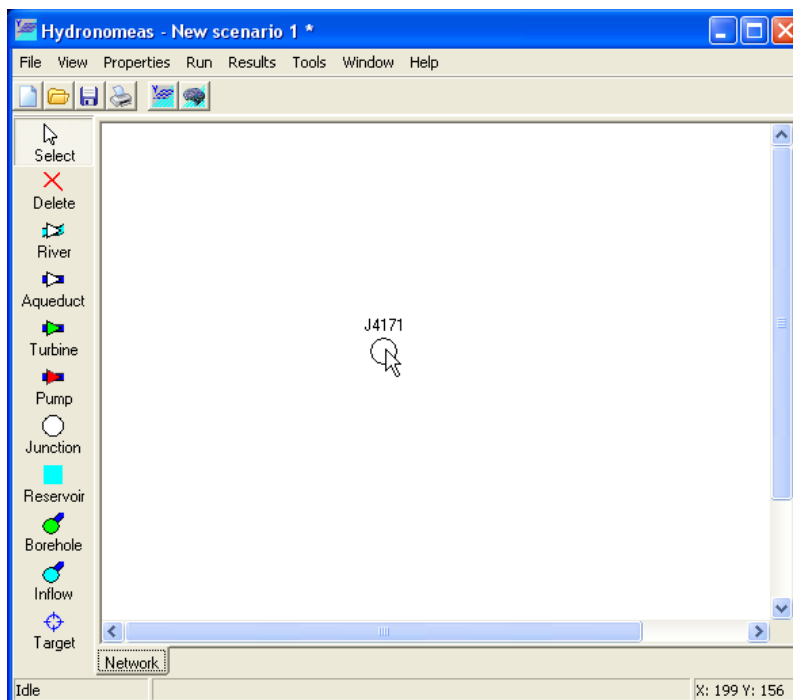
- ένα σημείο σύνδεσης μιας γεώτρησης στο δίκτυο
- έναν μεριστή
- μια μονάδα επεξεργασίας νερού
- μια περιοχή ζήτησης υδρευτικού ή αρδευτικού νερού
- μια έξοδο από το υδροσύστημα

Ένας κόμβος μπορεί ακόμη και να δημιουργηθεί για λόγους που υπαγορεύονται από τις ανάγκες της προσομοίωσης π.χ. για να συνδεθούν δύο τμήματα του ίδιου υδραγωγείου που όμως έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά.

6.1.1 Εισαγωγή νέου κόμβου

Ένας κόμβος δημιουργείται με τον ακόλουθο τρόπο:

1. Πατώντας αρχικά το κουμπί **Junction** στα εργαλεία σχεδίασης δικτύου
2. Πατώντας κατόπιν σε ένα ελεύθερο σημείο στην επιφάνεια σχεδίασης δικτύου.



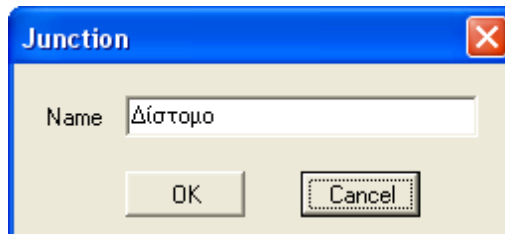
Εικόνα 6.1: Δημιουργία νέου κόμβου στην επιφάνεια εργασίας.

Σημείωση: Κόμβος δικτύου μπορεί να δημιουργηθεί και αυτόματα κατά την εισαγωγή υδραγωγείου ως ανάντη ή κατάντη κόμβος.

6.1.2 Τροποποίηση δεδομένων κόμβου

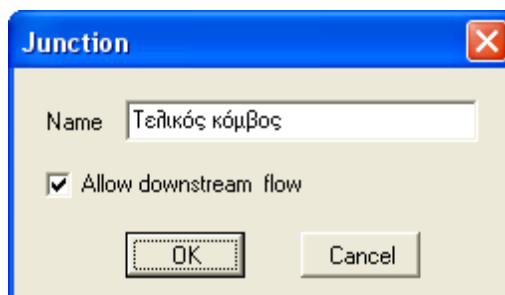
Οι ιδιότητες ενός κόμβου μπορούν να τροποποιηθούν ως εξής:

1. Στη φόρμα σχεδίασης δικτύου διπλό κλικ επάνω στον κόμβο
2. Στη φόρμα δεδομένων κόμβου που εμφανίζεται μπορεί να τροποποιηθεί η ονομασία (**Name**).



Εικόνα 6.2: Ονομασία κόμβου.

Μόνο εφόσον πρόκειται για τελικό κόμβο εμφανίζεται η επιλογή Allow downstream flow με την οποία ο χρήστης επιτρέπει κατά την προσομοίωση την διαφυγή πλεονάζοντος νερού από το σύστημα διαμέσου αυτού του κόμβου.



Εικόνα 6.3: Επιλογή ελεύθερης ροής κατάντη τελικού κόμβου.

3. Πάτημα του κουμπιού **OK** για καταχώρηση των αλλαγών

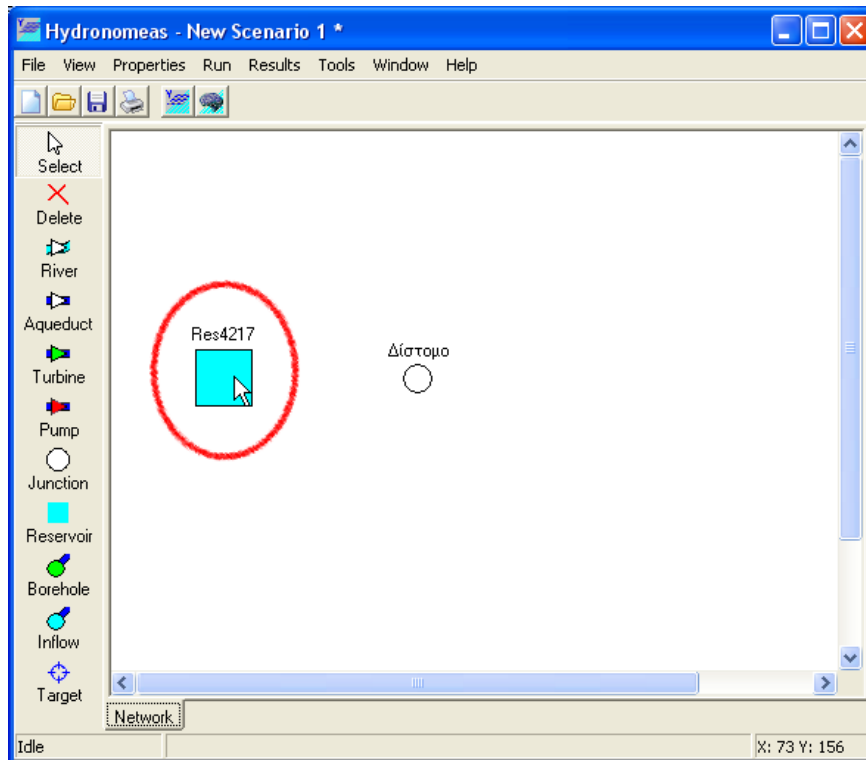
Σημείωση: Η φόρμα δεδομένων κόμβου μπορεί να εμφανιστεί και από τη συγκεντρωτική κατάσταση κόμβων (βλ. κατάσταση συνιστωσών δικτύου). Ο κόμβος υδραγωγείου εμφανίζεται στο σχήμα του δικτύου ως άσπρος κύκλος και διαφοροποιείται χρωματικά από τον κόμβο υδατορεύματος (γαλάζιος κύκλος).

6.2 Ταμιευτήρας (Reservoir)

6.2.1 Εισαγωγή νέου ταμιευτήρα

Ένας ταμιευτήρας δημιουργείται με τον ακόλουθο τρόπο:

1. Πατώντας αρχικά το κουμπί **Reservoir** στα εργαλεία σχεδίασης δικτύου
2. Πατώντας κατόπιν σε ένα ελεύθερο σημείο στην επιφάνεια σχεδίασης δικτύου.
3. Το σύμβολο του ταμιευτήρα εμφανίζεται στην επιφάνεια σχεδίασης με μια προσωρινή ονομασία



Εικόνα 6.4: Δημιουργία ταμιευτήρα στην επιφάνεια εργασίας.

6.2.2 Τροποποίηση δεδομένων ταμιευτήρα

Οι ιδιότητες ενός ταμιευτήρα μπορούν να τροποποιηθούν από τη φόρμα δεδομένων ταμιευτήρα που εμφανίζεται κάνοντας διπλό κλικ με το ποντίκι επάνω στην εικόνα του ταμιευτήρα στη φόρμα σχεδίασης δικτύου.

Η φόρμα δεδομένων ταμιευτήρα αποτελείται από τα εξής φύλλα:

- Το βασικό φύλλο δεδομένων
- Το φύλλο καμπυλών στάθμης - όγκου – επιφάνειας
- Το φύλλο δεδομένων υπόγειων διαφυγών
- Το φύλλο δεδομένων κανόνων διαχείρισης
- Το φύλλο χρονοσειρών

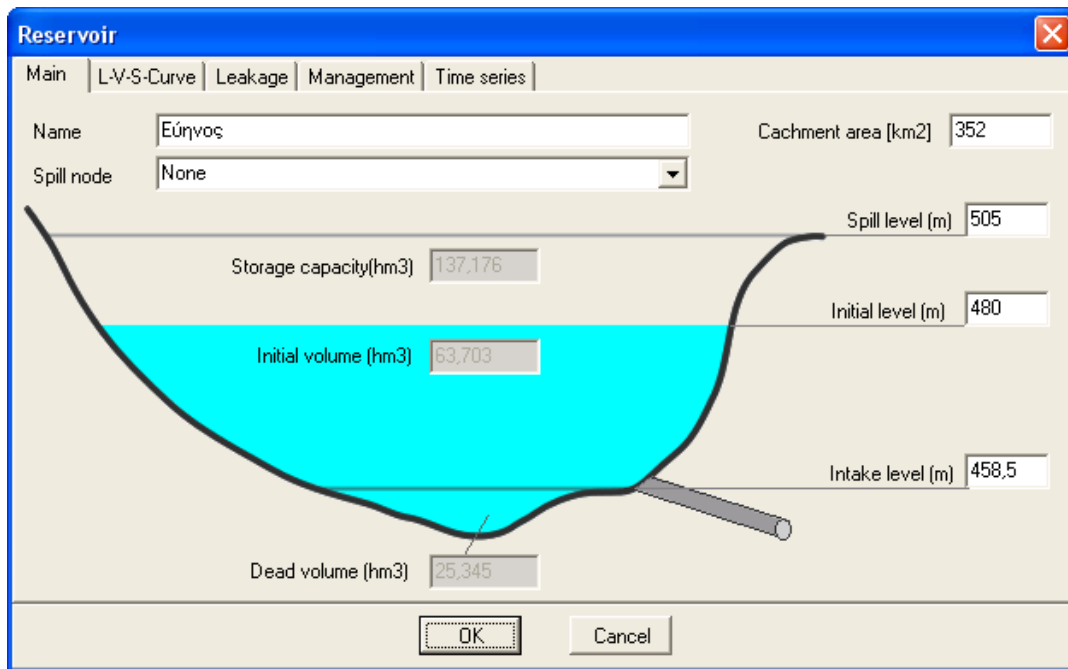
6.2.3 Βασικά δεδομένα

Από το βασικό φύλλο μπορούν να τροποποιηθούν τα εξής δεδομένα του ταμιευτήρα:

1. Η ονομασία (**Name**).
2. Η έκταση της λεκάνης απορροής του ταμιευτήρα σε km² (**Catchment area**). Η τιμή αυτή χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με την επίκαιρη επιφάνεια του ταμιευτήρα και τη χρονοσειρά απορροής (βλ. φύλλο χρονοσειρών), ώστε να υπολογιστεί η απορροή στον ταμιευτήρα για κάθε χρονικό βήμα προσομοίωσης.
3. Ο κόμβος υδατορεύματος στον οποίο διοχετεύεται η υπερχειλίση του ταμιευτήρα (**Spill node**). Ο κόμβος επιλέγεται από το πτυσσόμενο μενού που περιλαμβάνει όλους τους κόμβους υδατορεύματος. Σε περίπτωση που οι υπερχειλίσεις διαφεύγουν από το σύστημα και άρα δεν λαμβάνονται υπόψη κατάντη στο μοντέλο, τότε στο μενού επιλέγεται **None**.

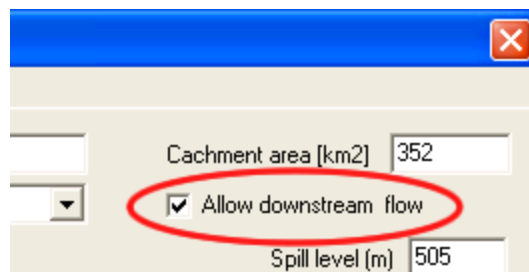
4. Η στάθμη υπερχειλίσης σε m (**Spill level**) που αντιστοιχεί στη χωρητικότητα του ταμιευτήρα σε hm³ (**Storage capacity**).
5. Η αρχική στάθμη σε m (**Initial level**), που αντιστοιχεί στον αρχικό όγκο του ταμιευτήρα σε hm³ (**Initial volume**) κατά την εκκίνηση της προσομοίωσης.
6. Η στάθμη υδροληψίας σε m (**Intake level**) που αντιστοιχεί στον νεκρό όγκο του ταμιευτήρα σε hm³ (**Dead volume**).

Σημείωση: Για να εμφανιστούν οι τιμές χωρητικότητας, αρχικού όγκου και νεκρού όγκου του ταμιευτήρα θα πρέπει προηγουμένως να έχει οριστεί η καμπύλη στάθμης- όγκου.



Εικόνα 6.5: Φόρμα ταμιευτήρα.

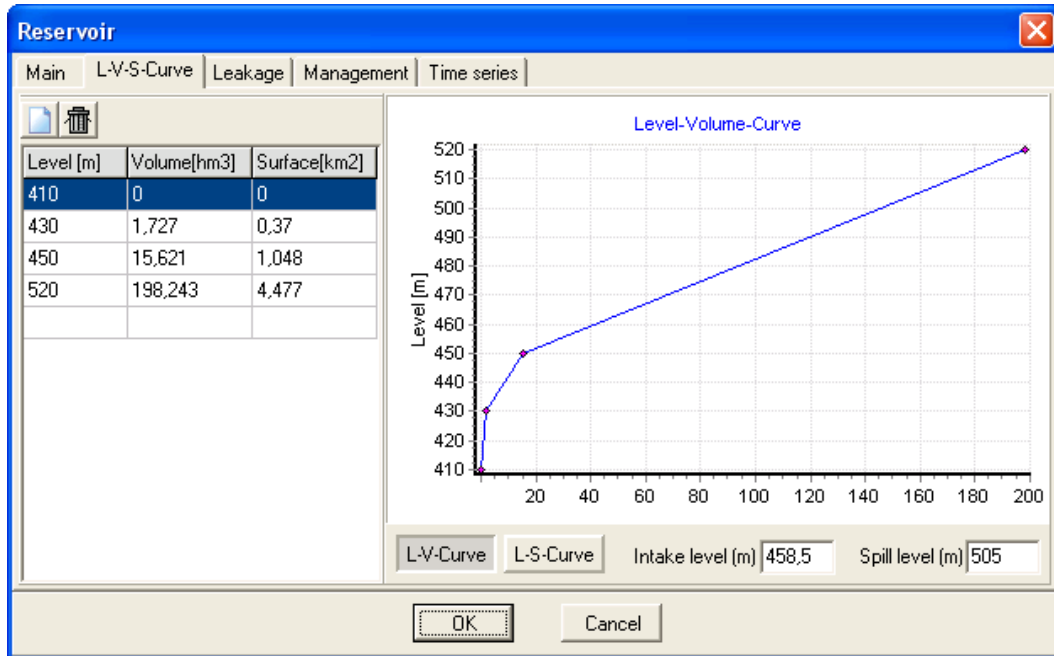
Σε περίπτωση που ο ταμιευτήρας αποτελεί τελικό κόμβο του συστήματος, δηλαδή δεν υπάρχει υδραγωγείο ή υδατόρευμα κατάντη του ταμιευτήρα, τότε στο επάνω δεξιό μέρος του φύλλου εμφανίζεται η επιλογή **Allow downstream flow** με την οποία ο χρήστης επιτρέπει κατά την προσομοίωση τη διαφυγή πλεονάζοντος νερού από το σύστημα διαμέσου του ταμιευτήρα (ανεξάρτητα από τυχόν υπερχειλίσεις).



Εικόνα 6.6: Επιλογή ελεύθερης ροής κατάντη ταμιευτήρα.

6.2.4 Καμπύλες στάθμης-όγκου-επιφάνειας

Από το φύλλο δεδομένων στάθμης-όγκου-επιφάνειας ο χρήστης μπορεί να ορίσει χαρακτηριστικά σημεία της καμπύλης. Στο αριστερό μέρος του φύλλου διακρίνεται ο πίνακας σημείων ενώ στο δεξιό μέρος το γράφημα της καμπύλης στάθμης-όγκου ή στάθμης-επιφάνειας.



Εικόνα 6.7: Καμπύλες στάθμης-όγκου-επιφάνειας.

Η εισαγωγή δεδομένων πραγματοποιείται με:

1. Αριστερό κλικ επάνω στο εικονίδιο νέας καταχώρησης (**new record**) ή διπλό κλικ επάνω στην τελευταία (κενή) γραμμή του πίνακα.
2. Στη φόρμα δεδομένων σημείου που εμφανίζεται συμπληρώνονται οι τιμές στάθμης (**Level**) σε m, όγκου (**Volume**) σε hm^3 και επιφάνεια (**Surface**) σε km^2 .
3. Επιβεβαίωση της καταχώρησης με **OK**.

Level [m]	430
Volume [hm3]	1,727
Surface [km2]	0,37

Εικόνα 6.8: Εισαγωγή δεδομένων στάθμης-όγκου-επιφάνειας.

Ένα σημείο της καμπύλης μπορεί να διαγραφεί:

1. Επιλέγοντας τη σχετική σειρά από τον πίνακα.
2. Πατώντας κατόπιν το εικονίδιο διαγραφής (**delete selected record**).

Οι τιμές μιας καταχώρησης στον πίνακα μπορούν να τροποποιηθούν.

1. Κάνοντας διπλό κλικ με το ποντίκι επάνω στη σειρά που πρέπει να τροποποιηθεί.

2. Στη φόρμα δεδομένων σημείου που εμφανίζεται πραγματοποιούνται οι αλλαγές.
3. Επιβεβαίωση των τροποποιήσεων με **OK**.

Σημειώσεις:

- Πριν από την εκτέλεση προσομοίωσης απαιτείται ο καθορισμός τριών τουλάχιστον σημείων σε κάθε ταμιευτήρα.
- Για τον υπολογισμό ενδιάμεσων τιμών κατά την προσομοίωση πραγματοποιείται λογαριθμική παρεμβολή.

Τα δεδομένα της καμπύλης εμφανίζονται στον πίνακα ταξινομημένα πάντοτε ως προς τη στάθμη. Πατώντας το κουμπί **L-V-Curve** εμφανίζεται το γράφημα στάθμης- όγκου ενώ με το κουμπί **L-S-Curve** εμφανίζεται το γράφημα στάθμης-επιφάνειας. Οι στάθμες υδροληψίας και υπερχειλίσης εκτός από τα αντίστοιχα πεδία στο βασικό φύλλο της φόρμας μπορούν να οριστούν και από τα πεδία **Intake level** και **Spill level** στο κάτω δεξιό μέρος του φύλλου δεδομένων στάθμης-όγκου-επιφάνειας.

6.2.5 Υπόγειες διαφυγές

Οι υπόγειες διαφυγές του ταμιευτήρα καθορίζονται με παραμετρικό τρόπο από το σχετικό φύλλο της φόρμας. Η σχέση υπολογισμού των υπόγειων διαφυγών είναι:

$$\Delta = \alpha x^3 + \beta x^2 + \gamma x + \varepsilon + \xi$$

όπου Δ είναι οι υπόγειες διαφυγές σε hm³, x η στάθμη του ταμιευτήρα σε m, α , β , γ και ε συντελεστές της εξίσωσης και ξ ένας τυχαίος όρος σφάλματος που θεωρείται ότι ακολουθεί κανονική κατανομή, μέση τιμή μηδέν και τυπική απόκλιση σ (σε hm³). Ο χρήστης μπορεί να ορίσει ξεχωριστές τιμές για κάθε μήνα του έτους, για όλους τους συντελεστές της εξίσωσης και την τυπική απόκλιση.

Month	Coefficient α	Coefficient β	Coefficient γ	Coefficient δ	Std. dev. σ
1	0	0	0,023348	-8,97	0
2	0	0	0,023348	-8,97	0
3	0	0	0,023348	-8,97	0
4	0	0	0,023348	-8,97	0
5	0	0	0,023348	-8,97	0
6	0	0	0,023348	-8,97	0
7	0	0	0,034234	-7,32	0
8	0	0	0,034234	-7,32	0
9	0	0	0,034234	-7,32	0
10	0	0	0,034234	-7,32	0
11	0	0	0,034234	-7,32	0
12	0	0	0,034234	-7,32	0

Εικόνα 6.9: Εισαγωγή δεδομένων εξίσωσης διαφυγών.

6.2.6 Κανόνας λειτουργίας

Στο 4ο φύλλο της φόρμας δεδομένων ταμιευτήρα, ο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να ελέγχει τη λειτουργία του ταμιευτήρα μέσω ενός απλού και αποτελεσματικού παραμετρικού κανόνα (**Use parametric rule**). Οι επιλογές μπορούν να διαφοροποιηθούν εποχιακά από τη φόρμα επιλογών, οπότε το φύλλο λαμβάνει ανάλογα με αυτήν την επιλογή μια από τις παρακάτω μορφές:

The screenshot shows the 'Reservoir' software window with the 'Management' tab selected. The 'Simulation' section is set to 'No Season'. Under the 'Parametric rule' section, the text 'Only B Coefficients are used' is displayed. There are two input fields: 'Wet season param. A' with a value of 0 and 'B' with a value of 0,5. A note at the bottom states: 'Note: The parametric rule can be by-passed by defining a maximum and a minimum volume target'. The 'OK' and 'Cancel' buttons are visible at the bottom.

Εικόνα 6.10: Εισαγωγή παραμέτρων κανόνων λειτουργίας.

The screenshot shows the 'Reservoir' software window with the 'Management' tab selected. The 'Simulation' section is set to 'Wet and Dry Season'. Under the 'Parametric rule' section, the text 'Only B Coefficients are used' is displayed. There are four input fields: 'Wet season param. A' with a value of 0, 'B' with a value of 0,5, 'Dry season param. A' with a value of 0, and 'B' with a value of 0,3. A note at the bottom states: 'Note: The parametric rule can be by-passed by defining a maximum and a minimum volume target'. The 'OK' and 'Cancel' buttons are visible at the bottom.

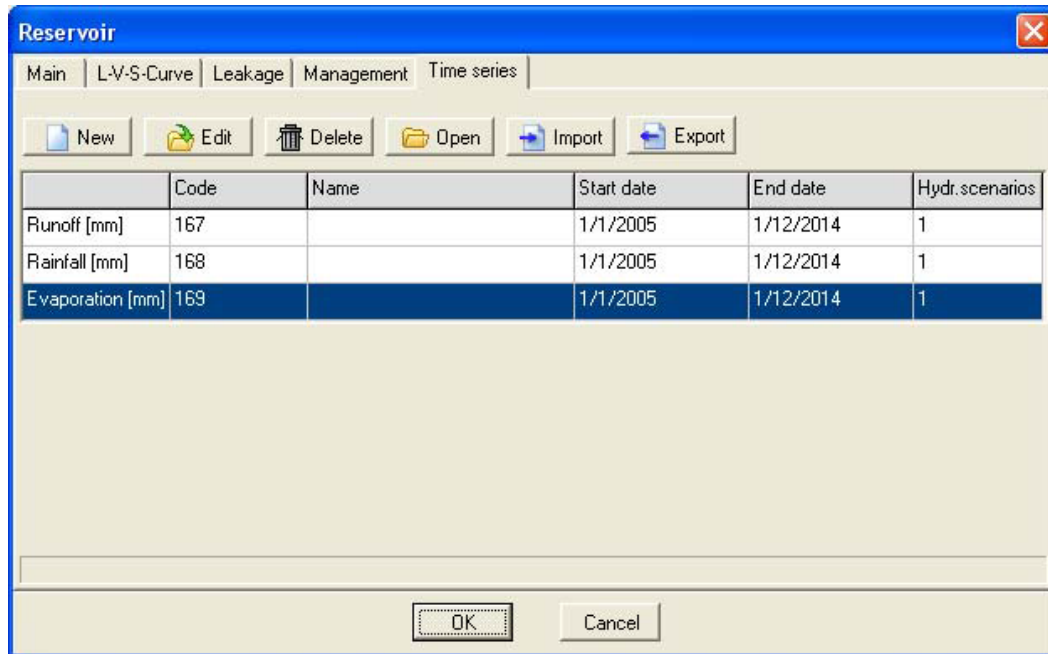
Εικόνα 6.11: Εποχιακή μεταβολή παραμέτρων.

Στην περιοχή του παραμετρικού κανόνα (**Parametric rule**) διακρίνονται τέσσερα πεδία στα οποία ο χρήστης εισάγει τους συντελεστές α και β για την υγρή (**Wet season param.**) και για την ξηρή περίοδο (**Dry season param.**). Για τους τελευταίους, τα πεδία εμφανίζονται μόνο εφόσον έχει επιλεγεί εποχιακή διαφοροποίηση. Επίσης, σε περίπτωση που ο συντελεστής α είναι απενεργοποιημένος (βλ. φόρμα επιλογών), τα αντίστοιχα πεδία έχουν γκρι φόντο.

6.2.7 Χρονοσειρές

Στο τελευταίο φύλλο της φόρμας ο χρήστης καλείται να ορίσει για κάθε ταμιευτήρα τρεις χρονοσειρές:

1. χρονοσειρά απορροής ανάντη υπολεκάνης.
2. χρονοσειρά βροχόπτωσης στην επιφάνεια του ταμιευτήρα.
3. χρονοσειρά εξάτμισης από την επιφάνεια του ταμιευτήρα.



Εικόνα 6.12: Φόρμα διαχείρισης υδρολογικών χρονοσειρών ταμιευτήρα.

Όλες οι τιμές δίνονται σε mm και για κάθε χρονοσειρά που έχει οριστεί αναγράφονται στον πίνακα τα εξής στοιχεία:

1. ο κωδικός χρονοσειράς (**Code**)
2. η ονομασία της χρονοσειράς (**Name**)
3. η ημερομηνία πρώτης εγγραφής της χρονοσειράς (**Start date**)
4. η ημερομηνία τελευταίας εγγραφής της χρονοσειράς (**End date**)
5. το πλήθος υδρολογικών σεναρίων που περιλαμβάνει η χρονοσειρά (**Hydr. scenarios**)

Για τη διαχείριση των δεδομένων χρονοσειράς διατίθενται από τα σχετικά κουμπιά του φύλλου χρονοσειρών οι εξής λειτουργίες:

- Δημιουργία νέας χρονοσειράς (**New...**). Από τη φόρμα που εμφανίζεται είναι δυνατή η δημιουργία νέας χρονοσειράς πολλαπλών ενοτήτων (βλ. Επεξεργασία δεδομένων χρονοσειράς).
- Επεξεργασία (**Edit...**). Από τη φόρμα που εμφανίζεται μπορεί να γίνει επεξεργασία χρονοσειράς (βλ. Επεξεργασία δεδομένων χρονοσειράς).
- Διαγραφή χρονοσειράς (**Delete**).
- Εισαγωγή από τη Βάση Δεδομένων (**Open...**). Εμφανίζεται σχετική φόρμα μέσω της οποίας μπορεί να γίνει αναζήτηση και επιλογή χρονοσειράς από τη Βάση Δεδομένων (βλ. Εισαγωγή χρονοσειρών από τη Βάση).
- Εισαγωγή από αρχείο (**Import...**). Εμφανίζεται φόρμα διαλόγου για την επιλογή και εισαγωγή αρχείου χρονοσειράς.

- Αποθήκευση σε αρχείο (**Export...**). Εμφανίζεται φόρμα διαλόγου για την αποθήκευση χρονοσειράς σε αρχείο.

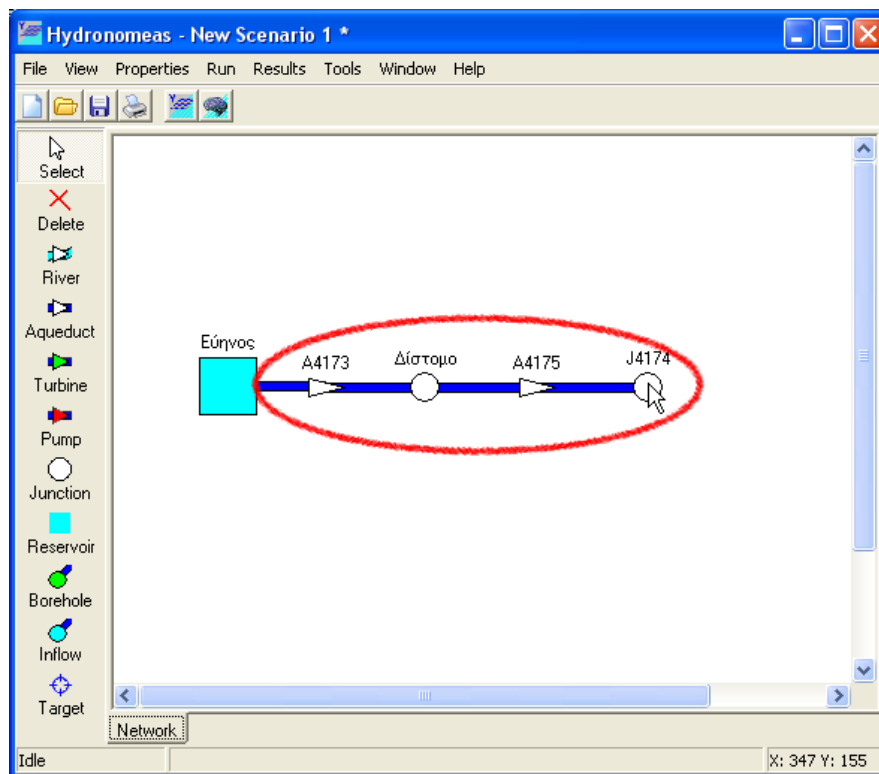
Σημειώσεις:

- Η αποθήκευση των χρονοσειρών στη βάση δεδομένων πραγματοποιείται κατά την αποθήκευση ολόκληρου του σεναρίου.
- Εφόσον δεν έχει οριστεί κάποια χρονοσειρά ταμιευτήρα ο χρήστης ενημερώνεται γι' αυτό πριν από την εκτέλεση της προσομοίωσης, η οποία όμως πραγματοποιείται κανονικά, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η σχετική διεργασία του ταμιευτήρα.

Περισσότερες πληροφορίες παρατίθενται στο Κεφάλαιο 7.

6.3 Υδραγωγείο (Aqueduct)

Με τον όρο υδραγωγείο αναφερόμαστε σε ένα τεχνικό έργο πεπερασμένης παροχетеυτικότητας που συνδέει δύο κόμβους του υδροσυστήματος. Ένα υδραγωγείο μπορεί να αντιπροσωπεύει έναν μεμονωμένο αγωγό ή ένα σύστημα αγωγών σε σειρά, όπως σωληνωτούς αγωγούς, διάφυγες, σήραγγες, σίφωνες, κτλ.



Εικόνα 6.13: Δημιουργία υδραγωγείου στην επιφάνεια εργασίας.

6.3.1 Εισαγωγή νέου υδραγωγείου

Ένα υδραγωγείο ως εξαρτημένη συνιστώσα του δικτύου ορίζεται από τις ανάντη και κατάντη συνιστώσες δικτύου, οι οποίες μπορεί να είναι μια από τις ακόλουθες:

- Κόμβος (Junction)
- Κόμβος υδατορεύματος (River node)
- Ταμιευτήρας (Reservoir)

Ένα υδραγωγείο δημιουργείται με τον ακόλουθο τρόπο:

1. Πατώντας αρχικά το κουμπί **Aqueduct** στα εργαλεία σχεδίασης δικτύου.
2. Πατώντας με το ποντίκι κατόπιν διαδοχικά δύο από τις παραπάνω συνιστώσες στην επιφάνεια σχεδίασης δικτύου. Αν αντί για κάποια συνιστώσα σύνδεσης επιλεγεί ένα ελεύθερο σημείο στην επιφάνεια σχεδίασης δικτύου, τότε δημιουργείται αυτόματα στο σημείο αυτό ένας κόμβος με τον οποίον συνδέεται το υδραγωγείο.
3. Συνεχίζοντας ο χρήστης να πατάει με το ποντίκι στην επιφάνεια σχεδίασης δικτύου δημιουργούνται διαδοχικά περισσότεροι αγωγοί με τη μορφή πολυγραμμών (polylines).

6.3.2 Τροποποίηση δεδομένων υδραγωγείου

Η εισαγωγή υδραγωγείου πραγματοποιείται αρχικά χωρίς να έχουν οριστεί ουδιότητες του ή με κάποιες προσωρινές τιμές σε ορισμένες από αυτές (π.χ. η ονομασία). Οι ιδιότητες μπορούν να τροποποιηθούν κάνοντας διπλό κλικ με το ποντίκι επάνω στο υδραγωγείο στη φόρμα σχεδίασης του δικτύου.

The screenshot shows the 'Aqueduct' dialog box with the 'Economy' tab selected. The 'Name' field is 'Αρδευτικό'. The 'Upstream node' is 'Υψίκη' and the 'Downstream node' is 'Κωπαΐδα'. Both 'Inlet level (m)' and 'Outlet level (m)' are set to 0. The 'Variable outlet level' checkbox is unchecked. Under 'Discharge capacity', 'Constant DC' is checked with a value of 10 m³/s, and 'Constant RC' is checked with a value of 0. Under 'Leakage coefficient', 'Constant LC' is checked. The 'real element' radio button is selected.

Εικόνα 6.14: Χαρακτηριστικά μεγέθη υδραγωγείου.

Στη φόρμα δεδομένων υδραγωγείου αναγράφονται οι παρακάτω χαρακτηριστικές ιδιότητες:

- Η ονομασία του υδραγωγείου (**Name**).
- Ο ανάντη και ο κατόντη κόμβος οι οποίοι ορίζουν το υδραγωγείο (**Upstream node**, **Downstream node**). Τα πεδία αυτά εμφανίζονται απενεργοποιημένα και δεν είναι δυνατόν να τροποποιηθούν.
- Οι στάθμες τροφοδοσίας και εξαγωγής του υδραγωγείου (**Inlet level**, **Outlet level**) σε m χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του ύψους πτώσης στην περίπτωση μεταβλητής παροχετευτικότητας και για τον υπολογισμό της παραγωγής/κατανάλωσης ενέργειας κατά τη μεταφορά νερού μέσω στροβίλων/αντλιοστασίων. Σε περίπτωση που ο ανάντη κόμβος είναι ταμιευτήρας τότε η στάθμη τροφοδοσίας δίνεται από την στάθμη του ταμιευτήρα και η στάθμη του πεδίου Inlet level δεν λαμβάνεται υπόψη.
- Η μεταβλητή **Variable outlet level**, έχει νόημα μόνο στην περίπτωση που ο κατόντη κόμβος είναι ταμιευτήρας, οπότε εάν είναι αληθής το υψόμετρο εξαγωγής του αγωγού ταυτίζεται με την στάθμη του εν λόγω ταμιευτήρα. Σε αυτήν την περίπτωση η τιμή του πεδίου Outlet level δεν λαμβάνεται υπόψη.

