

Ολοκληρωμένο Θέμα Υδραυλικού Σχεδιασμού:

«Σχέδιο διαχείρισης υδατικών πόρων νομού Αργολίδας»

Ομάδα Εργασίας:

Αντωνογιαννάκης Γιώργος
Παπαλάμπρου Βίβιαν
Πέττας Γ. Αντώνης
Πυθαρούλιου Αγγελίνα
Σακκή Τζωρτζίνα

Επιβλέποντες Καθηγητές:

Κουτσογιάννης Δημήτριος
Μαμάσης Νικόλαος
Νάνου – Γιάνναρου Αικατερίνη

Περιοχή μελέτης

- ▶ Αργολίδα
 - Ανατολική Πελοπόννησος
 - Υδατικό Διαμέρισμα 03
- ▶ Γεωγραφία, Γεωμορφολογία
 - Ένας ορεινός όγκος και πεδινές εκτάσεις περικλειόμενες από θάλασσα στα Νοτιοανατολικά
 - Ασβεστολιθικά πετρώματα και καρστικοί σχηματισμοί



Ιστορική Αναδρομή του προβλήματος

- Αύξηση καλλιεργειών (1980-1990) → ανεξέλεγκτες γεωτρήσεις
- Υπεράντληση → δημιουργία υφάλμυρης ζώνης
- 1990: Τεχνητός εμπλουτισμός χωρίς αποτέλεσμα
- Κακή ποιότητα υπογείων υδάτων
 - Υψηλή αλατότητα (600-900 ppm)
 - Υψηλή περιεκτικότητα σε νιτρικά (φυτοφάρμακα)
 - Ελλιπής επεξεργασία αποβλήτων



Ιστορική Αναδρομή του προβλήματος

- ▶ Ελλιπής διαχείριση των πηγών
- ▶ Μεμονωμένες πρωτοβουλίες σε ότι αφορά την διαχείρισή τους
- ▶ Μερική αξιοποίηση των υφιστάμενων έργων
- ▶ **Όχι ποσοτική έλλειψη νερού, αλλά «Διαχειριστικό Έλλειμμα» και ποιοτική ανεπάρκεια**

Πηγές

► Κεφαλάρι

- Έντονες διακυμάνσεις
- $25 \div 140 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$
- Μηδενική παροχή την ξηρή περίοδο

► Λέρνη

- Μικρές διακυμάνσεις
- $19 \div 64 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$
- Συνεχής ροή



Πηγές

► Κρόη (Αμυμώνη)

- Μικρές διακυμάνσεις
- $4 \div 11 \times 10^6 \text{ m}^3/\gamma$

► Κιβέρι

- Παράκτιες-υποθαλάσσιες καρστικές πηγές
- $409 \times 10^6 \text{ m}^3/\gamma$
- Μεγάλες συγκεντρώσεις:
 - Σιδήρου
 - Μαγγανίου
 - Μολύβδου
 - Χλωριόντων



Πηγές

➤ Ανάβαλος

- Συστάδα καρστικών υποθαλάσσιων πηγών
- Δυναμικότητα πηγής $12\text{m}^3/\text{s}$ ($43.000\text{m}^3/\text{h}$)
- Δυναμικότητα έργου $8\text{m}^3/\text{s}$ ($30.000\text{m}^3/\text{h}$)
- 500 ppm σημειακά



Προσπάθειες αντιμετώπισης του προβλήματος

Έργα που υλοποιήθηκαν:

- Φράγμα Αναβάλου (μερική αξιοποίηση του έργου)
- Εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα
- Αναβάθμιση νομοθετικού πλαισίου
- Μεταφορά νερού από πηγές Λέρνης και Κεφαλαρίου (για ύδρευση)





Παραμένοντα προβλήματα

Αποτυχία επίλυσης προβλημάτων μέσω των υφιστάμενων τεχνικών υποδομών.

- Κακή ποιότητα νερού Αναβάλου (υψηλή αλατότητα)
- Μη αξιοποίηση των πηγών
- Έλλειψη πολιτικής βούλησης για αξιοποίηση υφιστάμενων μελετών και διαχειριστικών πλάνων
- Ελλιπής ενημέρωση για το πρόβλημα

Πρόταση 0: Do nothing scenario

- Εκμετάλλευση Αναβάλου για άρδευση
- Πηγές για ύδρευση
- Ανάμειξη νερού Αναβάλου και πηγών κατά τους θερινούς μήνες για άρδευση
- Κόστος ανά κυβικό νερού

Χρήση	Τιμή €/m ³
Ύδρευση	0,70-0,80
Άρδευση	0,15

- Προβλήματα:
 - Υψηλή αλατότητα Αναβάλου → Πιθανότητα υποβάθμισης εδάφους
 - Υψηλό μικροβιακό φορτίο πηγής Λέρνης

Εκτίμηση αναγκών

ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ		
Καλλιεργήσιμες εκτάσεις (στρέμματα)		300.000
Ζήτηση για άρδευση (m ³ /y)		306,6×10 ⁶
Κάτοικοι	Μόνιμοι	97.000
	Εποχιακοί	194.000
Ζήτηση για ύδρευση (m ³ /y)		14,2×10 ⁶
Σύνολο ζητήσεων (m ³ /y)		320,8×10 ⁶

ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ		
Καλλιεργήσιμες εκτάσεις (στρέμματα)		300.000
Έκταση γκολφ (στρέμματα)		768
Ζήτηση για άρδευση (m ³ /y)		308,4×10 ⁶
Κάτοικοι	Μόνιμοι	106.700
	Εποχιακοί	213.400
Κλίνες ξενοδοχειακής μονάδας		2.500
Ζήτηση για ύδρευση (m ³ /y)		15,9×10 ⁶
Σύνολο ζητήσεων (m ³ /y)		324,3×10 ⁶

Εκτίμηση προσφοράς παροχών

ΜΕΣΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ ΠΗΓΩΝ (m ³ /y)		
	ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ
Ανάβαλος	262,8×10 ⁶	262,8×10 ⁶
Λέρνη	56,9×10 ⁶	35×10 ⁶
Κεφαλάρι	70×10 ⁶	21,9×10 ⁶
Κρόη	9,6×10 ⁶	2,6×10 ⁶
Υπόγειος Υδροφόρας	83,2×10 ⁶	83,2×10 ⁶
Σύνολο	482,7×10 ⁶	405,6×10 ⁶
Προσφορά χωρίς υπόγειο υδροφόρο	399,5×10 ⁶	322,4×10 ⁶

Χρονικός ορίζοντας αποκατάστασης

- ▶ Η προσέγγιση του χρονικού ορίζοντα αποκατάστασης βασίζεται:
 - ▶ στην ικανότητα κατιοντικής ανταλλαγής του πορώδους μέσου
 - ▶ στο φαινόμενο ειδικό βάρος του
 - ▶ στο πορώδες του
 - ▶ στο πάχος του υδροφορέα
 - ▶ στην κατείσδυση από τις βροχοπτώσεις
 - ▶ στις συγκεντρώσεις στο υφάλμυρο νερό σε mol/l των Cl^- , Na^+ , Ca^{2+} και Mg^{2+} .

Περιοχή	Πάχος b (m)	Πορώδες (%)	Κατείσδυση (mm/year)	Συγκέντρωση ιόντων σε mol			
				Cl^-	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
Αργολικό πεδίο	56	24	150	0,028	0,0069	0,0033	0,0144

Περιοχή	Χρονική διάρκεια αποκατάστασης σε έτη			
	Cl^-	Na^+	Mg^{2+}	Σύνολο
Αργολικό πεδίο	90	66	285	441

Χαρτογράφηση προσβεβλημένης περιοχής από υφαλμύριση

► Μέθοδος **GALDIT**

- Βαθμονομημένες παράμετροι σε κλίμακα από το 1 έως το 10 με αντίστοιχους συντελεστές βαρύτητας
 - Ο τύπος του υδροφόρου στρώματος (**G**roundwater occurrence)
 - Η υδραυλική αγωγιμότητα υδροφορέα (**A**quifer hydraulic conductivity)
 - Το υδραυλικό φορτίο άνω της θαλάσσιας στάθμης (Height of groundwater **L**evel above sea level)
 - Η απόσταση από την ακτή (**D**istance from the shore)
 - Η υφιστάμενη κατάσταση υφαλμύρισης (Impact of existing status of seawater intrusion)
 - Το πάχος του υδροφορέα (**T**hickness of aquifer mapped)

	G	A	L	D	I	T
Συντελεστές βαρύτητας	1	3	4	4	1	2

- Δείκτης **GALDIT** = $\sum w_i \cdot r_i$,

w_i : ο συντελεστής βαρύτητας κάθε παραμέτρου

r_i : η βαθμονομημένη τιμή κάθε παραμέτρου



Πρόταση 1: Αφαλάτωση Ανάβαλου για ύδρευση και λοιπές πηγές για άρδευση

► Περιγραφή πρότασης 1:

- Κατασκευή μονάδας αφαλάτωσης για κάλυψη των υδρευτικών αναγκών με υψηλής ποιότητας νερό
- Ανάμειξη της περίσσειας με νερό από τις φυσικές πηγές (Λέρνη, Κεφαλάρι, Κρόη) με σκοπό την μείωση της αλατότητας

Συνοδά Έργα:

- Κατασκευή δεξαμενής ανάμειξης του αρδευτικού νερού
- Κατασκευή δεξαμενής αποθήκευσης επεξεργασμένου νερού για ύδρευση
- Δημιουργία ή/και επέκταση δικτύου διανομής



Πρόταση 1: Αφαλάτωση Ανάβαλου για ύδρευση και λοιπές πηγές για άρδευση

► Πλεονεκτήματα πρότασης 1:

- Άρδευση με νερό χαμηλής αλατότητας λόγω ανάμειξης
- Υψηλή ποιότητα υδρευτικού νερού
- Μέγιστη αξιοποίηση του νερού του Ανάβαλου

► Προβλήματα πρότασης 1:

- Διαμόρφωση του δικτύου διανομής ύδρευσης και άρδευσης
- Μικρό έλλειμμα τους καλοκαιρινούς μήνες
- ❖ Συντονισμένη διαχείριση και χρήση των γεωτρήσεων με σκοπό την ανακούφιση του υπόγειου υδροφορέα
- ❖ Τεχνικά Έργα

Ισοζύγιο πρότασης 1

ΥΔΡΕΥΣΗ					
Κάτοικοι (2051)		Υδρευτικές ανάγκες (m ³ /y)	Έργο εξυπηρέτησης	Θεωρητική προσφορά (m ³ /y)	Περίσσεια (m ³ /y)
Μόνιμοι	Εποχιακοί				
106.700	218.400	15,9×10 ⁶	Ανάβαλος	262,8×10 ⁶	246,9×10 ⁶

