

«Αναβάθμιση εργαστηρίου υδραυλικής για τη μοντελοποίηση δικτύων ύδρευσης και μελέτη βελτιστοποίησης σχεδιασμού και λειτουργίας τους» ‘HYDROGIS’



Κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με τη βελτίωση της λειτουργίας των δικτύων ύδρευσης

29-06-2015

ΠΛΟΥΤΑΡΧΟΣ ΕΥΛΟΓΗΜΕΝΟΣ



Γνωρίζοντας ότι οι μετρητές που χρησιμοποιούν τα τμήματα υδατοπρομήθειας των διαφόρων δήμων, τόσο και του δήμου Πάφου, έχουν απώλειες, θα ανέμενε κάποιος ότι με την αύξηση των μετρητών, αναλογικά θα αυξανόταν και η ολική απώλεια νερού. Αυτό δεν συμβαίνει και διαφαίνεται βάση των τοπικών μετρήσεων. Το ποσοστό απώλειας ανά μέση κατανάλωση μετρητών (%), ενώ έπρεπε να είναι περίπου το ίδιο, έχει περιπτώσεις που καταγράφεται υπερδιπλάσια διαφορά.

Συγκριτικός πίνακας από τοπικές μετρήσεις

Απώλειες (t)	Χρονιά	Ποσοστό Απώλειας ανά ολική ζήτηση (%)	Χρονιά	Μέση απώλεια ανά μετρητή (t)	Χρονιά	Ποσοστό Απώλειας ανά μέση κατανάλωση μετρητών (%)
1227041	2005	33.5	2003	76.8	2007	34
1488100	2003	32.1	2005	74	2004	33.3
1527628	2004	32.1	2004	73.5	2012	32.3
1673763	2010	31	2006	58.2	2005	32.2
1412643	2002	29.9	2010	45.9	2003	32.1
1163717	2006	29.9	2007	45.4	2006	29.8
533095	2011	26.6	2012	45.4	2010	26.1
947486	2007	25.8	2011	36	2009	25.4
1303689	2009	24.4	2009	34.3	2011	24.3
1038950	2008	15	2008	20.1	2008	14

Άλλοι είναι οι κύριοι λόγοι των απωλειών.

Από τους πίνακες μετρήσεων που καταγράψαμε στο εργαστήριο του Αγίου Συλά, παράρτημα 2, εργαστήριο όπου έγινε η μοντελοποίηση (η προσομοίωση), του δικτύου περιοχής Μούταλου του δήμου Πάφου, καταφέραμε να βγάλουμε συμπεράσματα για τις τοπικές απώλειες ενέργειας και νερού.