- Η περιοχή συντελεστή διαρροής (**Leakage coefficient**).
- Η περιοχή δεδομένων παροχεταιυτικότητας (**Discharge capacity**).

6.3.3 Παροχεταιυτικότητα υδραγωγείου

Ένα υδραγωγείο, ανεξάρτητα από τον τύπο του (βαρύτητας, με αντλιοστάσιο, με στρόβιλο) έχει ένα ανώτατο όριο παροχής νερού δηλαδή μια παροχεταιυτικότητα (**discharge capacity**). Η παροχεταιυτικότητα μπορεί:

- να παραμένει σταθερή.
- να μεταβάλλεται συναρτήσει του ύψους πτώσης, δηλαδή της διαφοράς της στάθμης του νερού ανάντη και κατόντη του υδραγωγείου.
- να μεταβάλλεται συναρτήσει του χρόνου.
- να μεταβάλλεται συναρτήσει του ύψους πτώσης και του χρόνου.

6.3.4 Σταθερή παροχεταιυτικότητα

Η σταθερή παροχεταιυτικότητα ορίζεται στη φόρμα δεδομένων της συνιστώσας δικτύου (υδραγωγείο, αντλιοστάσιο, στρόβιλος) έχοντας επιλεγμένη την ένδειξη σταθερής παροχεταιυτικότητας (**Constant DC**) από μία και μοναδική καταχώρηση στο πεδίο παροχεταιυτικότητας. Η τιμή δίνεται σε m^3/s , παραμένει σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης και δεν εξαρτάται από τυχόν διαφοροποιήσεις στο ύψος πτώσης.

Discharge capacity

Constant DC 10 m^3/s

Constant RC 0 0-1

Εικόνα 6.15: Εισαγωγή δεδομένων σταθερής παροχεταιυτικότητας.

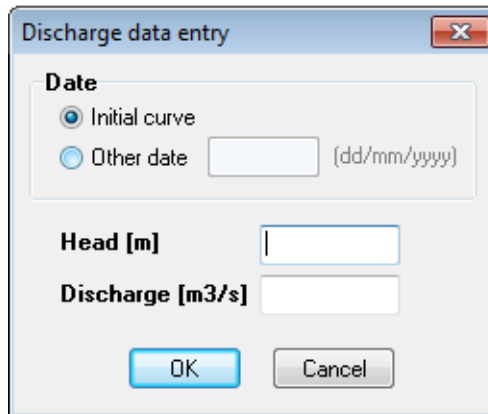
6.3.5 Μεταβλητή παροχεταιυτικότητα συναρτήσει του ύψους πτώσης

Στην περίπτωση κλειστών υδραγωγείων, η παροχεταιυτικότητα μπορεί να μεταβάλλεται συναρτήσει του ύψους πτώσης, το οποίο εξαρτάται από την επίκαιρη στάθμη των ταμιευτήρων ανάντη και κατόντη του αγωγού (το τελευταίο αν η επιλογή **Variable outlet level** είναι αληθής).

Εικόνα 6.16: Εισαγωγή δεδομένων μεταβλητής παροχεταιυτικότητας.

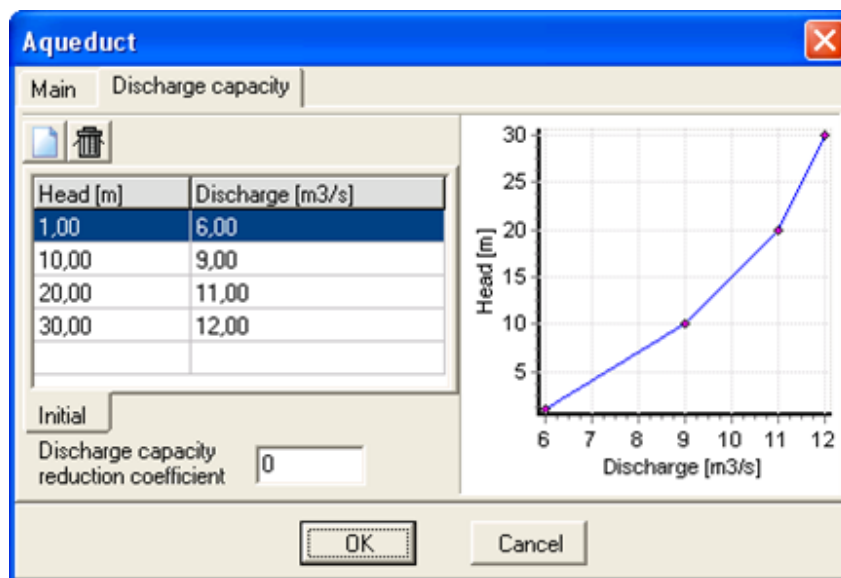
Η μεταβλητή παροχευτικότητα συναρτήσει του ύψους πτώσης ορίζεται ως εξής:

1. Απενεργοποίηση της επιλογής σταθερής παροχευτικότητας (**Constant DC**) από το βασικό φύλλο της φόρμας.
2. Επιλογή του φύλλου παροχευτικότητας (**Discharge capacity**).
3. Αριστερό κλικ επάνω στο εικονίδιο νέας καταχώρησης (**New**) ή διπλό κλικ επάνω στην τελευταία (κενή) γραμμή του πίνακα.
4. Συμπληρώνονται τα πεδία ύψους πτώσης (**Head**) σε m και παροχής (**Discharge**) σε m^3/s .



Εικόνα 6.17: Εισαγωγή τιμών στάθμης και παροχής.

5. Οι τιμές καταχωρούνται με **OK**.
6. Επαναλαμβάνονται τα τελευταία βήματα έως ότου διαμορφωθεί η καμπύλη ύψους πτώσης-παροχευτικότητας. Στον πίνακα εμφανίζονται οι καταχωρήσεις ταξινομημένες κατά το ύψος πτώσης. Στο δεξιό μέρος εμφανίζεται το γράφημα της καμπύλης.



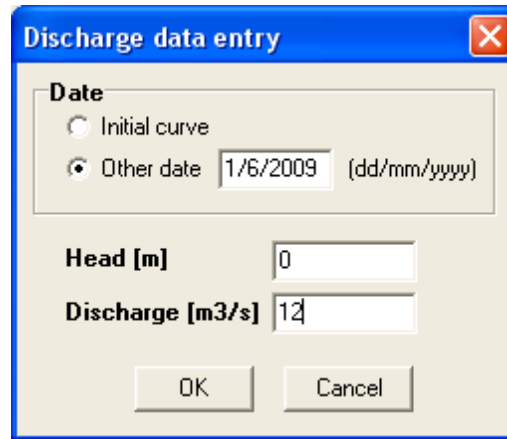
Εικόνα 6.18: Καμπύλη ύψους πτώσης – παροχής υδραγωγείου.

Σημείωση: Δεν επιτρέπεται η καταχώρηση δύο διαφορετικών τιμών παροχευτικότητας για το ίδιο ύψος πτώσης. Μια καταχώρηση διαγράφεται:

1. επιλέγοντας τη σειρά στον πίνακα παροχευτικοτήτων.
2. πατώντας το εικονίδιο διαγραφής (**Delete**).

6.3.6 Μεταβλητή παροχτευτικότητα συναρτήσει του χρόνου

Η παροχτευτικότητα του υδραγωγείου δεν είναι απαραίτητο να παραμένει ίδια καθ' όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης. Ο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να μεταβάλλει την τιμή παροχτευτικότητας ώστε να ανταποκρίνεται σε προβλεπόμενες αλλαγές (π.χ. προσωρινή διακοπή λειτουργίας λόγω συντήρησης δικτύου, αύξηση παροχτευτικότητας συνέπεια αναπτυξιακών έργων).



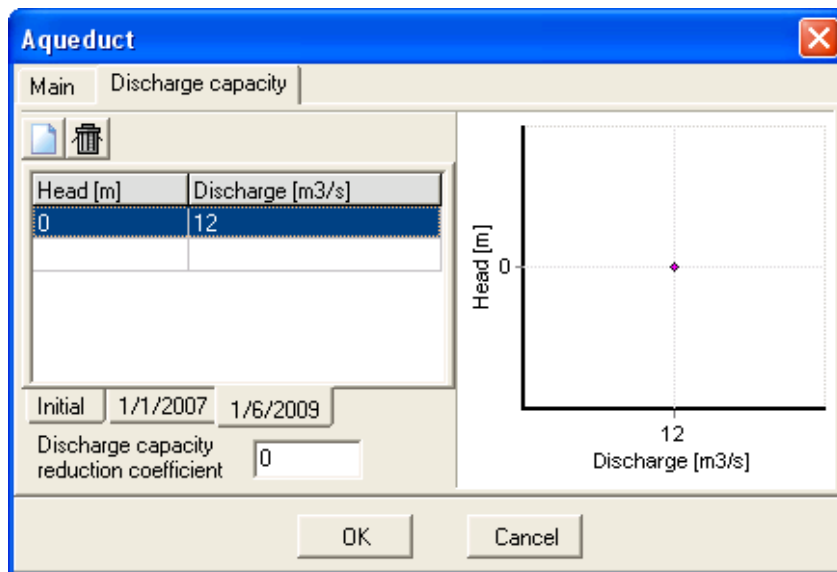
Εικόνα 6.19: Ορισμός περιόδου ισχύος σχέσης ύψους πτώσης – παροχής.

Η μεταβλητή παροχτευτικότητα συναρτήσει του χρόνου ορίζεται ως εξής:

1. Απενεργοποίηση της επιλογής σταθερής παροχτευτικότητας (**Constant DC**) από το βασικό φύλλο της φόρμας.
2. Επιλογή του φύλλου παροχτευτικότητας (**Discharge capacity**)
3. Αριστερό κλικ επάνω στο εικονίδιο νέας καταχώρησης (**New**) ή διπλό κλικ επάνω στην τελευταία (κενή) γραμμή του πίνακα.
4. Επιλογή εισαγωγής δεδομένων που θα ισχύουν από την αρχή της προσομοίωσης (**Initial curve**) ή άλλης ημερομηνίας με επιλογή **Other date**.
5. Συμπληρώνονται τα πεδία ύψους πτώσης (**Head**) σε m και παροχής (**Discharge**) σε m^3/s . Σε περίπτωση που η παροχτευτικότητα διαφοροποιείται μόνο χρονικά και όχι σε σχέση με το ύψος πτώσης, τότε δίνεται μόνο μια τιμή ανά ημερομηνία και η τιμή στο πεδίο Head δεν λαμβάνεται υπόψη.
6. Οι τιμές καταχωρούνται με **OK**. Εφόσον η εισαγωγή δεδομένων αφορά την αρχή της προσομοίωσης τότε οι τιμές καταγράφονται στο φύλλο **Initial**. Εφόσον οι τιμές αφορούν μια νέα ημερομηνία τότε δημιουργείται ένα φύλλο στο οποίο καταγράφονται οι τιμές. Εάν για την ημερομηνία αυτή υπάρχει φύλλο τότε τα δεδομένα καταγράφονται σε αυτό.
7. Επαναλαμβάνονται τα τελευταία βήματα έως ότου συμπληρωθεί η εισαγωγή όλων των δεδομένων παροχτευτικότητας.

Μια καταχώρηση διαγράφεται:

1. επιλέγοντας τη σειρά στον πίνακα παροχτευτικοτήτων.
2. πατώντας το εικονίδιο διαγραφής (**Delete**).



Εικόνα 6.20: Διαχείρισης χρονικά μεταβαλλόμενων σχέσεων ύψους πτώσης – παροχής.

6.3.7 Μεταβλητή παροχετευτικότητα συναρτήσει του χρόνου και του ύψους πτώσης

Στο πρόγραμμα μπορεί να γίνει συνδυασμός των δυνατοτήτων υπολογισμού της μεταβλητής παροχετευτικότητας όταν η παροχετευτικότητα του υδραγωγείου είναι συνάρτηση του χρόνου και του ύψους πτώσης.

6.3.8 Συντελεστής μείωσης παροχετευτικότητας

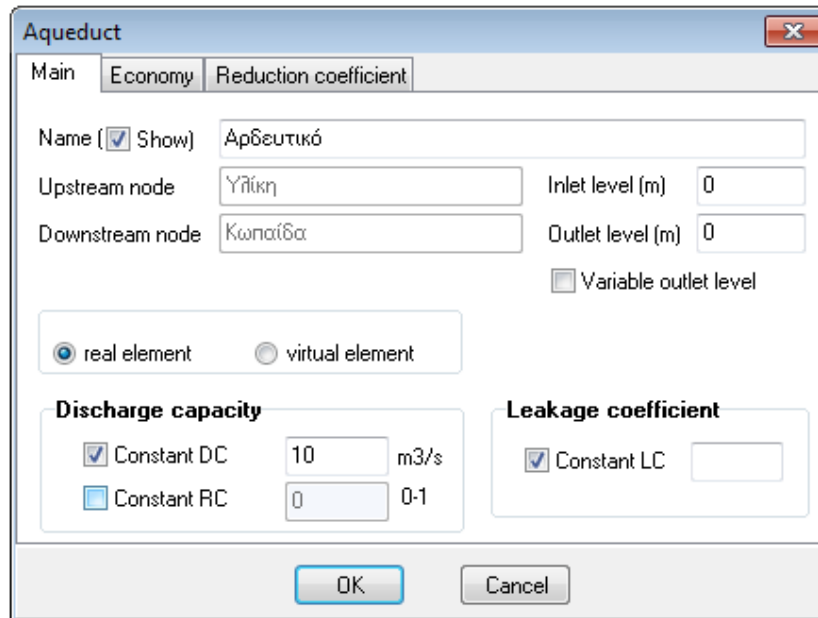
Ο συντελεστής μείωσης της παροχετευτικότητας (**Reduction coefficient**) λαμβάνει υπόψη χρονικούς περιορισμούς στη χρήση του υδραγωγείου, και παίρνει τιμές από 0 έως 1. Ο μειωτικός συντελεστής ορίζεται:

- στο βασικό φύλλο της φόρμας δεδομένων υδραγωγείου ή
- στο φύλλο μεταβλητής παροχετευτικότητας στο πεδίο.

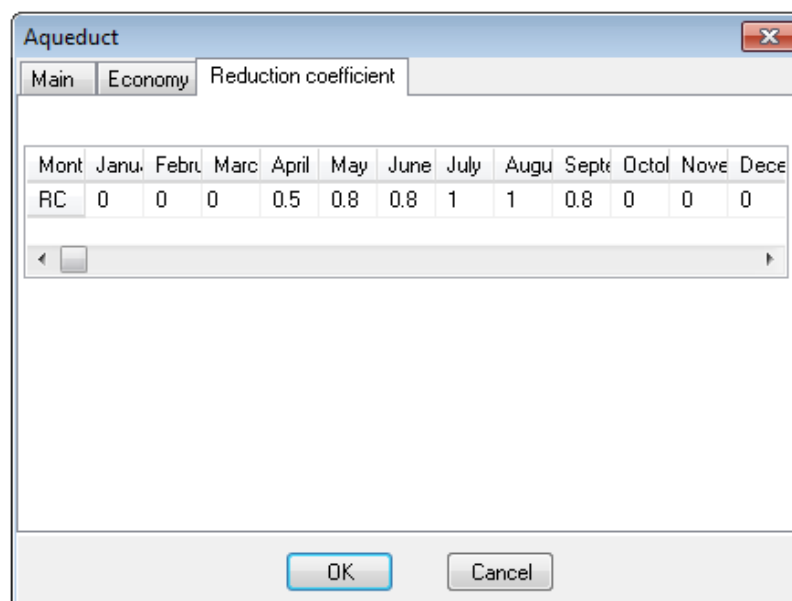
Ο εν λόγω συντελεστής εκφράζει είτε πραγματικούς περιορισμούς ως προς την χρήση του υδραγωγείου (π.χ. ένα αντλιοστάσιο που λειτουργεί ορισμένες ώρες το 24ωρο) είτε εικονικούς, που τίθενται με σκοπό την ρεαλιστικότερη αναπαράσταση της λειτουργίας του υδροσυστήματος, σε χαμηλές χρονικές κλίμακες. Για παράδειγμα, επειδή το μοντέλο λειτουργεί σε μηνιαίο βήμα, δεν μπορεί να λάβει υπόψη του την ημερήσια διακύμανση της κατανάλωσης. Για το σκοπό αυτό, η ονομαστική παροχετευτικότητα των αγωγών μειώνεται με έναν συντελεστή ψ που εκφράζει χρονικούς περιορισμούς στην χρήση του υδραγωγείου και την επίδραση της χρονικής διακύμανσης της παροχής εντός του χρονικού βήματος, στην περίπτωση που δεν υπάρχει δυνατότητα σημαντικής αναρρύθμισης πριν από τους κόμβους κατανάλωσης. Σε αυτήν την περίπτωση ο συντελεστής λαμβάνει συνήθως τιμή τη μέγιστη παρατηρημένη απόκλιση μεταξύ μέσης μηνιαίας Q_{avg} και μέγιστης ημερήσιας Q_{max} ζήτησης:

Η υδραυλική παροχετευτικότητα του υδραγωγείου αντιστοιχεί στη μέγιστη τιμή, και η μειωμένη κατά το συντελεστή ψ παροχετευτικότητα αντιστοιχεί στη μέση τιμή. Επισημαίνεται ότι η διακύμανση της κατανάλωσης που παρατηρείται εντός του 24ώρου θεωρείται ότι καλύπτεται από αναρρυθμιστικές δυνατότητες των εγκαταστάσεων του δικτύου όπως είναι η χωρητικότητα των υδραγωγείων και οι δεξαμενές των μονάδων επεξεργασίας νερού. Διαφορετικά, ο συντελεστής ψ θα έπρεπε να προσαυξηθεί για να λάβει υπόψη και τη διακύμανση της κατανάλωσης που παρατηρείται εντός του 24ώρου.

Επιπλέον, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει και μεταβλητό(ανά μήνα) συντελεστή μείωσης της παροχτευτικότητας (Reduction coefficient). Με αυτό τον τρόπο, ο χρήστης μπορεί να περιγράψει, παρεμβαίνοντας στο σύστημα, τις ιδιαιτερότητες της παροχτευτικότητας που ενδεχομένως έχει, κάθε αγωγός, κατά την διάρκεια του έτους. Για να μπορέσει ο χρήστης να επιλέξει μεταβλητό Reduction coefficient πρέπει να μην έχει επιλεγμένο το Constant RC.



Εικόνα 6.21: Φόρμα υδραγωγείου.



Εικόνα 6.22: Μηνιαία μεταβλή συντελεστή χρήσης υδραγωγείου.

6.3.9 Υδραγωγείο αμφίδρομης ροής

Όταν ένας κλάδος του δικτύου έχει τη δυνατότητα αμφίδρομης λειτουργίας (συνήθως με βαρύτητα προς τη μία κατεύθυνση και με άντληση προς την αντίστροφη της), τότε αναπαρίσταται από δύο παράλληλα υδραγωγεία, αντίθετης φοράς. Αν ψ_1 είναι ο συντελεστής μείωσης της παροχτευτικότητας του ενός υδραγωγείου και ψ_2 του ανάστροφου του, τότε μεταξύ των δύο συντελεστών θα πρέπει να ισχύει οπωσδήποτε ο περιορισμός:

$$\psi_1 + \psi_2 \leq 1$$

Ο παραπάνω περιορισμός εξασφαλίζει ότι δεν θα γίνεται ταυτόχρονη χρήση των δύο διαδρομών στη διάρκεια του χρονικού βήματος. Συνεπώς, το συνολικό ποσοστό χρήσης των δύο αντίθετων διαδρομών δεν θα υπερβαίνει το 100% του διαθέσιμου χρόνου.

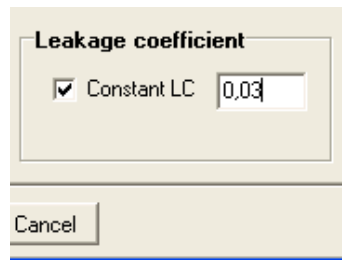
6.3.10 Συντελεστής διαρροής υδραγωγείου

Η διαρροή υδραγωγείου υπολογίζεται από έναν συντελεστή διαρροής επί της παροχής του υδραγωγείου. Στον ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ χρησιμοποιείται δηλαδή μια απλουστευτική γραμμική σχέση μεταξύ παροχής και διαρροών του υδραγωγείου στο χρονικό βήμα προσομοίωσης, η οποία είναι εύκολο να εκτιμηθεί ύστερα από συστηματικές μετρήσεις ανάντη και κατόντη του υδραγωγείου.

6.3.11 Σταθερός συντελεστής διαρροής

Ένας σταθερός συντελεστής διαρροής με ισχύ για όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης ορίζεται ως εξής:

1. Στο βασικό φύλλο της φόρμας δεδομένων υδραγωγείου επιλέγεται η ένδειξη σταθερού συντελεστή διαρροής (**Constant LC**).
2. Στο πεδίο σταθερού συντελεστή διαρροής δίνεται η μια τιμή από 0..1. Εφόσον το πεδίο παραμείνει κενό ο συντελεστής θεωρείται μηδενικός.

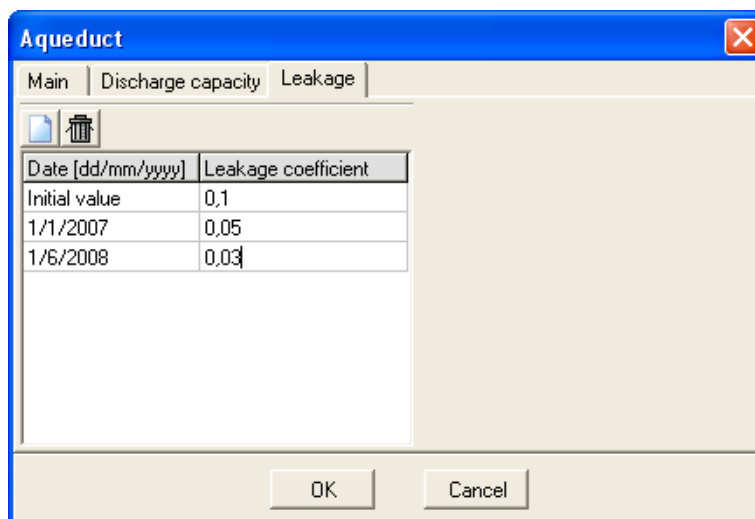


Εικόνα 6.23: Εισαγωγή συντελεστή διαρροής.

6.3.12 Μεταβολή συντελεστή διαρροής συναρτήσει του χρόνου

Ο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ προσφέρει τη δυνατότητα χρονικής διαφοροποίησης του συντελεστή διαρροής, έτσι ώστε η προσομοίωση να ανταποκρίνεται σε διάφορες καταστάσεις όπως π.χ. προγραμματιζόμενα έργα συντήρησης του υδραγωγείου. Χρονικά μεταβαλλόμενοι συντελεστές διαρροής ορίζονται ως εξής:

1. Στο βασικό φύλλο της φόρμας δεδομένων υδραγωγείου απενεργοποιείται η ένδειξη σταθερού συντελεστή διαρροής (**Constant LC**).
2. Επιλογή του φύλλου διαρροών (**Leakage**).
3. Στη σειρά αρχικής τιμής (**Initial value**) στη στήλη συντελεστή διαρροής (**Leakage coefficient**) εισάγεται η τιμή του συντελεστή (μεταξύ 0..1) που θα ισχύσει κατά την έναρξη της προσομοίωσης.
4. Πατώντας το εικονίδιο νέας καταχώρησης (**New**) εισάγεται μια επιπρόσθετη σειρά στον πίνακα.
5. Στην νέα σειρά συμπληρώνεται στην πρώτη στήλη η ημερομηνία αλλαγής της τιμής του συντελεστή και στην δεύτερη η νέα τιμή του συντελεστή που θα ισχύσει από εκείνο το χρονικό σημείο.
6. Επαναλαμβάνοντας τα βήματα 4 και 5 συμπληρώνονται τα πεδία του πίνακα με νέες τιμές συντελεστών.



Εικόνα 6.24: Εισαγωγή χρονικά μεταβαλλόμενων τιμών διαρροής.

Μια καταχώρηση διαγράφεται:

1. επιλέγοντας τη σειρά στον πίνακα συντελεστών.
2. πατώντας το εικονίδιο διαγραφής (**Delete**).

Η πρώτη σειρά δεν μπορεί να διαγραφεί, παρά μόνον να τροποποιηθεί η τιμή του συντελεστή.

6.3.13 Μηδενική διαρροή

Μηδενική διαρροή θεωρείται ότι έχουν όλα τα υδραγωγεία τύπου αντλιοστάσιο (**Pump**) ή στρόβιλος (**Turbine**) καθώς και όταν στη φόρμα δεδομένων του υδραγωγείου, με επιλεγμένη την ένδειξη σταθερού συντελεστή διαρροής, είναι κενό ή μηδενικό το πεδίο τιμής του συντελεστή διαρροής.

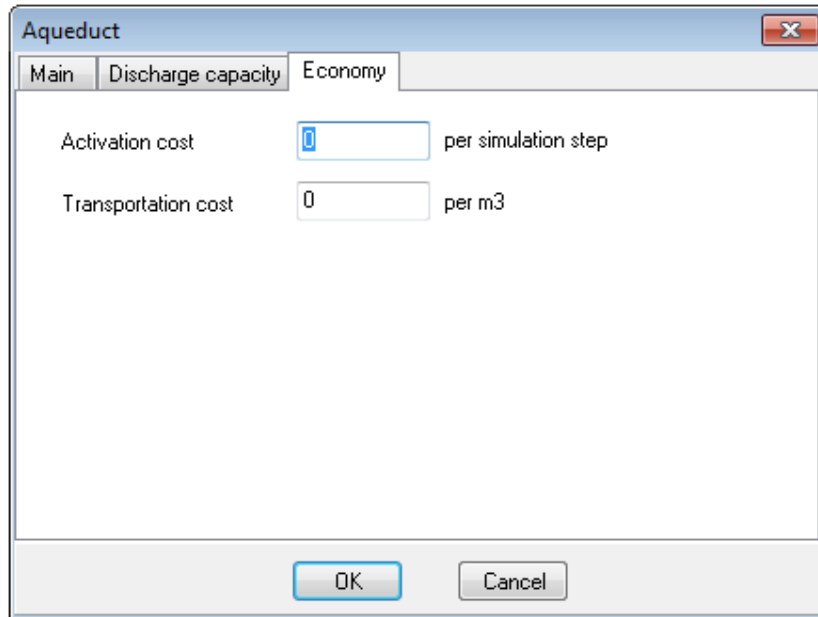
6.3.14 Οικονομικά δεδομένα υδραγωγείου

Στο τελευταίο φύλλο της φόρμας υδραγωγείου μπορούν να δοθούν κάποια οικονομικά στοιχεία τα οποία ενδέχεται να επηρεάσουν την προσομοίωση. Πρόκειται για ιδεατά κόστη που δεν έχουν απαραίτητα αντιστοίχιση σε πραγματικό κόστος και συγκεκριμένα:

- Το κόστος ενεργοποίησης (**Activation cost**) είναι ένα πάγιο κόστος που χρεώνεται σε κάθε χρονικό βήμα κατά το οποίο χρησιμοποιείται το συγκεκριμένο υδραγωγείο.
- Το κόστος μεταφοράς (**Transportation cost**) χρεώνεται για τη μεταφορά κάθε m^3 νερού.

Μέσω των οικονομικών στοιχείων μπορεί να επηρεαστεί η χρήση του συγκεκριμένου υδραγωγείου σε σχέση με άλλα παράλληλα υδραγωγεία κατά την προσομοίωση. Έτσι, ορίζοντας μια θετική τιμή κόστους αποτρέπεται η χρήση του υδραγωγείου (μιας διαδρομής) εφόσον υπάρχουν εναλλακτικές δυνατότητες ή ορίζοντας ένα αρνητικό κόστος (όφελος) προτιμάται το συγκεκριμένο υδραγωγείο (διαδρομή) σε σχέση με άλλα με μεγαλύτερο κόστος.

Όλα τα υδραγωγεία έχουν μηδενικό κόστος ως τυπική τιμή.



Εικόνα 6.25: Οικονομικά στοιχεία υδραγωγείου.

6.4 Αντλιοστάσιο (Pump)

Ένα αντλιοστάσιο μεταφέρει νερό από ένα σημείο του δικτύου σε ένα άλλο καταναλώνοντας παράλληλα ενέργεια. Στον ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ το αντλιοστάσιο αναπαριστάται στο μοντέλο ως ένα υδραγωγείο με επιπρόσθετα χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας.

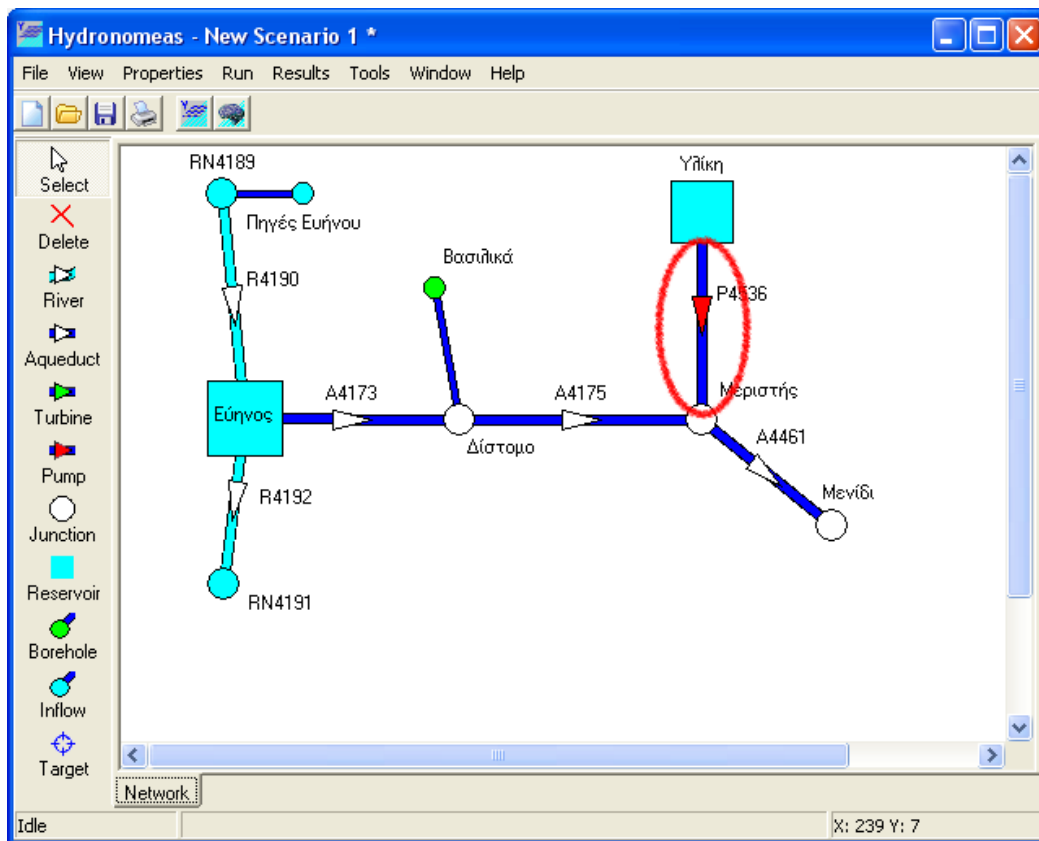
6.4.1 Εισαγωγή νέου αντλιοστασίου

Αντίστοιχα με ένα υδραγωγείο, το αντλιοστάσιο ως εξαρτημένη συνιστώσα του δικτύου ορίζεται στο μοντέλο από τις ανάντη και κατόντη συνιστώσες δικτύου, οι οποίες μπορεί να είναι μια από τις ακόλουθες:

- Κόμβος (Junction)
- Κόμβος υδατορεύματος (River node)
- Ταμιευτήρας (Reservoir)

Ένα αντλιοστάσιο δημιουργείται με τον ακόλουθο τρόπο:

1. Πατώντας αρχικά το κουμπί **Pump** στα εργαλεία σχεδίασης δικτύου.
2. Πατώντας κατόπιν με το ποντίκι διαδοχικά δύο από τις παραπάνω συνιστώσες στην επιφάνεια σχεδίασης δικτύου.



Εικόνα 6.26: Εισαγωγή αντλιοστασίου στην επιφάνεια εργασίας.

6.4.2 Τροποποίηση δεδομένων αντλιοστασίου

Η εισαγωγή αντλιοστασίου πραγματοποιείται αρχικά χωρίς να έχουν οριστεί οι ιδιότητές του ή με κάποιες προσωρινές τιμές σε ορισμένες από αυτές (π.χ. η ονομασία). Οι ιδιότητες μπορούν να τροποποιηθούν κάνοντας διπλό κλικ με το ποντίκι επάνω στο αντλιοστάσιο στη φόρμα σχεδίασης δικτύου. Η φόρμα δεδομένων του αντλιοστασίου είναι αντίστοιχη με τη φόρμα του υδραγωγείου, με τη διαφορά ότι:

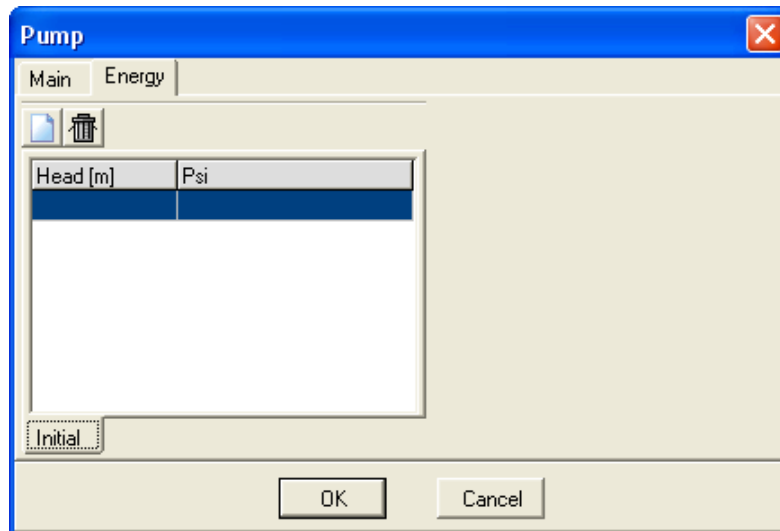
- τα αντλιοστάσια δεν έχουν διαρροές στο μοντέλο και άρα στη φόρμα δεν υπάρχει πρόβλεψη για εισαγωγή τιμής συντελεστή διαρροής, και
- η κατανάλωση ενέργειας ορίζεται με βάση έναν συντελεστή ειδικής ενέργειας (**συντελεστής ψ**) από το φύλλο ενέργειας (**Energy**).