ΑΡΔΕΥΣΗ					
Καλλιεργήσιμες εκτάσεις (στρέμματα)	Αρδευτικές ανάγκες (m ³ /y)	Έργο εξυπηρέτησης	Ελάχιστη προσφορά (m ³ /y)	Σύνολο (m ³ /y)	Έλλειμμα (m ³ /y)
300.768	308,4×10 ⁶	• Πηγές	59,6×10 ⁶	306,5×10 ⁶	1,9×10 ⁶

Μονάδα Αφαλάτωσης

► Κριτήρια επιλογής κατάλληλης μεθόδου αφαλάτωσης:

- Προέλευση νερού (υφάλμυρο ή θαλασσινό)
- Δυναμικότητα μονάδας
- Ενεργειακή διαθεσιμότητα και διαθέσιμο budget



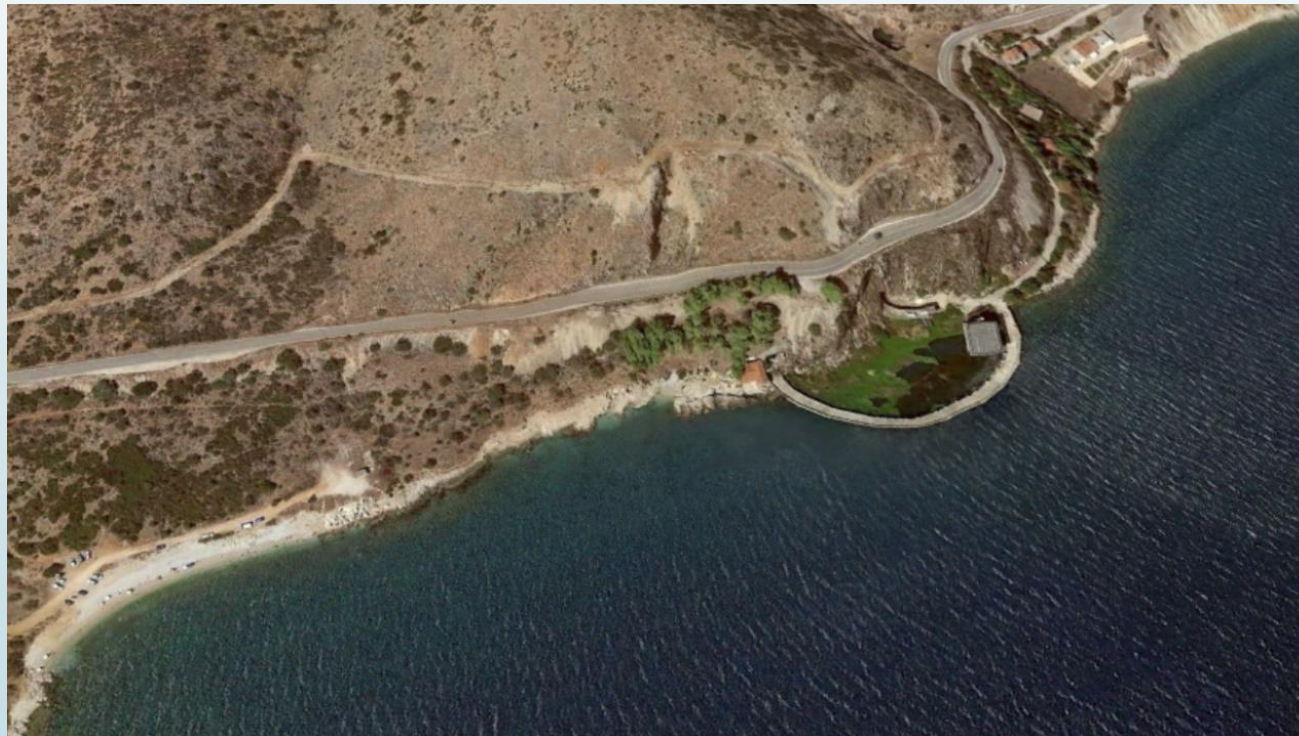
Αντίστροφη
ώσμωση

► Δεδομένα σχεδιασμού:

- 400 – 450 mg/L χλωριούχα
- Χαμηλό μικροβιολογικό φορτίο
- Δυναμικότητα 1 600 m³/h με δυνατότητα επέκτασης

Μονάδα Αφαλάτωσης

► Χωροθέτηση



Αθήνα, 2020

Μονάδα Αφαλάτωσης

- Γενική διάταξη
 - Προεπεξεργασία
 - ❑ δείκτης ρυπαρότητας SDI (Silt Density Index)
 - ❑ Θολότητα $\leq 0,2$ NTU
 - ❑ Ελεύθερο Χλώριο $\leq 0,02$ ppm
 - Αντίστροφη ώσμωση
 - Τελική Επεξεργασία
 - ❖ Διάθεση Άλμης