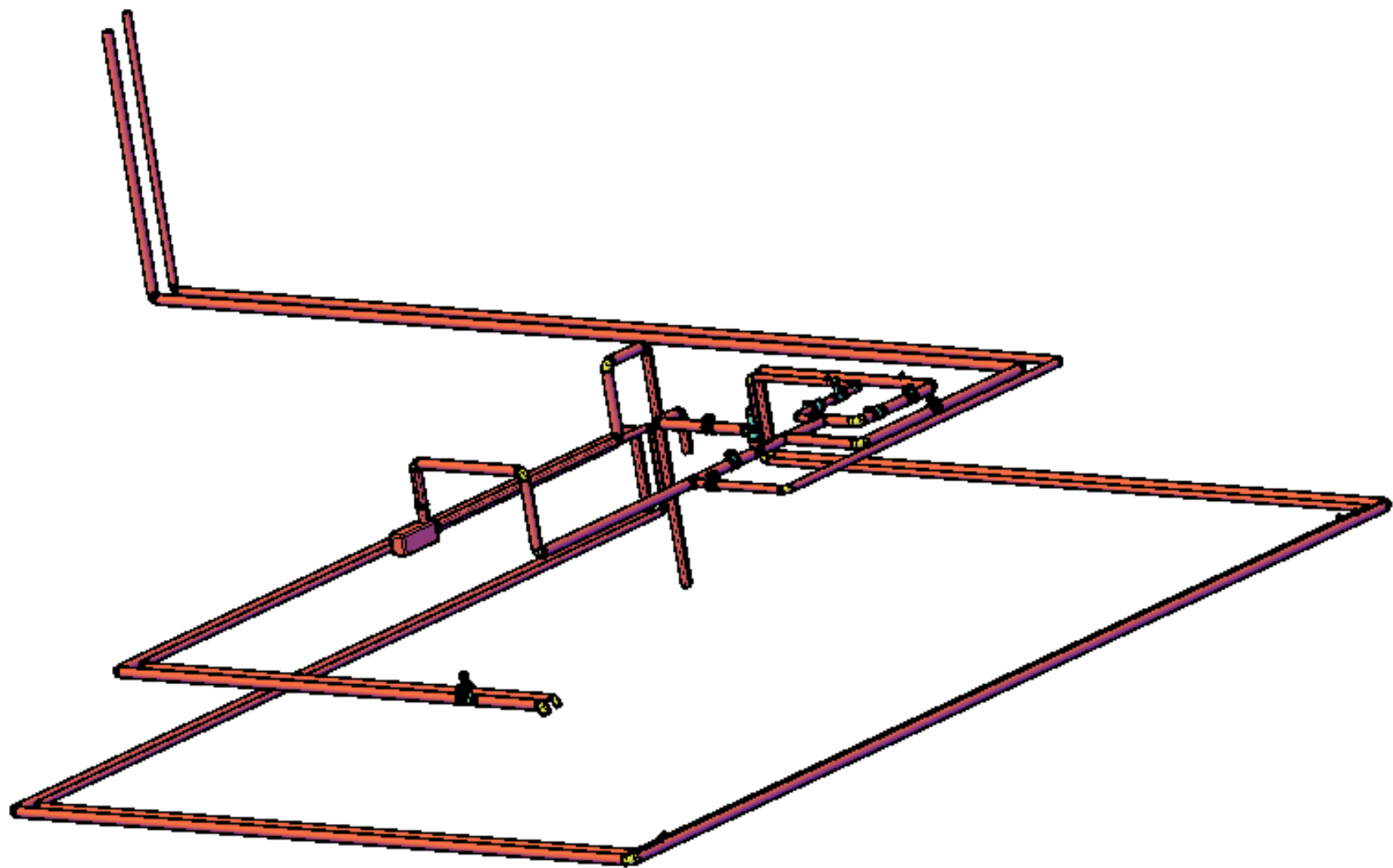
Στην προσομοίωση εξετάστηκαν οι παράγοντες απώλειας ενέργειας με αυξομείωση της παροχής και κατά συνέπεια της πίεσης, που θεωρούμε σημαντικό παράγοντα απωλειών ενέργειας και νερού τους οποίους αναλύουμε.

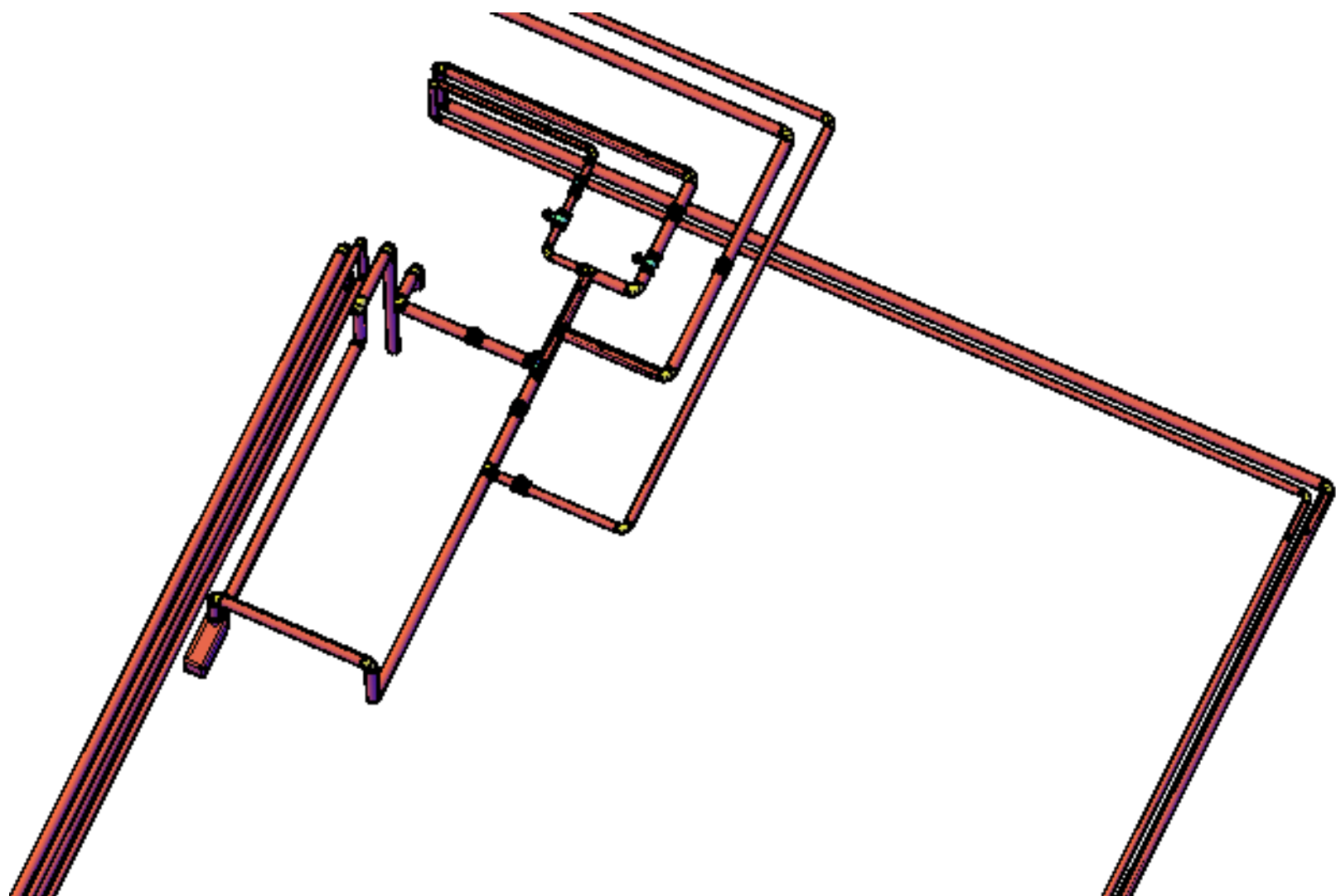
Για να επιτύχουμε την προσομοίωση του υπό εξέταση δικτύου, (δήμος Πάφου, περιοχή Μούταλου), στο εργαστήρι του ΤΕΠΑΚ στο Άγιο Συλά, ενεργήσαμε όπως ακλουθεί:

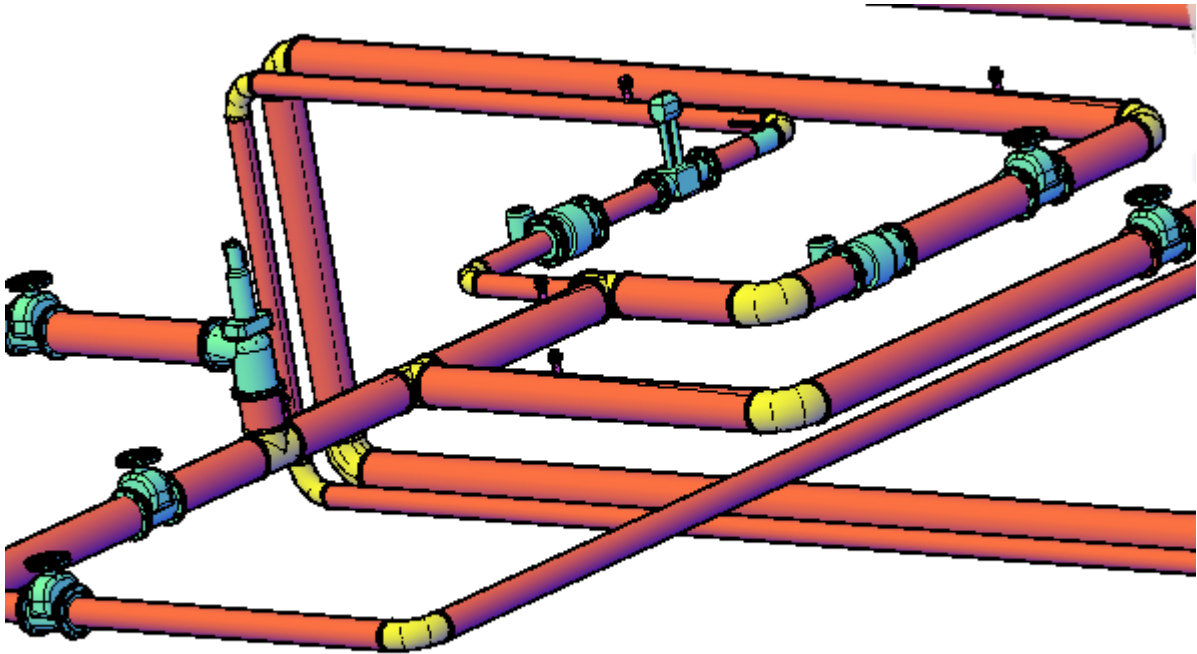
- Με τον ίδιο τρόπο τροφοδοσίας, δηλαδή με αντλιοστάσιο και δεξαμενές νερού
- Χρησιμοποιήσαμε τις ίδιες διαστάσεις των σωλήνων του .
- Για το μήκος των σωλήνων που η απώλεια ενέργειας λόγω του κινηματικού ιξώδες του νερού είναι ανάλογη με το μήκος, την αντισταθμίσαμε με στραγγαλισμό, με την βοήθεια των αναλογικών βαλβίδων που τοποθετήσαμε στο δίκτυο προσομοίωσης.
- Για τα διάφορα εξαρτήματα που βρίσκονται στις διακλαδώσεις του υπό εξέταση δικτύου, υπό μορφή γωνιάς 90^0 ή 45^0 , ταυ, σταυροί, μεταπτώσεις, διακόπτες και άλλα, την απώλεια ενέργειας λόγω αυξημένου αριθμού εξαρτημάτων στην υπό εξέταση δίκτυο, την αντισταθμίσαμε με στραγγαλισμό, κατά αρχάς με θεωρητική προσέγγιση και στην συνέχεια, με τις μετρήσεις που κάναμε σε παρόμοια σημεία που τοποθετήσαμε στο δίκτυο προσομοίωσης αναλογώντας τα με τον αυξημένο αριθμό των εξαρτημάτων αυτών που βρίσκονται στο υπό εξέταση δίκτυο.
- Για την απώλεια ενέργειας λόγω στραγγαλισμού των πεπαλαιωμένων σωλήνων από την εσωτερική τοποθέτηση αλάτων υπό μορφή σκληρών στρωμάτων λάσπης και αυτά τα αντισταθμίσαμε με επιπρόσθετο στραγγαλισμό με την βοήθεια των αναλογικών βαλβίδων που τοποθετήσαμε στο δίκτυο προσομοίωσης.

