

**Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Κέντρο Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Υδάτων (ΚΕΟΔΥ)**

Ημερίδα με θέμα: *Υδροτεχνολογίες στην Αρχαία Ελλάδα*

Θεσσαλονίκη, 22 Μαρτίου 2013

**Εξερεύνηση της αρχαιοελληνικής υδραυλικής
τεχνολογίας με τη χρήση διαδικτυακής βάσης δεδομένων**



Νίκος Μαμάσης και Δημήτρης Κουτσογιάννης

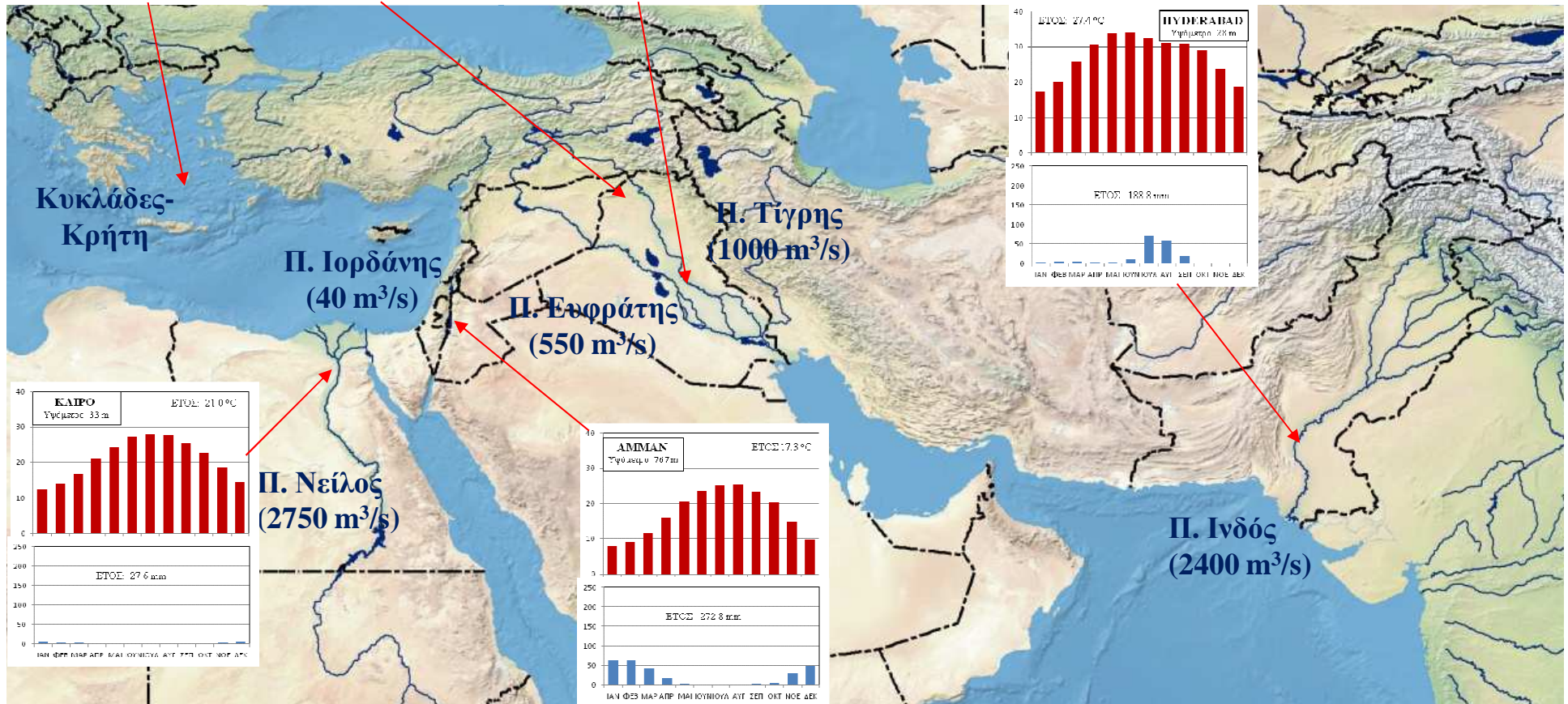
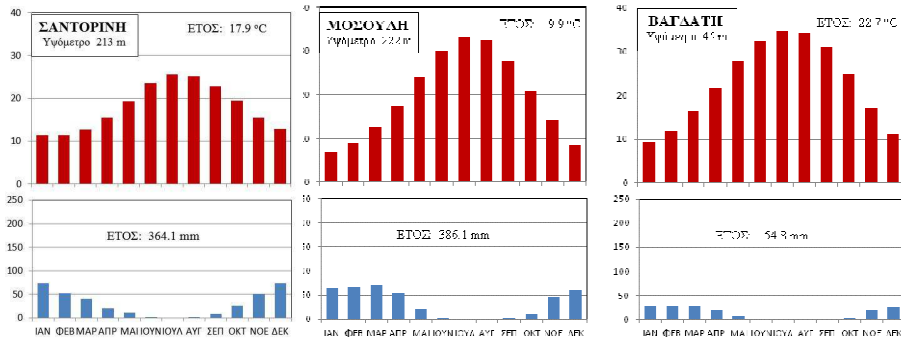
Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Η επιλογή των Ελλήνων