Φίλτραση σε Πολλαπλά Στρώματα
Άμμου

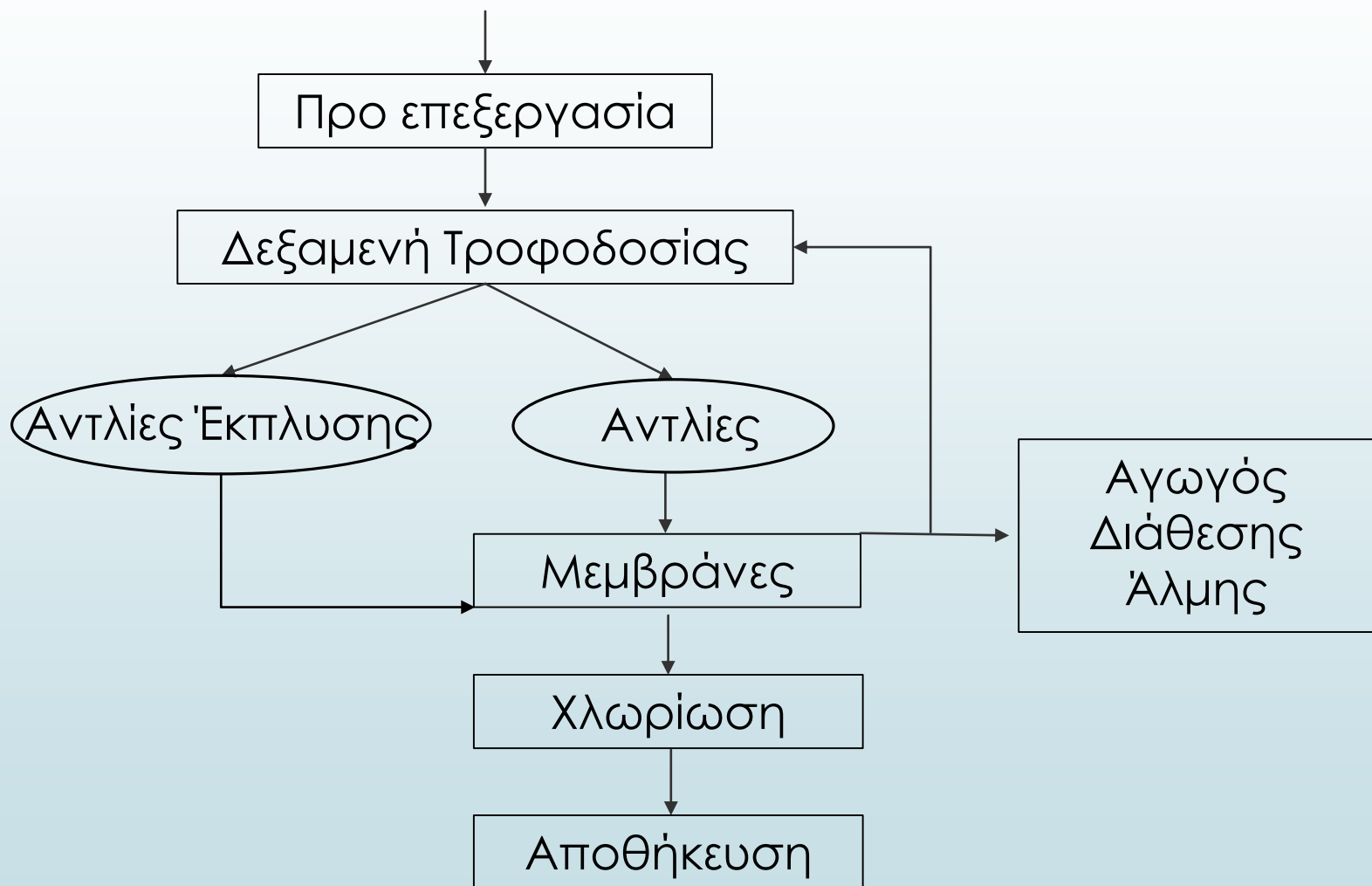
Φίλτραση μέσω Φίλτρων Φυσιγγίων



Μονάδα Αφαλάτωσης

- ▶ Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις
 - Θαλάσσιο Περιβάλλον
 - Φυσικοί Πόροι
 - Πανίδα
 - Υποβάθμιση Χρήσεων γης
 - Αισθητική ρύπανση
 - Ηχητική ρύπανση
- ❖ Συμπεράσματα..

Διάγραμμα ροής μονάδας αφαλάτωσης





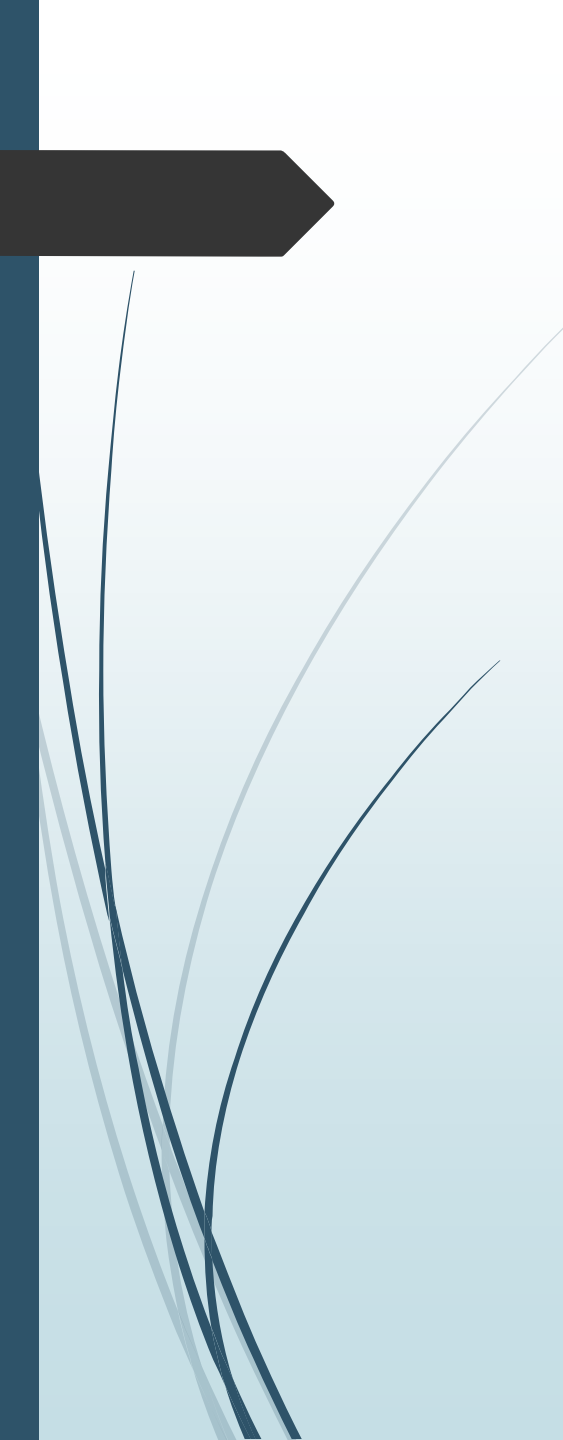
Διερεύνηση: Αφαλάτωση Ανάβαλου για κάλυψη υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών

► Όφελος πρότασης :

- Καλύτερη ποιότητα νερού

► Προβλήματα πρότασης :

- Ανεπάρκεια Ανάβαλου για κάλυψη όλων των αναγκών
- Ανάγκη για ανάμειξη με τις άλλες πηγές
- Μη βιώσιμο κόστος για άρδευση και ύδρευση



Πρόταση 2: Φράγμα Τζερτζελιάς, μέρος των πηγών για ύδρευση με επεξεργασία νερού και ανάμειξη πηγών και Αναβάλου για άρδευση

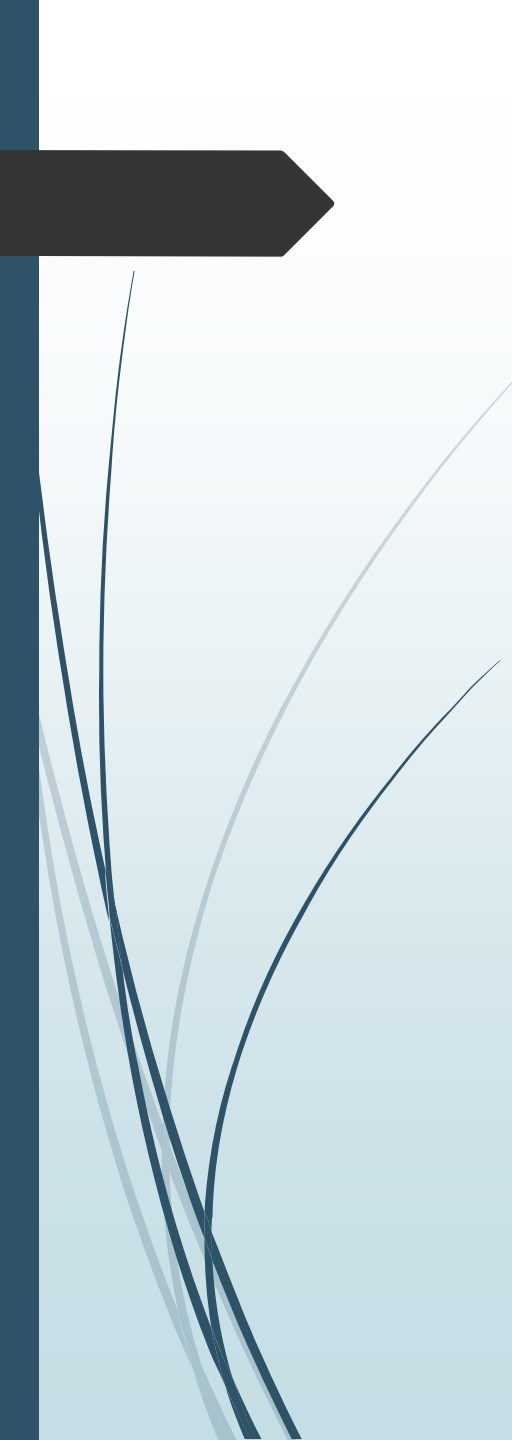
► Περιγραφή πρότασης 2:

- Υλοποίηση της υπάρχουσας μελέτης του φράγματος
- Κάλυψη αναγκών Ερμιονίδας, Ιρίων, Κρανιδίου, Καρνεζαϊικών από το φράγμα Τζερτζελιάς
- Κάλυψη αναγκών των λοιπών διαμερισμάτων του Νομού από τις πηγές
- Επεξεργασία νερού των πηγών για ύδρευση
- Ανάμειξης πλεονάζοντος νερού από τις πηγές με τον Ανάβαλο για άρδευση

Ισοζύγιο πρότασης 2

ΥΔΡΕΥΣΗ								
Περιοχή	Κάτοικοι (2051)		Σύνολο (2051)	Υδρευτικές ανάγκες (m ³ /γ)	Έργο εξυπηρέτησης	Ελάχιστη προσφορά (m ³ /γ)	Οικολογική παροχή (m ³ /γ)	Περίσσεια (m ³ /γ)
	Μόνιμοι	Εποχιακοί						
Ερμιονίδα	5.902	16.805	46.364	3,5×10 ⁶	Τζερτζελιά	4,05×10 ⁶	613.200	52.122
Κρανίδι	13.610	27.221						
Ίρια	1.054	2.108						
Καρνεζαίικα	115	230						
Υπόλοιπες	86.017	167.034	167.034	12,4×10 ⁶	Πηγές	59,6×10 ⁶	-	47,4×10 ⁶