Η κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία του αντλιοστασίου μεταβάλλεται συναρτήσει του ύψους πτώσης, δηλαδή της υψομετρικής διαφοράς μεταξύ του ανάντη και του κατάντη κόμβου ή ταμειυτήρα. Στην περίπτωση αυτή, η κατανάλωση ενέργειας σε δίνεται από την σχέση:

$$E = \psi * V * \Delta h$$

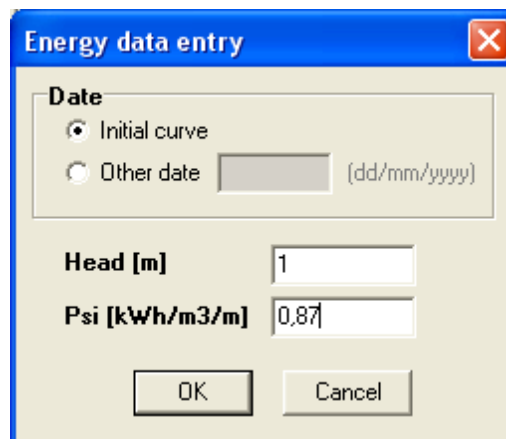
όπου V ο διερχόμενος όγκος νερού από το αντλιοστάσιο και Δh το ύψος πτώσης. Η κατανάλωση ενέργειας δίνεται σε GWh, ενώ η τιμή του συντελεστή ψ δίνεται σε GWh/hm^4 , και είναι εξ ορισμού **μεγαλύτερη** από την θεωρητική ποσότητα 0.2725 (η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε μηδενικές ενεργειακές απώλειες και μοναδιαίο συντελεστή απόδοσης του αντλιοστασίου). Ο συντελεστής ψ συναρτήσει του ύψους πτώσης ορίζεται ως εξής:

1. Στη φόρμα αντλιοστασίου, επιλογή του φύλλου ενέργειας (**Energy**).



Εικόνα 6.27: Φόρμα σχέσης υψομετρικής διαφοράς – ειδικής ενέργειας.

2. Αριστερό κλικ επάνω στο εικονίδιο νέας καταχώρησης (**New**) ή διπλό κλικ επάνω στην τελευταία (κενή) γραμμή του πίνακα.
3. Στη φόρμα εισαγωγής δεδομένων ενέργειας συμπληρώνονται τα πεδία ύψους πτώσης (**Head**) σε m και συντελεστή ειδικής ενέργειας (**Psi**) σε kWh/m³/m.



Εικόνα 6.28: Εισαγωγή τιμών υψομετρικής διαφοράς – ειδικής ενέργειας.

4. Οι τιμές καταχωρούνται με **OK**.
5. Επαναλαμβάνονται τα τελευταία βήματα έως ότου διαμορφωθεί η καμπύλη ύψους πτώσης-συντελεστή ψ . Στον πίνακα εμφανίζονται οι καταχωρήσεις ταξινομημένες κατά το ύψος πτώσης

Σημειώσεις:

- Αν η υψομετρική διαφορά ανάντη και κατόντη του αντλιοστασίου είναι σταθερή (αυτό ισχύει στην περίπτωση που το αντλιοστάσιο δεν συνδέεται με ταμιευτήρα), τότε το ύψος πτώσης είναι σταθερό, και ο χρήστης ορίζει μία μοναδική τιμή για τον συντελεστή ψ .
- Εφόσον από τη φόρμα εισαγωγής δεδομένων ενέργειας δοθεί μια άλλη ημερομηνία με επιλογή **other date** τότε οι τιμές του συντελεστή ψ θα ισχύσουν από εκείνη την ημερομηνία και πέρα. Τα δεδομένα καταγράφονται σε νέο φύλλο που αναγράφει την ημερομηνία ισχύος.

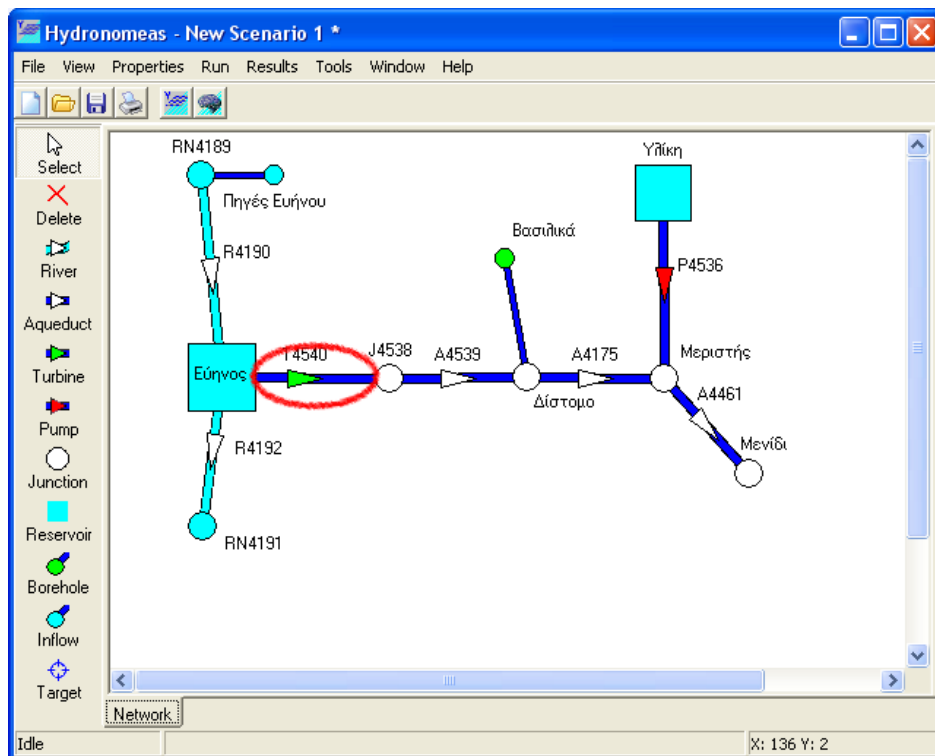
- Δεν επιτρέπεται η καταχώρηση δύο διαφορετικών τιμών συντελεστή ψ για το ίδιο ύψος πτώσης και την ίδια ημερομηνία ισχύος.

Μια καταχώρηση διαγράφεται με τον εξής τρόπο:

1. επιλέγοντας τη σειρά στον πίνακα τιμών ψ .
2. πατώντας το εικονίδιο διαγραφής (**Delete**).

6.5 Στρόβιλος (Turbine)

Στο μοντέλο του ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ **στρόβιλο** αποκαλούμε μια μονάδα παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας, η οποία μεταφέρει νερό από ένα σημείο του δικτύου σε ένα άλλο. Ο στρόβιλος αναπαριστάται στο μοντέλο ως ένα υδραγωγείο με επιπρόσθετα χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της παραγωγής ενέργειας.



Εικόνα 6.29: Δημιουργία στρόβιλου στην επιφάνεια εργασίας.

Αντίστοιχα με ένα υδραγωγείο, ο στρόβιλος ως εξαρτημένη συνιστώσα του δικτύου ορίζεται στο μοντέλο από τις ανάντη και κατόντη συνιστώσες δικτύου, που μπορεί να είναι μια από τις εξής:

- Κόμβος (Junction)
- Κόμβος υδατορεύματος (River node)
- Ταμιευτήρας (Reservoir)

Ένας στρόβιλος δημιουργείται με τον ακόλουθο τρόπο:

1. Πατώντας αρχικά το κουμπί **Turbine** στα εργαλεία σχεδίασης δικτύου.
2. Πατώντας με το ποντίκι κατόπιν διαδοχικά δύο από τις παραπάνω συνιστώσες στην επιφάνεια σχεδίασης δικτύου.

6.5.1 Τροποποίηση δεδομένων στροβίλου

Η εισαγωγή στροβίλου πραγματοποιείται αρχικά χωρίς να έχουν οριστεί οι ιδιότητές του ή με κάποιες προσωρινές τιμές σε ορισμένες από αυτές (π.χ. η ονομασία). Οι ιδιότητες μπορούν να τροποποιηθούν κάνοντας διπλό κλικ με το ποντίκι επάνω στο στροβίλο στη φόρμα σχεδίασης δικτύου. Η φόρμα δεδομένων στροβίλου είναι αντίστοιχη με τη φόρμα δεδομένων

υδραγωγείου, με τη διαφορά ότι:

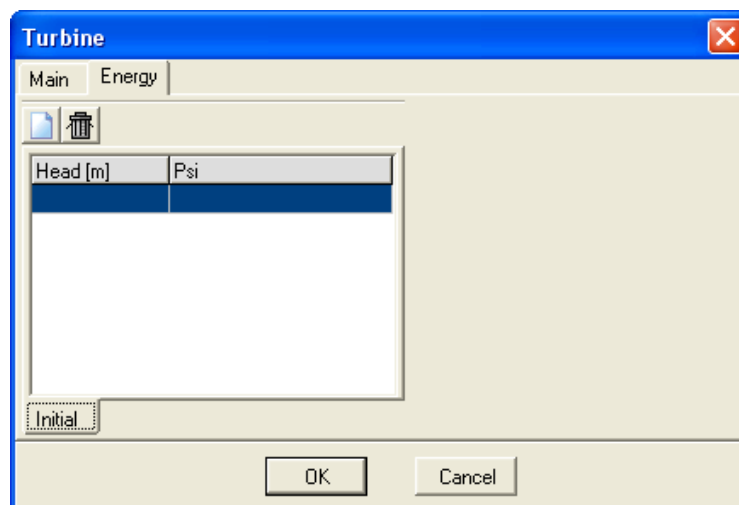
- οι στροβίλοι δεν έχουν διαρροές στο μοντέλο και άρα στη φόρμα δεν υπάρχει πρόβλεψη για εισαγωγή τιμής συντελεστή διαρροής και
- η παραγωγή ενέργειας ορίζεται με βάση το συντελεστή ειδικής ενέργειας (**συντελεστής ψ**) από το φύλλο **Energy**.

Η παραγωγή ενέργειας κατά τη διέλευση του νερού από τους στροβίλους μεταβάλλεται συναρτήσει του ύψους πτώσης, δηλαδή της επίκαιρης υψομετρικής διαφοράς μεταξύ του ανάντη και του κατόντη κόμβου ή ταμιευτήρα. Στην περίπτωση αυτή, εφαρμόζεται η σχέση:

$$E = \psi * V * \Delta h$$

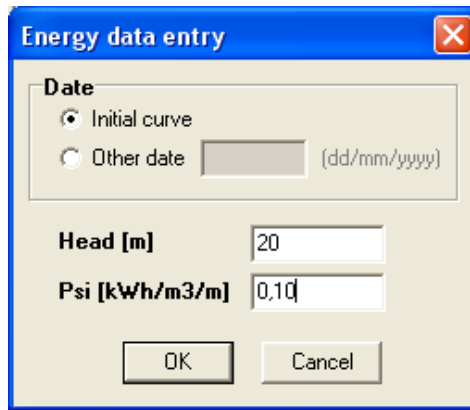
όπου V ο διερχόμενος όγκος νερού από τον στροβίλο και Δh το ύψος πτώσης. Η παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας δίνεται σε GWh, ενώ η τιμή του συντελεστή ψ δίνεται σε GWh/hm⁴, και είναι εξ ορισμού **μικρότερη** από την θεωρητική ποσότητα 0.2725 (η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε μηδενικές ενεργειακές απώλειες και μοναδιαίο συντελεστή απόδοσης του στροβίλου). Ο συντελεστής ψ συναρτήσει του ύψους πτώσης ορίζεται ως εξής:

1. Στη φόρμα στροβίλου, επιλογή του φύλλου ενέργειας (**Energy**).



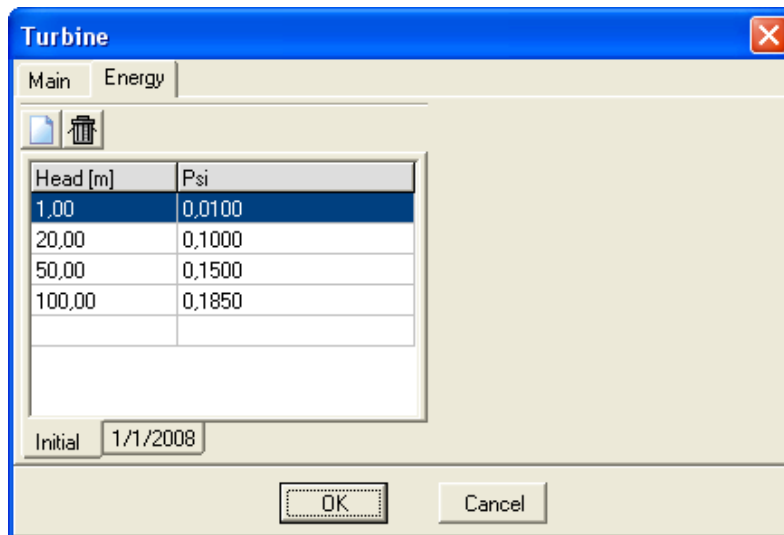
Εικόνα 6.30: Φόρμα σχέσης ύψους πτώσης – ειδικής ενέργειας.

2. Αριστερό κλικ επάνω στο εικονίδιο νέας καταχώρησης (**New**) ή διπλό κλικ επάνω στην τελευταία (κενή) γραμμή του πίνακα.
3. Στη φόρμα εισαγωγής δεδομένων ενέργειας συμπληρώνονται τα πεδία ύψους πτώσης (**Head**) σε m και συντελεστή ειδικής ενέργειας (**Psi**) σε kWh/m³/m.



Εικόνα 6.31: Εισαγωγή τιμών ύψους πτώσης – ειδικής ενέργειας.

4. Οι τιμές καταχωρούνται με **OK**.
5. Επαναλαμβάνονται τα τελευταία βήματα έως ότου διαμορφωθεί η καμπύλη ύψους πτώσης-συντελεστή ψ . Στον πίνακα εμφανίζονται οι καταχωρήσεις ταξινομημένες κατά το ύψος πτώσης.



Εικόνα 6.32: Σχέση ύψους πτώσης – ειδικής ενέργειας.

Σημειώσεις:

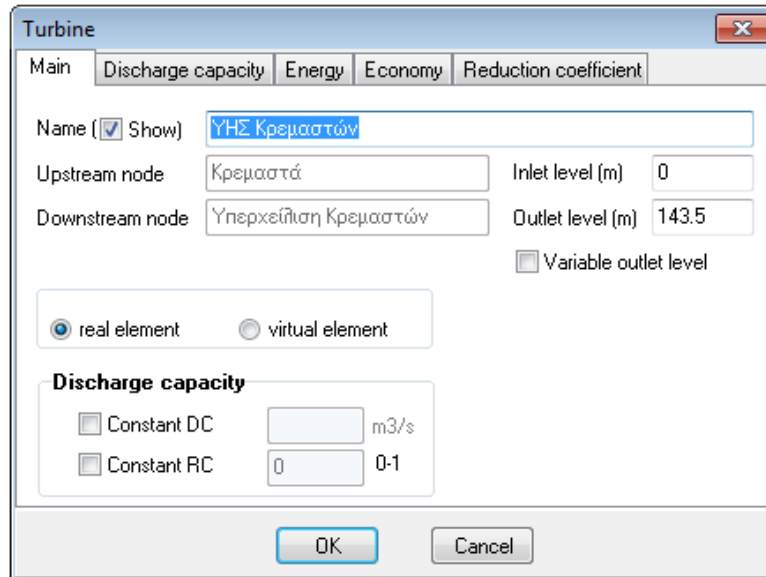
- Αν η υψομετρική διαφορά ανάντη και κατόντη του στροβίλου είναι σταθερή (αυτό ισχύει στην περίπτωση που ο σρόβιλος δεν συνδέεται με ταμιευτήρα), τότε το ύψος πτώσης είναι σταθερό, και ο χρήστης ορίζει μία μοναδική τιμή για τον συντελεστή ψ .
- Εφόσον από τη φόρμα εισαγωγής δεδομένων ενέργειας δοθεί μια άλλη ημερομηνία με επιλογή **other date** τότε οι τιμές του συντελεστή ψ θα ισχύσουν από εκείνη την ημερομηνία και πέρα. Τα δεδομένα καταγράφονται σε νέο φύλλο που αναγράφει την ημερομηνία ισχύος.
- Δεν επιτρέπεται η καταχώρηση δύο διαφορετικών τιμών συντελεστή ψ για το ίδιο ύψος πτώσης και την ίδια ημερομηνία ισχύος.

Μια καταχώρηση διαγράφεται με τον εξής τρόπο:

1. επιλέγοντας τη σειρά στον πίνακα τιμών ψ .
2. πατώντας το εικονίδιο διαγραφής (**Delete**).

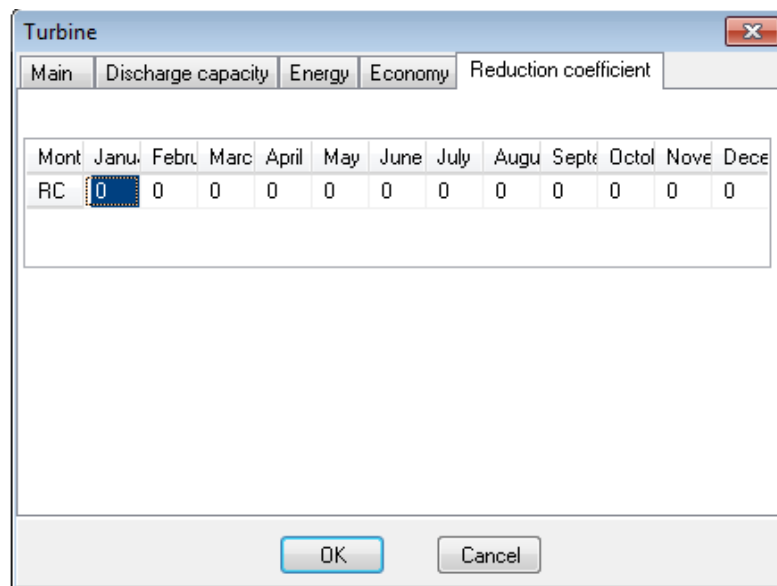
6.5.2 Έλεγχος παροχτευτικότητας στροβίλου

Όπως και στην περίπτωση του αγωγού, στην νέα έκδοση του Υδρονομέα, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει και μεταβλητό(ανά μήνα) συντελεστή μείωσης της παροχτευτικότητας (Reduction coefficient). Με αυτό τον τρόπο, ο χρήστης μπορεί να περιγράψει, παρεμβαίνοντας στο σύστημα, τις ιδιαιτερότητες της παροχτευτικότητας που ενδεχομένως έχει, κάθε στρόβηλος, κατά την διάρκεια του έτους. Για να μπορέσει ο χρήστης να επιλέξει μεταβλητό Reduction coefficient πρέπει να μην έχει επιλεγμένο το Constant RC.



The screenshot shows the 'Turbine' dialog box with the 'Discharge capacity' tab selected. The 'Name' field is 'ΥΗΣ Κρεμαστών', 'Upstream node' is 'Κρεμαστά', and 'Downstream node' is 'Υπερχειρίση Κρεμαστών'. The 'Inlet level (m)' is 0 and 'Outlet level (m)' is 143.5. The 'real element' radio button is selected. Under 'Discharge capacity', the 'Constant RC' checkbox is selected with a value of 0.

Εικόνα 6.33: Φόρμα δεδομένων στροβίλου.



The screenshot shows the 'Turbine' dialog box with the 'Reduction coefficient' tab selected. It displays a table for monthly variation of the reduction coefficient (RC).

Mont	Janu.	Febru.	Marc	April	May	June	July	Augu	Sept	Octol	Nov	Dece
RC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Εικόνα 6.34: Μηνιαία μεταβολή συντελεστή μείωσης παροχτευτικότητας.

6.5.3 Οικονομικά δεδομένα στροβίλου

Στο τελευταίο φύλλο της φόρμας υδραγωγείου ορίζονται τα οικονομικά στοιχεία του στροβίλου:

- Το κόστος ενεργοποίησης (**Activation cost**), το οποίο είναι ένα πάγιο κόστος που χρεώνεται σε κάθε χρονικό βήμα που χρησιμοποιείται ο συγκεκριμένος στρόβηλος.

- Το όφελος από την παραγωγή πρωτεύουσας ενέργειας (**Firm energy profit**), με το οποίο τιμολογείται η παραγωγή ενέργειας για ποσότητα μέχρι τον σχετικό στόχο.
- Το όφελος από την παραγωγή δευτερεύουσας ενέργειας (**Secondary energy profit**), με το οποίο τιμολογείται η παραγωγή περίσσειας ενέργειας πάνω τον σχετικό στόχο.

The image shows a software dialog box titled "Turbine" with a close button (X) in the top right corner. It has four tabs: "Main", "Discharge capacity", "Energy", and "Economy". The "Economy" tab is selected. Inside the dialog, there are three rows of input fields:

Activation cost	<input type="text" value="0"/>	per simulation step
Firm energy profit	<input type="text" value="1000"/>	per kWh
Secondary energy profit	<input type="text" value="500"/>	per kWh

At the bottom of the dialog, there are two buttons: "OK" and "Cancel".

Εικόνα 6.35: Οικονομικά στοιχεία στροβίλου.

6.6 Υδατόρευμα (River)

Με τον όρο υδατόρευμα αναφερόμαστε σε ένα αγωγό με φυσική ροή π.χ. τμήμα ποταμού, το οποίο θεωρείται ότι δεν έχει περιορισμό παροχτετευτικότητας.

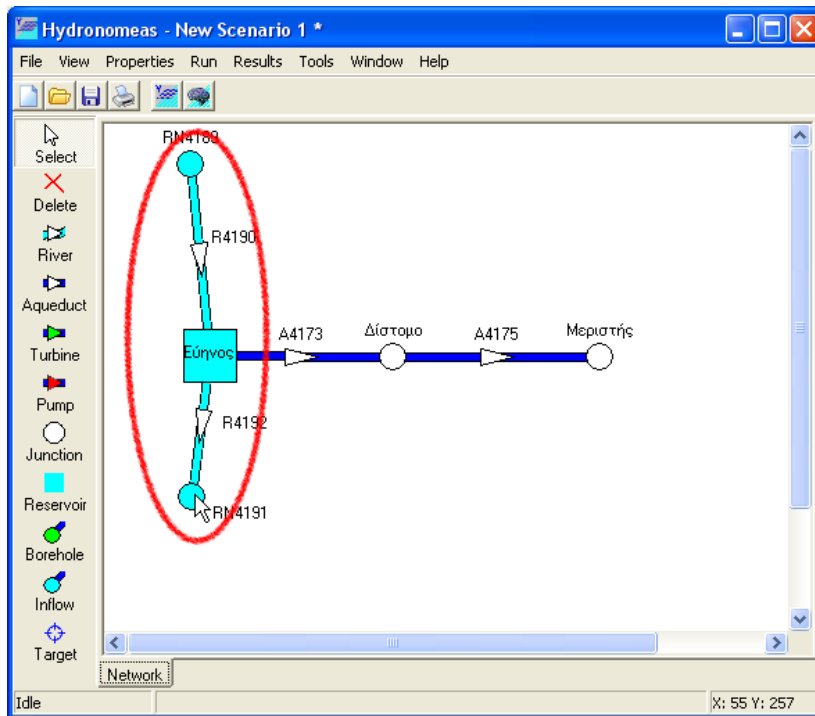
6.6.1 Εισαγωγή υδατορεύματος

Ένα υδατόρευμα ως εξαρτημένη συνιστώσα του δικτύου ορίζεται από τις ανάντη και κατόντη συνιστώσες δικτύου, οι οποίοι μπορεί να είναι μια από τις ακόλουθες:

- Κόμβος υδατορεύματος (River node).
- Ταμιευτήρας (Reservoir).

Σημείωση: Υπό κανονικές συνθήκες ένα υδατόρευμα δεν μπορεί να καταλήγει σε υδραγωγεία. ντούτοις κατά το σχεδιασμό του δικτύου αυτό είναι εφικτό (ορίζοντας ανάντη ενός υδραγωγείου έναν κόμβο υδατορεύματος) διότι μπορεί να ανταποκρίνεται σε ειδικές περιπτώσεις. Εφόσον αυτό είναι επιθυμητό, ο χρήστης πρέπει να ορίσει την αθροιστική παροχτετευτικότητα των κατόντη υδραγωγείων έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η διοχέτευση διαμέσου αυτών του συνόλου του υδάτινου όγκου που πρόκειται να μεταφερθεί από το υδατόρευμα. Ένα υδατόρευμα δημιουργείται με τον ακόλουθο τρόπο:

1. Πατώντας αρχικά το κουμπί **River** στα εργαλεία σχεδίασης δικτύου.
2. Πατώντας κατόπιν διαδοχικά δύο από τις παραπάνω συνιστώσες στην επιφάνεια σχεδίασης δικτύου. Αν αντί για κάποια συνιστώσα σύνδεσης επιλεγεί με το ποντίκι ένα ελεύθερο σημείο στην επιφάνεια σχεδίασης δικτύου, τότε δημιουργείται αυτόματα στο σημείο αυτό ένας κόμβος με τον οποίον συνδέεται το υδατόρευμα.
3. Συνεχίζοντας ο χρήστης να πατάει με το ποντίκι στην επιφάνεια σχεδίασης δικτύου δημιουργούνται διαδοχικά περισσότεροι αγωγοί με τη μορφή πολυγραμμών (polylines).



Εικόνα 6.36: Δημιουργία υδατορεύματος στην επιφάνεια εργασίας.

6.6.2 Τροποποίηση δεδομένων υδατορεύματος

Η εισαγωγή υδατορεύματος πραγματοποιείται αρχικά χωρίς να έχουν οριστεί οι ιδιότητες της ή με κάποιες προσωρινές τιμές σε ορισμένες από αυτές (π.χ. η ονομασία). Οι ιδιότητες μπορούν να τροποποιηθούν κάνοντας διπλό κλικ με το ποντίκι πάνω στο υδατόρευμα στη φόρμα σχεδίασης του δικτύου.

Στη φόρμα δεδομένων υδατορεύματος εμφανίζονται τα ακόλουθα στοιχεία:

- Η ονομασία του υδατορεύματος (**Name**).
- Ο ανάντη και κατάντη κόμβος με τον οποίο συνδέεται το υδατόρευμα στο δίκτυο (**Upstream node**, **Downstream node**). Ο χρήστης δεν μπορεί να τροποποιήσει τις συνιστώσες σύνδεσης και γι' αυτόν το λόγο τα συγκεκριμένα πεδία εμφανίζονται απενεργοποιημένα.
- Ο συντελεστής διήθησης (**Infiltration coefficient**) παίρνει πραγματικές τιμές από 0 έως 1.

Σημείωση: Η παροχευτικότητα των υδατορευμάτων θεωρείται απεριόριστη.

Εικόνα 6.37: Φόρμα δεδομένων υδατορεύματος.

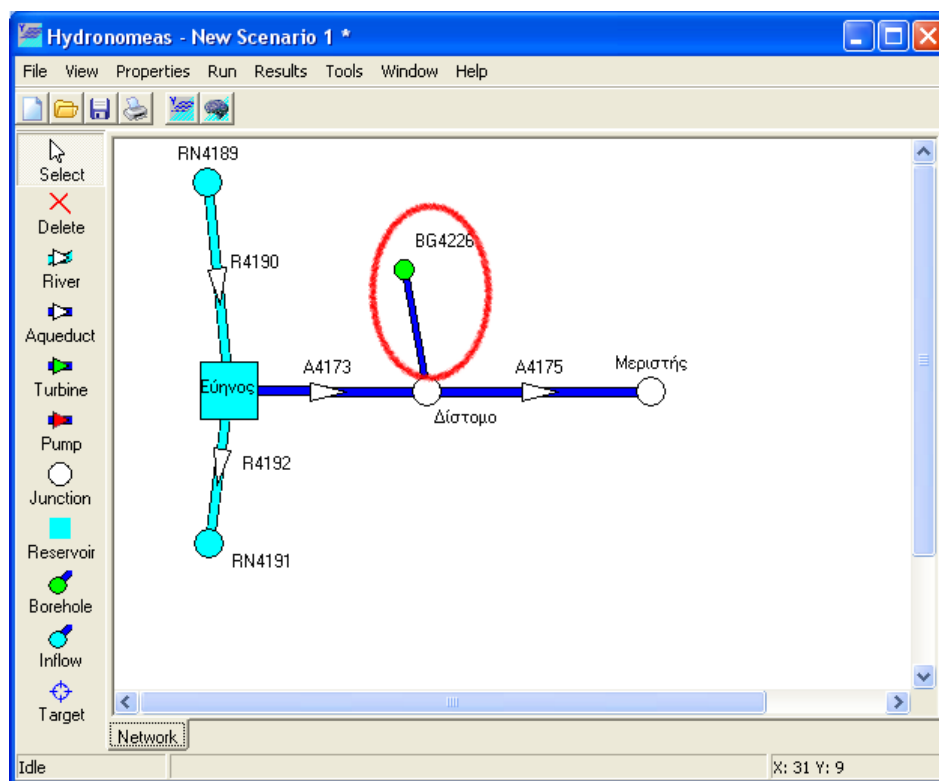
6.7 Γεώτρηση (Borehole)

Οι γεωτρήσεις συνδέουν έναν υπόγειο υδροφόρο με το επιφανειακό δίκτυο του υδροσυστήματος. Στο μοντέλο ονομάζουμε γεώτρηση μια οντότητα που στην πραγματικότητα μπορεί να αποτελείται από μια ομάδα γεωτρήσεων και έτσι, η γεώτρηση στο μοντέλο λαμβάνει τα αθροιστικά τους χαρακτηριστικά. Μια γεώτρηση, ως εξαρτημένη συνιστώσα του δικτύου, μπορεί να συνδεθεί σε αυτό μόνο μέσω μιας από τις ακόλουθες συνιστώσες:

- Κόμβος υδραγωγείου (Junction)
- Κόμβος υδατορεύματος (River node)
- Ταμιευτήρας (Reservoir)

Μια γεώτρηση δημιουργείται με τον ακόλουθο τρόπο:

1. Πατώντας αρχικά το κουμπί **Borehole** στα εργαλεία σχεδίασης δικτύου.
2. Πατώντας κατόπιν μια από τις παραπάνω συνιστώσες στην επιφάνεια σχεδίασης δικτύου.



Εικόνα 6.38: Δημιουργία γεώτρησης στην επιφάνεια εργασίας.

6.7.1 Τροποποίηση δεδομένων γεώτρησης

Η εισαγωγή γεώτρησης πραγματοποιείται αρχικά χωρίς να έχουν οριστεί οι ιδιότητές της ή με κάποιες προσωρινές τιμές σε ορισμένες από αυτές (π.χ. η ονομασία). Οι ιδιότητες μπορούν να τροποποιηθούν κάνοντας διπλό κλικ με το ποντίκι επάνω στην γεώτρηση στη φόρμα σχεδίασης του δικτύου.

Εικόνα 6.39: Φόρμα δεδομένων γεώτρησης.

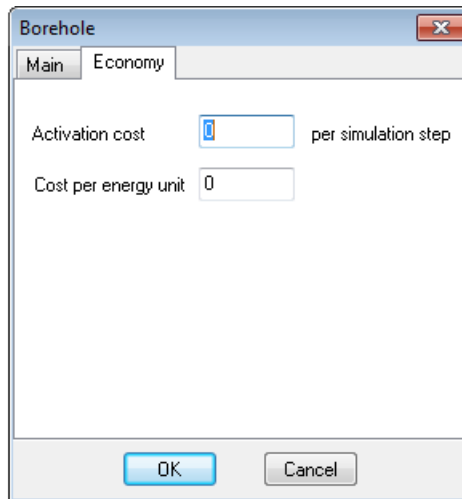
Στη φόρμα δεδομένων γεώτρησης εμφανίζονται τα ακόλουθα στοιχεία:

- Η ονομασία της γεώτρησης (**Name**).
- Η συνιστώσα με την οποία συνδέεται η γεώτρηση στο δίκτυο (**Node**). Ο χρήστης δεν μπορεί να τροποποιήσει τη συνιστώσα σύνδεσης και γι' αυτόν το λόγο το συγκεκριμένο πεδίο εμφανίζεται απενεργοποιημένο.
- Μέγιστη παροχή (**Max. discharge**) σε m^3/s . Εφόσον πρόκειται για ομάδα γεωτρήσεων, στο πεδίο αναγράφεται η αθροιστική παροχετευτική ικανότητα.
- Τα πεδία συντελεστών άνω και κάτω ορίου (**Upper threshold, Lower threshold**) παίρνουν τιμές από 0 έως 1 και αφορούν τον τρόπο λειτουργίας της γεώτρησης κατά την προσομοίωση (βλ. κανόνες λειτουργίας γεωτρήσεων).
- Η ειδική ενέργεια (**Specific energy**) σε kWh/m^3 που εκφράζει την κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται για την άντληση 1 m^3 νερού από τον υπόγειο υδροφόρο.

6.7.2 Οικονομικά δεδομένα γεώτρησης

Στο τελευταίο φύλλο της φόρμας γεώτρησης μπορούν να δοθούν κάποια οικονομικά στοιχεία τα οποία ενδέχεται να επηρεάσουν την προσομοίωση. Πρόκειται για ιδεατά κόστη που δεν έχουν απαραίτητα αντιστοίχιση σε πραγματικό κόστος και συγκεκριμένα:

- Το κόστος ενεργοποίησης (**Activation cost**) είναι ένα πάγιο κόστος που χρεώνεται σε κάθε χρονικό βήμα κατά το οποίο χρησιμοποιείται η συγκεκριμένη γεώτρηση.
- Το κόστος λειτουργίας (**Cost per energy unit**), που είναι η ανά μονάδα αντλούμενου όγκου δαπάνη για τη μεταφορά νερού μέσω του αντλιοστασίου.

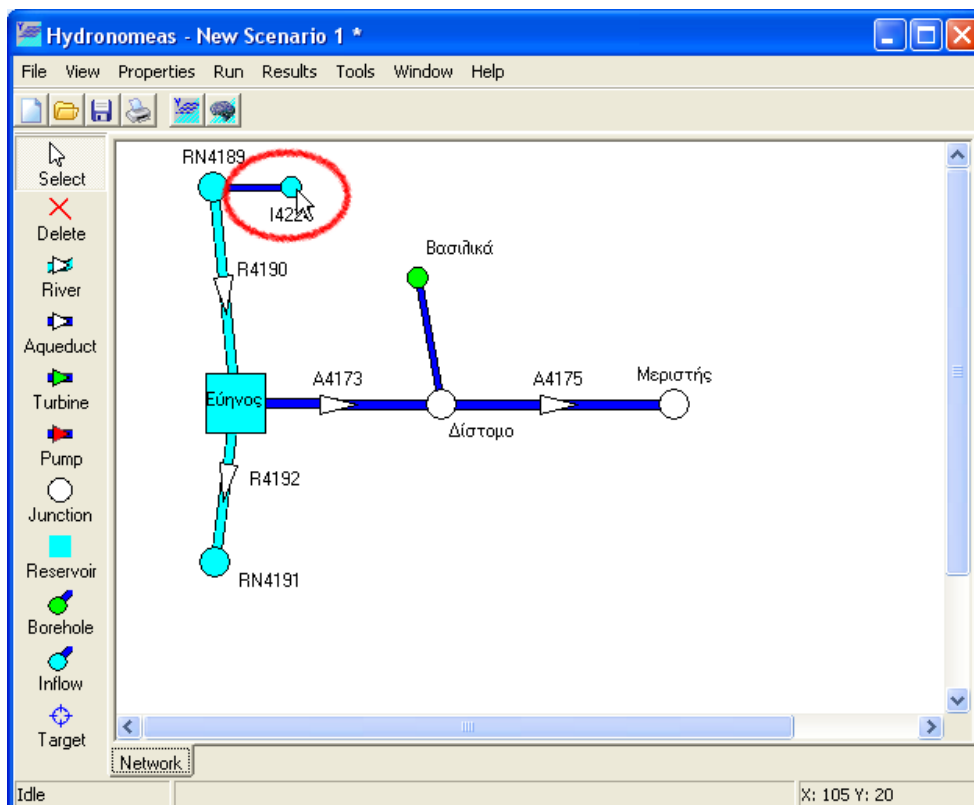


Εικόνα 6.40: Οικονομικά στοιχεία γεώτρησης.