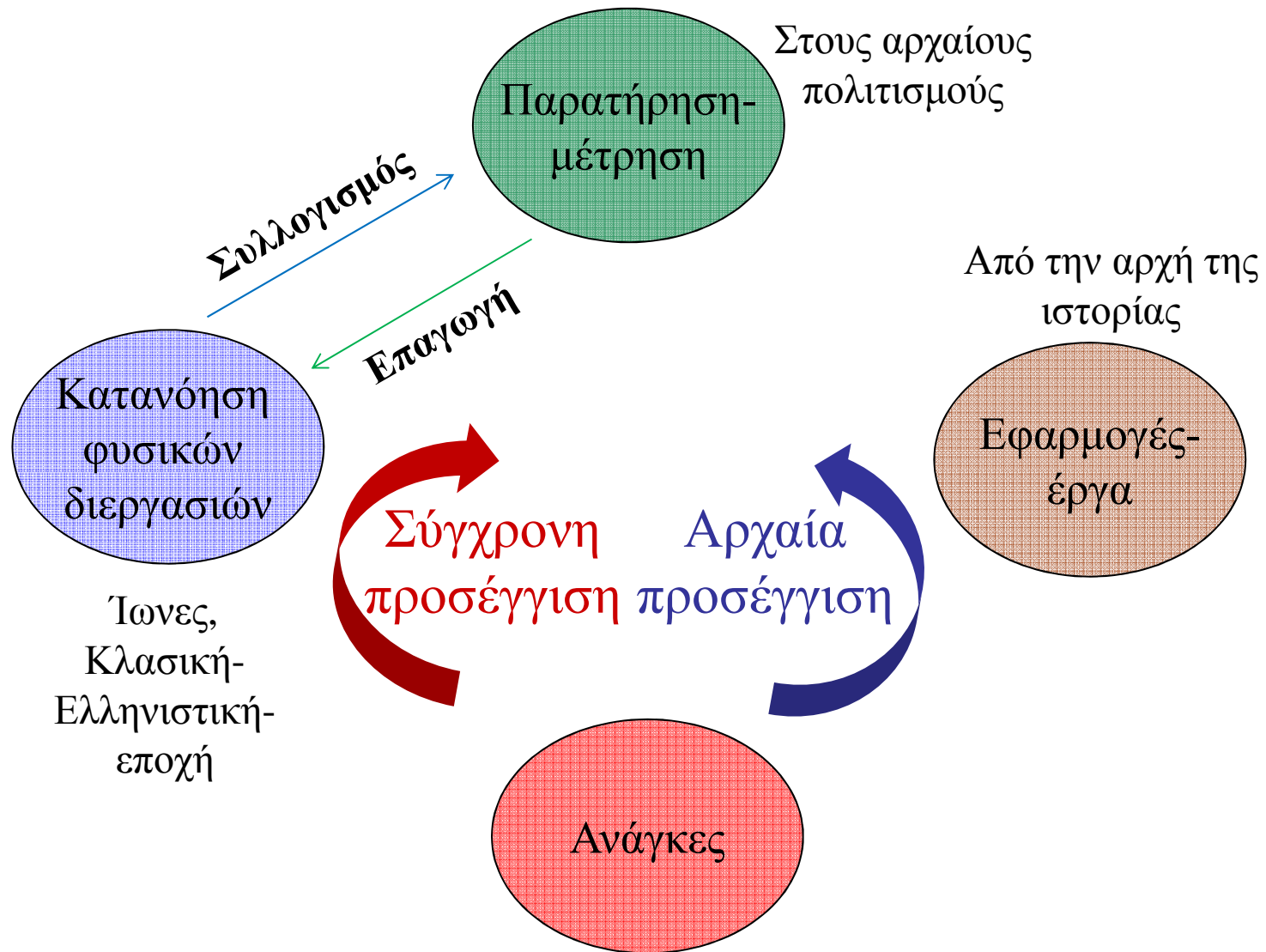
(σε σύγκριση με αυτές άλλων αρχαίων πολιτισμών)

Κλιματικά διαγράμματα και μέσες ετήσιες παροχές ποταμών σε θέσεις που εγκαταστάθηκαν αρχαίοι πολιτισμοί

Όλες οι θέσεις είναι σε ξηρό και ζεστό κλίμα, ενώ οι περισσότερες εκμεταλλεύονται μεγάλα ποτάμια.