ΑΡΔΕΥΣΗ						
Καλλιεργήσιμες εκτάσεις (σε όλες τις περιοχές)	Αρδευτικές ανάγκες (m ³ /γ)	Έργο εξυπηρέτησης	Προσφορά (m ³ /γ)		Περίσσεια (m ³ /γ)	
			Χειμώνας	Θέρος	Χειμώνας	Θέρος
300.768	308,4×10 ⁶	Ανάβαλος (m ³ /γ)	262,8×10 ⁶	262,8×10 ⁶	78,9×10 ⁶	1,8×10 ⁶
		Πηγές (m ³ /γ)	124,5×10 ⁶	47,4×10 ⁶		



Πρόταση 2: Φράγμα Τζερατζελιάς, μέρος των πηγών για ύδρευση με επεξεργασία νερού και ανάμειξη πηγών και Αναβάλου για άρδευση

► Οφέλη πρότασης 2:

- Βέλτιστη λύση για τη συνολική αντιμετώπιση του προβλήματος
- Επίλυση προβλήματος στο μικροβιακό φορτίο της Λέρνης
- Καλύτερη ποιότητα υδρευτικού νερού
- Παρακίνηση για διακοπή παράνομων αντλήσεων

► Προβλήματα πρότασης 2:

- Διατήρηση υψηλής αλατότητας του νερού Αναβάλου
- Δημιουργία αρκετών έργων

Φράγμα Τζερτζελιάς

► Βασικά στοιχεία:

- Επιλογή τελικής θέσης Β1β → Καλύτερα μηχανικά χαρακτηριστικά
- Εξυπηρετούμενοι δήμοι → Δ. Κρανιδίου, Δ.Δ Ερμιόνης, Ιρίων, Καρνεζαϊϊκών
- Εξυπηρετούμενος πληθυσμός → 63.984 κάτοικοι (για το έτος 2043)
- Όγκος νερού → 4.000.000 m³
- Οικολογική παροχή → 0,025 m³/s
- Προϋπολογισμός → 30.800.000 €