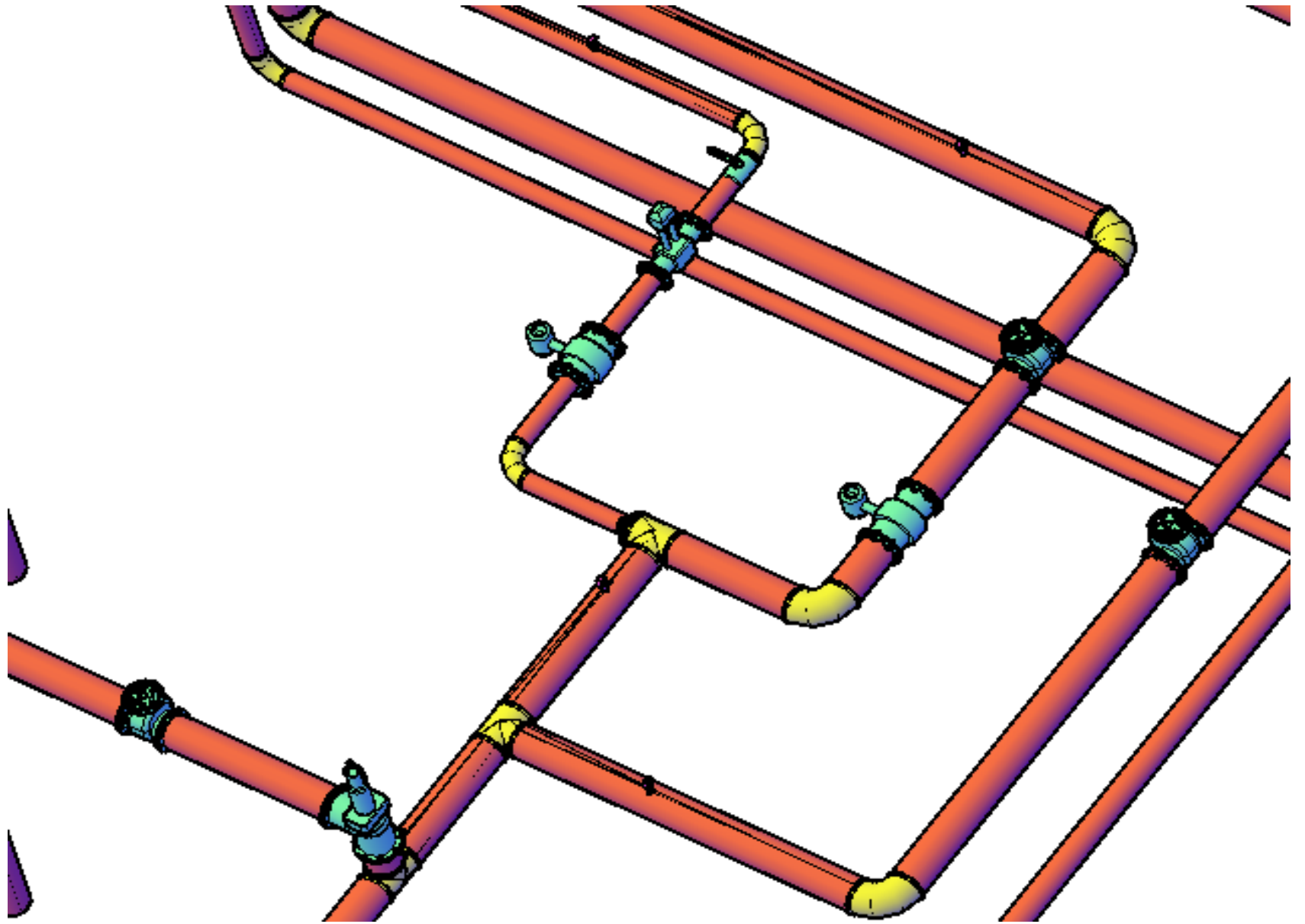
Για να επιτύχουμε την προσομοίωση του υπό εξέταση δικτύου, (δήμος Πάφου, περιοχή Μούταλου), στο εργαστήριο του ΤΕΠΑΚ στο Άγιο Συλά, έγιναν τα ακόλουθα:

- Η τροφοδοσία έγινε με παρόμοιο τρόπο, δηλαδή με αντλιοστάσιο και δεξαμενές νερού
- Χρησιμοποιήθηκαν ίδιες διαστάσεις με αυτές των σωλήνων του δικτύου.
- Για το μήκος των σωλήνων που η απώλεια ενέργειας λόγω του κινηματικού ιξώδους του νερού είναι ανάλογη με το μήκος, την αντισταθμίσαμε με στραγγαλισμό, με την βοήθεια των αναλογικών βαλβίδων που τοποθετήσαμε στο δίκτυο προσομοίωσης.
- Για τα διάφορα εξαρτήματα που βρίσκονται στις διακλαδώσεις του υπό εξέταση δικτύου, υπό μορφή γωνιάς 90ο η 45ο, ταυ, σταυροί, μεταπτώσεις, διακόπτες και άλλα, την απώλεια ενέργειας λόγω αυξημένου αριθμού εξαρτημάτων στο υπό εξέταση δίκτυο, την αντισταθμίσαμε με στραγγαλισμό. Αρχικά έγινε θεωρητική προσέγγιση και στην συνέχεια μετρήσεις πίεσης σε χαρακτηριστικά σημεία του δικτύου προσομοίωσης που τοποθετήσαμε σε ανάλογα σημεία ή εξαρτήματα όπως αυτά που βρίσκονται στο υπό εξέταση δίκτυο.
- Τις απώλειες ενέργειας λόγω στραγγαλισμού των γηρασμένων σωλήνων από εσωτερική εναπόθεση αλάτων υπό μορφή σκληρών στρωμάτων λάσπης, τις αντισταθμίσαμε με επιπρόσθετο στραγγαλισμό με την βοήθεια των αναλογικών βαλβίδων που τοποθετήσαμε στο δίκτυο προσομοίωσης.















Με βάση των μετρήσεων τόσο στο υπό εξέταση δίκτυο, όσο και στο πειραματικό, κάναμε μελέτες και βγάλαμε συμπεράσματα.

- Στις προηγούμενες αναφορές αναφέραμε ότι οι επιλεγμένες διαμέτροι των σωλήνων (από το τμήμα υδατοπρομήθειας) του υπό εξέταση δικτύου δεν δημιουργούν πρόβλημα απωλειών ενέργειας.
- **Η απώλεια ενέργειας κατά κύριο λόγο δημιουργείται όταν η παροχή είναι μεγαλύτερη της ζήτησης στο υπό εξέταση δίκτυο, τότε υπάρχει αύξηση της πίεσης στα 12 - 15 bar, ιδιαίτερα στις ώρες μειωμένης κατανάλωσης.**
- Εξάλλου και από το πίνακα 1 (παράρτημα 1), του Δήμου Πάφου, διαφαίνεται ότι η μέση κατανάλωση σε ολόκληρο το δίκτυο δεν υπερβαίνει σε καμία περίπτωση τους 500 τόνους νερού ανά ώρα.
- Το πειραματικό δίκτυο έδειξε ότι ακόμη και πάνω από 200 τόνους νερού ανά ώρα (συμπερασματικά οι 200 τόνοι ανά ώρα αντιπροσωπεύουν την μέγιστη στιγμιαία κατανάλωση της υπό εξέταση περιοχής (περιοχής Μούταλου)), **δεν παρατηρείται στροβιλώδη ροή.**
- Αυτό λοιπόν είναι ακόμη ένας παράγοντας που μας οδηγά στο συμπέρασμα ότι οι διαμέτροι των σωλήνων του υπό εξέταση δικτύου είναι επαρκής και ο κύριος λόγος αύξηση της πίεσης είναι η μη ελεγχόμενη παροχή η οποία φτάνει σήμερα στο υπό εξέταση δίκτυο στα 160, 180 και 340 κυβικά μέτρα ανά ώρα, με αλλαγές στην παροχή από ανθρώπινο παράγοντα, χωρίς δυνατότητα ενδιάμεσης ρύθμισης.