6.8 Κόμβος εισροής (Inflow)

Ο κόμβος εισροής αντιστοιχεί σε μια χρονοσειρά παροχής νερού στο υδросύστημα. Η εισροή αυτή μπορεί π.χ. στην πραγματικότητα να αντιπροσωπεύει:

- μια πηγή με γνωστή παροχή.
- η απορροή μιας ανάντη λεκάνης, που δεν χρειάζεται να μοντελοποιηθεί.



Εικόνα 6.41: Δημιουργία κόμβου εισροής στην επιφάνεια εργασίας.

6.8.1 Εισαγωγή νέου κόμβου εισροής

Ένας κόμβος εισροής ως εξαρτημένη συνιστώσα του δικτύου μπορεί να συνδεθεί σε αυτό μόνο μέσω μιας από τις ακόλουθες συνιστώσες:

- Κόμβος υδατορεύματος (River node)
- Ταμιευτήρας (Reservoir)

Ο κόμβος εισροής δημιουργείται με τον ακόλουθο τρόπο:

1. Πατώντας αρχικά το κουμπί **Inflow** στα εργαλεία σχεδίασης δικτύου.
2. Πατώντας κατόπιν μια από τις παραπάνω συνιστώσες στην επιφάνεια σχεδίασης δικτύου.

6.8.2 Τροποποίηση δεδομένων εισροής

Η εισαγωγή κόμβου εισροής πραγματοποιείται αρχικά χωρίς να έχουν οριστεί οι ιδιότητές του ή με κάποιες προσωρινές τιμές σε ορισμένες από αυτές (π.χ. ονομασία). Οι ιδιότητες μπορούν να τροποποιηθούν κάνοντας διπλό κλικ με το ποντίκι επάνω στην εισροή στη φόρμα σχεδίασης του δικτύου.

Code	Name	Start date
179		1/1/2005

Εικόνα 6.42: Φόρμα δεδομένων κόμβου εισροής.

Στη φόρμα δεδομένων εισροής εμφανίζονται τα ακόλουθα στοιχεία:

- Η ονομασία της εισροής (**Name**).
- Η συνιστώσα με την οποία συνδέεται η εισροή στο δίκτυο (**Node**). Ο χρήστης δεν μπορεί να τροποποιήσει τη συνιστώσα σύνδεσης και γι' αυτόν το λόγο το συγκεκριμένο πεδίο εμφανίζεται απενεργοποιημένο.
- Τα στοιχεία της χρονοσειράς που αντιπροσωπεύει η εισροή:
 1. ο κωδικός χρονοσειράς (**Code**).
 2. η ονομασία της χρονοσειράς (**Name**).
 3. η ημερομηνία πρώτης εγγραφής της χρονοσειράς (**Start date**).

6.8.3 Διαχείριση χρονοσειράς εισροής

Για τη διαχείριση των δεδομένων χρονοσειράς διατίθενται είτε με επιλογή **File/...** από το μενού είτε από τα εικονίδια της φόρμας οι εξής λειτουργίες:

- Δημιουργία νέας χρονοσειράς (**New...**). Από τη φόρμα που εμφανίζεται είναι δυνατή η δημιουργία νέας χρονοσειράς πολλαπλών ενοτήτων.

- Επεξεργασία (**Edit...**). Από τη φόρμα που εμφανίζεται μπορεί να γίνει επεξεργασία χρονοσειράς (βλ. Επεξεργασία δεδομένων χρονοσειράς).
- Διαγραφή χρονοσειράς (**Delete**).
- Εισαγωγή από τη Βάση Δεδομένων (**Open...**). Εμφανίζεται σχετική φόρμα μέσω της οποίας μπορεί να γίνει αναζήτηση και επιλογή χρονοσειράς από τη Βάση Δεδομένων (βλ. Εισαγωγή χρονοσειρών από τη Βάση).
- Εισαγωγή από αρχείο (**Import...**). Εμφανίζεται φόρμα διαλόγου για την επιλογή και εισαγωγή αρχείου χρονοσειράς.
- Αποθήκευση σε αρχείο (**Export...**). Εμφανίζεται φόρμα διαλόγου για την αποθήκευση χρονοσειράς σε αρχείο.

Σημείωση: Η αποθήκευση της χρονοσειράς εισροής στη Βάση Δεδομένων πραγματοποιείται κατά την αποθήκευση ολόκληρου του σεναρίου.

6.9 Στόχος (Target)

Ο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ έχει τη δυνατότητα να λαμβάνει υπόψη του περισσότερους στόχους και λειτουργικούς περιορισμούς ταυτόχρονα, οι οποίοι ενδεχομένως να είναι ανταγωνιστικοί μεταξύ τους. Για την επίτευξη των στόχων και περιορισμών το υπολογιστικό σύστημα δεν απαιτεί από το χρήστη να προκαθορίσει τον τρόπο μεταφοράς νερού ή την κατανομή των υδατικών πόρων στο δίκτυο. Αντίθετα, ο αλγόριθμος μεταφοράς νερού του υπολογιστικού συστήματος κατανέμει σε κάθε χρονικό βήμα προσομοίωσης τον απαιτούμενο όγκο υπολογίζοντας εκ νέου την ποσότητα απόληψης από κάθε υδατικό πόρο και τον τρόπο μεταφοράς του έως τα σημεία χρήσης νερού με το βέλτιστο δυνατό τρόπο. Ο αλγόριθμος προσδιορίζει αυτόνομα τις παροχές νερού με βάση την κατάσταση του δικτύου, τους κανόνες λειτουργίας και τους στόχους που έχει θέσει ο χρήστης. Για το λόγο αυτό όλοι οι στόχοι εντάσσονται σε ένα σύστημα προτεραιοτήτων που ορίζεται από το χρήστη.

Κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης ο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ εξυπηρετεί (εφόσον αυτό είναι εφικτό) τους στόχους με σειρά προτεραιότητας. Σε περίπτωση που σε κάποιο χρονικό βήμα (μήνας ή μέρα) δεν ήταν δυνατή η πλήρης εξυπηρέτηση κάποιου στόχου τότε διαπιστώνεται **αστοχία** εξυπηρέτησης του στόχου για το χρονικό βήμα. Οι κατηγορίες στόχων που μπορούν να τεθούν και οι συνιστώσες δικτύου με τις οποίες συνδέονται δίνονται από τον Πίνακα 6.1.

Μια συνιστώσα του δικτύου μπορεί να συνδέεται με περισσότερους από έναν στόχους κατανάλωσης νερού, ενώ από τις υπόλοιπες κατηγορίες επιτρέπεται η σύνδεση το πολύ ενός στόχου ανά κατηγορία. Είναι φανερό ότι ο σχεδιασμός ενός μοντέλου δικτύου πρέπει να προηγηθεί της εισαγωγής στόχων.

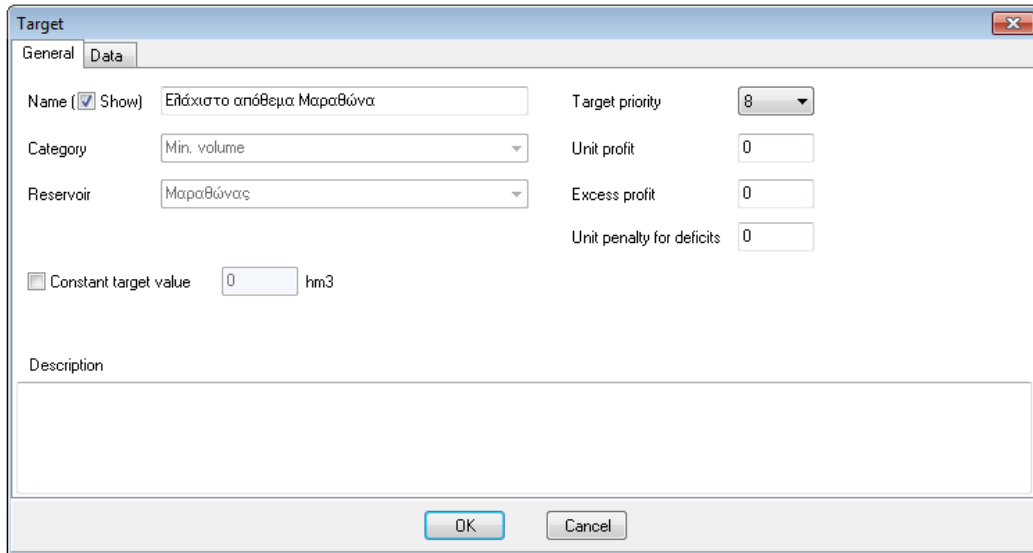
Πίνακας 6.1: Κατηγορίες στόχων.

Κατηγορία στόχου	Συνιστώσα δικτύου
Ζήτηση νερού για ύδρευση ή άρδευση	Κόμβος/Ταμιευτήρας
Μέγιστη, ελάχιστη ή σταθερή ροή υδραγωγείου	Υδραγωγείο
Μέγιστο ή ελάχιστο απόθεμα ταμιευτήρα	Ταμιευτήρας
Αποδοχή υπερχειλίσης ταμιευτήρα	Ταμιευτήρας
Αποφυγή υπερχειλίσης ταμιευτήρα	Ταμιευτήρας
Παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας	Στρόβιλος

6.9.1 Εισαγωγή στόχου

Ένας στόχος δημιουργείται με τον ακόλουθο τρόπο:

1. Πατώντας αρχικά το κουμπί **Target** στα εργαλεία σχεδίασης δικτύου της κύριας φόρμας.
2. Πατώντας κατόπιν επάνω σε μια συνιστώσα στην επιφάνεια σχεδίασης δικτύου με την οποία θα συνδεθεί ο στόχος.
3. Αμέσως εμφανίζεται μια φόρμα δεδομένων στόχου όπως η ακόλουθη:



Εικόνα 6.43: Φόρμα δεδομένων στόχου.

Η φόρμα περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:

- Ονομασία του στόχου (**Name**).
- Κατηγορία του στόχου (**Category**) που επιλέγεται από το πτυσσόμενο μενού. Ανάλογα με την επιλογή της συνιστώσας δικτύου με την οποία θα συνδεθεί ο στόχος το μενού περιλαμβάνει μέρος από τις ακόλουθες κατηγορίες στόχων:
 - Κατανάλωση νερού για άρδευση (**Irrigation**).
 - Κατανάλωση νερού για ύδρευση (**Water supply**).
 - Ελάχιστη ροή υδραγωγείου (**Min. flow**).
 - Μέγιστη ροή υδραγωγείου (**Max. flow**).
 - Σταθερή ροή υδραγωγείου (**Const. flow**).
 - Ελάχιστο απόθεμα ταμιευτήρα (**Min. volume**).
 - Μέγιστο απόθεμα ταμιευτήρα (**Max. volume**).
 - Αποφυγή υπερχειλίσης ταμιευτήρα (**No spill**).
 - Παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας (**Power generation**).
- Συνιστώσα του δικτύου με την οποία συνδέεται ο στόχος (**Node, Conduit, Turbine**), ανάλογα με την κατηγορία του στόχου. Το πεδίο αυτό εμφανίζεται απενεργοποιημένο.
- Σε στόχους κατανάλωσης νερού μπορεί να οριστεί και ένας κόμβος στον οποίο επιστρέφει μέρος του νερού μετά τη χρήση του (**Return node**). Ο συντελεστής επιστροφής νερού (**Return ratio**) παίρνει τιμές από 0..1. Όλες οι δυνατές επιλογές συνιστωσών δικτύου δίνονται από το πτυσσόμενο μενού που περιλαμβάνει όλους τους κόμβους του δικτύου (κόμβους υδραγωγείων, κόμβοι υδατορευμάτων και ταμιευτήρες). Σε περίπτωση που το νερό καταναλώνεται στο σύνολό του και δεν επιστρέφεται στο σύστημα, τότε στο μενού επιλέγεται **None**.

- Προτεραιότητα του στόχου (**Target priority**) που δίνεται με επιλογή μιας κατηγορίας από 1 έως 8 από το πτυσσόμενο μενού. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τους στόχους υψηλότερης προτεραιότητας που εξυπηρετούνται πρώτοι. Κατόπιν εξυπηρετούνται οι στόχοι 2ης κατηγορίας κ.ο.κ. Η σειρά με την οποία εξυπηρετούνται οι στόχοι της ίδιας κατηγορίας δεν μπορεί να προκαθοριστεί.
- Σταθερή τιμή στόχου (**Constant target value**). Για την επιλογή σταθερής τιμής στόχου πρέπει να ενεργοποιηθεί η σχετική ένδειξη και να οριστεί η τιμή στόχου στο πεδίο.

Οι μονάδες μέτρησης είναι:

- για στόχους κατανάλωσης νερού: hm³
- για στόχους διαχείρισης αποθέματος ταμιευτήρα: hm³
- για στόχους διαχείρισης παροχής νερού σε υδραγωγείο ή υδατόρευμα: m³/s.
- για στόχους παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας σε στροβίλους: GWh
- Ο στόχος αποφυγής υπερχειλίσης είναι αδιάστατος.

Με απενεργοποιημένη την επιλογή η τιμή στόχου θεωρείται μεταβλητή στο χρόνο και οι τιμές του ορίζονται στο φύλλο μεταβλητής τιμής στόχου.

6.9.2 Μεταβλητή τιμή στόχου

Ο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ προσφέρει τη δυνατότητα χρονικής διαφοροποίησης ενός στόχου, έτσι ώστε η προσομοίωση να ανταποκρίνεται σε διάφορες καταστάσεις όπως προβλεπόμενη αύξηση της ζήτησης νερού, εποχιακή διαφοροποίηση του επιθυμητού εύρους διακύμανσης στάθμης ταμιευτήρων κ.ά. Χρονικά μεταβαλλόμενες τιμές στόχου ορίζονται ως εξής:

1. Στο βασικό φύλλο της φόρμας δεδομένων στόχου απενεργοποιείται η ένδειξη «Σταθερή τιμή στόχο» (**Constant target value**).
2. Επιλέγεται το φύλλο δεδομένων στόχου (**data**).
3. Στα πεδία του πίνακα αρχικών τιμών (**Initial values**) εισάγονται οι αρχικές μηνιαίες τιμές στόχου. Οι τιμές αυτές θα ισχύσουν από την αρχή έως το τέλος της προσομοίωσης ή έως ότου αντικατασταθούν από αυτές του εξειδικευμένου πίνακα τιμών.
4. Στον εξειδικευμένο πίνακα τιμών (**Specific values**) καταχωρούνται οι μηνιαίες τιμές που ισχύουν για συγκεκριμένα από το χρήστη έτη (πεδίο **Year**) και αργότερα. Κάθε νέα καταχώρηση στον εξειδικευμένο πίνακα τιμών αντικαθιστά παλαιότερες τιμές στόχων. Με το εικονίδιο **New line** εισάγονται νέες σειρές, ενώ με το εικονίδιο **Delete line** διαγράφονται σειρές στον εξειδικευμένο πίνακα τιμών. Οι μονάδες μέτρησης αναγράφονται ως υπενθύμιση στην περιοχή **Unit**.

Σημείωση: Οι καταχωρήσεις θα πρέπει πάντοτε να συμπληρώνουν ένα ημερολογιακό έτος, διαφορετικά οι τιμές για το συγκεκριμένο ελλειπές έτος δεν λαμβάνονται υπόψη.

Target

General Data

Initial values

Unit	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
hm3												

Specific values

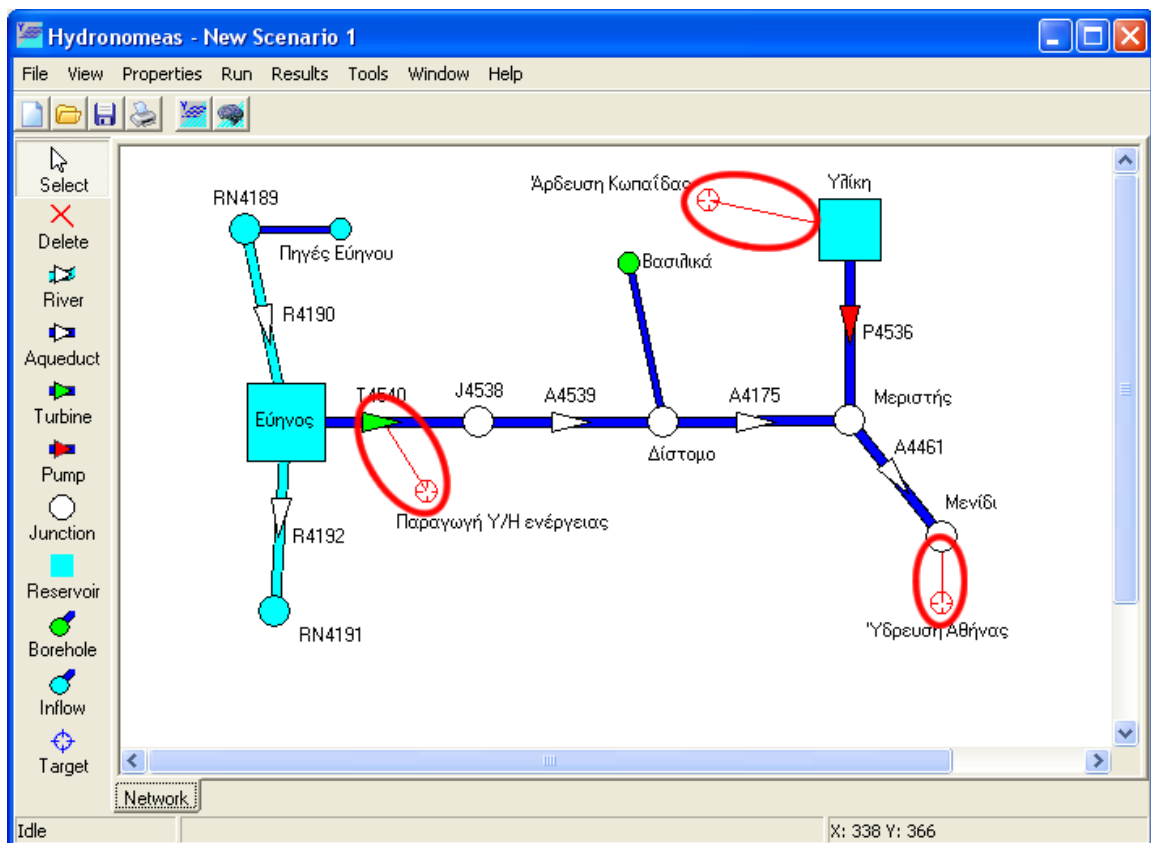
Year	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December

OK Cancel

Εικόνα 6.44: Φόρμες εισαγωγής τιμών στόχων.

6.9.3 Τροποποίηση δεδομένων στόχου

Οι ιδιότητες ενός στόχου μπορούν να τροποποιηθούν από τη φόρμα δεδομένων στόχου, η οποία εμφανίζεται κάνοντας διπλό κλικ με το ποντίκι επάνω στο σύμβολο του στόχου στη φόρμα σχεδίασης δικτύου. Ο χρήστης μπορεί να εμφανίσει τη φόρμα δεδομένων στόχου και να τροποποιήσει τα στοιχεία ή να διαγράψει έναν στόχο και από την φόρμα κατάστασης στόχων.



Εικόνα 6.45: Διαχείριση στόχων στην επιφάνεια εργασίας.

7 Υδρολογικά σενάρια και χρονοσειρές

7.1 Υδρολογικές χρονοσειρές

Η υδρολογικές μεταβλητές του υδροσυστήματος δίνονται με τη μορφή ακολουθιών γνωστών τιμών, δηλαδή **χρονοσειρών**, που ορίζονται σε επιλεγμένες συνιστώσες του δικτύου. Συγκεκριμένα, χρονοσειρές ορίζονται στους **ταμιευτήρες** και στους **κόμβους εισροής**. Οι χρονοσειρές των ταμιευτήρων είναι τριών ειδών:

- χρονοσειρές απορροής
- χρονοσειρές βροχόπτωσης
- χρονοσειρές εξάτμισης

Η απορροή αναφέρεται στην εισροή νερού από την υπολεκάνη ανάντη του φράγματος, ενώ η βροχόπτωση και η εξάτμιση αναφέρονται στην επιφάνεια του ταμιευτήρα. Όλες οι τιμές των παραπάνω χρονοσειρών δίνονται σε μονάδες ισοδύναμου ύψους νερού (υποχρεωτικά σε mm). Αντίθετα, οι χρονοσειρές στους κόμβους εισροής δίνονται απευθείας σε μονάδες παροχής (m^3/s). Οι χρονοσειρές του μοντέλου μπορεί να είναι **ιστορικές** (πρωτογενής ή επεξεργασμένες) ή **συνθετικές**, που σημαίνει ότι παράγονται μέσω κάποιου στοχαστικού μοντέλου. Κατά κανόνα, τα μοντέλα γέννησης συνθετικών χρονοσειρών επιτρέπουν την διατήρηση των στατιστικών συσχετίσεων μεταξύ των αντίστοιχων υδρολογικών διεργασιών, έτσι ώστε η αναπαράσταση των υδρολογικών διεργασιών να είναι ρεαλιστική και συμβατή με τις πραγματικές συνθήκες του συστήματος. Οι χρονοσειρές που παράγονται μέσω μιας τέτοιας συστηματικής διαδικασίας ομαδοποιούνται σε **υδρολογικά σενάρια**. Συνεπώς, το υδρολογικό σενάριο αναφέρεται σε ένα σύνολο συνθετικών χρονοσειρών, που είναι στατιστικά συνεπείς μεταξύ τους. Προφανώς, οι χρονοσειρές που ανήκουν σε ένα υδρολογικό σενάριο έχουν κοινή ημερομηνία έναρξης και κοινό μήκος.

7.2 Καθολικές ενεργειακές χρονοσειρές

Για τον βέλτιστο σχεδιασμό και διαχείριση των υβριδικών συστημάτων ανανεώσιμης ενέργειας (ΥΣΑΕ) μεγάλης κλίμακας, στα οποία η υδροηλεκτρική (Υ/Η) ενέργεια έχει κυρίαρχο ρόλο, επεκταθήκαν οι λειτουργίες του Υδρονομέα και αυξήθηκαν τα δεδομένα εισόδου με την ένταξη καθολικών ενεργειακών χρονοσειρών (Global Energy Timeseries) που αναφέρονται στην ευρύτερη περιοχή μελέτης. Οι καθολικές ενεργειακές χρονοσειρές είναι δύο :

- Χρονοσειρά εξωτερικής ενεργειακής ζήτησης (External Energy Demand)
- Χρονοσειρά εξωτερικής ενεργειακής προσφοράς (External Energy Supply)

Η χρονοσειρά εξωτερικής ενεργειακής ζήτησης αντιστοιχεί στα δεδομένα βιομηχανικής και οικιακής ενεργειακής ζήτησης της εξεταζόμενης περιοχής. Επιπλέον, η χρονοσειρά εξωτερικής ενεργειακής προσφοράς, αντιστοιχεί στα δεδομένα ενεργειακής προσφοράς από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) στην εξεταζόμενη περιοχή. Και στις δύο περιπτώσεις, οι ενεργειακές χρονοσειρών δίνονται σε GWh. Οι χρονοσειρές επηρεάζουν την συμπεριφορά των στροβίλων (υδροηλεκτρικών) κατά την διάρκεια των προσομοιώσεων, ανάλογα με το ενεργειακό ισοζύγιο του συστήματος. Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής στον χρήστη κατά την διάρκεια της προσομοίωσης να συμπεριλάβει και την εκτιμώμενη εσωτερική ενεργειακή ζήτηση (Estimated

Internal Energy Demand) από αντλιοστάσια και γεωτρήσεις ως μία επιπλέον χρονοσειρά που θα επηρεάσει την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας.

7.3 Εισαγωγή χρονοσειρών

Ο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ έχει τη δυνατότητα να εισάγει χρονοσειρές που είναι αποθηκευμένες στον υπολογιστή (αρχείο .hts) μέσω της φόρμας διαχείρισης χρονοσειρών που εμφανίζεται με τους εξής τρόπους:

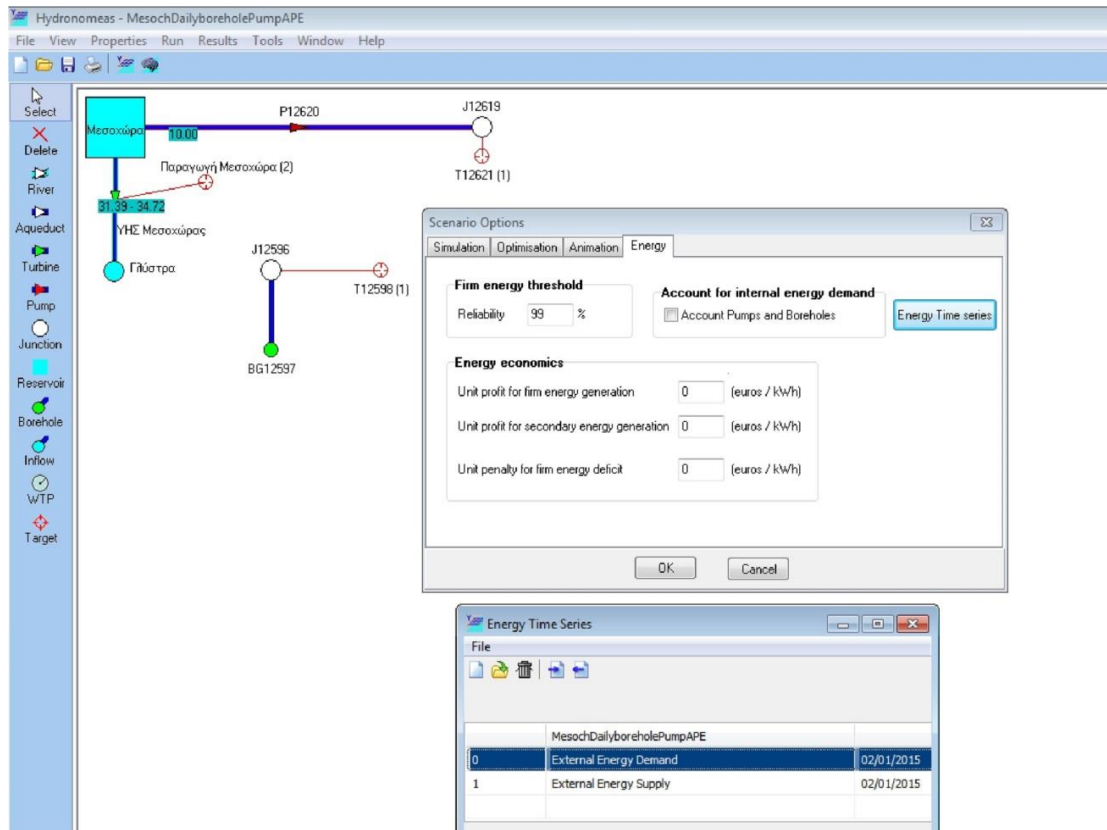
- από το φύλλο χρονοσειρών της φόρμας δεδομένων του ταμιευτήρα.
- από τη φόρμα δεδομένων εισροής.

	Code	Name	Start date	End date	Hydr. scenarios
Runoff [mm]	0		01/10/2003	01/09/2013	200
Rainfall [mm]	0		01/10/2003	01/09/2013	200
Evaporation [mm]					

Εικόνα 7.1: Φόρμα διαχείρισης χρονοσειρών ταμιευτήρα.

Η επεξεργασία των δεδομένων των χρονοσειρών γίνεται σε ανεξάρτητο στάδιο από διαφορετικά λογισμικά (Υδρογνώμων).

Όσον αφορά τις **καθολικές ενεργειακές χρονοσειρές**, ο χρήστης μπορεί εύκολα να ανοίξει τη νέα φόρμα που υλοποιήθηκε για αυτό το σκοπό (Energy Time Series) και να εισάγει τις χρονοσειρές όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα επιλέγοντας Run->Options.



Εικόνα 7.2: Εισαγωγή χρονοσειρών προσφοράς και ζήτησης ενέργειας.

8 Προσομοίωση

8.1 Γενικά

Η προσομοίωση είναι η διαδικασία αναπαράστασης των φυσικών διεργασιών που σχετίζονται με την διαχείριση των αποθεμάτων και την μεταφορά νερού από τις πηγές (ταμιευτήρες, γεωτρήσεις, υδατορεύματα) στην κατανάλωση. Η προσομοίωση εκτελείται **βήμα-προς-βήμα**, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά μεγέθη του υδροσυστήματος, τους στόχους και τους επίκαιρους κανόνες λειτουργίας. Κατά την προσομοίωση, ο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ υπολογίζει την **βέλτιστη διανομή** των υδατικών πόρων σε κάθε χρονικό βήμα, επιδιώκοντας:

- την αυστηρή τήρηση των φυσικών περιορισμών του δικτύου (χωρητικότητες ταμιευτήρων, παροχευευτικότητες υδραγωγείων και αντλιοστασίων, κλπ.).
- την ελαχιστοποίηση των υπερχειλίσεων των ταμιευτήρων (πραγματοποιούνται υπερχειλίσεις μόνο αν έχει εξαντληθεί η παροχευευτικότητα του κατάντη δικτύου).
- την ικανοποίηση των στόχων, σύμφωνα με την ιεραρχία που έχει ορίσει ο χρήστης.
- την ελαχιστοποίηση της απόκλισης από τα επιθυμητά μεγέθη που καθορίζουν οι κανόνες λειτουργίας (π.χ. αποθέματα-στόχοι ταμιευτήρων).
- την επίτευξη της καλύτερης οικονομικής επίδοσης (ελαχιστοποίηση κόστους μεταφοράς νερού, ελαχιστοποίηση κόστους αντλήσεων, μεγιστοποίηση οφέλους από την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας).

Σημείωση: Ο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ ενσωματώνει ένα **μοντέλο κατανομής των απολήψεων**, που μετασχηματίζει τις συνιστώσες του υδροσυστήματος σε συνιστώσες ενός ιδεατού γράφου, στον οποίο εισάγει εικονικές τιμές παροχευευτικότητας και κόστους. Αποδεικνύεται ότι με τον τρόπο αυτό, η προσομοίωση ανάγεται στην βήμα-προς-βήμα επίλυση προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού. Η υπολογιστική διαδικασία είναι πλήρως αυτοματοποιημένη, και δεν απαιτεί καμία επέμβαση από μέρους του χρήστη.

8.2 Κανόνες λειτουργίας

Οι κανόνες λειτουργίας είναι γενικευμένοι νόμοι που ορίζονται σε συγκεκριμένες συνιστώσες του δικτύου, επιβάλλοντας μια συγκεκριμένη πολιτική διαχείρισής τους. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους κανόνες λειτουργίας υπολογίζονται, σε κάθε χρονικό βήμα, οι επιθυμητές απολήψεις:

- από επιφανειακά νερά (κανόνες λειτουργίας ταμιευτήρων) και
- υπόγεια νερά (κανόνες λειτουργίας γεωτρήσεων), συναρτήσει των συνολικών διαθέσιμων αποθεμάτων και της συνολικής ζήτησης.

Η μαθηματική περιγραφή των κανόνων λειτουργίας γίνεται μέσω ενός συγκεκριμένου αριθμού παραμέτρων, που διατηρούνται σταθερές σε όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης. Κατά συνέπεια, μετά το πέρας της προσομοίωσης, είναι δυνατή η αποτίμηση της συγκεκριμένης **διαχειριστικής πολιτικής**, όπως αυτή περιγράφεται από τις παραμέτρους των κανόνων λειτουργίας, έναντι διαφόρων μέτρων επίδοσης, όπως η αξιοπιστία, το κόστος, κλπ. Με αλλαγή των τιμών των παραμέτρων, εφαρμόζονται διαφορετικοί κανόνες λειτουργίας, οπότε η προσομοίωση παράγει διαφορετικά αποτελέσματα.

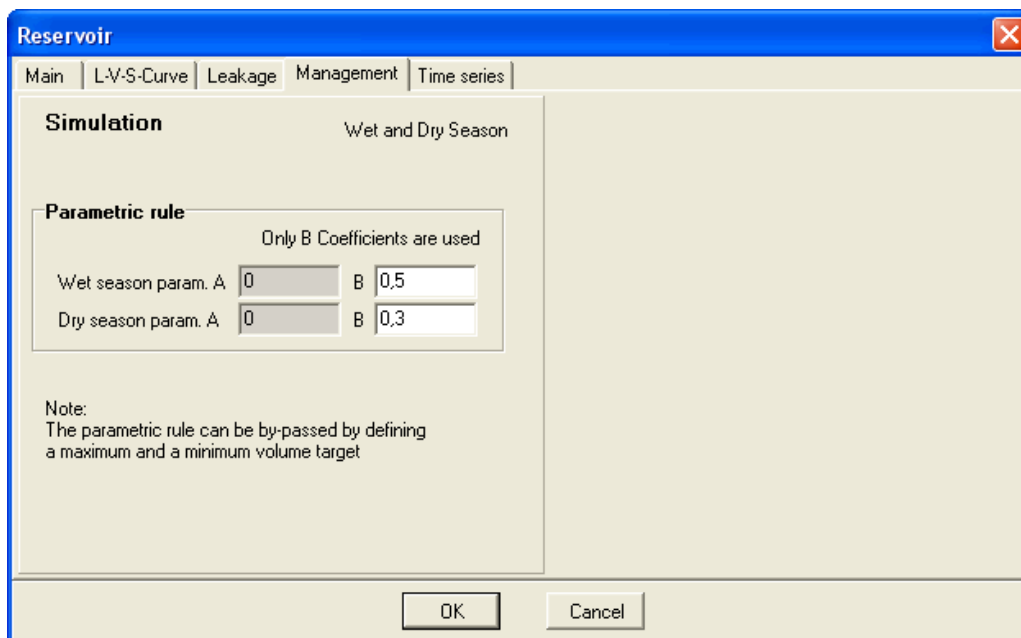
Σημείωση: Σε μια απλή προσομοίωση οι παράμετροι των κανόνων λειτουργίας δίνονται από τον χρήστη. Κατά την βελτιστοποίηση παρέχεται η δυνατότητα αυτόματου υπολογισμού των παραμέτρων.

8.2.1 Κανόνες λειτουργίας ταμιευτήρων

Οι κανόνες λειτουργίας των ταμιευτήρων υπολογίζουν την επιθυμητή κατανομή των αποθεμάτων τους, ως συνάρτηση του συνολικού ωφέλιμου αποθέματος που προβλέπεται να είναι διαθέσιμο στο πέρας κάθε χρονικού βήματος. Ο υπολογισμός των επιθυμητών αποθεμάτων εξαρτάται από τις ακόλουθες συνιστώσες:

- το συνολικό απόθεμα των ταμιευτήρων στην αρχή του χρονικού βήματος.
- τις αναμενόμενες υδρολογικές εισροές κάθε ταμιευτήρα λόγω απορροής και βροχοπτώσης, από τις οποίες αφαιρούνται οι αναμενόμενες απώλειες λόγω εξάτμισης και υπόγειων διαφυγών.
- τη συνολική ζήτηση νερού για την ικανοποίηση των στόχων κατανάλωσης.
- την ωφέλιμη χωρητικότητα κάθε ταμιευτήρα και την συνολική ωφέλιμη χωρητικότητα του συστήματος.
- την επιθυμητή διακύμανση του αποθέματος κάθε ταμιευτήρα, με βάση τις επίκαιρες τιμές των στόχων ελάχιστου και μέγιστου όγκου (εφόσον έχουν τεθεί).