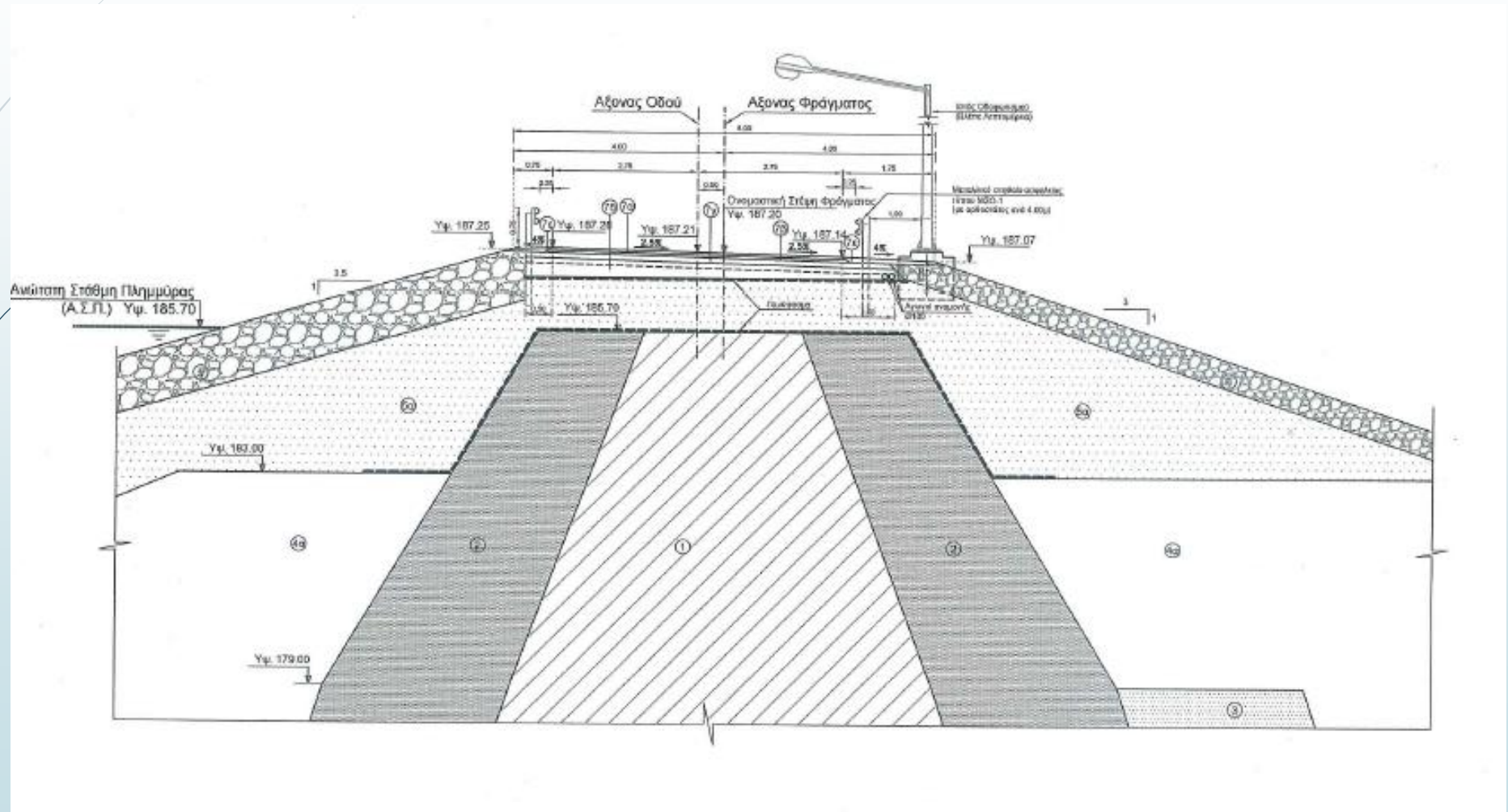
Χωροθέτηση



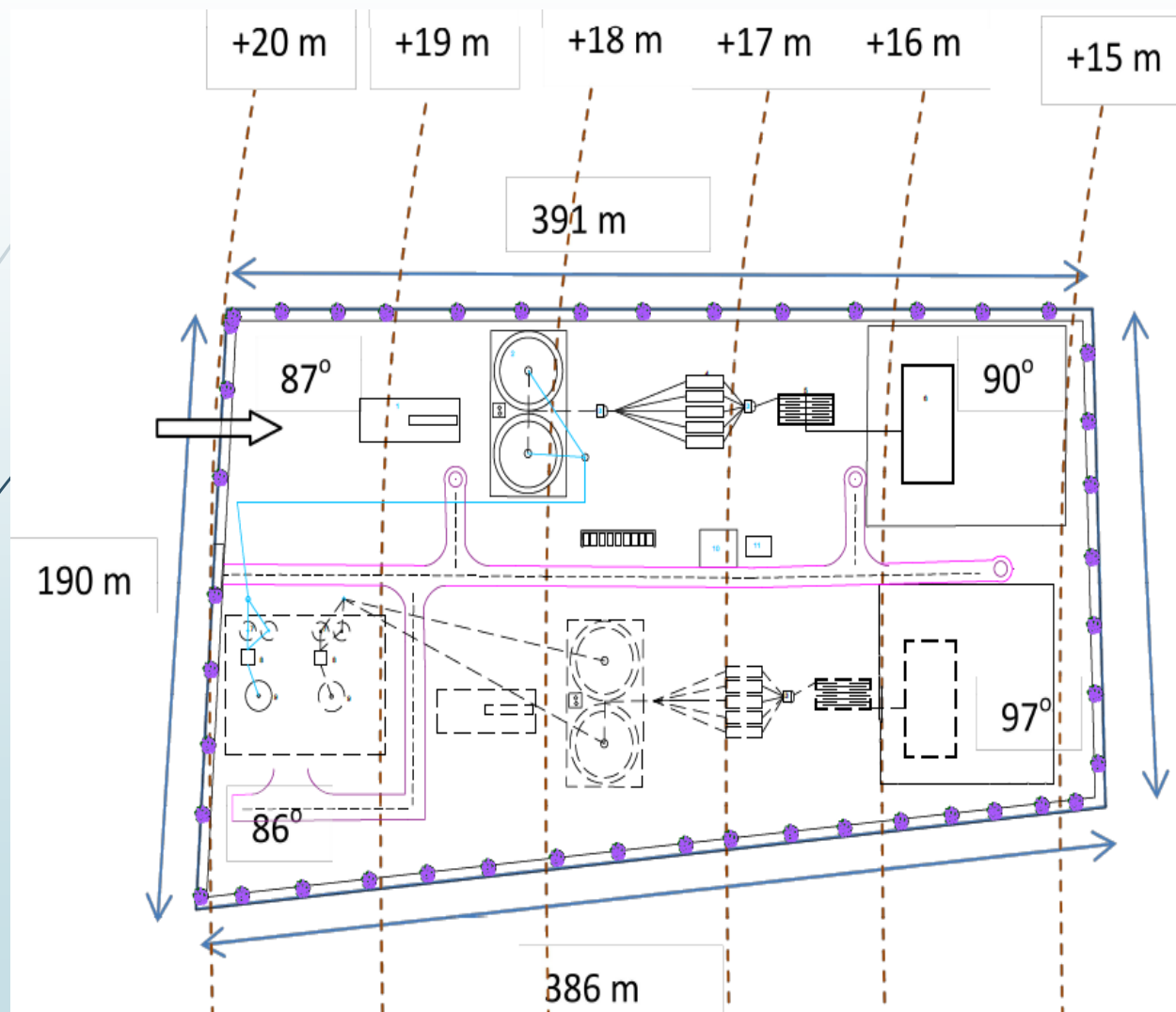
Λεκάνη απορροής



Διατομή

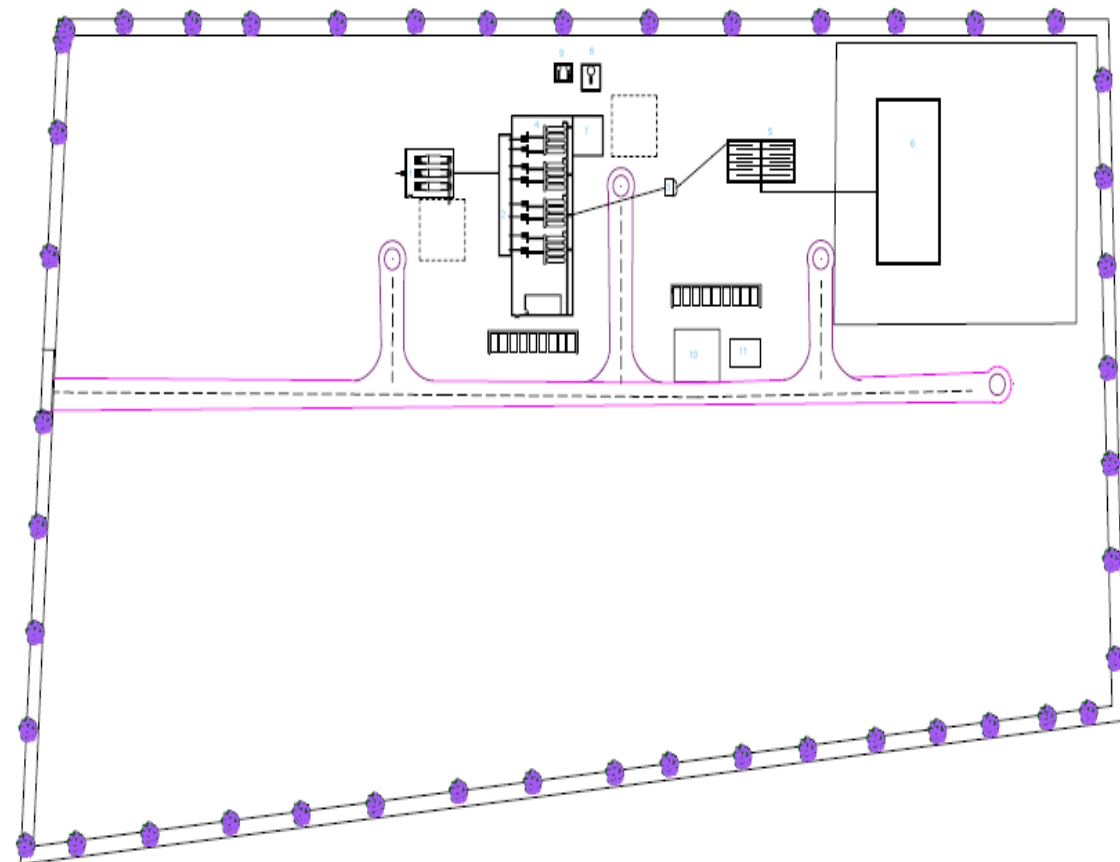


Γενική διάταξη ΕΕΝ με συμβατική επεξεργασία



ΕΡΓΑ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ
Σιλό θειικού αργιλίου	6 m ³
Αντλίες θειικού αργιλίου	1.5 m ³ /h
Αντλίες πολύ/λύτη	200m ³ /h
Δεξαμενή Ταχείας μίξης	17 m ³
Δεξαμενή καθίζησης	600 m ³
Δεξαμενή κροκίδωσης	72 m ²
Δεξαμενή διύλισης	60 m ²
Δεξαμενή απολύμανσης	220 m ²
Δεξαμενή αποθήκευσης	800 m ²
Δεξαμενή πάχυνσης	75 m ²
Φ. αφυδάτωσης	1.5 m

Γενική διάταξη ΕΕΝ με υπερδιήθηση



ΕΡΓΑ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ
Προεπεξεργασίας	200 m ²
Αντλίες υποχλωριώδους νατρίου	40 l/h
Αντλίες καυστικού νατρίου	30 l/h
Αντλίες υδροχλωρικού οξέος	30 l/h
Δεξ/νή υποχλωριώδους νατρίου	15 m ³
Δεξ/νή καυστικού νατρίου	5 m ³
Δεξ/νή υδροχλωρικού οξέος	5 m ³
Αντλίες τροφοδοσίας UF	2.250 m ³ /h
Μεμβράνες UF	8.000 m ²
Αντλίες αντίστροφης πλύσης	800 m ³ /h
Δεξαμενή απολύμανσης	220 m ²
Δεξαμενή αποθήκευσης	800 m ²

Τεχνητός Εμπλουτισμός