Τοποθέτηση AC Driver (inverter), που θα ελέγχει τις στροφές των αντλιών (κατά συνέπεια την παροχή τους), με παρεμβολή PLC

α) Η ανάγκη περιορισμού της πίεσης κατά την διάρκεια της υδροδότησης είναι επιτακτική.

Με αυτό το τρόπο όχι μόνο θα περιορίζεται η απώλεια ενέργειας αλλά και ο περιορισμός απωλειών νερού.

Οι απώλειες νερού από τα σημεία διαρροών είναι μεγαλύτερες με την αύξηση της πίεσης του δικτύου, ιδιαίτερα κατά την περίοδο χαμηλών καταναλώσεων.

Περιορισμός της πίεσης μπορεί να επιτευχθεί με την ηλεκτρονική παρακολούθηση της πίεσης εξόδου των αντλιών στο υπό εξέταση δίκτυο και την παράλληλη τοποθέτηση AC Driver.

Με την τοποθέτηση AC Driver (inverter), που θα ελέγχει τις στροφές των αντλιών (κατά συνέπεια την παροχή τους), με παρεμβολή PLC (προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή), σε συνάρτηση με την σχετική πίεση που δίνουν στην έξοδο τα ηλεκτρονικά μανόμετρα, **θα επιτυγχάνεται ο περιορισμός των πιέσεων στο μίνιμουμ αναγκαίο.**

Όταν το δίκτυο τροφοδοτείται από τις δεξαμενές

β) Ρύθμιση της πίεσης στο υπό εξέταση δίκτυο, όταν τροφοδοτείται από τις δεξαμενές, δεν επιτυγχάνεται με την ρύθμιση της παροχής.

Η διαφορά της πίεσης στο δίκτυο είναι εξαρτώμενη με την υψομετρική διαφορά και την κατανάλωση.

Η ρύθμιση της πίεσης επιτυγχάνεται με ενδιάμεσες δεξαμενές ή με μειωτήρες.

Η ολική πίεση σε ένα σημείο του δικτύου είναι ίση με το άθροισμα της στατικής, της υψομετρικής ($\epsilon \cdot h$ ή $\rho \cdot g \cdot h$), της πίεσης δηλαδή λόγο της υψομετρικής διαφοράς και της δυναμικής ($\rho \cdot u^2 / 2$). Όπου ϵ είναι το ειδικό βάρος, το ρ η πυκνότητα g η σταθερά βαρύτητας και h υψομετρική διαφορά με την δεξαμενή, u η ταχύτητα του νερού στον αγωγό.

Η πίεση που γίνεται αισθητή από μανόμετρο και γενικά επηρεάζει υπό μορφή πίεσης το περιβάλλον, είναι το άθροισμα της στατικής και της υψομετρικής πίεσης.

Άρα η μέγιστη αισθητή πίεση, παρατηρείται στις στιγμές που δεν υπάρχει κατανάλωση λόγω της απουσίας της δυναμικής πίεσης.

Τότε υπάρχουν και οι μεγαλύτερες απώλειες λόγω διαρροών στο δίκτυο.

Η μίνιμουμ αισθητή πίεση, παρατηρείται όταν υπάρχει η ψηλότερη κατανάλωση, λόγω της παρουσίας της δυναμικής πίεσης με την μεγαλύτερη τιμή της. Αυτή θα καθορίσει την ανάγκη ρύθμισης της πίεσης ή όχι.

Η αναγκαία πίεση λειτουργίας του δικτύου πρέπει να μειώνεται

Η αναγκαία πίεση λειτουργίας του δικτύου έχει άμεση σχέση με της υψομετρικές διαφορές, με το είδος της ροής που επιτυγχάνεται (γραμμική ή τυρβώδη), που με την σειρά της επηρεάζεται από την μορφή του αγωγού και την ταχύτητα του νερού.

Με δεδομένη την μορφή των αγωγών του δικτύου, δηλαδή διάμετροι, μήκος, στραγγαλισμοί και υδραυλικές αντιστάσεις, αναλύουμε τις υδραυλικές αντιστάσεις.

Οι υδραυλικές αντιστάσεις που δημιουργούνται από τα διάφορα εξαρτήματα που βρίσκονται στις διακλαδώσεις του υπό εξέταση δικτύου είναι σχεδόν δεδομένες.

Η υδραυλική αντίσταση όμως που δημιουργεί ο εγκλωβισμένος αέρας που υπάρχει στο δίκτυο μπορεί να αφαιρεθεί.