Προσέγγιση στα υδατικά προβλήματα



Διαδικτυακός τύπος αρχαίων Ελληνικών υδραυλικών έργων

<http://itia.ntua.gr/ahw/works/>



ITIA
RESEARCH TEAM
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

Filter

List of ancient hydraulic works

Ανά construction era

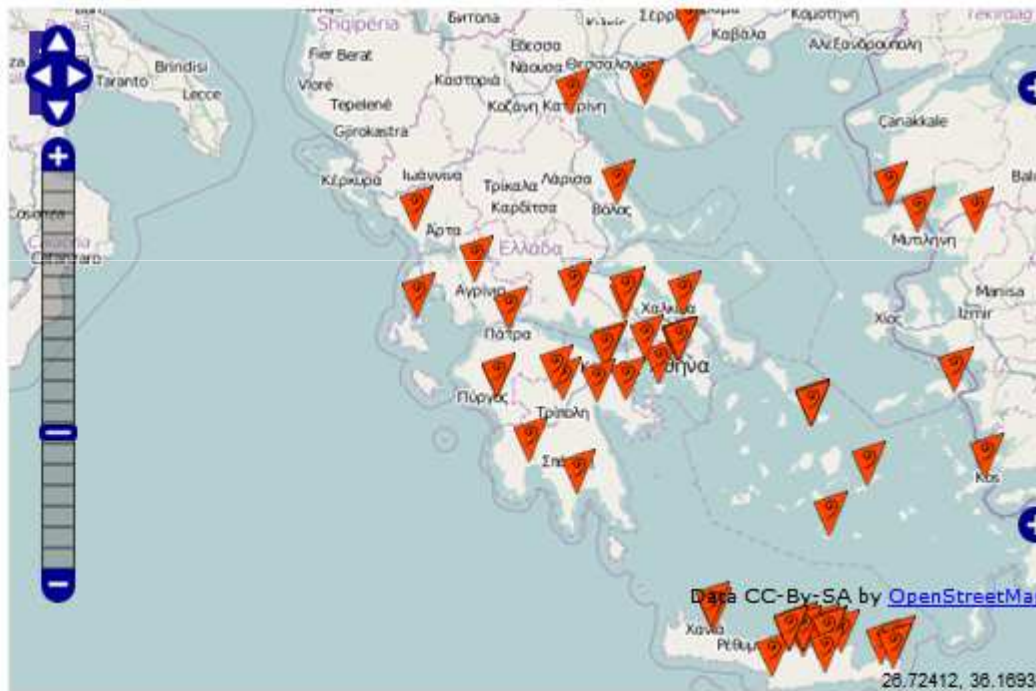
- Όλο
- Minoan-Cycladic
- Mycenaean
- Archaic
- Classical
- Hellenistic
- Roman

Ανά use

- Όλο
- Sanitary Facilities
- Urban Sewage
- Flood Prevention
- Land Drainage
- Urban Drainage
- Irrigation Water Supply
- Urban Water Supply

Ανά types

- Όλο
- Dykes
- Sewer Pipes
- Stream Control
- Dam
- Sedimentation Tank
- Water Distribution System
- Tunnel
- Siphon
- Bath tub
- Lavatory
- Fountain
- Well
- Cistern
- Aqueduct



128 works

Hydrosystem Work	Use	Construction era	Extras
Aegina Aegina cistern	Urban Water Supply	Hellenistic	
Aitolia Alysia dam	Flood Prevention	Classical	
Qiniades drainage	Land Drainage	Hellenistic	
Stratos drainage	Land Drainage	Hellenistic	
Amorgos Amorgos Lavatory	Urban Sewage	Hellenistic	

Περίοδος	Έργα
Μινωική και Κυκλαδική	28
Μυκηναϊκή	21
Αρχαϊκή	11
Κλασσική	20
Ελληνιστική	29
Ρωμαϊκή	19
Σύνολο	128

Περισσότερες από 20.000 επισκέψεις από το 2008. Τα τελευταία χρόνια περίπου 10 επισκέψεις την ημέρα. Πρώτο αποτέλεσμα στην αναζήτηση Google 'ancient hydraulic works'

Σχετικοί διαδικτυακοί τόποι

<http://www.hydraproject.net/>

<http://www.limenoscope.ntua.gr/>

Collection, Storage & Distribution of Water in Antiquity
Linking Ancient Wisdom to Modern Needs

HYDRIA Project

water management and importance about partners english العربية

Discover the wealth of the Mediterranean water management heritage. Browse case studies by:

PLACE TIME TYPE

Latest case studies

Animated waterworks

Water management at Ventotene Island, Italy

Water & Culture News

31/10/2012

Waterfronts Revisited: The Transformation of the Port Cities and the UNESCO Recommendations

National Technical University of Athens
School of Civil Engineering
Limenoscope
Ephorate of Underwater Antiquities

_MAP _HARBOURS _BACKGROUND _CONTACT

Choose port from map to display information or _HARBOURS from top links for full list...

© copyright 20132009 - National Technical University of Athens
Sponsors

WOWCREATIVEPROJECTS

Εφαρμογή

Ο κύριος στόχος του συστήματος είναι η δημιουργία μιας δεξαμενής πληροφοριών σχετικά με την αρχαία ελληνική υδραυλική τεχνολογία.

Moria aqueduct



Hydrosystem: Lesbos

Use: [Urban Water Supply](#)

Construction era: [Roman](#)

Types: [Aqueduct](#)

Operation era: Roman

Location: Greece - Lesbos island

References:

It is situated at a distance 600 m from Moria-6 km from Mitilene. It is about an arced work 170 m long and 17 m high with 17 arches. Every opening is divided into 3 successive arches supported on columns. Every column has epicranial works with moulding and abacus. The columns and the vault arches are of local marble. Nowadays it is under construction and its biggest part, the so called 'kammeres=arches) are preserved. Twelve columns are still standing while among them seven arches of the middle row and one of the lower, sculptured with grey marble, exist. On the upper top, the arch made of plinths carried the channel that brought water. Some of its parts are scattered and saved at the centre Mitiline. It is dated back in the end of 2nd or early 3rd century A.D. It has evident classical characteristics; therefore it was characterized as 'Hadrianeio-like'. The water gathered from the Olympus Big Lake, while at the total route of the 26 km it received water from other springs. It is said that the quantity of water that supplied the city was 127.000 m3 per day, a great amount even these days.