Στο 4ο φύλλο της φόρμας δεδομένων ταμιευτήρα, ο χρήστης μπορεί να ορίσει τον κανόνα λειτουργίας ενός ταμιευτήρα ορίζοντας μία έως δύο εποχιακές παραμέτρους (a, b) στην περιοχή **Parametric Rule**. Οι κανόνες λειτουργίας μπορούν να παραμένουν ίδιοι για όλους του μήνες του έτους ή να διαφοροποιούνται κατά την υγρή και ξηρή περίοδο. Ο αριθμός των παραμέτρων ανά ταμιευτήρα ορίζεται από τη φόρμα επιλογών. Οι παράμετροι λαμβάνουν τιμές στο διάστημα [0, 1].



Εικόνα 8.1: Εισαγωγή παραμέτρων κανόνων λειτουργίας ταμιευτήρων.

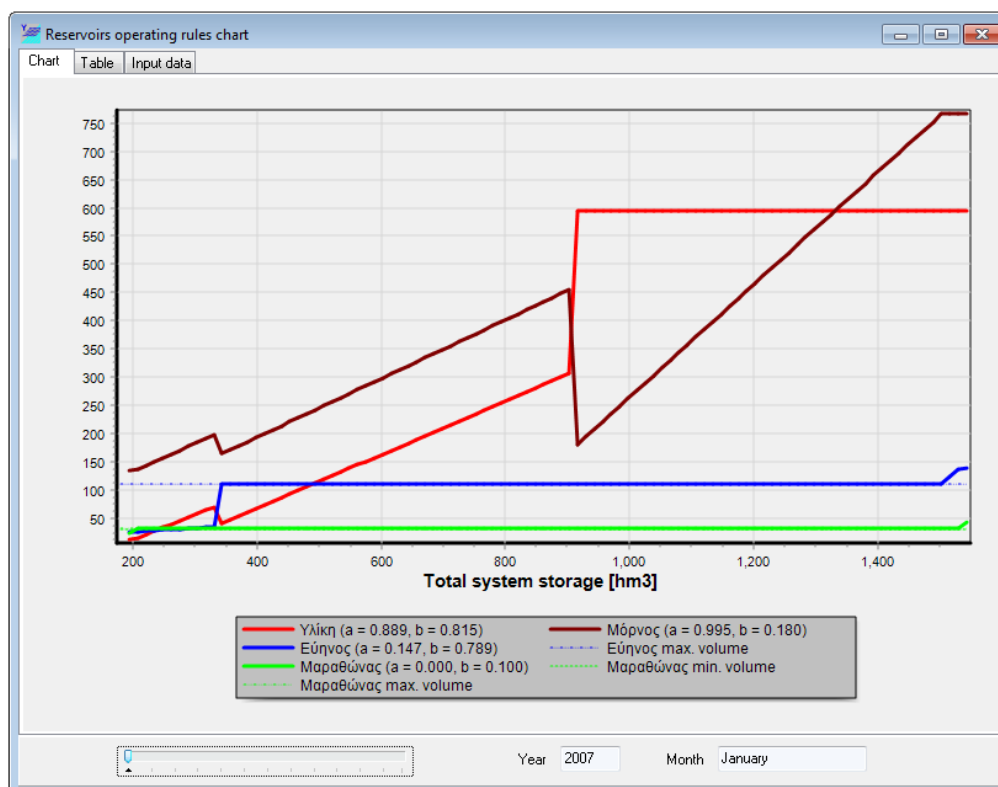
Σε κάθε χρονικό βήμα, με βάση το επίκαιρο επιθυμητό απόθεμα, υπολογίζεται η αντίστοιχη **επιθυμητή απόληψη** νερού από κάθε ταμιευτήρα. Το μοντέλο προσομοίωσης επιδιώκει να τηρήσει τη συγκεκριμένη απόληψη, με την προϋπόθεση ότι αυτό δεν έρχεται σε αντίφαση τόσο με τους φυσικούς περιορισμούς του δικτύου (π.χ. η συγκεκριμένη απόληψη δεν μπορεί

να διοχετευτεί κατάντη λόγω εξάντλησης της παροχευτικότητας των κατάντη υδραγωγείων), όσο και με τους λειτουργικούς στόχους του υδροσυστήματος (π.χ. απαιτείται μεγαλύτερη απόληψη για την ικανοποίηση μιας κατάντη ζήτησης). Διαφορετικά, το μοντέλο υπολογίζει μια εκροή νερού που απέχει όσο το δυνατό λιγότερο από την επιθυμητή.

Σημειώσεις: Σε ένα σχετικά σύνθετο υδροσύστημα, με πολύπλοκη τοπολογία και αντικρουόμενους στόχους, οι **πραγματικές απολήψεις** διαφέρουν συχνά από τις επιθυμητές. Αυτό σημαίνει ότι η διαχείριση του υδροσυστήματος εξαρτάται κατά μείζονα λόγο από τους διάφορους περιορισμούς που έχουν τεθεί (λόγω των φυσικών χαρακτηριστικών του συστήματος και λόγω των λειτουργικών στόχων) και δευτερευόντως από τους κανόνες λειτουργίας. Η προσομοίωση βασίζεται σε έναν παραμετρικό κανόνα λειτουργίας των ταμιευτήρων. Ο κανόνας αυτός είναι αποτελεσματικός, διατηρώντας παράλληλα περιορισμένο τον αριθμό των μεταβλητών ελέγχου (έως 4 ανά ταμιευτήρα) κάνοντας εφικτή τη βελτιστοποίηση του υδροσυστήματος.

8.2.2 Γραφική παράσταση κανόνων λειτουργίας ταμιευτήρων

Οι κανόνες λειτουργίας των ταμιευτήρων του επίκαιρου σεναρίου μπορούν να παρουσιαστούν στη μορφή γραφήματος επιλέγοντας από το μενού της Κύριας Φόρμας **Tools/Show reservoir rules**.



Εικόνα 8.2: Γραφική απεικόνιση κανόνων λειτουργίας ταμιευτήρων.

Στη φόρμα που εμφανίζεται παρατίθεται η γραφική παράσταση των επίκαιρων κανόνων λειτουργίας ταμιευτήρων. Το γράφημα ορίζει το επιθυμητό απόθεμα του εκάστοτε ταμιευτήρα (απόθεμα-στόχος) σε σχέση με το συνολικό μικό απόθεμα του συστήματος. Κάτω από το γράφημα αναγράφονται οι επίκαιροι συντελεστές α και β των ταμιευτήρων, των οποίων η διαχείριση πραγματοποιείται σύμφωνα με τον παραμετρικό κανόνα λειτουργίας. Από τη μπάρα κύλισης μπορεί να επιλεγεί το χρονικό βήμα για το οποίο ισχύει το γράφημα.

Reservoirs operating rules chart

Chart Table Input data

Total System Storage [hm3]	Υήληκη	Μόρνος	Εύηνος	Μαραθώνας
194.22	11.95	134.03	25.29	22.95
207.84	14.67	136.99	25.68	30.50
221.46	20.77	143.62	26.57	30.50
235.07	26.88	150.24	27.46	30.50
248.69	32.98	156.87	28.34	30.50
262.31	39.08	163.50	29.23	30.50
275.93	45.19	170.13	30.12	30.50
289.55	51.29	176.75	31.00	30.50
303.17	57.39	183.38	31.89	30.50
316.78	63.50	190.01	32.78	30.50
330.40	69.60	196.64	33.66	30.50
344.02	75.71	203.27	34.55	30.50
357.64	81.82	209.90	35.44	30.50
371.26	87.92	216.53	36.33	30.50
384.88	94.03	223.16	37.22	30.50
398.49	100.14	229.79	38.11	30.50
412.11	106.24	236.42	39.00	30.50
425.73	112.35	243.05	39.89	30.50
439.35	118.45	249.68	40.78	30.50
452.97	124.56	256.31	41.67	30.50
466.59	130.66	262.94	42.56	30.50
480.20	136.77	269.57	43.45	30.50
493.82	142.87	276.20	44.34	30.50
507.44	148.98	282.83	45.23	30.50
521.06	155.08	289.46	46.12	30.50
534.68	161.19	296.09	47.01	30.50
548.30	167.29	302.72	47.90	30.50

Year 2007 Month January

Εικόνα 8.3: Πινακοποιημένες τιμές κανόνων λειτουργίας.

Reservoirs operating rules chart

Chart Table Input data

Reservoir data								Dead/ManRes
Reservoir	a	b	managed	dead Storage	max. Storage	min. Volume targ	max. Volume targ	
Υήληκη	0.88905573320	0.81513319405	true	11.9480444075	594.880248390	11.9480444075	594.880248390	180.6013232978
Μόρνος	0.99538918905	0.18000940532	true	134.034707523	767.025157482	134.034707523	767.025157482	
Εύηνος	0.14698213022	0.78916722064	true	25.2861526071	137.726076187	25.2861526071	110	Storage
Μαραθώνας	0	0.1	true	9.33241875958	42.8	30	30.5	1542.431482060

Min. Volume priority list		
Nr	Reservoir	Value
1	Μαραθώνας	30

Max. Volume priority list		
Nr	Reservoir	Value
1	Μαραθώνας	30.5
2	Εύηνος	110

Year 2007 Month January

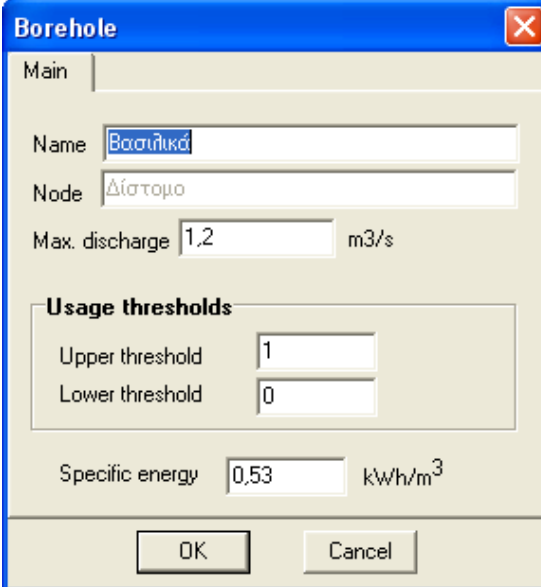
Εικόνα 8.4: Δεδομένα εισόδου κανόνων λειτουργίας.

Στο 2ο φύλλο της φόρμας (**Table**) παρατίθεται ο κανόνας λειτουργίας των ταμιευτήρων σε μορφή πίνακα αντιστοίχισης επιθυμητών αποθεμάτων ταμιευτήρα προς το συνολικό μικτό απόθεμα του συστήματος.

Στο 3ο φύλλο της φόρμας (Input data) εμφανίζονται τα δεδομένα εισόδου των Ταμιευτήρων του συστήματος.

8.2.3 Κανόνες λειτουργίας γεωτρήσεων

Οι κανόνες λειτουργίας των γεωτρήσεων χρησιμοποιούν δύο παραμέτρους κατωφλίου για κάθε γεώτρηση, bup και bdown, που επιτρέπουν ή όχι τις υπόγειες απολήψεις ανάλογα με το τρέχον επιφανειακό απόθεμα του συστήματος.



Εικόνα 8.5: Εισαγωγή παραμέτρων κανόνων λειτουργίας γεωτρήσεων.

Συγκεκριμένα, η λειτουργία κάθε γεώτρησης βασίζεται στον εξής κανόνα:

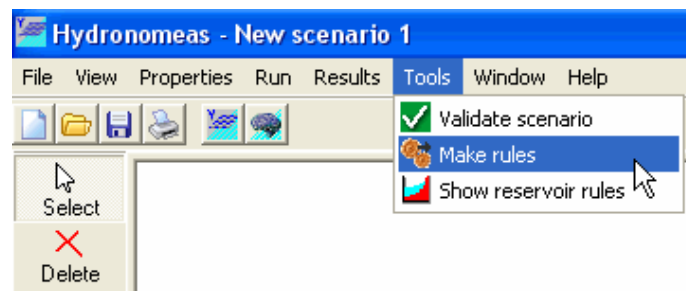
- όταν το συνολικό απόθεμα των ταμιευτήρων στην αρχή του χρονικού βήματος είναι μεγαλύτερο από ποσοστό bup (**Upper threshold**) επί της συνολικής ωφέλιμης χωρητικότητας των ταμιευτήρων (δηλαδή το μέγιστο δυνατό απολήψιμο δυναμικό του συστήματος), τότε απαγορεύεται η λειτουργία της γεώτρησης.
- όταν το συνολικό απόθεμα των ταμιευτήρων στην αρχή του χρονικού βήματος είναι μικρότερο από ποσοστό bdown (**Lower threshold**) επί της συνολικής ωφέλιμης χωρητικότητας των ταμιευτήρων, τότε επιβάλλεται η ενεργοποίηση της γεώτρησης, ανεξαρτήτως κόστους.
- σε κάθε άλλη περίπτωση, η χρήση της γεώτρησης ελέγχεται από το μοντέλο κατανομής των απολήψεων, με βάση τα πραγματικά οικονομικά της μεγέθη.

Οι δύο παράμετροι κατωφλίου κάθε γεώτρησης δίνονται από τη φόρμα δεδομένων γεώτρησης και λαμβάνουν τιμές στο διάστημα $[0, 1]$, με το κάτω όριο να είναι προφανώς πάντοτε μικρότερο από το άνω.

8.2.4 Διαχείριση κανόνων λειτουργίας

Στη διάρκεια μιας συνόδου ο χρήστης μπορεί να εκτελέσει μια σειρά προσομοιώσεων με διάφορους κανόνες λειτουργίας της επιλογής του. Ένας τρόπος εισαγωγής τους είναι από τις εκάστοτε φόρμες δεδομένων, δηλαδή για τους μεν ταμιευτήρες από τη φόρμα δεδομένων ταμιευτήρων και για τις δε γεωτρήσεις από τη φόρμα δεδομένων γεωτρήσεων. Οι κανόνες λειτουργίας που εισάγονται με αυτόν τον τρόπο ονομάζονται **επίκαιροι κανόνες λειτουργίας** του σεναρίου και είναι αυτοί που θα ισχύσουν εφόσον εκτελεστεί προσομοίωση. Οι επίκαιροι κανόνες λειτουργίας μπορούν να αποθηκευτούν για να χρησιμοποιηθούν αργότερα με έναν από τους εξής τρόπους:

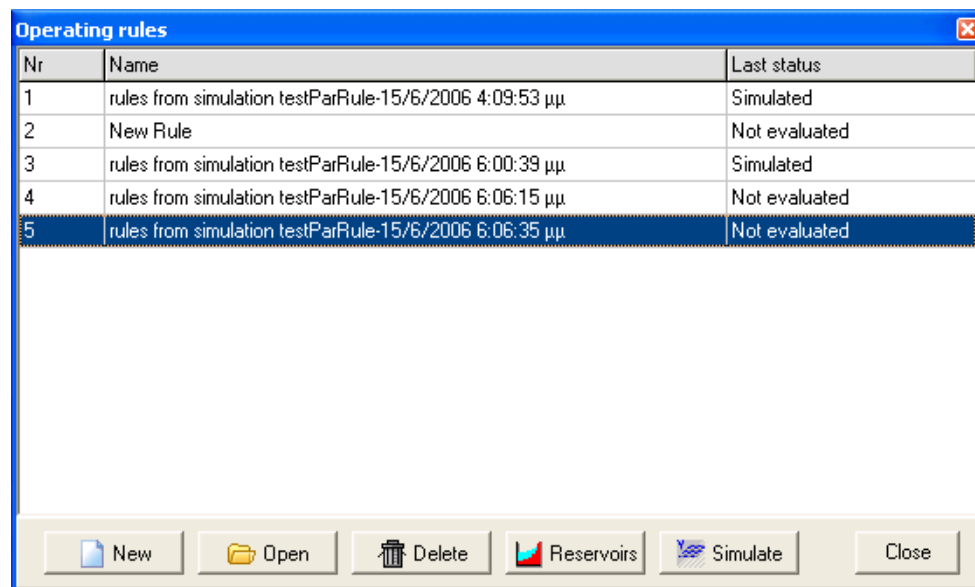
- Με επιλογή **Tools/Make rules** από το μενού της Κύριας Φόρμας του ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ.



Εικόνα 8.6: Μενού διαμόρφωσης κανόνων λειτουργίας.

- Με την εκτέλεση προσομοίωσης αποθηκεύονται αυτόματα οι επίκαιροι κανόνες.

Η διαχείριση κανόνων λειτουργίας πραγματοποιείται από τον πίνακα κανόνων λειτουργίας που εμφανίζεται με επιλογή **Properties/Rules** από την Κύρια Φόρμα.

The image shows a dialog box titled 'Operating rules' with a table of rules. The table has three columns: 'Nr', 'Name', and 'Last status'. There are five rows of data. Below the table are buttons for 'New', 'Open', 'Delete', 'Reservoirs', 'Simulate', and 'Close'.

Nr	Name	Last status
1	rules from simulation testParRule-15/6/2006 4:09:53 μμ	Simulated
2	New Rule	Not evaluated
3	rules from simulation testParRule-15/6/2006 6:00:39 μμ	Simulated
4	rules from simulation testParRule-15/6/2006 6:06:15 μμ	Not evaluated
5	rules from simulation testParRule-15/6/2006 6:06:35 μμ	Not evaluated

Εικόνα 8.7: Φόρμα διαχείρισης αποθηκευμένων κανόνων λειτουργίας.

Ο πίνακας που εμφανίζεται περιλαμβάνει όλους τους αποθηκευμένους κανόνες λειτουργίας του σεναρίου. Κάθε γραμμή του πίνακα αναφέρεται σε ένα σετ από λειτουργίες για όλους τους ταμιευτήρες και τις γεωτρήσεις του δικτύου ενώ σε στήλες του πίνακα δίνονται η ονομασία των κανόνων (**Name**) και η τελευταία κατάσταση (**Last status**), που μπορεί να είναι **Simulated** όταν έχει πραγματοποιηθεί προσομοίωση με τους κανόνες αυτούς ή σε αντίθετη περίπτωση **Not evaluated**.

Η φόρμα παρέχει τις εξής λειτουργίες διαχείρισης:

- **New:** Ανοίγεται η φόρμα για τη δημιουργία νέων κανόνων λειτουργίας.
- **Open:** Ανοίγεται η φόρμα για την επισκόπηση και τροποποίηση των επιλεγμένων κανόνων λειτουργίας.
- **Delete:** Διαγράφονται οι επιλεγμένοι κανόνες λειτουργίας.
- **Reservoirs:** Εμφανίζεται το γράφημα κανόνων λειτουργίας ταμιευτήρων.
- **Simulate:** Οι επιλεγμένοι κανόνες λειτουργίας καθίστανται επίκαιροι και εκτελείται προσομοίωση.

Με επιλογή New ή Open ανοίγει η φόρμα των κανόνων λειτουργίας που περιέχει τρία φύλλα:

Το βασικό φύλλο (**General**) περιλαμβάνει πεδία για την εισαγωγή ή τροποποίηση της ονομασίας των κανόνων λειτουργίας (**Name**) και μιας περιγραφής τους (**Description**).

Εικόνα 8.8: Πληροφορίες κανόνων λειτουργίας.

Επίσης υπάρχουν ενδείξεις που φανερώνουν εάν οι κανόνες λειτουργίας έχουν χρησιμοποιηθεί σε προσομοίωση (**Used in Simulation**) ή όχι (**Not evaluated**). Οι ενδείξεις αυτές δεν μπορούν να τροποποιηθούν από το χρήστη. Το επόμενο φύλλο αφορά τους κανόνες λειτουργίας ταμιευτήρων και παραθέτει σε μορφή πίνακα τις παραμέτρους **A** και **B** του παραμετρικού κανόνα λειτουργίας (**Parametric rule**). Εφόσον έχει επιλεγεί η εποχιακή διαφοροποίηση των κανόνων λειτουργίας, τότε ορίζονται τιμές στις στήλες που ισχύουν για την ξηρή περίοδο και έχουν την ένδειξη **dry**.

Reservoir name	Parametric Rule			
	A	B	A dry	B dry
Πλαστήρας	0,82	0,84	0,80	0,27
Σμόκοβο	0,86	0,85	0,74	0,76

Εικόνα 8.9: Τιμές παραμέτρων ανά ταμιευτήρα.

Σε περίπτωση που οι κανόνες λειτουργίας δεν έχουν χρησιμοποιηθεί ακόμα σε προσομοίωση, κάνοντας διπλό κλικ με το ποντίκι επάνω σε μια σειρά στον πίνακα ταμιευτήρων εμφανίζεται η φόρμα εισαγωγής κανόνων λειτουργίας του ταμιευτήρα και ο χρήστης μπορεί να τροποποιήσει όλες τις επιλογές.

Εικόνα 8.10: Φόρμα εισαγωγής παραμέτρων.

Το τελευταίο φύλλο αφορά τους κανόνες λειτουργίας γεωτρήσεων ή ομάδων γεωτρήσεων και παραθέτει σε μορφή πίνακα τα άνω (**Upper Threshold**) και κάτω όρια χρήσης (**Lower Threshold**).

Borehole group name	Upper Threshold	Lower Threshold
Βασίλικά	0,8	0,4
Μαυροσουβάλα	0,8	0,25

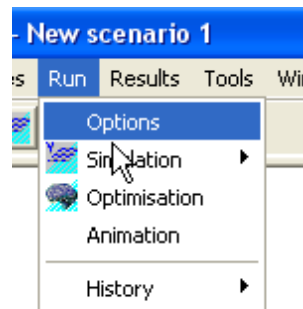
Εικόνα 8.11: Τιμές παραμέτρων ανά γεώτρηση.

Σε περίπτωση που οι κανόνες λειτουργίας δεν έχουν χρησιμοποιηθεί ακόμα σε προσομοίωση, κάνοντας διπλό κλικ με το ποντίκι επάνω σε μια σειρά στον πίνακα γεωτρήσεων εμφανίζεται η φόρμα εισαγωγής κανόνων λειτουργίας γεωτρήσεων και ο χρήστης μπορεί να τροποποιήσει τις τιμές των ορίων.

Εικόνα 8.12: Εισαγωγή ορίων χρήσης γεώτρησης.

8.3 Επιλογές

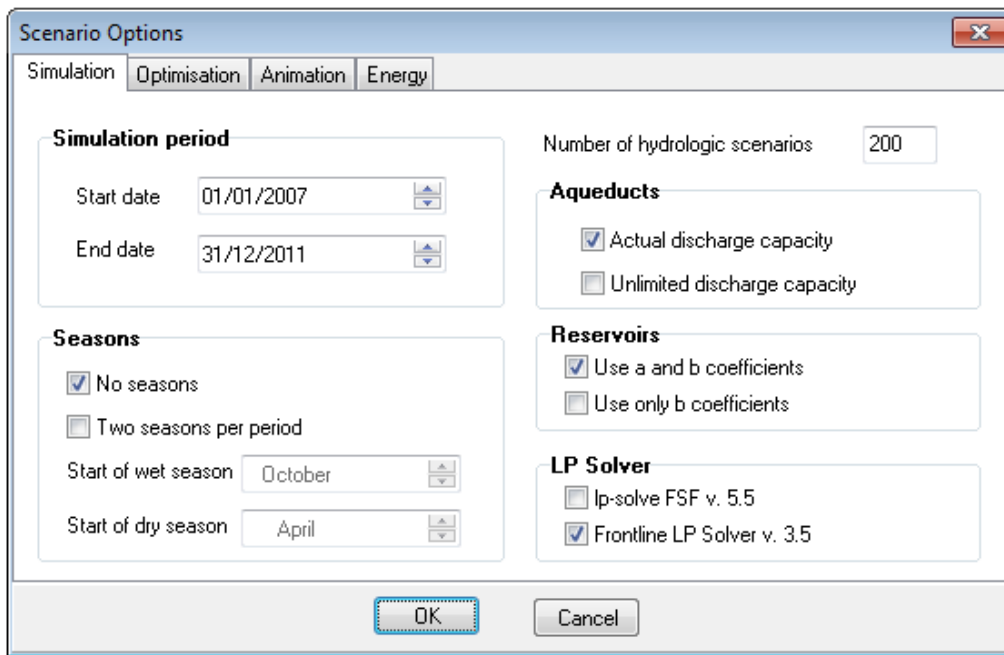
Οι επιλογές του σεναρίου ορίζονται από τη φόρμα επιλογών που εμφανίζεται στην οθόνη επιλέγοντας **Run/Options** από το μενού της Κύριας Φόρμας του ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ.



Εικόνα 8.13: Μενού γενικών επιλογών.

Στο φύλλο προσομοίωσης (**Simulation**) της φόρμας επιλογών ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει τις εξής βασικές λειτουργίες της προσομοίωσης:


- Στην περιοχή περιόδου προσομοίωσης (**Simulation period**) ορίζεται το αρχικό και τελικό έτος προσομοίωσης (**Start date, End date**). Προσομοιώνονται πάντοτε ακέραια ημερολογιακά έτη, δηλαδή ο αρχικός μήνας είναι πάντοτε ο Ιανουάριος ενώ ο τελικός πάντοτε ο Δεκέμβριος. Τα χρονικά όρια προσομοίωσης πρέπει να βρίσκονται εντός των χρονικών ορίων που ορίζονται από τις χρονοσειρές που έχουν φορτωθεί.
- Στο πεδίο αριθμού υδρολογικών σεναρίων (**Number of hydrologic scenarios**) ορίζεται ο αριθμός των υδρολογικών σεναρίων που θα προσομοιωθούν. Ο αριθμός των υδρολογικών σεναρίων που ορίζονται από τις χρονοσειρές που έχουν φορτωθεί θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος ή ίσος με αυτόν που θα προσομοιωθούν.
- Στην περιοχή **Aqueducts** ορίζεται εάν η προσομοίωση θα διεξαχθεί με τις επίκαιρες τιμές παροχетеυτικότητας (**Actual discharge capacity**) που έχουν δοθεί από τη φόρμα δεδομένων ταμιευτήρα ή με θεώρηση απεριόριστης παροχетеυτικότητας (**Unlimited discharge capacity**). Η τελευταία επιλογή είναι χρήσιμη στον υπολογισμό του θεωρητικού δυναμικού του υδροσυστήματος, εξαιρουμένου του φυσικού περιορισμού της παροχетеυτικότητας.
- Η περιοχή **Seasons** αφορά την εποχιακή διαφοροποίηση κανόνων λειτουργίας ταμιευτήρων: Με επιλογή **No seasons** ο χρήστης επιλέγει τη χρήση σταθερών κανόνων λειτουργίας για όλο το έτος. Αντίθετα με επιλογή **Two seasons per period** οι κανόνες λειτουργίας διαφοροποιούνται εποχιακά, με αρχή της υγρής και ξηρής περιόδου στους μήνες που ορίζονται από τα πεδία **Start of wet season** και **Start of dry season** αντίστοιχα.
- Στην περιοχή **Reservoirs** ορίζεται εάν οι παραμετρικοί κανόνες λειτουργίας ταμιευτήρων ορίζονται από δύο συντελεστές (**Use a and b coefficients**) ή από μόνο έναν συντελεστή (**Use only b coefficients**).
- Στην περιοχή **LP Solver** επιλέγεται ένας από τους δύο solvers() που θα χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.



Εικόνα 8.14: Φόρμα επιλογών μοντέλου προσομοίωσης.

8.4 Εκτέλεση προσομοίωσης

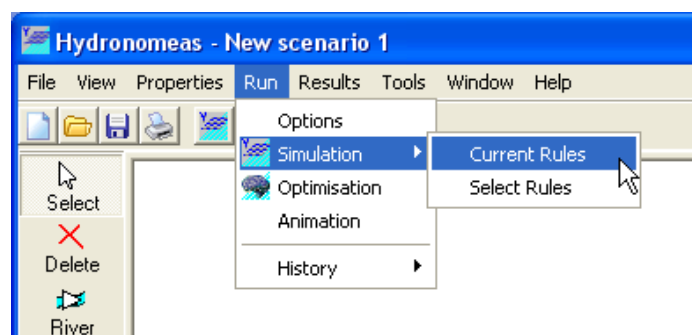
Η προσομοίωση εκτελείται με τους επίκαιρους κανόνες λειτουργίας ως εξής:

- Με επιλογή **Run/Simulation/Current Rules** από το μενού της Κύριας Φόρμας.
- Πατώντας το εικονίδιο **Simulation** () από τα εικονίδια βασικών λειτουργιών της Κύριας Φόρμας.

Αμέσως μετά πραγματοποιείται έλεγχος εγκυρότητας των δεδομένων και εφόσον δεν διαπιστωθούν σφάλματα εκτελείται η προσομοίωση στο παρασκήνιο. Στην οθόνη εμφανίζεται η φόρμα παρακολούθησης προσομοίωσης απ' όπου ο χρήστης μπορεί να διαπιστώσει την πρόοδο και να ελέγξει τη διαδικασία.

Σημειώσεις:

- Κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης ο χρήστης μπορεί σε οποιαδήποτε στιγμή να οπτικοποιήσει τη διαδικασία της προσομοίωσης επιλέγοντας από την Κύρια Φόρμα το σελιδοδείκτη **Animation**.
- Επιλέγοντας **Run/Simulation/Selected Rules** από το μενού της Κύριας Φόρμας εμφανίζεται η φόρμα των αποθηκευμένων κανόνων λειτουργίας απ' όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει και να εκτελέσει έναν άλλο κανόνα λειτουργίας.



Εικόνα 8.15: Εκτέλεση προσομοίωσης με τους επίκαιρους κανόνες λειτουργίας.

8.4.1 Έλεγχος εγκυρότητας δεδομένων

Πριν την έναρξη της προσομοίωσης ο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ εκτελεί έλεγχο εγκυρότητας των δεδομένων του σεναρίου. Εφόσον από τον έλεγχο προέκυψαν κάποια στοιχεία, αυτά παρατίθενται με λεπτομέρεια σε μορφή κατάστασης. Όλες οι πληροφορίες κατατάσσονται σε μια από τις παρακάτω κατηγορίες:

1. Σφάλμα (**Error**)

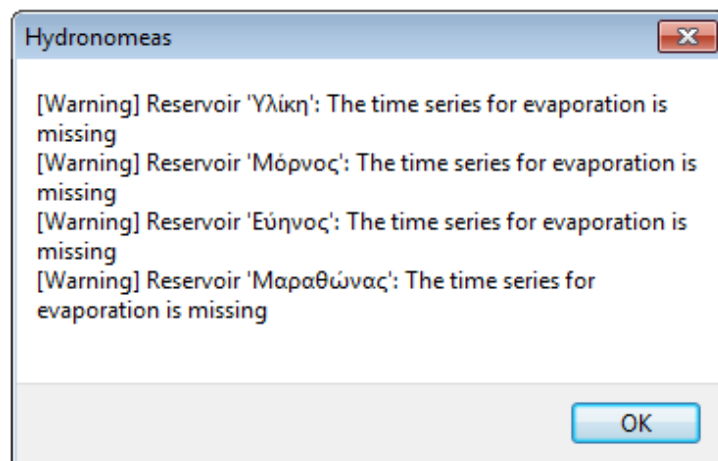
Σε περίπτωση σφάλματος δεν είναι δυνατή η εκτέλεση της προσομοίωσης. Ο χρήστης είναι υποχρεωμένος να διορθώσει όλα τα σφάλματα προκειμένου να εκτελεστεί η προσομοίωση. Με το πάτημα του κουμπιού **OK** επανέρχεται ο έλεγχος του συστήματος στο χρήστη.

2. Προειδοποίηση (**Warning**)

Πρόκειται για σημαντική πληροφορία που ενδέχεται να έχει επίπτωση στην εξέλιξη της προσομοίωσης, εντούτοις δεν εμποδίζεται η εκτέλεσή της. Ο χρήστης μπορεί να αγνοήσει την προειδοποίηση και εφόσον δεν έχουν εντοπιστεί σφάλματα, να προχωρήσει στην εκτέλεση της προσομοίωσης με το πάτημα του κουμπιού **OK**.

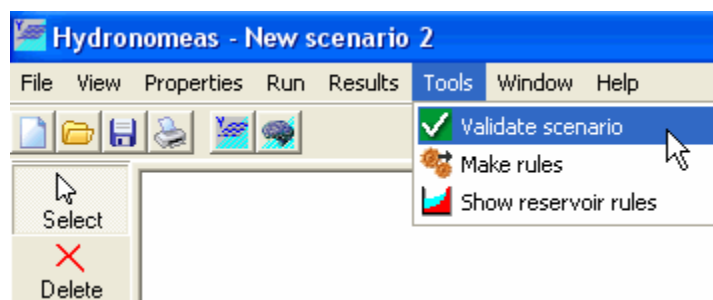
3. Πληροφορία (**Information**)

Πρόκειται για μια απλή πληροφορία που δεν έχει επίπτωση στην εξέλιξη της προσομοίωσης.



Εικόνα 8.16: Προειδοποιητικά μηνύματα.

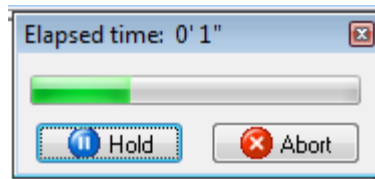
Σημείωση: Ο έλεγχος εγκυρότητας μπορεί να γίνει και ανεξάρτητα από την εκτέλεση προσομοίωσης επιλέγοντας **Tools/Validate scenario** από το μενού της Κύριας Φόρμας του ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ.



Εικόνα 8.17: Έλεγχος εγκυρότητας μοντέλου προσομοίωσης.

8.4.2 Παρακολούθηση της διαδικασίας

Κατά τη διάρκεια της οπτικοποίησης της προσομοίωσης εμφανίζεται η φόρμα ελέγχου προσομοίωσης με την εξής μορφή:

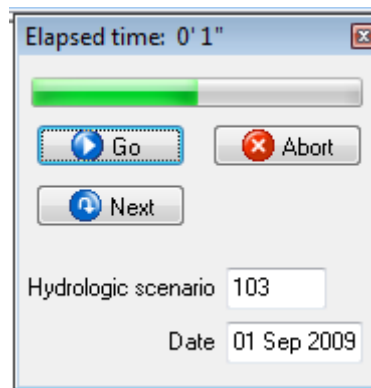


Εικόνα 8.18: Χρονική εξέλιξη προσομοίωσης.

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ελέγξει τη διαδικασία προσομοίωσης πατώντας τα κουμπιά:

- **Hold:** Προσωρινή διακοπή της προσομοίωσης.
- **Abort:** Ακύρωση της διαδικασίας. Δεν αποθηκεύονται αποτελέσματα.

Σε περίπτωση που πατηθεί το κουμπί **Hold**, αυτό μετονομάζεται σε **Go** και η φόρμα αποκτά την ακόλουθη μορφή:



Εικόνα 8.19: Βήμα προς βήμα παρακολούθηση της προσομοίωσης.