Ο αέρας εγκλωβίζεται στο δίκτυο όχι μόνο με τις διακοπές παροχής αλλά και κάθε βράδυ με την στασιμότητα της κυκλοφορίας του νερού λόγω σημαντικής μείωσης κατανάλωσης.

Έτσι λοιπόν, η αναγκαία πίεση λειτουργίας του δικτύου μειώνεται με την τοποθέτηση περισσότερων εξαεριστήρων στο δίκτυο, μείωση της πίεσης που με την σειρά της επενεργεί θετικά στην μείωση απώλειας ενέργειας και νερού, **για αυτό προτείνεται εμπειριστατωμένη μελέτη για τον αριθμό και την θέση των νέων εξαεριστήρων στο δίκτυο.**

Η αναγκαία πίεση λειτουργίας του δικτύου πρέπει να μειώνεται

Η απαιτούμενη πίεση λειτουργίας του δικτύου εξαρτάται από τις υψομετρικές διαφορές, το είδος της ροής (στρωτή ή τυρβώδης), που με την σειρά της επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά του αγωγού και την ταχύτητα του νερού.

Με δεδομένα τα χαρακτηριστικά των αγωγών του δικτύου, δηλαδή διάμετροι, μήκη, στραγγαλισμοί και υδραυλικές αντιστάσεις, αναλύουμε τις απώλειες φορτίου.

Οι απώλειες φορτίου που οφείλονται στην τραχύτητα και τα διάφορα εξαρτήματα που βρίσκονται σε διακλαδώσεις του υπό εξέταση δικτύου είναι σχεδόν δεδομένες.

Η υδραυλική αντίσταση που πιθανά δημιουργεί ο εγκλωβισμένος αέρας στο δίκτυο μπορεί να αφαιρεθεί. Ο αέρας που εγκλωβίζεται στο δίκτυο, εκτός από τις διακοπές της παροχής είναι αποτέλεσμα της στασιμότητας της κυκλοφορίας του νερού κάθε βράδυ λόγω σημαντικής μείωσης της κατανάλωσης.

Κρίνεται επομένως αναγκαία η τοποθέτηση περισσότερων εξαεριστικών στο δίκτυο, για τη μείωση πιθανών απωλειών ενέργειας και νερού, **για αυτό προτείνουμε εμπειριστατωμένη μελέτη για τον αριθμό και την θέση των νέων εξαεριστικών** στο δίκτυο.

Τοποθέτηση ηλεκτρονικών αισθητήρων πληρότητας που με την σειράν τους να δίνουν σήμα διακοπής της παροχής πλήρωσης δεξαμενών.

β) Σημαντικές απώλειες νερού συναντάμε κατά την πλήρωση των δεξαμενών των 500 τόνων. Σήμερα η παρακολούθηση πλήρωσης γίνεται από υπαλλήλους της υδατοπρομήθειας. Ο ανθρώπινος παράγοντας αναπόφευκτα συμβάλλει στην υπερχείλιση των δεξαμενών, με αποτέλεσμα το νερό να χύνεται στην θάλασσα.

Υπάρχει επιτακτική ανάγκη τοποθέτηση ηλεκτρονικών αισθητήρων πληρότητας που με την σειράν τους να δίνουν σήμα διακοπής της παροχής πλήρωσης.

Αυτό το σήμα θα ελέγχει την βάννα εισόδου δύο καταστάσεων. Η αναπόφευκτη αύξηση πίεσης στο δίκτυο τροφοδοσίας θα επιλαμβάνεται από δύο μέτρα. Πρώτα η αντλία τροφοδοσίας θα ελέγχεται από μανόμετρο στην έξοδό της και δεύτερο η ανάγκη ύπαρξης βαλβίδας ανακούφισης με υπερχείλιση στην δεξαμενή προορισμού.

Παράρτημα 1

Πίνακας 1: Δεδομένα καταναλώσεων Δήμου Πάφου

ΤΜΗΜΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΥΔΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΗΓΕΣ ΥΔΑΤΟΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ					
Πηγή: Τμήμα Υδροπρομήθειας και ΤΑΥ					
ΧΡΟΝΙΑ	ΖΗΤΗΣΗ / ΠΑΡΟΧΗ-ΠΑΡΑΓΩΓΗ (t)	ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΤΕΣ (t)	ΑΠΩΛΕΙΕΣ (t)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΩΛΕΙΑΣ (%)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΤΩΝ
2002	4106861	2879820	1227041	29.87783127	
2003	4637336	3149236	1488100	32.08954451	19377
2004	4766172	3238544	1527628	32.05146604	20772
2005	4996015	3322252	1673763	33.50196106	22616
2006	4731582	3318939	1412643	29.855617	24267
2007	4517119	3353402	1163717	25.76237199	25655
2008	3544041	3010946	533095	15.04200995	26566
2009	3879448	2931962	947486	24.42321691	27613
2010	4206557	2902868	1303689	30.99183014	28423
2011	3899180	2860230	1038950	26.64534594	28878
2012	4199720	2873101	1326619	31.58827255	29196