External links:

- [Panoramio - Photo of Moria: Aqueduct, juni 1986](#)
- [Panoramio - Photo of Aqueduct in Moria](#)
- [Lesvos Roman Aqueduct: Information about the Roman Aqueduct in Moria Greece, Eastern Aegean island](#)
- [THE ROMAN AQUEDUCT AT MORIA - LESVOS GREECE](#)

Attachments:

- [Video of the aqueduct in two sites](#), Video by Nikos Mamassis (8/2010), size: 17.0 Mb

"Moria aqueduct" images. Click to enlarge.



Moria site



Moria site

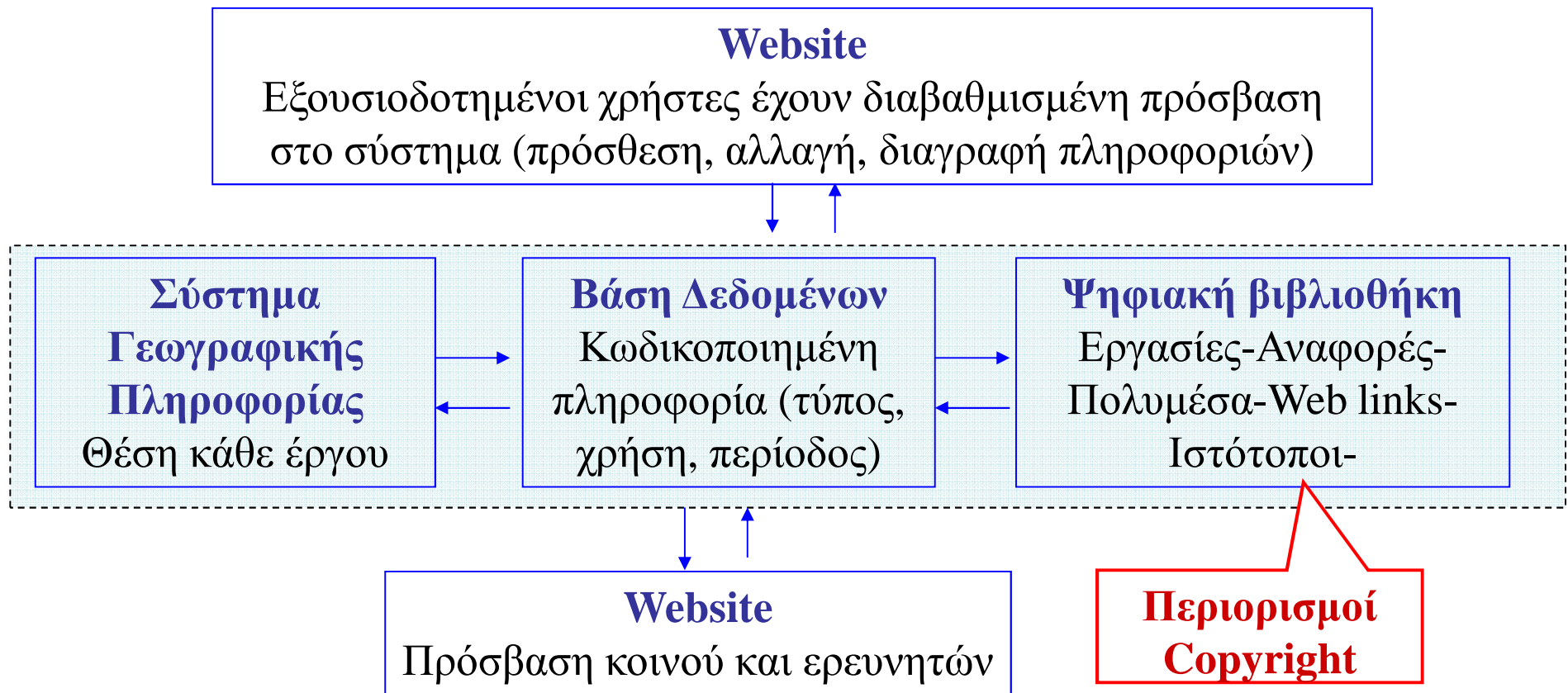


Moria site

Except where otherwise noted, the text and the pictures are copyright by their respective authors. The entire compilation is (C) 2009-2010 National Technical University of Athens

Except where otherwise noted, permission is hereby granted to copy, distribute and modify this work, either in part or the entire compilation, under the terms of the [Creative Commons Attribution - Share Alike license version 3.0](#).