- Μέθοδοι: άμεσος (λεκάνες και φρεάτια εμπλουτισμού)- έμμεσος (διευθέτηση υδατορεύματος, η μέθοδος των συνθετικών)
- Ιστορικό περιοχής

Έτος	Συνολικές ποσότητες νερού για τεχνητό εμπλουτισμό (m ³)	Δαπάνες εμπλουτισμού (€)
1990	3.094.000	73.847,60
1991	6.929.580	70.761,09
1992	5.685.370	112.451,47
1993	3.891.590	128.508,36
1994	14.000.000	80.537,53
1995	13.592.000	36.124,89
1996	7.224.000	13.923,00
1997	4.000.000	22.521,67
1998	4.918.920	34.836,68
2001	2.618.000	16.815,03
2002	6.542.855	58.845,00
2003	2.800.000	17.556,00
2004	3.358.000	27.150,00
2008	144.320	3.057,00
2009	6.877.596	41.000,00
2010	4.587.466	29.340,00
ΣΥΝΟΛΟ	90.263.897 m³	767.275,32 €

Αθήνα, 2020



Τεχνητός Εμπλουτισμός

- ▶ Συμπεράσματα εφαρμογής στο Αργολικό πεδίο:
 - ▶ Τοπικές ανυψώσεις υπόγειας στάθμης
 - ▶ Ελάχιστη βελτίωση στο σύνολο της υφαλμυρωμένης έκτασης
 - ▶ Ελάχιστη βελτίωση υδροχημείας υπογείων υδάτων
 - ▶ Αδυναμία ανακοπής θαλάσσιας διείσδυσης
 - ▶ Σύνθετη προσέγγιση λόγω καρστικού φορέα
 - ▶ Αυξημένο κόστος χωρίς υπολειμματικό όφελος
 - ▶ Σύνθετο πρόβλημα η παράλληλη λειτουργία γεωτρήσεων (νόμιμων-παράνομων)



Ευχαριστούμε για την προσοχή σας!!