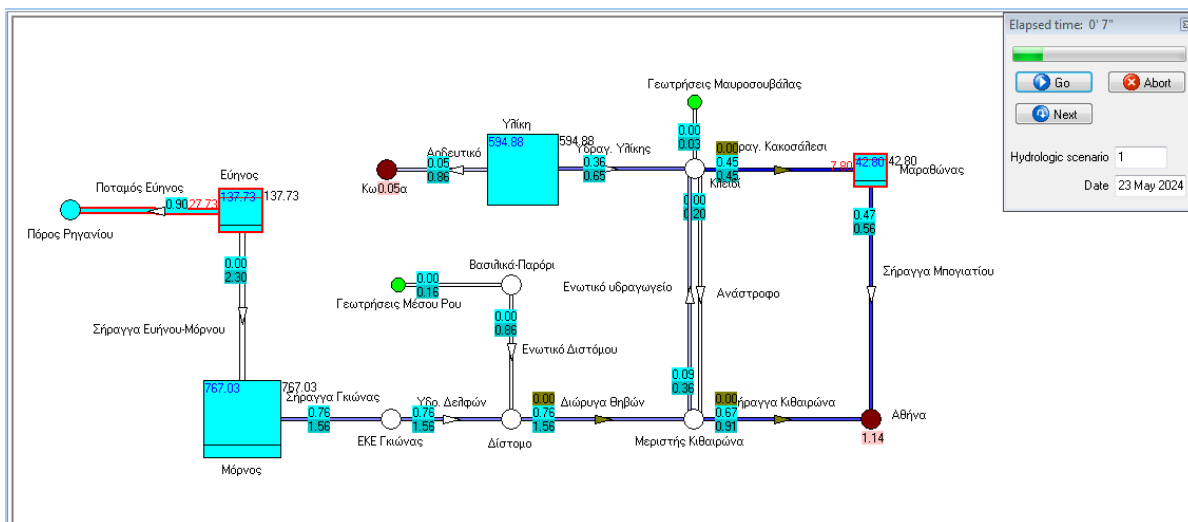
- **Go:** Επανεκκίνηση της προσομοίωσης από το σημείο που έχει διακοπεί. Η φόρμα αποκτά και πάλι την πρώτη της μορφή.
- **Next:** Μεταπήδηση στο επόμενο χρονικό βήμα. Επίσης σε τρία πεδία δίνεται το επίκαιρο χρονικό βήμα της προσομοίωσης:
- **Hydrologic scenario:** Το επίκαιρο υδρολογικό σενάριο.
- **Date :** Η επίκαιρη ημερομηνία (προσομοιωμένη ημερομηνία)

9 Οπτικοποίηση προσομοίωσης

Η διαδικασία της προσομοίωσης μπορεί να οπτικοποιηθεί τόσο κατά τη διάρκεια αυτής όσο και αναδρομικά. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επισκοπήσει την κατάσταση του δικτύου σε κάθε βήμα της προσομοίωσης. Πιο συγκεκριμένα μπορεί να ελέγξει:

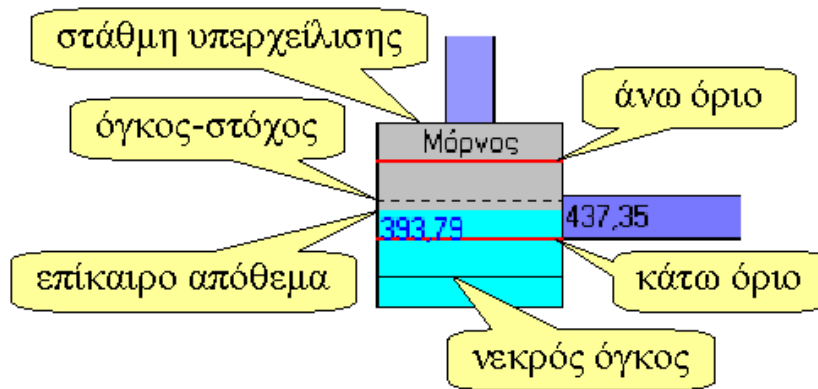
- Τις επιλογές που έγιναν από τον ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ και αφορούν τη μεταφορά νερού, ώστε να εξυπηρετηθούν οι λειτουργικοί στόχοι που έθεσε ο χρήστης και να ικανοποιηθούν οι επιδιώξεις και περιορισμοί του συστήματος.
- Τις ποσότητες που μεταφέρθηκαν διαμέσου των αγωγών του υδросυστήματος (υδραγωγεία, υδατορεύματα, αντλιοστάσια, στρόβιλοι) σε σχέση με την παροχτευτικότητα τους.
- Το απόθεμα νερού στους ταμιευτήρες σε σχέση με την επιθυμητή διακύμανση, τον όγκο-στόχο, το νεκρό όγκο και τον όγκο υπερχειλίσης.
- Τις ποσότητες νερού που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο υδросυστήματος από υπόγειους υδροφορείς και άλλες εισροές.
- Την αδυναμία εξυπηρέτησης λειτουργικών στόχων που έθεσε ο χρήστης.

Η διαδικασία της προσομοίωσης οπτικοποιείται στο φύλλο οπτικοποίησης προσομοίωσης που εμφανίζεται πατώντας με το ποντίκι επάνω στον σελιδοδείκτη **Animation** στην Κύρια φόρμα του Υδρονομέα. Στο φύλλο αυτό εμφανίζεται το σχήμα του δικτύου με την ίδια διάταξη όπως και στο φύλλο σχεδίασης δικτύου (**Network**).



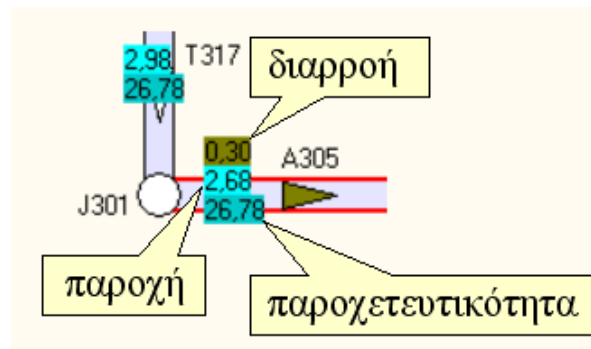
Εικόνα 9.1: Επιφάνεια εργασίας κατά την οπτικοποίηση.

Σημείωση: Το φύλλο οπτικοποίησης εμφανίζεται μόνο κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης ή εφόσον έχει εκτελεστεί προσομοίωση χωρίς να έχουν τροποποιηθεί τα δεδομένα του σεναρίου. Σε διαφορετική περίπτωση θα πρέπει να εκτελεστεί η προσομοίωση εκ νέου. Το απόθεμα στους ταμιευτήρες παρουσιάζεται με γαλάζιο χρώμα. Η στάθμη που αντιστοιχεί στον όγκο-στόχο του παραμετρικού κανόνα λειτουργίας απεικονίζεται με μια διακεκομμένη οριζόντια γραμμή, ενώ το όριο του νεκρού όγκου με μια συνεχή μαύρη γραμμή. Τα ανώτατα ή κατώτατα όρια όγκων που ενδεχομένως έχει θέσει ο χρήστης (βλ. στόχοι προσομοίωσης) απεικονίζονται με μια συνεχή κόκκινη γραμμή.



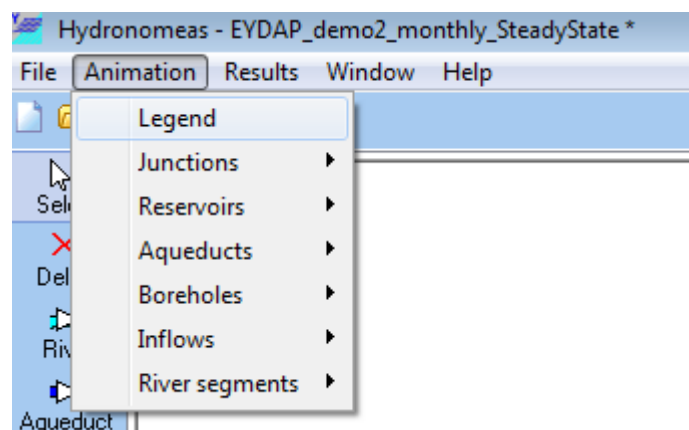
Εικόνα 9.2: Χαρακτηριστικά μεγέθη ταμιευτήρα.

Η διαβάθμιση του μπλε χρώματος στους αγωγούς δείχνει τον όγκο νερού που μεταφέρθηκε από αυτούς σε σχέση με την παροχτευτικότητα τους. Ροές που πραγματοποιούνται με άντληση εμφανίζονται ως αποχρώσεις του ροζ χρώματος.

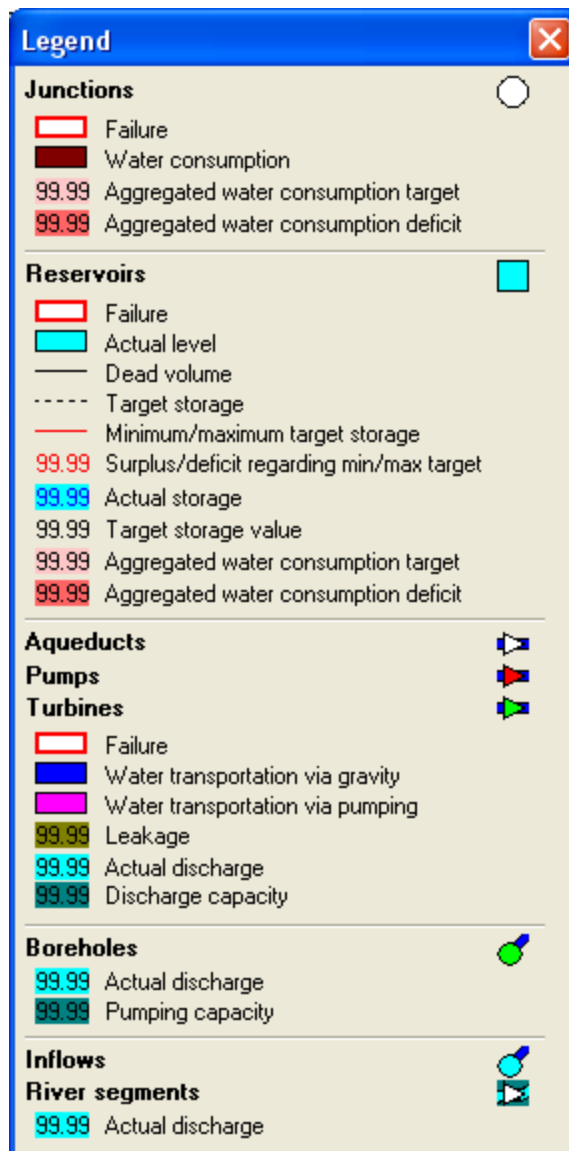


Εικόνα 9.3: Χαρακτηριστικά μεγέθη υδραγωγείου.

Η λεζάντα του φύλλου οπτικοποίησης προσομοίωσης εμφανίζεται με επιλογή από το μενού της Κύριας Φόρμας **Animation/Legend**, και κατατοπίζει το χρήστη για όλες τις ενδείξεις που εμφανίζονται:



Εικόνα 9.4: Επιλογή ορατών στοιχείων δικτύου.

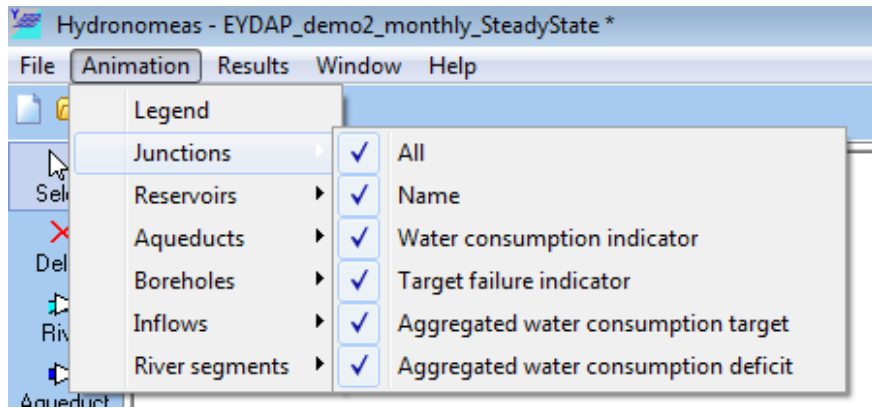


Εικόνα 9.5 Λεζάντα οπτικοποίησης.

Σημειώσεις:

- Η οπτικοποίηση του δικτύου παράλληλα με την προσομοίωση αυξάνει σημαντικά το φόρτο επεξεργασίας του υπολογιστή και επιβραδύνει τη διαδικασία προσομοίωσης.
- Με επιλογή από το μενού της Κύριας Φόρμας **Animation/...** μπορεί ο χρήστης να εμφανίσει/εξαφανίσει επιλεγμένες ομάδες ενδείξεων.
- Ανά πάσα στιγμή κατά τη διάρκεια μιας προσομοίωσης ο χρήστης μπορεί να οπτικοποιήσει τη διαδικασία προσομοίωσης επιλέγοντας το φύλλο **Animation** ή να αφήσει να εξελιχθεί η διαδικασία χωρίς οπτικοποίηση επιλέγοντας το φύλλο **Network**.

Πληροφορίες για τον έλεγχο της διαδικασίας οπτικοποίησης παρατίθενται στη συνέχεια.

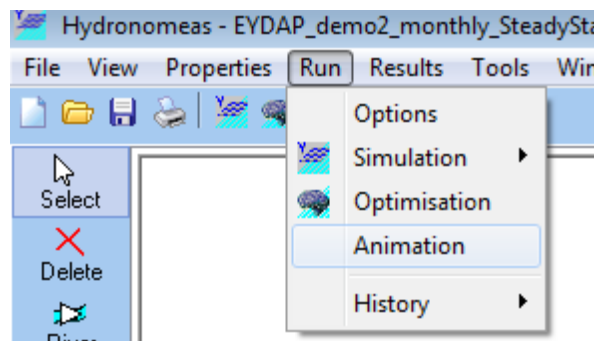


Εικόνα 9.6: Επιλογή εμφάνισης χαρακτηριστικών μεγεθών κόμβων.

9.1 Οπτικοποίηση κατά την εκτέλεση προσομοίωσης

Η διαδικασία της προσομοίωσης μπορεί από το πρώτο κιόλας χρονικό βήμα (μήνας,μέρα) να οπτικοποιηθεί με τον εξής τρόπο:

1. Επιλογή από το μενού της Κύριας Φόρμας του Υδρονομέα Run/Animation.



Εικόνα 9.7: Μενού οπτικοποίησης προσομοίωσης.

2. Εφόσον τα δεδομένα του σεναρίου είναι έγκυρα εμφανίζεται το φύλλο οπτικοποίησης (**Animation**) στην κατάσταση μετά την εκτέλεση του πρώτου χρονικού βήματος (1ος μήνας) του πρώτου υδρολογικού σεναρίου.
3. Η προσομοίωση διακόπτεται προσωρινά ώστε ο χρήστης να προβεί σε όποια ενέργεια επιθυμεί με κατάλληλους χειρισμούς από τη φόρμα ελέγχου.

Σημειώσεις:

- Ανά πάσα στιγμή κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης ο χρήστης μπορεί να οπτικοποιήσει τη διαδικασία επιλέγοντας το σελιδοδείκτη **Animation** από την Κύρια Φόρμα του Υδρονομέα. Επιλέγοντας το σελιδοδείκτη **Network** η προσομοίωση εκτελείται στο παρασκήνιο.
- Η οπτικοποίηση του δικτύου παράλληλα με την προσομοίωση αυξάνει σημαντικά τον φόρτο επεξεργασίας του υπολογιστή και επιβραδύνει τη διαδικασία προσομοίωσης.

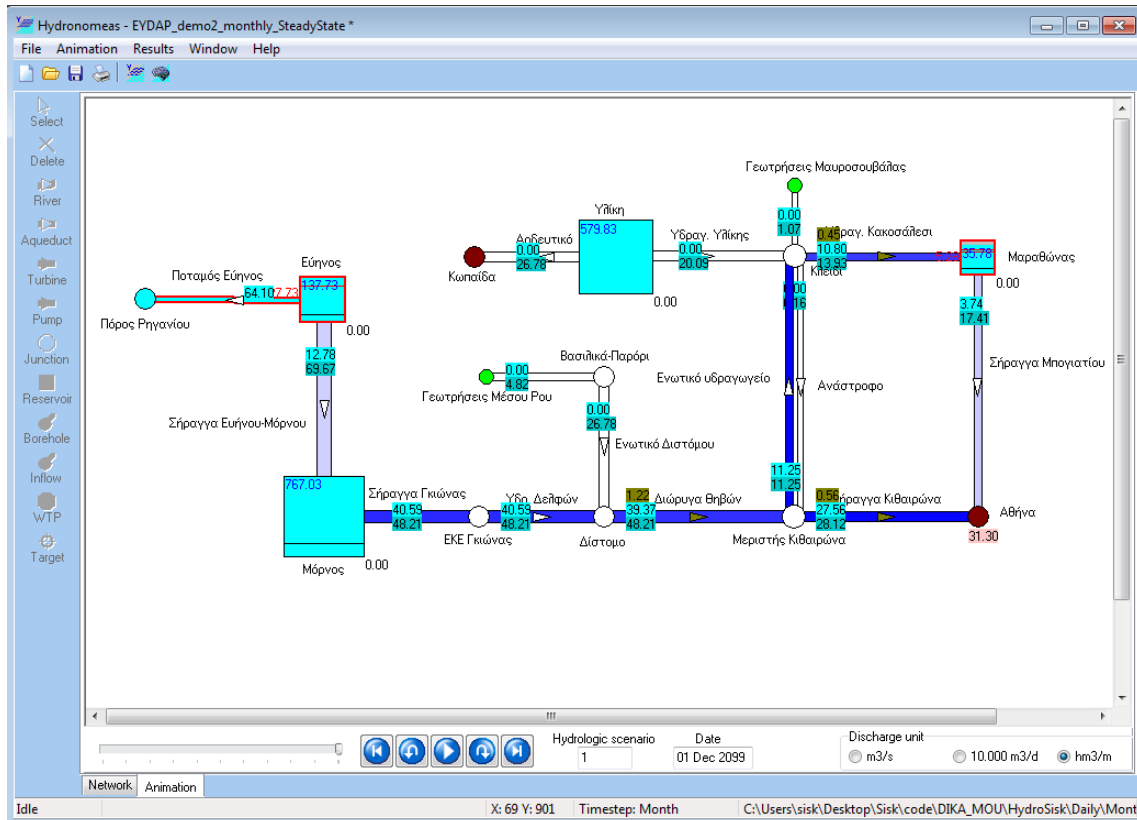
9.2 Αναδρομική οπτικοποίηση προσομοίωσης

Μετά τον τερματισμό της προσομοίωσης είναι δυνατή η βήμα-προς-βήμα αναδρομική επισκόπηση της προσομοίωσης. Το φύλλο οπτικοποίησης προσομοίωσης παραμένει διαθέσιμο και εμφανίζεται στην οθόνη εφόσον επιλεγεί πατώντας με το ποντίκι επάνω στον σελιδοδείκτη **Animation** στην Κύρια φόρμα του Υδρονομέα.





Εικόνα 9.8: Το κάτω μέρος της φόρμας οπτικοποίησης.

Εμφανίζεται το φύλλο οπτικοποίησης της προσομοίωσης



Εικόνα 9.9: Φόρμα οπτικοποίησης προσομοίωσης.

Στο κάτω μέρος της εικόνας βρίσκονται τα εργαλεία ελέγχου οπτικοποίησης:

- Η **μπάρα κύλισης**, την οποία ο χρήστης μπορεί να σύρει και να οπτικοποιήσει οποιοδήποτε χρονικό βήμα της τελευταίας προσομοίωσης.
- Το χρονικό βήμα που απεικονίζεται δίνεται από τρία πεδία:
 1. **Hydrologic scenario**: Το επίκαιρο υδρολογικό σενάριο.
 2. **Date**: Η επίκαιρη ημερομηνία (προσομοιωμένη ημερομηνία).
 3. **Discharge unit**: μονάδα μέτρησης οπτικοποίησης(m3/s,10.000m3/d,hm3/m)
- Τα κουμπιά πλοήγησης:
 -  **Previous hydr. scenario**: Μεταπήδηση στην αρχή του προηγούμενου υδρολογικού σεναρίου.
 -  **Previous step**: Μεταπήδηση στο προηγούμενο χρονικό βήμα (μήνας).



Go: Επανεκκίνηση της προσομοίωσης από το σημείο που έχει διακοπεί.



Hold: Κατά τη διάρκεια προσομοίωσης το κουμπί **Go** μετονομάζεται σε **Hold** και εφόσον πατηθεί διακόπτεται η προσομοίωση.



Next step: Μεταπήδηση στο επόμενο χρονικό βήμα (μήνας).



Next hydr. scenario: Μεταπήδηση στην αρχή του επόμενου υδρολογικού σεναρίου.

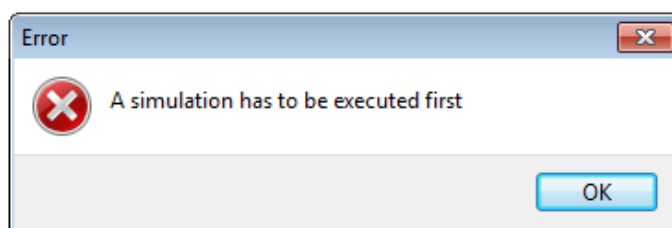
Σημείωση: Η αναδρομική οπτικοποίηση της προσομοίωσης είναι δυνατή μόνο εφόσον έχει εκτελεστεί προσομοίωση χωρίς να έχουν τροποποιηθεί τα δεδομένα του σεναρίου. Σε διαφορετική περίπτωση θα πρέπει να εκτελεστεί η προσομοίωση εκ νέου.

10 Αποτελέσματα προσομοίωσης

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών είναι διαθέσιμα ύστερα από μια ολοκληρωμένη εκτέλεση της προσομοίωσης και διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

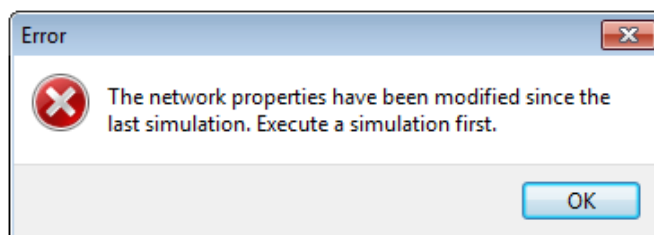
- Πρόγνωση αστοχίας των στόχων που έχουν τεθεί και η χρονική κατανομή τους.
- Υδατικά και ενεργειακά ισοζύγια: Υπολογίζεται εκτός από τον μηνιαίο μέσο όρο και η τυπική απόκλιση για την επιλεγμένη χρονική περίοδο.
- Πρόγνωση αποθέματος ταμιευτήρων: Σε περίπτωση που το σενάριο περιλαμβάνει προσομοίωση με περισσότερα υδρολογικά σενάρια, τα αποτελέσματα δίνονται στη βάση ισοπίθανων καμπυλών πρόγνωσης αποθέματος

Σημείωση: Τα αποτελέσματα των υπολογισμών αφορούν πάντοτε τον τελευταίο υπολογισμό και είναι διαθέσιμα εφόσον έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία προσομοίωσης. Σε περίπτωση πρόωρης διακοπής της διαδικασίας ο χρήστης θα πρέπει να επαναλάβει και να ολοκληρώσει την προσομοίωση πράγμα που υπενθυμίζεται από σχετικό μήνυμα:



Εικόνα 10.1: Εμφάνιση προειδοποιητικού μηνύματος.

Οποιαδήποτε αλλαγή στα δεδομένα του επίκαιρου σεναρίου, π.χ. τροποποίηση του δικτύου, των στόχων ή των επιλογών προσομοίωσης καθιστά αδύνατη την επισκόπηση αποτελεσμάτων προηγούμενης προσομοίωσης καθώς δεν αντιστοιχούν πλέον στο επίκαιρο σενάριο. Στην οθόνη εμφανίζεται σχετικό μήνυμα και η προσομοίωση θα πρέπει να εκτελεστεί εκ νέου.



Εικόνα 10.2: Εμφάνιση προειδοποιητικού μηνύματος.

1.1 Πρόγνωση αστοχίας στόχων και περιορισμών

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του Υδρονομέα είναι ο υπολογισμός όλων των υδρολογικών μεγεθών με όρους πιθανότητας. Ειδικότερα, όσον αφορά στους στόχους και περιορισμούς του υδροσυστήματος, το πρόγραμμα υπολογίζει διάφορα μέτρα αστοχίας, που απεικονίζονται συγκεντρωτικά στη φόρμα αστοχίας συστήματος, η οποία εμφανίζεται επιλέγοντας από το μενού της Κύριας Φόρμας **Results/Target results**.

Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit	Mean deficit of worst step	Mean annual profit (10 ⁶ €)
1) Μαραθώνος - No spill	0.001	0.005	1	0.002	-	-	0.000
2) Αθήνα - Water supply	0.006	0.025	16	0.283	0.971	26.262	0.000
3) Μαραθώνος - Max. volume	0.328	0.585	1652	13.293	-	-	0.000
4) Μαραθώνος - Min. volume	0.008	0.025	30	0.379	-	-	0.000
5) Ποταμός Εύηνος - Const. flow	0.359	0.595	1190	14.206	-	-	0.000
6) Εύηνος - Max. volume	0.561	0.720	1998	41.695	-	-	0.000
7) Ενωτικό Δυστάθιου - Max. flow	0.008	0.025	23	0.035	-	-	0.000
8) Κωπαΐδα - Irrigation	0.007	0.025	16	0.142	0.502	11.345	0.000

Εικόνα 10.3: Συνοπτικά αποτελέσματα στόχων.

Με τον όρο **αστοχία** νοείται η μη ικανοποίηση της ζητούμενης ποσότητας, σε κάποιο χρονικό βήμα. Κατά την διάρκεια της προσομοίωσης, το μοντέλο καταμετρά τα χρονικά βήματα στα οποία δεν επιτεύχθηκε η ζητούμενη τιμή κάθε στόχου, και υπολογίζει το αντίστοιχο έλλειμμα (στην περίπτωση στόχων κατανάλωσης και παραγωγής ενέργειας, και περιορισμών ελάχιστου αποθέματος σε ταμιευτήρα και ελάχιστης παροχής σε υδραγωγείο ή υδατόρευμα) ή υπέρβαση (στην περίπτωση περιορισμών μέγιστου αποθέματος σε ταμιευτήρα και μέγιστης παροχής σε υδραγωγείο ή υδατόρευμα).

Στη φόρμα παρατίθενται μια σειρά από μέτρα αστοχίας σε μορφή πίνακα, ως εξής:

1η στήλη (Target): Η ονομασία του στόχου/περιορισμού.

2η στήλη (Mean annual failure): Εκφράζει την μέση ετήσια πιθανότητα αστοχίας, δηλαδή το ποσοστό των χρονικών περιόδων (ετών) κατά τις οποίες δεν επιτυγχάνεται πλήρως η επιθυμητή τιμή του στόχου ως προς το σύνολο των προσομοιωμένων περιόδων, δηλαδή το συνολικό μήκος της προσομοίωσης σε έτη.

3η στήλη (Max. annual failure): Εκφράζει την μέγιστη ετήσια πιθανότητα αστοχίας, συγκρίνοντας για κάθε προσομοιωμένο έτος το αντίστοιχο ποσοστό των υδρολογικών σεναρίων στα οποία δεν επιτυγχάνεται πλήρως η επιθυμητή τιμή του στόχου. Η πιθανότητα αυτή είναι εξ ορισμού μεγαλύτερη ή ίση σε σχέση με την αντίστοιχη μέση ετήσια πιθανότητα αστοχίας. Ο δείκτης μέγιστης ετήσιας αστοχίας χρησιμεύει στην περίπτωση που εξετάζονται περισσότερα υδρολογικά σενάρια (καταληκτική προσομοίωση), διαφορετικά, στην προσομοίωση μόνιμης κατάστασης, παίρνει τιμές 0 ή 1.

4η στήλη (Failed time steps): Εκφράζει τον αριθμό άστοχων χρονικών βημάτων, δηλαδή τον αριθμό των μηνών ή ημερών που δεν επιτυγχάνεται πλήρως η επιθυμητή τιμή του στόχου.

5η στήλη (Mean annual deficit): Εκφράζει το μέσο ετήσιο έλλειμμα, δηλαδή την μέση απόκλιση από την ετήσια τιμή-στόχο καθ' όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης.

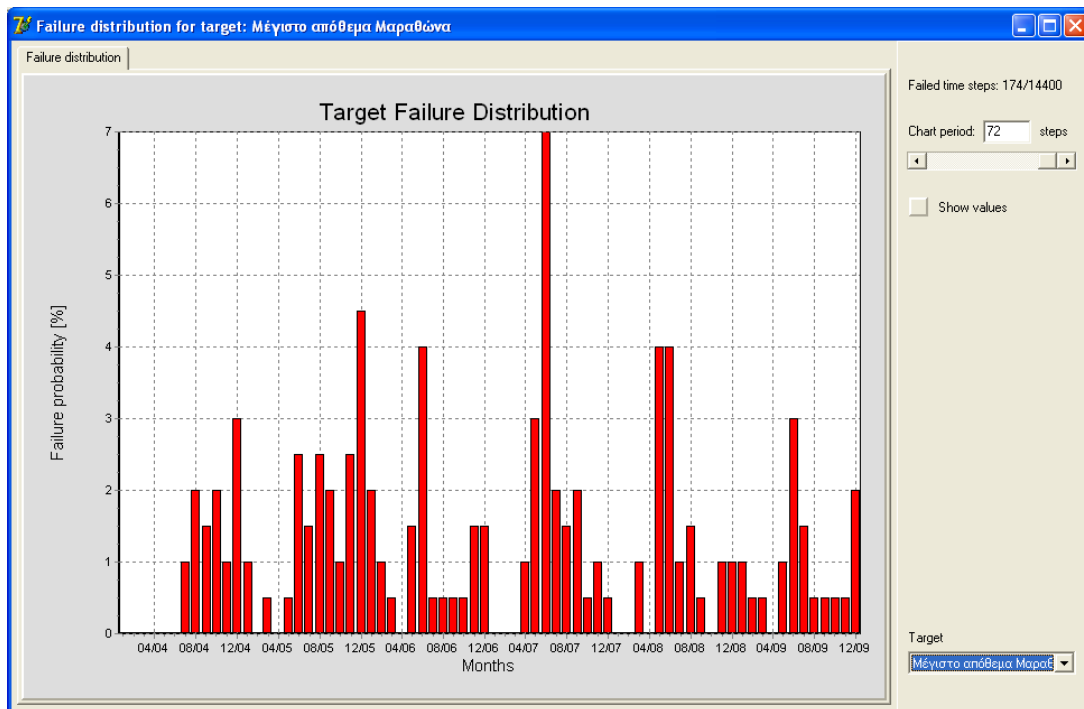
6η στήλη (Max. annual deficit): Εκφράζει το μέγιστο ετήσιο έλλειμμα, συγκρίνοντας για κάθε προσομοιωμένο έτος την μέση απόκλιση από την αντίστοιχη ετήσια τιμή-στόχο του συνόλου των υδρολογικών σεναρίων.

7η στήλη (Mean deficit of worst step): Εκφράζει το μέσο ετήσιο έλλειμμα του χρονικού βήματος με τις περισσότερες αστοχίες (αφορά στην καταληκτική προσομοίωση).

8η στήλη (Mean annual profit (10⁶€)): Εκφράζει το μέσο ετήσιο όφελος ή κόστος.

10.1 Χρονική κατανομή πιθανότητας αστοχίας

Σε αντίθεση με τη φόρμα συνολικής αστοχίας, η πρόγνωση της χρονικής κατανομής της πιθανότητας αστοχίας δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να εντοπίσει τα χρονικά πλαίσια πιθανής ανεπάρκειας του συστήματος. Η φόρμα πρόγνωσης πιθανότητας αστοχίας στόχων καλείται από το μενού της Κύριας Φόρμας του Υδρονομέα με επιλογή **Results/Failure Curves**. Η φόρμα δίνει σε μορφή γραφήματος την πρόγνωση πιθανότητας αστοχίας για κάθε μήνα της προσομοιωμένης περιόδου και κάθε στόχο που έχει θέσει ο χρήστης. Η πιθανότητα αστοχίας υπολογίζεται εμπειρικά, ως το ποσοστό των υδρολογικών σεναρίων για τα οποία δεν επιτεύχθηκε η ζητούμενη τιμή του στόχου. Στο κάτω δεξί μέρος της φόρμας ο χρήστης επιλέγει από το πτυσσόμενο μενού (**Target**) τον στόχο, ενώ με τη μπάρα κύλισης μπορεί να περιορίσει τον χρονικό ορίζοντα του γραφήματος (**Chart period**).



Εικόνα 10.4: Χρονική κατανομή πιθανοτήτων αστοχίας.

10.2 Ισοζύγια

Η φόρμα ισοζυγίων αποτελείται από τέσσερα φύλλα και αντίστοιχους πίνακες:

- Το υδατικό ισοζύγιο ταμιευτήρων (**Reservoirs**) συνοψίζει όλες τις εισόδους και εξόδους των ταμιευτήρων.
- Το υδατικό ισοζύγιο κόμβων (**Nodes**) αφορά τις εισόδους και εξόδους των κόμβων υδραγωγείων και υδατορευμάτων.
- Το υδατικό ισοζύγιο υδραγωγείων και υδατορευμάτων (**Conduits**).
- Το ενεργειακό ισοζύγιο (**Energy**) αναφέρεται στην κατανάλωση και παραγωγή ενέργειας κατά τη μεταφορά νερού από τους πόρους στα σημεία χρήσης νερού.

Η φόρμα ισοζυγίων μπορεί να εμφανιστεί στην οθόνη ύστερα από μια ολοκληρωμένη προσομοίωση, επιλέγοντας από το μενού της Κύριας Φόρμας **Results/Balance**. Τα ισοζύγια αφορούν τους μέσους όρους χρονικών βημάτων (μηνών) κατά την προσομοίωση με τον πλέον πρόσφατο κανόνα λειτουργίας.

Σε όλα τα αποτελέσματα ισοζυγίων, στη δεξιά περιοχή της φόρμας εμφανίζονται τα εργαλεία ελέγχου αποτελεσμάτων ισοζυγίων:

From Date
January 2007

To Date
December 2011

Calculate

Results for the period
1/2007 to 12/2011 (60
months), based on the last
simulation. Last simulation
period: 01/01/2007 -
31/12/2011.

All values represent the
monthly mean and standard
deviation value (in
brackets).

All values except for the
level are expressed in hm³.
The level is expressed in m.

Display st.dev. values

Energy Balance CSV

Εικόνα 10.5: Ενημερωτική λεζάντα φόρμας ισοζυγίων.

Με τις δύο πρώτες επιλογές (**From Date**, **To Date**) ο χρήστης μπορεί να ορίσει τα χρονικά πλαίσια στα οποία αναφέρονται τα αποτελέσματα των ισοζυγίων. Για να υπολογιστεί/επικαιροποιηθεί το ισοζύγιο ο χρήστης πρέπει να πατήσει το κουμπί **Calculate**. Στο βαθμό που κατά την προσομοίωση χρησιμοποιήθηκαν πολλαπλά υδρολογικά σενάρια με συνθετικές χρονοσειρές μεγάλου μήκους, ο υπολογισμός των νέων τιμών ισοζυγίου μπορεί να καθυστερήσει λίγα δευτερόλεπτα.

Στο πεδίο **Information** αναγράφονται χρήσιμες πληροφορίες που αφορούν τα δεδομένα ισοζυγίων, όπως είναι τα χρονικά πλαίσια των αποτελεσμάτων που εμφανίζονται στον πίνακα ισοζυγίων και οι μονάδες μέτρησης για τα εκάστοτε μεγέθη.

Με το κουμπί **Energy Balnce CSV** εξάγεται στο φάκελο out, ένα αρχείο(.csv) όπου εμπεριέχει τις καθολικές ενεργειακές χρονοσειρές, την συνολική ενέργεια που παράγεται σε κάθε βήμα αλλά και τον όγκο νερού για κάθε ταμιευτήρα του συστήματος.