Γενική δομή εφαρμογής



Χρησιμοποιήθηκαν εφαρμογές ανοικτού λογισμικού

- Python programming language
- Django web application framework
- PostgreSQL database
- Apache web server
- Debian GNU/Linux operating system

Χρησιμοποιούνται οι χάρτες <http://openstreetmap.org/> ενώ οι γεωγραφικές θέσεις ορίζονται με βάση το σύστημα αναφοράς WGS-84 (το οποίο χρησιμοποιεί και το Google Earth)

Επισκόπηση υλικού

Οι αρχαίοι Έλληνες συνδύασαν την υδραυλική τεχνολογία με την κατανόηση των υδρολογικών διεργασιών ώστε να καλύψουν μια σειρά από υδατικές ανάγκες όπως:

- Παροχή αστικού και αρδευτικού νερού
- Αποστράγγιση και αποχέτευση ομβρίων
- Αντιπλημμυρική προστασία
- Εγκαταστάσεις υγιεινής
- Αναψυχή

Σήμερα πολλές αρχαίες υδραυλικές κατασκευές έχουν διασωθεί στον ελληνικό χώρο ως αποτέλεσμα μιας ιστορίας 4000 ετών

- Απλές κατασκευές (δεξαμενές, μπάνια, πηγάδια, υδραγωγεία, πήλινοι αγωγοί, συστήματα κατακράτησης φερτών)
- Σύνθετες κατασκευές (φράγματα, σήραγγες, σίφωνες)

Ακόμη στην αρχαία βιβλιογραφία υπάρχουν πολλές αναφορές για:

- Πρακτικές διαχείρισης νερού που εφαρμόζονταν σε πολλές ελληνικές πόλεις καθώς και σχετικοί νόμοι και κανονισμοί
- Υδραυλικά έργα που δεν διασώθηκαν
- Εντυπωσιακές εξηγήσεις για τις υδρομετεωρολογικές διεργασίες (εξάτμιση, συμπύκνωση, κατακρήμνιση)
- Υδραυλικές συσκευές και μηχανισμούς

Επισκόπηση υλικού

Ενδιαφέροντα σημεία

Αειφορία κατασκευών. Πολλά έργα είναι σε κατάσταση λειτουργίας μέχρι σήμερα (Πεισιστράτειο, Αδριάνειο)

Λειτουργία υδροσυστημάτων. Σε σημαντικές θέσεις σύνολο έργων λειτουργούσε ως υδροσύστημα. Νόμοι και κανονισμοί για τη χρήση του νερού και συμμετοχή των πολιτών υποστήριζαν την λειτουργία τους (Αθήνα, Μινωικά παλάτια). Ακόμη υιοθετηθήκαν αειφόρες πρακτικές διαχείρισης νερού

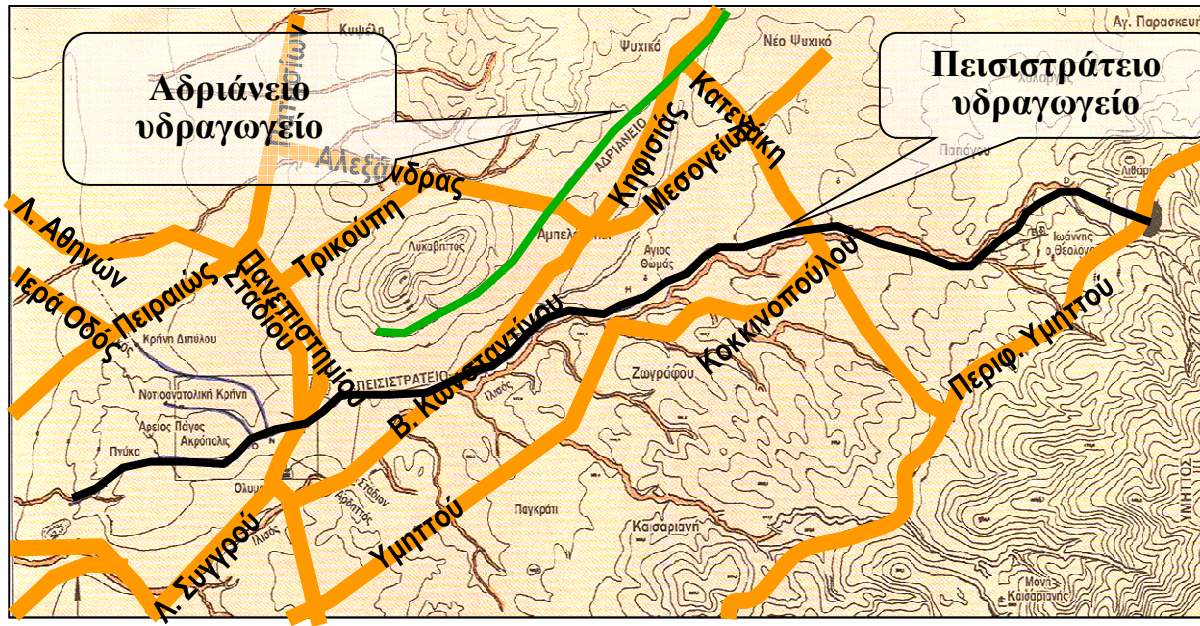
Τεχνολογικά επιτεύγματα. Σε πολλά έργα εφαρμόστηκαν προχωρημένες τεχνικές, αξιοθαύμαστες ακόμη και σήμερα (Ευπαλίνειο όρυγμα, σίφωνας Περγάμου)

Επιλογή έργων ανάλογα με τα κοινωνικά χαρακτηριστικά. Σε ορισμένες εποχές επιλεγόταν η κατασκευή μεγάλων έργων ενώ σε άλλες πιο ήπιες κατασκευές (τυραννία στην Αθήνα: Πεισιστράτειο υδραγωγείο – δημοκρατική Αθήνα: έμφαση στις δεξαμενές συλλογής ομβρίων)