Παράρτημα 2

Μετρήσεις στο δίκτυο προσομοίωσης

	Από την αντλία	A	A	A	E	E	B	B	
	D6"	D6"	D6"	D6"	D6"	D6"	D6"	D6"	D6"
	p1	p2	p3	p9	p10	p11	p12	p13	Qm ³ /h
1	0	0	0	0.01	0.09	0.1	0	0	80
2	0	0.04	0	0.09	0.17	0.17	0	0	92
3	0.06	0.14	0.05	0.15	0.25	0.25	0	0	102
4	0.16	0.25	0.1	0.25	0.34	0.33	0.02	0	113
5	0.28	0.31	0.16	0.35	0.43	0.42	0.1	0	123
6	0.4	0.45	0.41	0.5	0.53	0.59	0.18	0.03	134
7	0.53	0.62	0.54	0.63	0.64	0.61	0.28	0.12	144
8	0.66	0.75	0.66	0.73	0.75	0.71	0.36	0.2	153
9	0.8	0.89	0.8	0.87	0.85	0.81	0.45	0.28	163
10	0.96	1.06	0.96	1.02	0.99	0.93	0.55	0.41	174
11	1.12	1.21	1.12	1.17	1.12	1.06	0.64	0.5	183
12	1.25	1.4	1.25	1.33	1.27	1.19	0.77	0.62	194
13	1.45	1.55	1.45	1.47	1.4	1.32	0.84	0.65	203
14	1.65	1.75	1.64	1.66	1.55	1.48	0.96	0.8	213
15	1.85	1.95	1.83	1.85	1.73	1.65	1.1	0.91	223
16	2.05	2.16	2.05	2.05	1.92	1.8	1.22	1.07	233
17	2.25	2.36	2.25	2.23	2.07	1.95	1.35	1.23	243
18	2.46	2.6	2.5	2.45	2.27	2.17	1.42	1.31	254
19	2.72	2.83	2.71	2.67	2.48	2.33	1.6	1.49	262
20	2.93	3.05	2.92	2.83	2.6	2.47	1.76	1.54	270
21	3.12	3.23	3.11	3	2.79	2.64	1.88	1.68	278
22	3.34	3.48	3.33	3.24	2.97	2.83	2.01		288

Συνέχεια στις μετρήσεις στο δίκτυο προσομοίωσης

	Από την αντλία	A		Δ	Δ	Γ	Γ	
	D6"	D6"	D3"	D3"	D3"	D3"	D3"	D3"
	ρ1	ρ3	ρ4	ρ5	ρ6	ρ7	ρ8	Qm ³ /h
1	0	0	0	0.05	0	0	0	15
2	0	0.08	0.03	0.12	0	0	0	18
3	0.1	0.15	0.11	0.19	0	0	0	20
4	0.21	0.3	0.19	0.26	0.06	0	0	22
5	0.35	0.43	0.3	0.35	0.14	0	0	24
6	0.5	0.57	0.4	0.44	0.22	0.01	0.01	26
7	0.65	0.72	0.5	0.53	0.31	0.07	0.06	28
8	0.81	0.89	0.62	0.63	0.4	0.12	0.11	30
9	1	1.07	0.76	0.76	0.51	0.19	0.18	32
10	1.16	1.25	0.89	0.86	0.6	0.26	0.24	34
11	1.35	1.44	1.02	0.98	0.72	0.32	0.3	36
12	1.55	1.65	1.18	1.11	0.83	0.4	0.38	38
13	1.75	1.85	1.32	1.23	0.95	0.47	0.44	40
14	1.98	2.1	1.48	1.39	1.05	0.57	0.52	42
15	2.16	2.28	1.63	1.5	1.2	0.63	0.6	44
16	2.43	2.55	1.82	1.67	1.34	0.72	0.69	46
17	2.68	2.8	2	1.83	1.48	0.81	0.77	48
18	2.92	3.04	2.18	1.97	1.62	0.91	0.85	50
19	3.2	3.31	2.36	2.15	1.77	1.01	0.95	52
20	3.5	3.6	2.55	2.32	1.94	1.1	1.03	55
21	3.72	3.86	2.73	2.47	2.13	1.22	1.15	56
22	3.97	4.08	2.95	2.64	2.22	1.31	1.22	58

Ευχαριστώ για την προσοχή σας.