Τέλος κάνοντας διπλό κλικ με το ποντίκι επάνω σε κάποια τιμή αποτελέσματος ισοζυγίου, εμφανίζεται η φόρμα χρονοσειράς από την οποία προέκυψε η τιμή. Από τη φόρμα αυτή είναι δυνατή η περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων της χρονοσειράς (βλ. **φόρμα διαχείρισης δεδομένων χρονοσειράς**).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	EYDAP_demo2								
2	Account for internal energy demand = False								
3	Simulation Day	External Energy Demand	External Energy Supply	Est. Internal Energy Dem	Energy Production	Υλίκη	Μόρνος	Εύηνος	Μαραθώνας
4	01/01/2007	0	0	0	6.82	193.49	316.23	105.52	30
5	01/02/2007	0	0	0	10.15	226.9	355.23	110	30.4
6	01/03/2007	0	0	0	10.62	264.98	387.32	110	30.4
7	01/04/2007	0	0	0	14.17	286.35	423.52	110	33.4
8	01/05/2007	0	0	0	15.62	280.96	425.77	110	34.5
9	01/06/2007	0	0	0	16.27	269.62	406.44	110	32.2
10	01/07/2007	0	0	0	16.75	243.79	379.02	110	30
11	01/08/2007	0	0	0	14.68	221.11	347.35	110	26.8
12	01/09/2007	0	0	0	9.77	206.42	326.29	110	25.4
13	01/10/2007	0	0	0	7.88	198.42	323.96	110	26.6
14	01/11/2007	0	0	0	13.57	219.61	342.13	110	27.7
15	01/12/2007	0	0	0	13.36	244.95	384.84	110	28.8
16	01/01/2008	0	0	0	14.3	267.71	392.74	110	30
17	01/02/2008	0	0	0	5.2	296.29	403.06	110	30.4
18	01/03/2008	0	0	0	13.94	357.61	420.66	110	33.5
19	01/04/2008	0	0	0	13.67	378.95	434.04	110	35
20	01/05/2008	0	0	0	15.19	388.72	424.67	110	35
21	01/06/2008	0	0	0	16.27	370.6	398.01	110	32.69
22	01/07/2008	0	0	0	8.53	322.04	385.71	110	30

Εικόνα 10.6: Λογιστικό φύλλο με τις χρονοσειρές των ενεργειακών μεγεθών.

10.2.1 Ισοζύγιο ταμιευτήρων

Στο 1ο φύλλο της φόρμας ισοζυγίων αναλύεται το υδατικό ισοζύγιο κάθε ταμιευτήρα. Όλες οι τιμές πλην της στάθμης αναφέρονται σε εκ. κυβικά μέτρα και αφορούν μέσες μηνιαίες τιμές ενώ σε παρένθεση δίνονται οι τυπικές αποκλίσεις. Συγκεκριμένα, ο πίνακας περιλαμβάνει στην πρώτη σειρά τους ταμιευτήρες του υδροσυστήματος, ενώ στις επόμενες σειρές αναγράφονται τα ακόλουθα στοιχεία:

Είσοδοι

- **Subcatchment runoff:** Εισροή στον ταμιευτήρα από την λεκάνη απορροής του.
- **Rainfall:** Επιφανειακή βροχόπτωση στην επιφάνεια του ταμιευτήρα.
- **Aqueduct inflow:** Συνολικές εισροές από τα ανάντη υδραγωγεία.
- **River inflow:** Συνολικές εισροές από τα ανάντη υδατορεύματα.
- **Aquifer inflow:** Συνολικές εισροές από γεωτρήσεις.
- **External inflow:** Συνολικές εισροές από άλλες εξωτερικές πηγές.
- **Returned water:** Συνολική επιστροφή νερού στο υδροσύστημα μέσω του ταμιευτήρα ύστερα από χρήση για την εξυπηρέτηση στόχων κατανάλωσης νερού.

Έξοδοι

- **Leakage:** Υπόγειες διαφυγές.
- **Evaporation:** Επιφανειακή εξάτμιση.
- **Aqueduct outflow:** Συνολικές εκροές σε κατάντη υδραγωγεία.
- **River outflow:** Συνολικές εκροές σε κατάντη υδατορεύματα.
- **Water supply:** Συνολική κατανάλωση νερού για ύδρευση.
- **Irrigation:** Συνολική κατανάλωση νερού για άρδευση.
- **Spill:** Υπερχειλίσσεις από τον ταμιευτήρα.
- **System loss:** Απώλειες από το σύστημα.
- **Storage usage:** Το ισοζύγιο κλείνει η (θετική ή αρνητική) διαφορά όγκου μεταξύ έναρξης και λήξης της προσομοίωσης.

Στο κάτω μέρος του πίνακα ισοζυγίων δίνεται το μέσο απόθεμα και η μέση στάθμη των ταμιευτήρων (σε μέτρα) κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.

Balance sheets					
Reservoirs	Nodes	Conduits	Energy		
	Υλική	Μόρνος	Εύηνος	Μαροθώνας	TOTAL
Subcatchment runoff	25.439 (27.848)	19.623 (18.280)	23.197 (23.343)	1.117 (1.511)	69.375
Rainfall	1.075 (1.062)	1.182 (1.146)	0.322 (0.288)	0.104 (0.108)	2.683
Aqueduct inflow		17.056 (19.713)		9.678 (3.217)	26.734
River inflow					0.000
Aquifer inflow					0.000
External inflow					0.000
Returned water					0.000
Leakage	14.023 (6.138)				14.023
Evaporation					0.000
Aqueduct outflow	5.888 (7.616)	31.329 (7.982)	17.056 (19.713)	10.902 (3.669)	65.776
River outflow			5.692 (11.532)		5.692
Water supply					0.000
Irrigation					0.000
Spill	2.528 (12.234)	0.657 (4.193)		0.000 (0.015)	3.184
System loss					0.000
Storage usage	4.075 (26.900)	5.275 (37.172)	0.771 (8.547)	-0.004 (2.797)	10.117
Verification	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mean level [m]	70.263 (8.075)	420.385 (12.039)	497.382 (4.239)	219.516 (2.080)	
Mean storage [hm3]	369.433 (150.949)	534.436 (172.672)	112.434 (11.796)	32.611 (4.433)	

Εικόνα 10.7: Ισοζύγιο ταμιευτήρων.

10.2.2 Ισοζύγιο κόμβων

Στο 2ο φύλλο αναλύεται το υδατικό ισοζύγιο των κόμβων του δικτύου που διακρίνονται σε δύο είδη: α) κόμβοι υδατορευμάτων και β) κόμβοι υδραγωγείων. Όλες οι τιμές αναφέρονται σε εκ. κυβικά μέτρα και αφορούν μέσες μηνιαίες τιμές ενώ σε παρένθεση δίνονται οι τυπικές αποκλίσεις. Συγκεκριμένα, ο πίνακας περιλαμβάνει στην πρώτη στήλη τους κόμβους του μοντέλου του υδροσυστήματος. Στις επόμενες στήλες αναγράφονται οι εισοδοί και έξοδοι στους κόμβους ως εξής:

Είσοδοι:

- **Aqueduct inflow:** Συνολικές εισροές από τα ανάντη υδραγωγεία.
- **River inflow:** Συνολικές εισροές από τα ανάντη υδατορεύματα.
- **Aquifer inflow:** Συνολικές εισροές από γεωτρήσεις.
- **External inflow:** Συνολικές εισροές από άλλες εξωτερικές πηγές.
- **Returned water:** Συνολική επιστροφή νερού στο υδροσύστημα μέσω του ταμιευτήρα ύστερα από χρήση για την εξυπηρέτηση στόχων κατανάλωσης νερού.

Έξοδοι:

- **Aqueduct outflow:** Συνολικές εκροές σε κατάντη υδραγωγεία.
- **River outflow:** Συνολικές εκροές σε κατάντη υδατορεύματα.
- **Water supply:** Συνολική κατανάλωση νερού για ύδρευση.
- **Irrigation:** Συνολική κατανάλωση νερού για άρδευση.
- **System loss:** Απώλειες από το σύστημα.

Reservoirs	Nodes	Conduits	Energy								
	Aqueduct inflow	River inflow	Aquifer inflow	External inflow	Returned water	Aqueduct outflow	River outflow	Water supply	Irrigation	System loss	Verification
Κλειδί	10.663 (4.261)		0.002 (0.050)			10.665 (4.256)					0.000
Μεριατής Κιθαριόνα	31.573 (6.537)					31.573 (6.537)					0.000
Αθήνα	34.310 (3.922)							34.310 (3.922)			0.000
Δίστομο	31.947 (7.951)					31.947 (7.951)					0.000
ΕΚΕ Γκιώνας	31.929 (7.982)					31.929 (7.982)					0.000
Κωπαΐδα	2.913 (5.028)								2.913 (5.028)		0.000
Βασιλικά-Παρόρι			0.018 (0.237)			0.018 (0.237)					0.000
Πάρος Ρηγανίου		5.692 (11.53)								5.692 (11.53)	0.000
TOTAL	143.335	5.692	0.020	0.000	0.000	106.133	0.000	34.310	2.913	5.692	0.000

Εικόνα 10.8: Ισοζύγιο κόμβων.

10.2.3 Ισοζύγιο υδραγωγείων και υδατορευμάτων

Στο 3ο φύλλο αναλύεται το υδατικό ισοζύγιο των υδατορευμάτων και υδραγωγείων, συμπεριλαμβανομένων και των αγωγών μεταφοράς νερού με άντληση (αντλιοστάσια) ή με παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας (στρόβιλοι). Όλες οι τιμές αναφέρονται σε hm³ και αφορούν σε μέσες μηνιαίες τιμές, ενώ σε παρένθεση δίνονται οι τυπικές αποκλίσεις.

Στην πρώτη στήλη του πίνακα αναγράφονται οι αγωγοί του μοντέλου του υδροσυστήματος, ενώ στις επόμενες στήλες δίνονται τα εξής στοιχεία:

- **Inflow:** Συνολικές εισροές από τα ανάντη στο υδραγωγείο ή υδατόρευμα.
- **Outflow:** Συνολικές εκροές προς τα κατόντη του υδραγωγείου ή υδατορεύματος.
- **Leakage/Infiltration:** Διαρροές (του υδραγωγείου) ή διηθήσεις (του υδατορεύματος).
- **Discharge capacity:** Η τελική στήλη δίνει στην περίπτωση των υδραγωγείων τη μέση μηνιαία παροχρητευτικότητα σε hm^3 .

Balance sheets					
Reservoirs	Nodes	Conduits	Energy		
	Inflow	Outflow	Leakage/Infiltration		Discharge capacity
Ποταμός Εύηνος	5.692 (11.532)	5.692 (11.532)			Unlimited
Σήραγγα Γκιώνας	31.929 (7.982)	31.929 (7.982)			47.330
Υδραγ. Υψίκης	2.975 (6.209)	2.975 (6.209)			19.721
Ανάστροφο	0.584 (1.717)	0.584 (1.717)			6.048
Υδραγ. Κακοσάλασι	10.081 (3.351)	9.678 (3.217)	0.403 (0.134)		13.673
Σήραγγα Ευήνου-Μόρνου	17.056 (19.713)	17.056 (19.713)			68.167
Σήραγγα Κιθαιρών	23.885 (4.235)	23.408 (4.150)	0.478 (0.085)		27.609
Σήραγγα Μπογιατίου	10.902 (3.669)	10.902 (3.669)			17.091
Διώρυγα Θηβών	31.947 (7.951)	30.989 (7.713)	0.958 (0.239)		47.330
Υδρ. Δελφών	31.929 (7.982)	31.929 (7.982)			47.330
Αρδευτικό	2.913 (5.028)	2.913 (5.028)			26.294
Ενωτικό υδραγωγείο	7.688 (4.646)	7.688 (4.646)			11.044
Ενωτικό Διστόμου	0.018 (0.237)	0.018 (0.237)			26.294
TOTAL	177.600	175.761	1.839	0.000	

Εικόνα 10.9: Ισοζύγιο υδραγωγείων.

10.2.4 Ενεργειακό ισοζύγιο

Στο 4ο και τελευταίο φύλλο της φόρμας αναλύεται η παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας κατά την λειτουργία του υδροσυστήματος, στους στροβίλους (**Turbines**), στα αντλιοστάσια (**Pumps**) και στις γεωτρήσεις/ομάδες γεωτρήσεων (**Borehole groups**). Οι δύο τελευταίες κατηγορίες αποτελούν καταναλωτές ενέργειας, ενώ η πρώτη κατηγορία αναφέρεται στην παραγωγή της. Όλες οι τιμές αφορούν μέσες μηνιαίες τιμές ενώ σε παρένθεση δίνονται οι τυπικές αποκλίσεις. Στην πρώτη στήλη του πίνακα αναγράφονται οι ενεργειακές μονάδες του υδροσυστήματος και στις επόμενες στήλες δίνονται τα εξής στοιχεία:

- **Specific energy:** Ειδική ενέργεια με μονάδα μέτρησης kWh/m³ για τις γεωτρήσεις και GWh/hm⁴ για τους στροβίλους και τα αντλιοστάσια.
- **Discharge:** Παροχή νερού από τη μονάδα σε εκ. κυβικά μέτρα.
- **Energy consumption:** Κατανάλωση ενέργειας σε GWh.
- **Energy production:** Παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας σε GWh.
- **Total cost:** Κόστος κατανάλωσης ενέργειας
- **Total Profit:** Όφελος παραγωγής ενέργειας
- **Activation perc.:** Ποσοστό χρονικών βημάτων που χρησιμοποιείται η συνιστώσα.

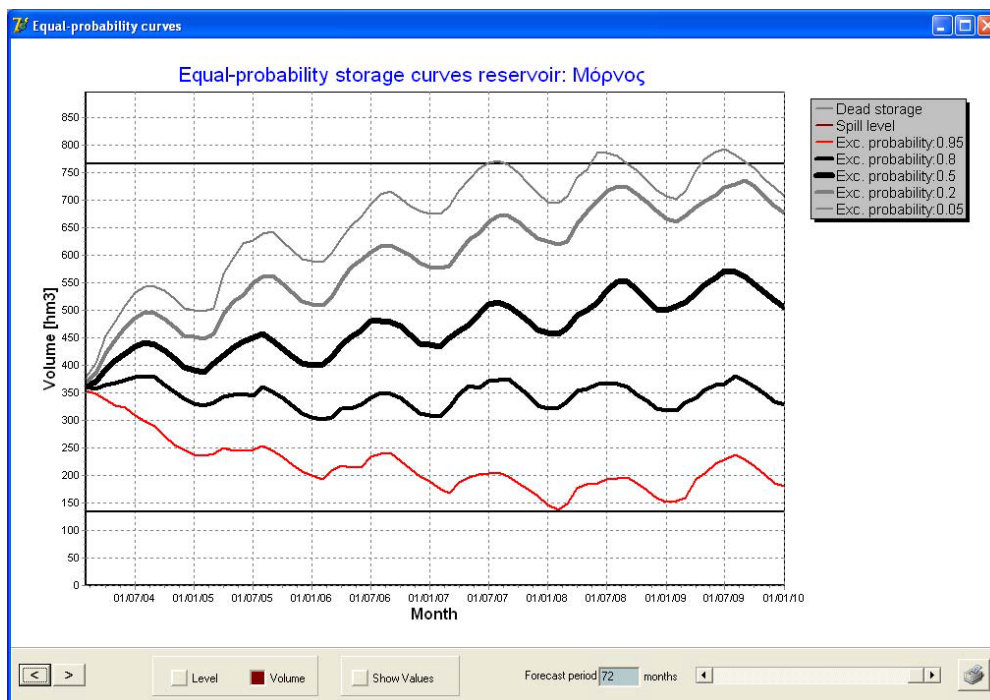
Μερικά και ολικά σύνολα (**Sub total, Total**) δίνονται τόσο για την παραγωγή όσο και για την κατανάλωση ενέργειας.

Balance sheets							
Reservoirs	Nodes	Conduits	Energy				
	Specific energy	Discharge	Energy consumption	Energy production	Total cost	Total profit	Activation perc.
TURBINES							
Σήραγγα Γκιώνας	0.100	31.929 (7.982)		13.450 (3.483)		279.176	1.000
SUB TOTAL		31.929		13.450	0.000	279.176	
PUMPING STATIONS							
Υδραγ. Υΐλης	0.300	2.975 (6.209)	0.081 (0.192)				0.417
Ανάστροφο	0.300	0.584 (1.717)	0.018 (0.052)				0.200
SUB TOTAL		3.560	0.099		0.000		
BOREHOLE GROUPS							
Γεωτρήσεις Μαυροσ	1.530	0.002 (0.050)	0.004 (0.076)				
Γεωτρήσεις Μέσου F	0.230	0.018 (0.237)	0.004 (0.055)				
SUB TOTAL		0.020	0.008		0.000		
TOTAL		35.509	0.107	13.450	0.000	279.176	

Εικόνα 10.10: Ισοζύγιο ενεργειακών έργων.

10.3 Πρόγνωση αποθέματος και στάθμης ταμιευτήρων

Εφόσον έχει γίνει καταληκτική προσομοίωση, επιλέγοντας από το μενού της Κύριας Φόρμας του Υδρονομέα **Results/Storage Prediction** εμφανίζεται η φόρμα ισοπίθανων καμπυλών αποθέματος ταμιευτήρων, η οποία δίνει την προβλεπόμενη στάθμη και το απόθεμα των ταμιευτήρων του υδροσυστήματος στη διάσταση του χρόνου, σε σχέση με μια πιθανότητα υπέρβασης (της στάθμης ή του αποθέματος). Συγκεκριμένα παρουσιάζονται πέντε ισοπίθανες καμπύλες στάθμης ή αποθέματος που αντιστοιχούν στις πιθανότητες υπέρβασης 5%, 20%, 50%, 80% και 95%.



Εικόνα 10.11: Πρόγνωση αποθεμάτων ταμιευτήρων.

Σημείωση: Για τον υπολογισμό των ισοπίθανων καμπυλών αναλύονται τα αποτελέσματα από όλα τα υδρολογικά σενάρια που προσομοιώθηκαν. Σε περίπτωση που έχει προσομοιωθεί μόνο ένα υδρολογικό σενάριο, δεν υπάρχει διαφοροποίηση στις καμπύλες οι οποίες και συμπίπτουν. Ο αριθμός των υδρολογικών σεναρίων καθορίζεται στη Φόρμα Επιλογών.

Στο κάτω μέρος της φόρμας ο χρήστης μπορεί με τους διακόπτες **Level** (Στάθμη), **Volume** (Όγκος) να εμφανίσει τις αντίστοιχες ισοπίθανες καμπύλες. Πατώντας τα κουμπιά < και > μπορεί να προχωρήσει στον προηγούμενο και επόμενο ταμιευτήρα. Στο κάτω δεξιό μέρος της φόρμας ο χρήστης μπορεί με τη μπάρα κύλισης να περιορίσει το χρονικό ορίζοντα (**Forecast period**) του γραφήματος, ενώ με τον διακόπτη **Show values** μπορούν να εμφανιστούν στο γράφημα οι τιμές στάθμης (σε m) ή αποθέματος (σε hm³). Με πάτημα του κουμπιού εκτύπωσης είναι δυνατή η εκτύπωση της φόρμας στον προεπιλεγμένο εκτυπωτή.

11 Βελτιστοποίηση

11.1 Γενικά

Η βελτιστοποίηση είναι μια συστηματική διαδικασία αναζήτησης της βέλτιστης (μέγιστης ή ελάχιστης, ανάλογα με τη διατύπωση του προβλήματος) τιμής μιας αντικειμενικής (στοχικής) συνάρτησης ως προς τις μεταβλητές ελέγχου της. Στον ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ, ως στοχική συνάρτηση νοείται ένας αριθμητικός δείκτης επίδοσης του υδροσυστήματος, η τιμή του οποίου αποτιμάται μέσω της διαδικασίας προσομοίωσης. Το πρόγραμμα παρέχει πληθώρα επιλογών ως προς τη διατύπωση του δείκτη επίδοσης, ενώ επιτρέπει την ενσωμάτωση πολλαπλών κριτηρίων στον εν λόγω δείκτη.

Από την άλλη πλευρά, οι μεταβλητές ελέγχου αναφέρονται σε διάφορες παραμέτρους του συστήματος, οι οποίες δεν έχουν σταθερή τιμή αλλά προσδιορίζονται μέσω της βελτιστοποίησης. Τέτοιες είναι, για παράδειγμα, οι παράμετροι λειτουργίας των ταμιευτήρων, σύμφωνα με τις οποίες καθορίζεται η γενική στρατηγική διαχείρισης των αποθεμάτων τους. Ακόμη και οι τιμές κάποιων στόχων μπορούν να θεωρηθούν μεταβλητές προς βελτιστοποίηση. Χαρακτηριστικά αναφέρονται οι ετήσιες απολήψεις σε κόμβους και οι τιμές παραγωγής πρωτεύουσας ενέργειας σε στροβίλους.

Η διαδικασία βελτιστοποίησης προϋποθέτει την πραγματοποίηση ενός ικανού αριθμού προσομοιώσεων, για την αποτίμηση του δείκτη επίδοσης ως προς διαφορετικές τιμές των παραμέτρων. Κάθε φορά που δοκιμάζεται μια νέα λύση, δίνονται οι επίκαιρες τιμές των παραμέτρων στον αλγόριθμο προσομοίωσης και υπολογίζεται η αντίστοιχη τιμή του δείκτη επίδοσης.

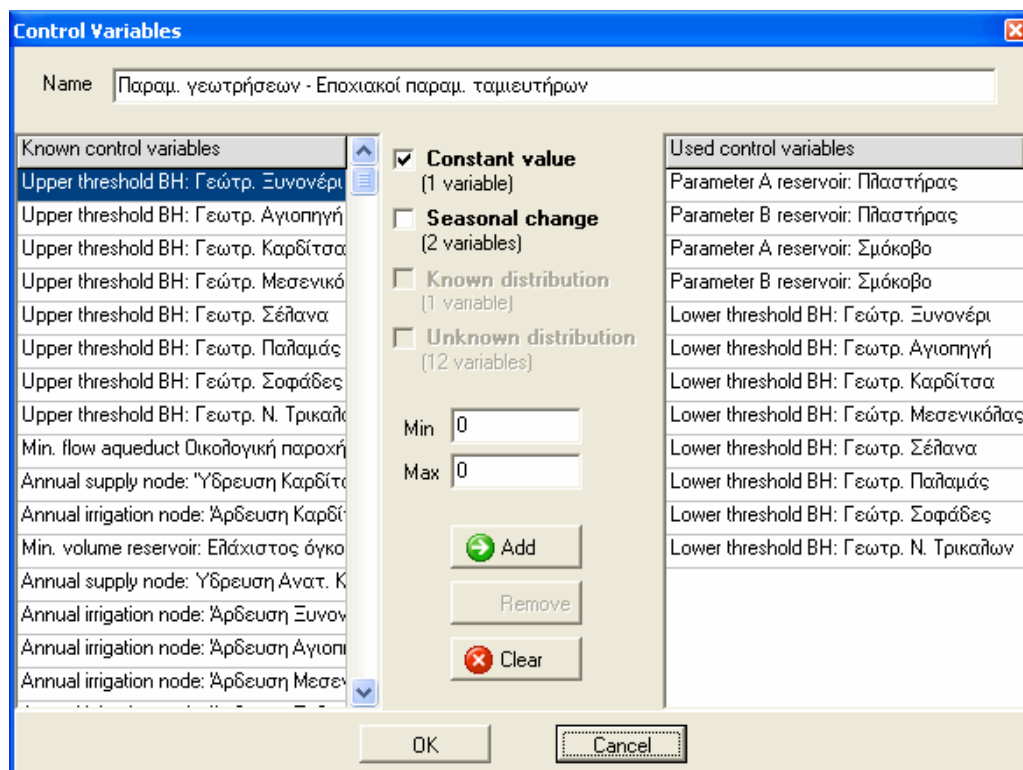
Ο αλγόριθμος βελτιστοποίησης ανήκει στις στοχαστικές εξελικτικές μεθόδους, που εξετάζουν πολλαπλές λύσεις παράλληλα και σταδιακά συγκλίνουν προς τη βέλτιστη. Οι λύσεις αυτές θεωρείται ότι διαμορφώνουν έναν πληθυσμό, που σε αντιστοιχία με τη φυσική διεργασία της εξέλιξης, οδηγείται σε στατιστικά ισχυρότερες γενιές, με βελτιωμένα χαρακτηριστικά. Στα αρχικά στάδια αναζήτησης, η πορεία του αλγορίθμου είναι σχεδόν τυχαία (άλλοτε εντοπίζει καλύτερες και άλλοτε χειρότερες λύσεις), προοδευτικά όμως η πορεία του αλγορίθμου σταθεροποιείται προς την κατεύθυνση βελτίωσης της τιμής του δείκτη επίδοσης, ώσπου να συγκλίνει σε μια τελική τιμή. Κατά διαστήματα, ελέγχονται λύσεις μακριά από την τρέχουσα βέλτιστη, ώστε να δοθεί η ευκαιρία διαφυγής από τοπικά ακρότατα. Ο χρήστης μπορεί να παρακολουθήσει τη διαδικασία αναζήτησης μέσω της σχετικής φόρμας.

11.2 Μεταβλητές ελέγχου

Ο ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ παραθέτει σε μια ειδικά διαμορφωμένη φόρμα το σύνολο των πιθανών μεταβλητών ελέγχου, υποσύνολο του οποίου ο χρήστης επιλέγει ορίζοντας μια **ομάδα μεταβλητών ελέγχου**, τα χαρακτηριστικά των οποίων δίνονται στον Πίνακα 11.1.

Πίνακας 11.1: Μεταβλητές ελέγχου βελτιστοποίησης.

Τύπος μεταβλητής	Αριθμός μεταβλητών	Παρατηρήσεις
Παράμετρος ταμιευτήρα a	1 ή 2	Αναφέρεται σε κανόνες λειτουργίας ταμιευτήρων
Παράμετρος ταμιευτήρα b	1 ή 2	Αναφέρεται σε κανόνες λειτουργίας ταμιευτήρων
Άνω όριο γεωτρήσεων	1 ή 2	Αναφέρεται σε κανόνες λειτουργίας γεωτρήσεων
Κάτω όριο γεωτρήσεων	1 ή 2	Αναφέρεται σε κανόνες λειτουργίας γεωτρήσεων
Στόχος παραγωγής ενέργειας	1	Αναφέρεται σε κανόνες λειτουργίας στροβίλων
Ελάχιστο επιθυμητό απόθεμα ταμιευτήρα	1 ή 2	Ανάγεται σε στόχο ελάχιστου αποθέματος ταμιευτήρα
Μέγιστο επιθυμητό απόθεμα ταμιευτήρα	1 ή 2	Ανάγεται σε στόχο μέγιστου αποθέματος ταμιευτήρα
Απόληψη νερού από κόμβο ή ταμιευτήρα για κατανάλωση	1 ή 12	Ανάγεται σε στόχο κατανάλωσης νερού για ύδρευση ή άρδευση
Ελάχιστη επιθυμητή παροχή κλάδου	1 ή 12	Ανάγεται σε στόχο ελάχιστης παροχής υδραγωγείου ή υδατορεύματος
Μέγιστη επιθυμητή παροχή κλάδου	1 ή 12	Ανάγεται σε στόχο μέγιστης παροχής υδραγωγείου ή υδατορεύματος



Εικόνα 11.1: Φόρμα επιλογής μεταβλητών ελέγχου.

Η φόρμα μεταβλητών ελέγχου εμφανίζεται με έναν από τους ακόλουθους τρόπους:

- Με επιλογή από το μενού της Κύρια Φόρμας **Properties/Control variables**. Κατόπιν, στη φόρμα που εμφανίζεται, για τη δημιουργία νέας ομάδας μεταβλητών ελέγχου επιλέγεται το σχετικό εικονίδιο. Στην περίπτωση τροποποίησης των δεδομένων υφιστάμενης ομάδας μεταβλητών ελέγχου επιλέγεται με διπλό κλικ η συγκεκριμένη σειρά ή επιλέγεται η σειρά και στη συνέχεια το εικονίδιο τροποποίησης.
- Με την εκτέλεση της βελτιστοποίησης εμφανίζεται η φόρμα βελτιστοποίησης, απ' όπου για τη δημιουργία ομάδας μεταβλητών ελέγχου επιλέγεται το σχετικό εικονίδιο. Στην περίπτωση τροποποίησης των δεδομένων υφιστάμενης ομάδας μεταβλητών ελέγχου επιλέγεται στον άνω πίνακα με διπλό κλικ η συγκεκριμένη σειρά ή επιλέγεται η σειρά και στη συνέχεια το εικονίδιο τροποποίησης.

Στο πεδίο **Name** αναγράφεται η ονομασία της συγκεκριμένης επιλογής. Στον αριστερό πίνακα της φόρμας παρατίθενται όλες οι πιθανές παράμετροι (**Known control variables**). Στον δεξιό πίνακα αναγράφονται οι παράμετροι που έχουν επιλεγεί (**Used control variables**).

Μια παράμετρος προστίθεται σε αυτές που έχουν επιλεγεί με τον ακόλουθο τρόπο:

- Επιλογή μιας σειράς από τον αριστερό πίνακα (**Known control variables**)
- Επιλογή του αριθμού μεταβλητών ελέγχου για το συγκεκριμένο τύπο.
- Εισαγωγή επιθυμητού εύρους διακύμανσης της μεταβλητής στα πεδία **Min** (ελάχιστη τιμή) και **Max** (μέγιστη τιμή).
- Πάτημα του κουμπιού **Add**. Η σειρά διαγράφεται από τον πίνακα γνωστών μεταβλητών και προστίθεται στον πίνακα των επιλεγμένων μεταβλητών.

Μια παράμετρος αφαιρείται από τον κατάλογο των επιλεγμένων παραμέτρων με τον ακόλουθο τρόπο:

- Επιλογή μιας σειράς από τον δεξιό πίνακα (**Used control variables**).
- Πάτημα του κουμπιού **Remove**. Η σειρά διαγράφεται από τον πίνακα επιλεγμένων παραμέτρων και προστίθεται πάλι στον πίνακα των γνωστών παραμέτρων.

Με πάτημα του κουμπιού **Clear** αφαιρείται το σύνολο των παραμέτρων από τον κατάλογο των επιλεγμένων παραμέτρων.

Ανάλογα με τον τύπο της παραμέτρου οι επιλογές του αριθμού των μεταβλητών ελέγχου μπορεί να είναι οι ακόλουθες:

- Σταθερή τιμή της παραμέτρου (**Constant value**): Εισάγεται μια μεταβλητή ελέγχου. Η τιμή της μεταβλητής παραμένει σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης.
- Εποχιακή μεταβολή της τιμής της παραμέτρου (**Seasonal change**): Εισάγονται δύο μεταβλητές ελέγχου, μία για την ξηρή και μια για την υγρή περίοδο.
- Γνωστή διακύμανση της τιμής της παραμέτρου (**Known distribution**): Αφορά λειτουργικούς στόχους. Εισάγεται μια μεταβλητή ελέγχου. Διατηρείται η μηνιαία διακύμανση της τιμής του στόχου που έχει οριστεί στο έτος και τροποποιούνται οι μηνιαίες τιμές αναλογικά.
- Άγνωστη διακύμανση της τιμής της παραμέτρου (**Unknown distribution**): Αφορά λειτουργικούς στόχους. Εισάγονται δώδεκα μεταβλητές ελέγχου που αντιστοιχούν σε τιμές στόχου για τους δώδεκα μήνες του έτους.

Με τον παραπάνω τρόπο μπορούν να οριστούν περισσότερες ομάδες μεταβλητών ελέγχου. Πριν από την έναρξη της βελτιστοποίησης ο χρήστης επιλέγει την ομάδα μεταβλητών ελέγχου με την οποία επιθυμεί να πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη βελτιστοποίηση. Οι

γνωστές ομάδες μεταβλητών ελέγχου εμφανίζονται τόσο στη φόρμα βελτιστοποίησης όσο και στον πίνακα μεταβλητών ελέγχου. Μαζί με το σενάριο του ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ αποθηκεύονται και όλες οι ομάδες μεταβλητών ελέγχου που έχουν οριστεί.

Σημειώσεις:

- Μαζί με τη διαγραφή μιας συνιστώσας δικτύου, διαγράφονται και όλες οι μεταβλητές ελέγχου που αναφέρονται σε αυτήν.
- Για να χρησιμοποιηθούν μεταβλητές ελέγχου που αναφέρονται σε στόχους, αυτοί θα πρέπει να έχουν προηγουμένως οριστεί στο δίκτυο.

11.3 Στοχική συνάρτηση

Οι συντελεστές της στοχικής συνάρτησης ορίζονται από το χρήστη, ο οποίος επιλέγει τόσο τις προς βελτιστοποίηση μεταβλητές (κριτήρια), από ένα σύνολο διαθέσιμων μεταβλητών, όσο και τους συντελεστές βαρύτητας. Η στοχική συνάρτηση είναι της μορφής:

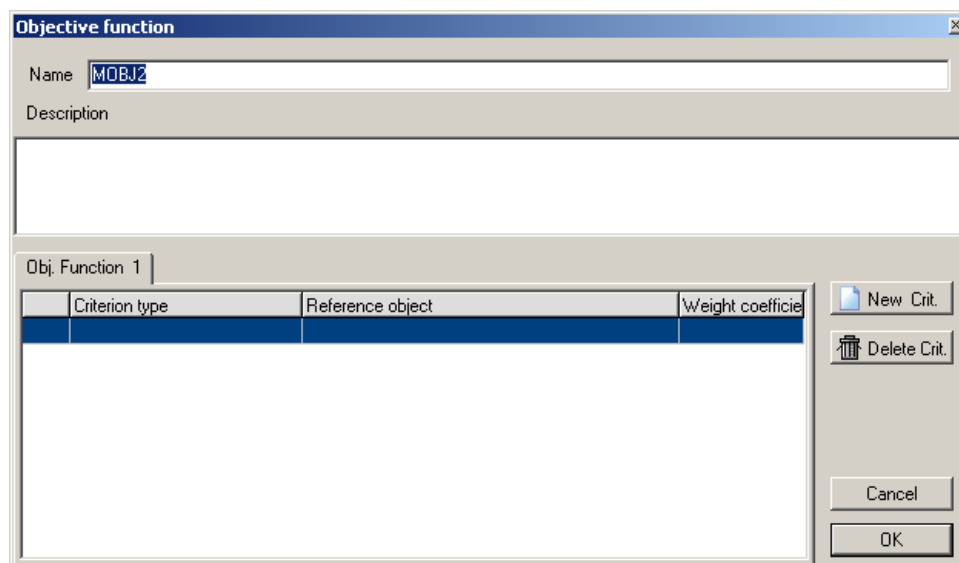
$$Y = \min \left(\sum c_i * x_i \right)$$

όπου c_i είναι οι **συντελεστές βαρύτητας**, x_i η τιμή των κριτηρίων που απαρτίζουν την συνάρτηση και Y ο **δείκτης επίδοσης**. Η τιμές των κριτηρίων για τα οποία επιδιώκεται η μεγιστοποίηση, π.χ. ασφαλής απόληψη, μπαίνουν με αρνητικό πρόσημο στη συνάρτηση.