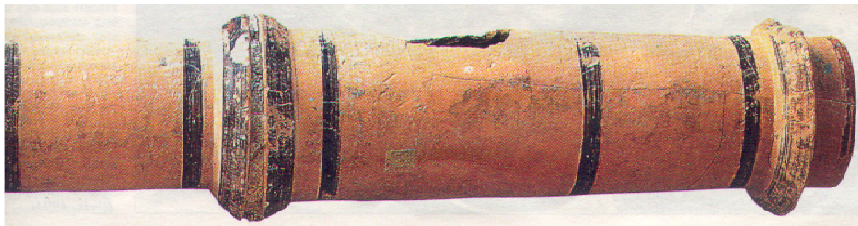
Ποιότητα ζωής. Σε πολλές θέσεις υπάρχουν εγκαταστάσεις υγιεινής (τουαλέτες, μπανιέρες) οι οποίες συγκρίνονται με τις σημερινές. Οι αρχαίοι ανέπτυξαν υψηλό βιοτικό επίπεδο σχετικό με τη χρήση νερού

Ανάπτυξη επιστήμης. Δόθηκαν πολλές επιστημονικές εξηγήσεις για τα υδρομετεωρολογικά φαινόμενα και στη συνέχεια αναπτύχθηκαν νέες τεχνικές στους Ελληνιστικούς και Ρωμαϊκούς χρόνους

Αειφόρα έργα: Πεισιστράτειο-Αδριάνειο



Το πρώτο μεγάλο υδραυλικό έργο στην Αθήνα κατασκευάστηκε από τον τύραννο Πεισίστατο (κυβέρνησε την περίοδο 546-527 π.Χ.) και τους γιούς του. Το μεγαλύτερο μέρος του είναι σε βάθος έως 14 μέτρων και περιλαμβάνει κεραμικούς σωλήνες



Αειφόρα έργα: Φράγμα Αλυζίας

Το φράγμα κατασκευάστηκε ίσως κατά την κλασική περίοδο πιθανόν για να προστατεύει την κατάντη πεδιάδα από πλημμύρες και φερτά. Διατηρείται σε άριστη κατάσταση μέχρι σήμερα.

Όπως και τα σημερινά φράγματα, διαθέτει υπερχειλιστή (διαμορφωμένο στο βράχο – το ασύμμετρο σχήμα του οφείλεται στη διάβρωση)

Ο υπερχειλιστής σε λειτουργία



Η ανάδειξη ίσως οδηγεί στη διάσωση
Αγροτικός δρόμος έχει καταστρέψει τμήμα του φράγματος



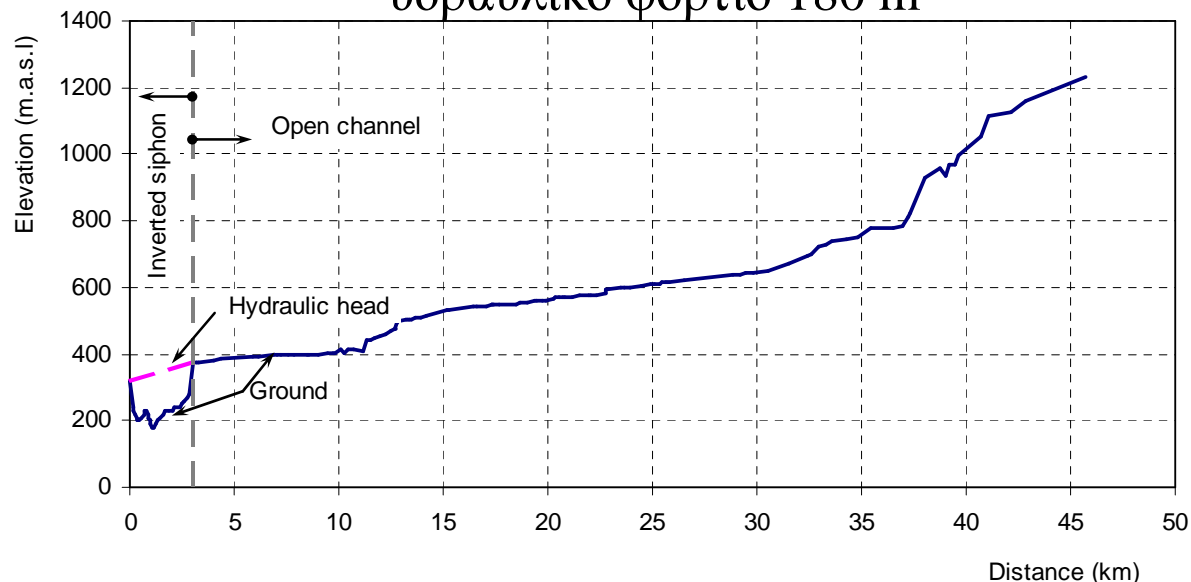
Τεχνολογικά επιτεύγματα: Το υδραγωγείο της Περγάμου



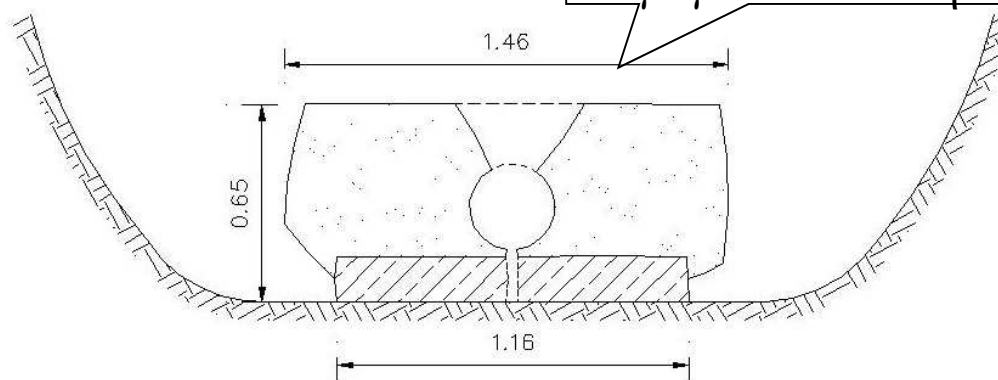
Φωτογραφία: T.P. Tassios, Selected Topics of Water Technology in Ancient Greece, *Proceedings of the 1st IWA International Symposium on Water and Wastewater Technologies in Ancient Civilizations*, 2006.

Κατασκευάστηκε γύρω στο 200 π.Χ. και είναι η πρώτη γνωστή κατασκευή μεγάλης κλίμακας όπου το νερό μεταφέρεται υπό πίεση.