Τα κριτήρια από τα οποία ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τις προς βελτιστοποίηση μεταβλητές είναι τα ακόλουθα:

- Συνολική κατανάλωση ενέργειας
- Συνολικές απώλειες από το σύστημα.
- Ετήσιες απολήψεις από συγκεκριμένες συνιστώσες του δικτύου.
- Μέση και μέγιστη αστοχία επιλεγμένων στόχων
- Μέσο και μέγιστο έλλειμμα ποσοτικών στόχων

Με κάθε σενάριο μπορεί να αποθηκευτεί μια σειρά στοχικών συναρτήσεων τις οποίες θα έχει προηγουμένως ορίσει ο χρήστης. Οι γνωστές συναρτήσεις εμφανίζονται τόσο στη φόρμα βελτιστοποίησης όσο και στον σχετικό πίνακα. Πριν την έναρξη της βελτιστοποίησης ο χρήστης διαμορφώνει την προς βελτιστοποίηση συνάρτηση.

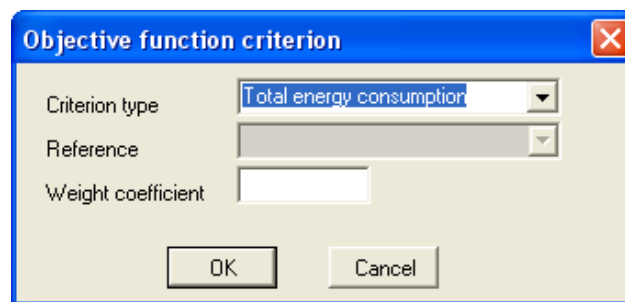


Εικόνα 11.2: Φόρμα διαμόρφωσης στοχικής συνάρτησης.

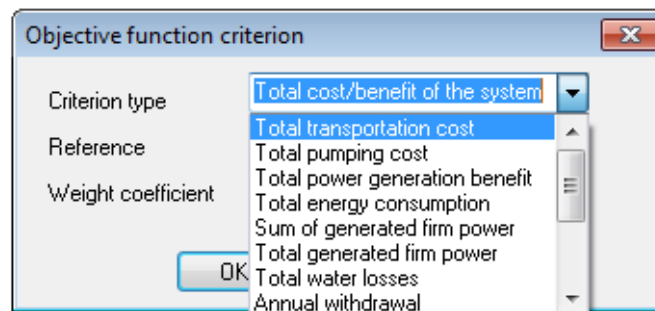
Η στοχική συνάρτηση ορίζεται ή τροποποιείται από τη σχετική φόρμα, η οποία εμφανίζεται με έναν από τους ακόλουθους τρόπους:

- Με επιλογή από το μενού της Κύρια Φόρμας **Properties/Objective function**. Κατόπιν, στη φόρμα που εμφανίζεται, για τη δημιουργία νέας αντικειμενικής συνάρτησης επιλέγεται το σχετικό εικονίδιο. Στην περίπτωση τροποποίησης των δεδομένων υφιστάμενης συνάρτησης, επιλέγεται με διπλό κλικ η συγκεκριμένη σειρά ή επιλέγεται η σειρά και στη συνέχεια το εικονίδιο τροποποίησης.
- Με την εκτέλεση της βελτιστοποίησης εμφανίζεται η φόρμα βελτιστοποίησης, απ' όπου για τη δημιουργία νέας αντικειμενικής συνάρτησης επιλέγεται το σχετικό εικονίδιο. Στην περίπτωση τροποποίησης των δεδομένων υφιστάμενης αντικειμενικής συνάρτησης επιλέγεται στον κάτω πίνακα με διπλό κλικ η συγκεκριμένη σειρά ή επιλέγεται η σειρά και στη συνέχεια το εικονίδιο τροποποίησης.

Στο πάνω μέρος της φόρμας στοχικής συνάρτησης ο χρήστης μπορεί να ορίσει την ονομασία (**Name**) και μια περιγραφή (**Description**). Στο κάτω μέρος της φόρμας απαριθμούνται σε μορφή πίνακα τα κριτήρια της αντικειμενικής συνάρτησης. Πατώντας το κουμπί **New Crit.** εμφανίζεται η φόρμα κριτηρίου της συνάρτησης.



Εικόνα 11.3: Εισαγωγή νέου κριτηρίου.



Εικόνα 11.4: Επιλογή τύπου κριτηρίου.

Από το πτυσσόμενο μενού ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τον τύπο του κριτηρίου (**Criterion type**). Ο τύπος κριτηρίου μπορεί να είναι ένας από τους ακόλουθους:

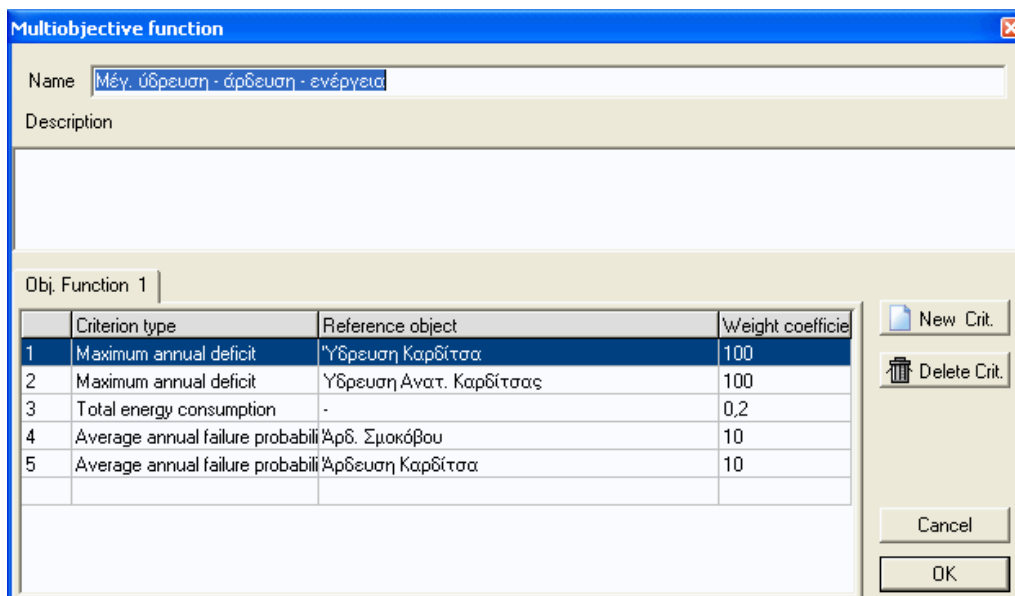
- Μέσο ετήσιο κόστος μεταφοράς νερού (**Total transportation cost**)
- Μέσο ετήσιο κόστος άντλησης νερού (**Total pumping Cost**)
- Μέσο ετήσιο όφελος από την παραγωγή ενέργειας (**Total power generation profit**)
- Μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας (**Total energy consumption**) κατά τη μεταφορά του νερού μέσω αντλιοστασίων (υδραγωγείων, γεωτρήσεων) σε GWh
- Άθροισμα ετήσιας παραγόμενης πρωτεύουσας ενέργειας στροβίλων (**Sum of generated firm power**)

- Άθροισμα ετήσιας παραγόμενης πρωτεύουσας ενέργειας συστήματος (**Total generated firm power**)
- Μέσες ετήσιες απώλειες από το σύστημα (**Total water losses**), που οφείλονται στην υπερχειλίση ταμιευτήρων σε hm^3 .
- Μέσες ετήσιες ετήσιες απολήψεις (**Annual withdrawal**) από δεδομένους κόμβους ή ταμιευτήρες του δικτύου σε hm^3 .
- Μέση ετήσια αστοχία επιλεγμένων στόχων (**Average annual failure probability**) που έχουν οριστεί εκ των προτέρων από το χρήστη (βλ. λειτουργικοί στόχοι). Η αστοχία είναι αδιάστατη και λαμβάνει τιμές μεταξύ 0 και 1.
- Μέγιστη ετήσια αστοχία επιλεγμένων στόχων (**Maximum annual failure probability**) που έχουν οριστεί εκ των προτέρων από το χρήστη (αφορά καταληκτικές προσομοιώσεις με πολλαπλά υδρολογικά σενάρια).
- Μέσο ετήσιο έλλειμμα νερού (**Average annual deficit**) για κάλυψη συγκεκριμένου στόχου ύδρευσης ή άρδευσης σε σχέση με τον αρχικό στόχο σε hm^3 .
- Μέγιστο ετήσιο έλλειμμα νερού (**Maximum annual deficit**) για την κάλυψη συγκεκριμένου στόχου ύδρευσης ή άρδευσης σε σχέση με τον αρχικό στόχο σε hm^3 χρήστη (αφορά καταληκτικές προσομοιώσεις με πολλαπλά υδρολογικά σενάρια).
- Μέσο ετήσιο όφελος ικανοποίησης στόχων (**Total benefit for fulfilling targets**)
- Μέση ετήσια οικονομική επίδοση συστήματος (**Total cost/benefit of the system**)

Για ορισμένους τύπους κριτηρίων (ετήσιες απολήψεις, μέγιστη και μηνιαία αστοχία ή μέγιστο και μηνιαίο έλλειμμα στόχων) απαιτείται η επιλογή μιας συνιστώσας του δικτύου με την οποία θα συνδέεται το κριτήριο. Η συνιστώσα αυτή επιλέγεται από το πτυσσόμενο μενού του πεδίου **Reference** το οποίο περιέχει όλες τις δυνατές επιλογές ανάλογα με την περίπτωση.

Για κάθε κριτήριο, ορίζεται ακόμη ένας συντελεστής βαρύτητας (**Weight coefficient**).

Πατώντας το κουμπί **OK** το κριτήριο συμπεριλαμβάνεται στον κατάλογο κριτηρίων της στοχικής συνάρτησης και εμφανίζεται στο σχετικό πίνακα της φόρμας.



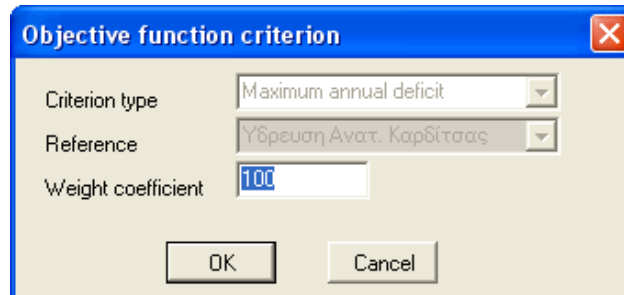
Εικόνα 11.5: Συνιστώσες στοχικής συνάρτησης.

Ένα κριτήριο διαγράφεται με τον ακόλουθο τρόπο:

- επιλογή της σειράς του κριτηρίου στον πίνακα κριτηρίων της στοχικής συνάρτησης

- πάτημα του κουμπιού διαγραφής κριτηρίου (**Delete Crit.**)

Από τη φόρμα στοχικής συνάρτησης ο χρήστης μπορεί να τροποποιήσει το συντελεστή βαρύτητας ενός κριτηρίου κάνοντας διπλό κλικ με το ποντίκι επάνω στη σχετική σειρά. Από τη φόρμα κριτηρίου που εμφανίζεται ενεργοποιημένο είναι μόνο το πεδίο του συντελεστή βαρύτητας. Τα υπόλοιπα δεδομένα δεν μπορούν να τροποποιηθούν.

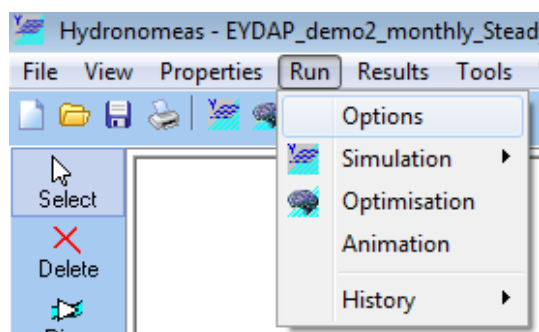


Εικόνα 11.6: Εισαγωγή συντελεστών βάρους.

Σημείωση: Μαζί με τη διαγραφή μιας συνιστώσας δικτύου, διαγράφονται και όλα τα κριτήρια που αναφέρονται σε αυτήν.

11.4 Επιλογές

Οι επιλογές της βελτιστοποίησης ορίζονται από τη φόρμα επιλογών που εμφανίζεται στην οθόνη επιλέγοντας **Run/Options** από το μενού της Κύριας Φόρμας του ΥΔΡΟΝΟΜΕΑ.

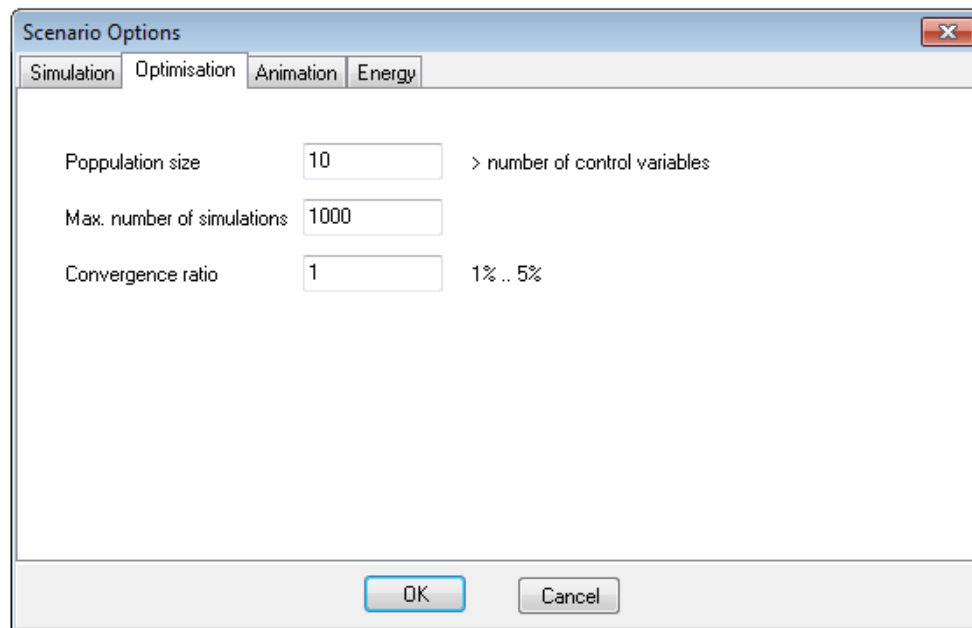


Εικόνα 11.7: Μενού βελτιστοποίησης.

Στο φύλλο βελτιστοποίησης (Optimisation) της φόρμας επιλογών ο χρήστης ρυθμίζει τις εξής αλγοριθμικές παραμέτρους:

- Μέγεθος πληθυσμού (**Population size**): Το μέγεθος πρέπει να είναι μεγαλύτερο από τον αριθμό των μεταβλητών ελέγχου που ορίζεται από τη φόρμα μεταβλητών ελέγχου. Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος τόσο πιο αξιόπιστη είναι η διαδικασία αναζήτησης, αλλά και τόσο πιο αργή στην εξέλιξή της. Μια ικανοποιητική τιμή είναι η εφαρμογή πληθυσμών ίσων με δύο έως τρεις φορές τον αριθμό των μεταβλητών ελέγχου.
- Μέγιστος αριθμός προσομοιώσεων (**Max. number of simulations**): Εμπειρικά, έχει διαπιστωθεί ότι ο αριθμός αυτός πρέπει να είναι τουλάχιστον 100 φορές μεγαλύτερος από το πλήθος των μεταβλητών ελέγχου, Ωστόσο, η τιμή του εξαρτάται και από τον χρονικό φόρτο της προσομοίωσης. Επισημαίνεται ότι η διαδικασία βελτιστοποίησης ενδέχεται να συγκλίνει στο βέλτιστο αποτέλεσμα πρωτότερα, εφόσον ικανοποιείται το κριτήριο σύγκλισης, αν και αυτό συμβαίνει σπάνια.


- Ποσοστό σύγκλισης (**Convergence ratio**): Το ποσοστό αυτό παίρνει τιμές από 1% έως 5% και εκφράζει τη σχετική διαφορά μεταξύ δύο διαδοχικών βελτιστων λύσεων. Η διαδικασία ενδέχεται να τερματιστεί πρωτύτερα, εφόσον φτάσει τον μέγιστο επιτρεπόμενο αριθμό προσομοιώσεων.

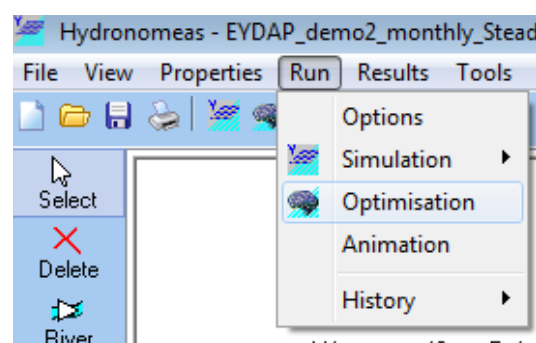


Εικόνα 11.8: Αλγοριθμικές επιλογές βελτιστοποίησης.

11.5 Εκτέλεση βελτιστοποίησης

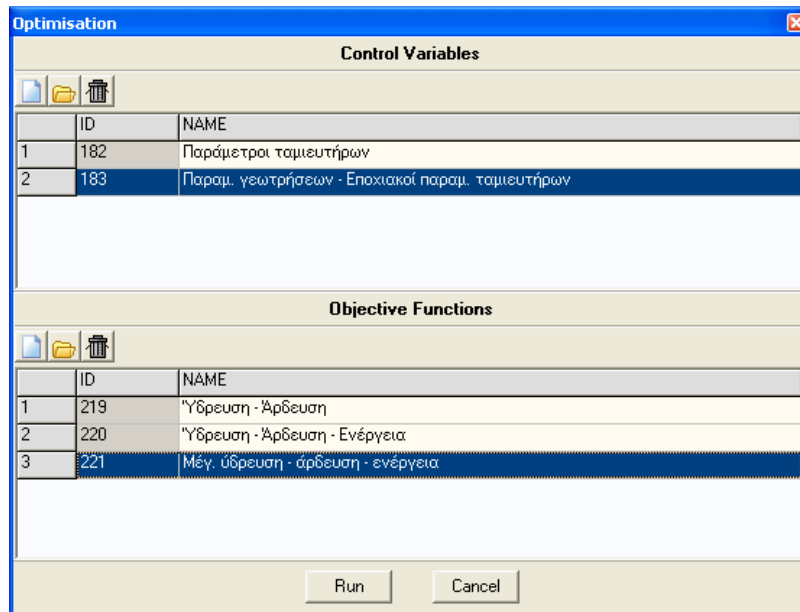
Η βελτιστοποίηση εκτελείται μέσω της φόρμας βελτιστοποίησης η οποία καλείται με έναν από τους ακόλουθους τρόπους:

- Με επιλογή **Run/Simulation/Optimisation** από το μενού της Κύριας Φόρμας.
- Πατώντας το εικονίδιο Optimisation () από τα εικονίδια βασικών λειτουργιών της Κύριας Φόρμας.



Εικόνα 11.9: Μενού βελτιστοποίησης.

Η φόρμα απεικονίζει σε δύο πίνακες, συγκεκριμένα το σύνολο των μεταβλητών ελέγχου (**Control Variables**) και τις στοιχικές συναρτήσεις (**Objective Functions**) που έχουν οριστεί.



Εικόνα 11.10: Συνιστώσες προβλήματος βελτιστοποίησης.

Ο χρήστης καλείται να επιλέξει την ομάδα μεταβλητών ελέγχου και την αντικειμενική συνάρτηση με τις οποίες θα εκτελεστεί η βελτιστοποίηση. Πριν από αυτό έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει ορισμένες διαχειριστικές λειτουργίες πατώντας τα αντίστοιχα εικονίδια:

- **New:** Δημιουργία νέας ομάδας μεταβλητών ελέγχου ή νέας αντικειμενικής συνάρτησης.
- **Open:** Άνοιγμα της φόρμας της επιλεγμένης συνιστώσας (βλ. φόρμα μεταβλητών ελέγχου ή φόρμα αντικειμενικής συνάρτησης) απ' όπου ο χρήστης μπορεί να τροποποιήσει τα δεδομένα. Η φόρμα ανοίγει επίσης κάνοντας διπλό κλικ με το ποντίκι επάνω στη σειρά που αντιστοιχεί στην συνιστώσα.
- **Delete:** Διαγραφή της επιλεγμένης συνιστώσας.

Αφού επιλεγεί με το ποντίκι μια ομάδα μεταβλητών ελέγχου και μια αντικειμενική συνάρτηση μπορεί να εκτελεστεί η βελτιστοποίηση πατώντας το κουμπί **Run**. Αμέσως μετά πραγματοποιείται έλεγχος εγκυρότητας των δεδομένων και εφόσον δεν διαπιστωθούν σφάλματα εκτελείται η βελτιστοποίηση στο παρασκήνιο. Στην οθόνη εμφανίζεται η φόρμα παρακολούθησης, απ' όπου ο χρήστης μπορεί να ελέγξει την εξέλιξη της διαδικασίας.

11.6 Παρακολούθηση διαδικασίας βελτιστοποίησης

Με την έναρξη της βελτιστοποίησης εμφανίζεται στην οθόνη η φόρμα παρακολούθησης της βελτιστοποίησης, η οποία παραμένει στο προσκήνιο μέχρι το τέλος της διαδικασίας. Μέσω αυτής ο χρήστης μπορεί να διαπιστώσει την πρόοδο και να ελέγξει τη διαδικασία.

Η φόρμα αποτελείται από τρία φύλλα:

- Το φύλλο μεταβλητών ελέγχου (**Control variables**)
- Το φύλλο κριτηρίων αντικειμενικής συνάρτησης (**Objective function criteria**)
- Το φύλλο γραφήματος του δείκτη επίδοσης (**Graph**)

Μέχρι να ολοκληρωθεί η πρώτη προσομοίωση τα φύλλα παραμένουν κενά. Επίσης στο κάτω μέρος της φόρμας εμφανίζονται χρήσιμες πληροφορίες που αφορούν την πορεία της βελτιστοποίησης και τον βέλτιστο κανόνα λειτουργίας.

Elapsed time: 0' 27"

Control variables Objective function criteria Graph

	Crit_Type	Reference	DataValue	Weight	Value
1	Total water losses		64.9288531488574	1	64.9288531488574

Periods in simulation: 24 Best perf. index: 64.792 sim. 58

Number of simulations: 62 Last perf. index: 64.929

Εικόνα 11.11: Επίκαιρες τιμές κριτηρίων κατά τη βελτιστοποίηση.

Συγκεκριμένα, παρατίθενται τα εξής στοιχεία:

- **Number of simulations:** Ο αριθμός των ολοκληρωμένων προσομοιώσεων κατά τη διάρκεια της βελτιστοποίησης.
- **Periods in simulation:** Ο αριθμός των προσομοιωμένων χρονικών περιόδων (ετών) στην τρέχουσα προσομοίωση
- **Best perf. index:** Ο βέλτιστος δείκτης επίδοσης έως τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή και **sim.** ο αριθμός της προσομοίωσης με τη βέλτιστη επίδοση
- **Last perf. index:** Ο δείκτης επίδοσης της τελευταίας ολοκληρωμένης προσομοίωσης

Η διαδικασία βελτιστοποίησης μπορεί να διακοπεί πατώντας το κουμπί **Abort**.

Σημείωση: Αφού πατηθεί το κουμπί διακοπής της βελτιστοποίησης, είναι πιθανόν να πραγματοποιηθούν ορισμένες ακόμα προσομοιώσεις. Ο λόγος για το οποίο γίνεται αυτό είναι για να μη διακοπεί ο αλγόριθμος βελτιστοποίησης σε μη επιτρεπτό σημείο και για να επαναληφθεί στο τέλος η προσομοίωση με τους βέλτιστους κανόνες λειτουργίας (βέλτιστες τιμές μεταβλητών ελέγχου).

11.6.1 Μεταβλητές ελέγχου

Από το φύλλο μεταβλητών ελέγχου ο χρήστης μπορεί να παρακολουθεί τις τιμές των μεταβλητών ελέγχου που προσομοιώθηκαν. Συγκεκριμένα οι στήλες του πίνακα δίνουν:

- τον αύξοντα αριθμό
- τον τύπο μεταβλητής (**CV_Type**)
- τη συνιστώσα δικτύου με την οποία συνδέεται η μεταβλητή (**Reference**)
- τον δείκτη μεταβλητής (**Num**): Χρησιμοποιείται στην περίπτωση που η τιμή της μεταβλητής ελέγχου διαφοροποιείται εποχιακά ή λαμβάνει διαφορετική τιμή σε κάθε μήνα του έτους.
- την τιμή μεταβλητής ελέγχου (**Value**): Πρόκειται για την τιμή που έλαβαν οι μεταβλητές ελέγχου κατά την τελευταία ολοκληρωμένη προσομοίωση.

Elapsed time: 1' 47"

Control variables Objective function criteria Graph

	CV_Type	Reference	Num	Value
1	Parameter A	Υψίκη	0	0.650380520253145
2	Parameter B	Υψίκη	0	0.0783906814069891
3	Parameter A	Μόρνος	0	1
4	Parameter B	Μόρνος	0	0.91102929497357

Periods in simulation 80 Best perf. index 64.720 sim. 237

Number of simulations 249 Last perf. index 65.079

Abort

Εικόνα 11.12: Επίκαιρες τιμές μεταβλητών ελέγχου κατά τη βελτιστοποίηση.

11.6.2 Στοχική συνάρτηση

Από το φύλλο στοχικής συνάρτησης ο χρήστης μπορεί να παρακολουθεί τους συντελεστές από τους οποίους αποτελείται το μέτρο επίδοσης του συστήματος.

Elapsed time: 3' 6"

Control variables Objective function criteria Graph

	Crit_Type	Reference	DataValue	Weight	Value
1	Total water losses		64.9614641964421	1	64.9614641964421

Periods in simulation 1 Best perf. index 64.641 sim. 331

Number of simulations 433 Last perf. index 64.961

Abort

Εικόνα 11.13: Επίκαιρες τιμές κριτηρίων κατά τη βελτιστοποίηση.

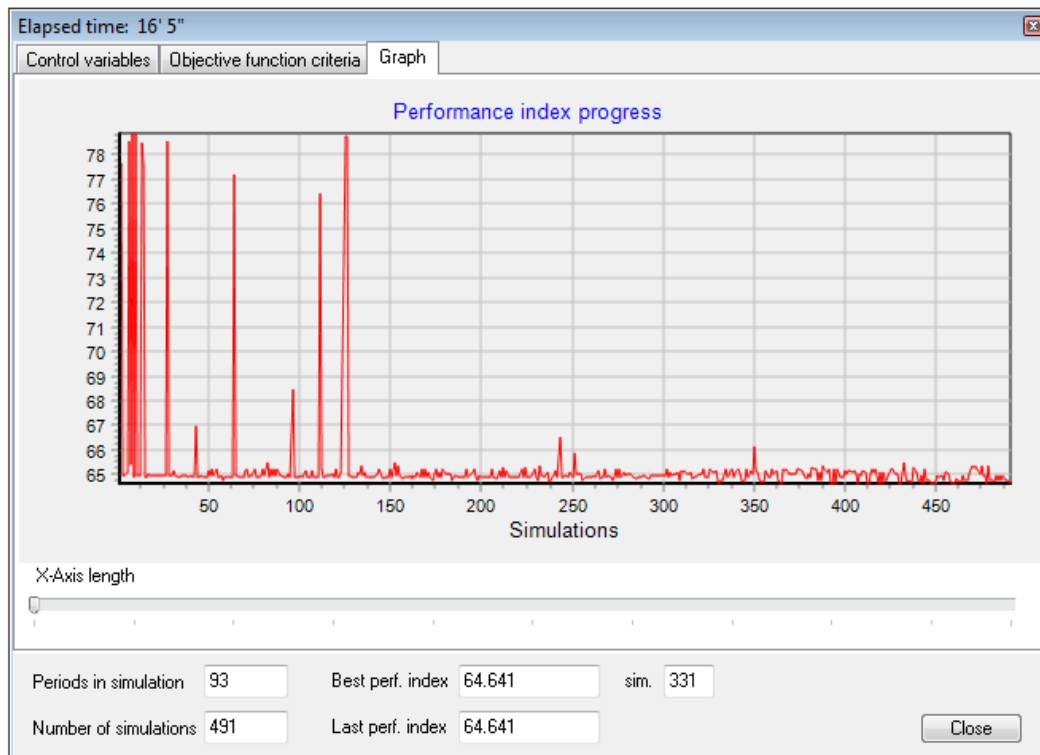
Συγκεκριμένα οι στήλες του πίνακα δίνουν:

- τον αύξοντα αριθμό
- τον τύπο κριτηρίου (**Crit_Type**)
- τη συνιστώσα δικτύου με την οποία συνδέεται το κριτήριο (**Reference**)
- την τιμή κριτηρίου που προέκυψε κατά την τελευταία προσομοίωση (**DataValue**).

- το συντελεστή βαρύτητας (**Weight**)
- την τρέχουσα τιμή της στοχικής συνάρτησης (**Value**), που προκύπτει ως σταθμισμένο άθροισμα των επιμέρους κριτηρίων.

11.6.3 Γράφημα δείκτη επίδοσης

Οι τιμές που λαμβάνει ο δείκτης επίδοσης κατά την βελτιστοποίηση παρουσιάζονται στο 3ο φύλλο της φόρμας σε μορφή γραφήματος, όπου η τετμημένη δίνει τον αριθμό των ολοκληρωμένων προσομοιώσεων και η τεταγμένη τον αντίστοιχο δείκτη επίδοσης. Το γράφημα δίνει μια εικόνα κατά πόσο η διαδικασία της βελτιστοποίησης έχει συγκλίνει.



Εικόνα 11.14: Εξέλιξη τιμών στοχικής συνάρτησης.

11.7 Δημιουργία αρχείου αποτελεσμάτων βελτιστοποίησης

Με την έναρξη της βελτιστοποίησης δημιουργείται ένα αρχείο(.CSV) στον φάκελο out όπου εμπεριέχει συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα κάθε προσομοίωσης της βελτιστοποίησης.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	ControlVar1= Parameter A Υλίκη							
2	ControlVar2= Parameter B Υλίκη							
3	ControlVar3= Parameter A Μόρνος							
4	ControlVar4= Parameter B Μόρνος							
5	crit_type1 with Weight 1							
6	SimNo	Performance Index	Total water losses	Parameter A Υλίκη	Parameter B Υλίκη	Parameter A Μόρνος	Parameter B Μόρνος	
7	1	77.35766388	77.35766388	0.280874795	0.822364182	0.208249543	0.446128238	
8	2	77.59428067	77.59428067	0.009079998	0.098124351	0.197244595	0.624691717	
9	3	64.93587399	64.93587399	0.982924421	0.937911308	0.076152029	0.554834316	
10	4	64.93587399	64.93587399	0.990375507	0.15241188	0.002654024	0.296207172	
11	5	65.12474228	65.12474228	0.435890111	0.044916195	0.648230523	0.731356472	
12	6	78.53913274	78.53913274	0.107931586	0.186403133	0.76108647	0.817859682	
13	7	65.4324544	65.4324544	0.627150938	0.593946087	0.745680628	0.923469594	
14	8	78.8512612	78.8512612	0.309607043	0.984314037	0.618230944	0.041141176	
15	9	64.92485393	64.92485393	0.429400919	0.024642938	0.947571483	0.930816245	
16	10	78.8512612	78.8512612	0.11509907	0.752052415	0.640735927	0.484840944	
17	11	64.93587399	64.93587399	1	0.742117409	0.027121265	0.491277836	
18	12	64.93587399	64.93587399	1	0.675757185	0.114767197	0.530276374	
19	13	78.44054645	78.44054645	1	0.759023641	0.914132576	0.588573645	
20	14	77.58816075	77.58816075	0	0	0	0.65438347	
21	15	64.92885315	64.92885315	0.94599458	0	0.565290642	1	
22	16	64.92885315	64.92885315	0.784285646	0.026021341	0.578743011	1	
23	17	65.05950613	65.05950613	1	1	0.382871822	0.496243524	
24	18	64.93652891	64.93652891	1	0.72889593	0.255826316	0.548717925	
25	19	64.93587399	64.93587399	1	0.719139748	0.029473019	0.469174178	
26	20	64.93603419	64.93603419	0.857206398	0.470874022	0.257314779	0.565716159	
27	21	64.93587399	64.93587399	1	0.327849136	0.198293947	1	

Εικόνα 11.15: Αρχείο αποτελεσμάτων διαδικασίας αναζήτησης.

Αναφορές

- Ευστρατιάδης, Α., Γ. Καραβοκυρός, και Δ. Κουτσογιάννης, Θεωρητική τεκμηρίωση μοντέλου προσομοίωσης και βελτιστοποίησης της διαχείρισης υδατικών συστημάτων «ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ», *Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Συστημάτων σε Σύζευξη με Εξελιγμένο Υπολογιστικό Σύστημα (ΟΔΥΣΣΕΥΣ)*, Τεύχος 9, 91 σ., Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιανουάριος 2007.
- Ευστρατιάδης, Α., Ν. Μαμάσης, Ι. Μαρκόνης, Π. Κοσσιέρης, και Χ. Τύραλης, Μεθοδολογικό πλαίσιο βέλτιστου σχεδιασμού και συνδυασμένης διαχείρισης υδατικών και ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων, *Συνδυασμένα συστήματα ανανεώσιμων πηγών για αειφορική ενεργειακή ανάπτυξη (CRESSENDO)*, 154 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Φεβρουάριος 2016.
- Καραβοκυρός, Γ., Α. Ευστρατιάδης, και Δ. Κουτσογιάννης, Υδρονομέας (έκδοση 3.2) – Σύστημα υποστήριξης της διαχείρισης των υδατικών πόρων, *Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας*, Τεύχος 24, 142 σ., Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιανουάριος 2004.
- Καραβοκυρός, Γ., Δ. Κουτσογιάννης, και Ν. Μανδέλλος, Ανάπτυξη μοντέλου προσομοίωσης και βελτιστοποίησης του υδροσυστήματος της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, *Εκτίμηση και Διαχείριση των Υδατικών Πόρων της Στερεάς Ελλάδας – Φάση 3*, Τεύχος 40, 161 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ιανουάριος 1999.
- Τσακαλίας, Γ., και Δ. Κουτσογιάννης, Πιλοτικό μοντέλο για τη διαχείριση του συστήματος ταμιευτήρων υδροδότησης της Αθήνας, *Εκτίμηση και Διαχείριση των Υδατικών Πόρων της Στερεάς Ελλάδας – Φάση 2*, Τεύχος 14, 52 σ., Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Νοέμβριος 1995.
- Efstratiadis, A., and D. Koutsoyiannis, An evolutionary annealing-simplex algorithm for global optimisation of water resource systems, *Proceedings of the 5th International Conference on Hydroinformatics*, Vol. 2, 1423-1428, Cardiff, UK, July 2002, IAHR, IWA, IAHS, 2002.
- Efstratiadis, A., D. Koutsoyiannis, and D. Xenos, Minimising water cost in the water resource management of Athens, *Urban Water Journal*, 1(1), 3-15, 2004.
- Koutsoyiannis, D., A. Efstratiadis, and G. Karavokiros, A decision support tool for the management of multi-reservoir systems, *Journal of the American Water Resources Association*, 38(4), 945-958, 2002.
- Koutsoyiannis, D., and A. Economou, Evaluation of the parameterization-simulation-optimization approach for the control of reservoir systems, *Water Resources Research*, 39(6), 1170, 1-17, 2003.

- Koutsoyiannis, D., G. Karavokiros, A. Efstratiadis, N. Mamassis, A. Koukouvinos, and A. Christofides, A decision support system for the management of the water resource system of Athens, *Physics and Chemistry of the Earth*, 28 (14-15), 599–609, 2003b.
- Nalbantis, I., and D. Koutsoyiannis, A parametric rule for planning and management of multiple-reservoir systems, *Water Resources Research*, 33(9), 2165-2177, 1997.