Ανεστραμμένος σίφωνας μήκους 3 km με υδραυλικό φορτίο 180 m

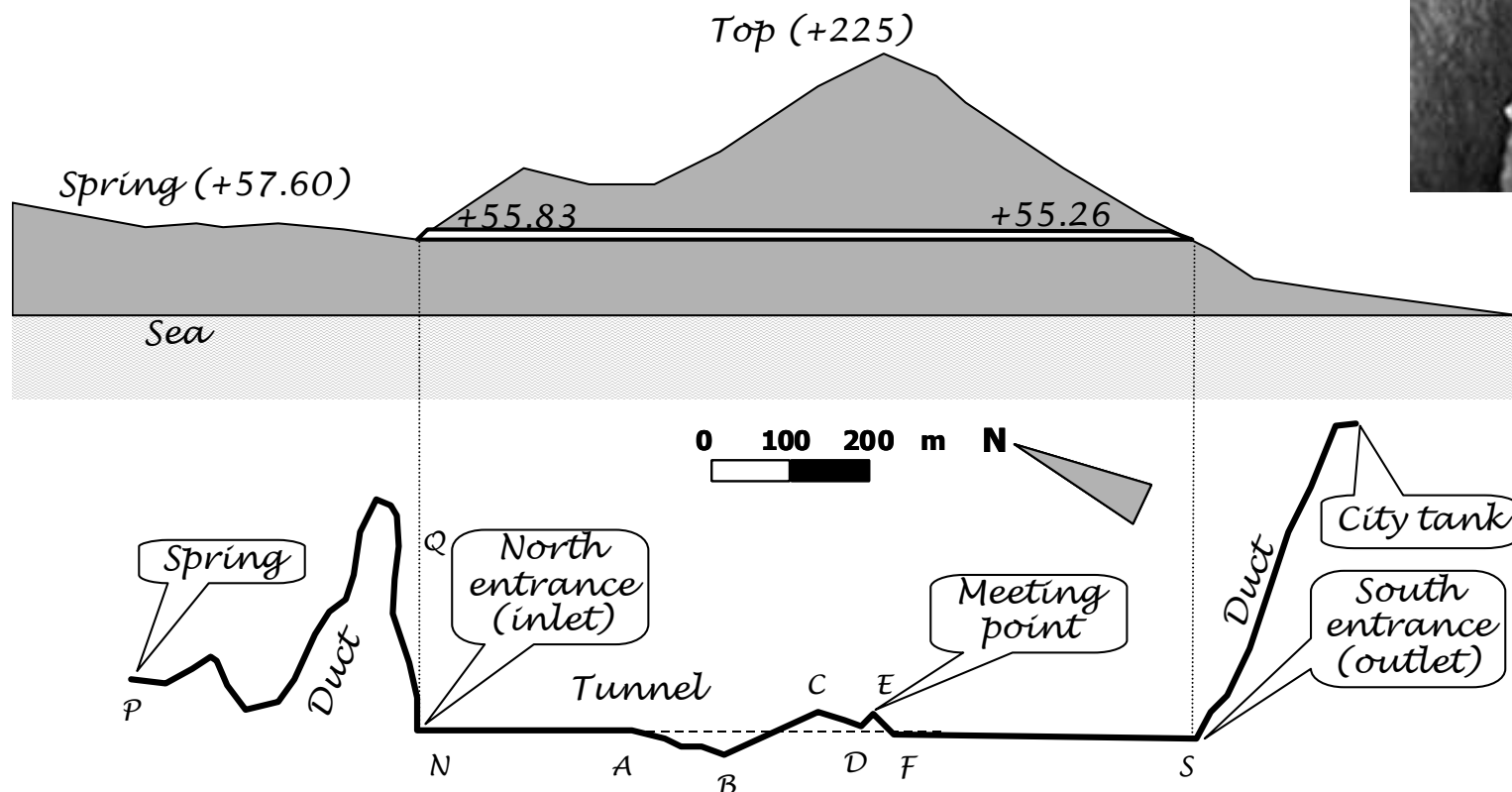


Πέτρα αγκύρωσης του μολύβδινου αγωγού υπό πίεση

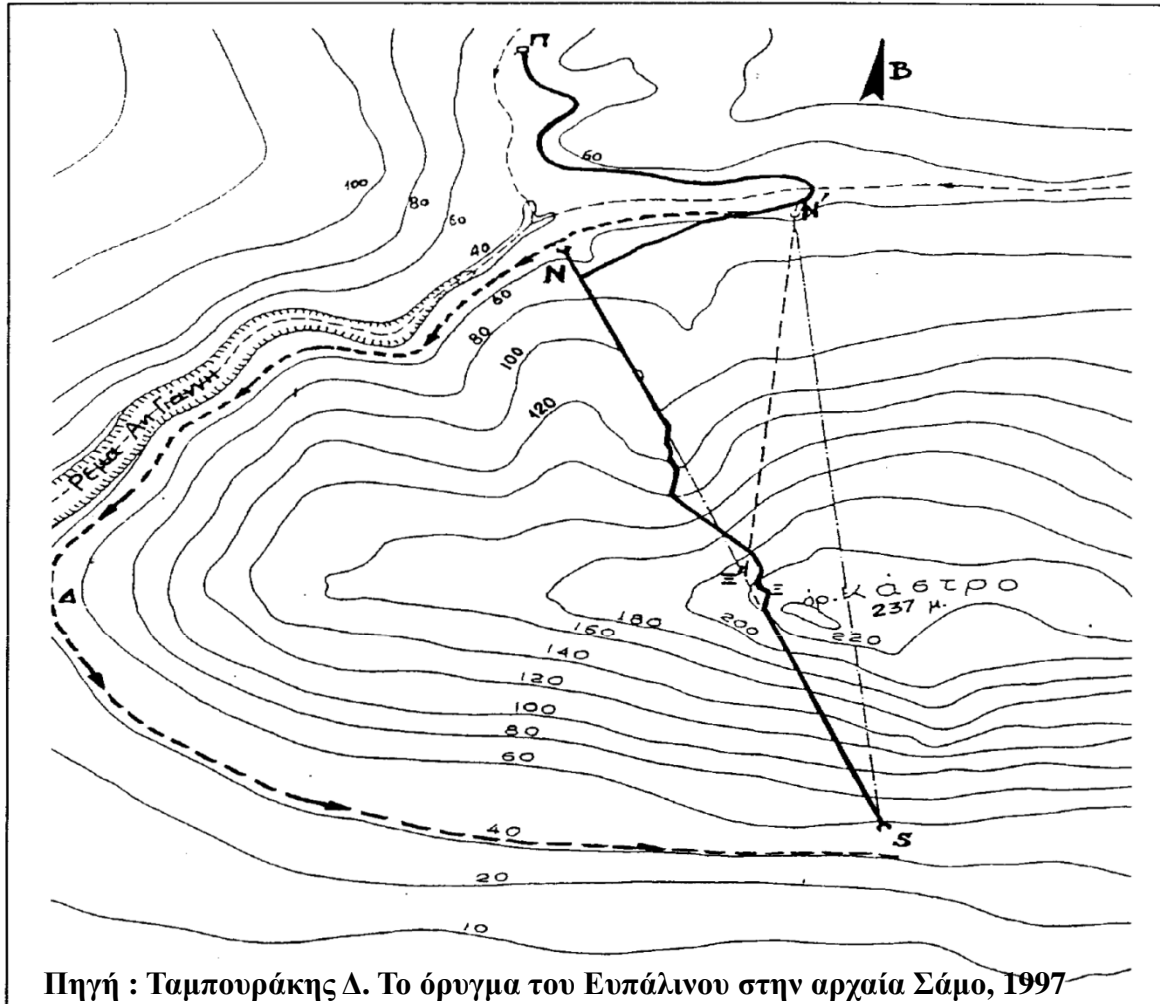


Μάταια έργα: Ευπαλίνειο όρυγμα

Το πιο φημισμένο υδραυλικό έργο της αρχαίας Ελλάδας είναι το υδραγωγείο της Σάμου. Το πιο εντυπωσιακό τμήμα του υδραγωγείου είναι το **Ευπαλίνειο όρυγμα** (κατασκευασμένο από τον Μεγαρέα μηχανικό Ευπαλίνο), μια σήραγγα μήκους 1036 μέτρων, η πρώτη γνωστή βαθειά σήραγγα στην ιστορία ανοιγμένη από δύο μέτωπα (πρακτική που εφαρμόζεται και σήμερα). Ο Ευπαλίνος επέλυσε πολλά τεχνικά προβλήματα όπως το σκάψιμο ευθύγραμμων τμημάτων, η ελαχιστοποίηση της αβεβαιότητας της θέσης και η εξασφάλιση της υδραυλικής κλίσης ώστε να επιτυγχάνεται η ροή στο αγωγό. Η κατασκευή της σήραγγας έγινε μεταξύ 530-520 π.Χ. κατά τη διάρκεια της τυραννίας του Πολυκράτη.



Γιατί έγινε ένα μάταιο έργο?



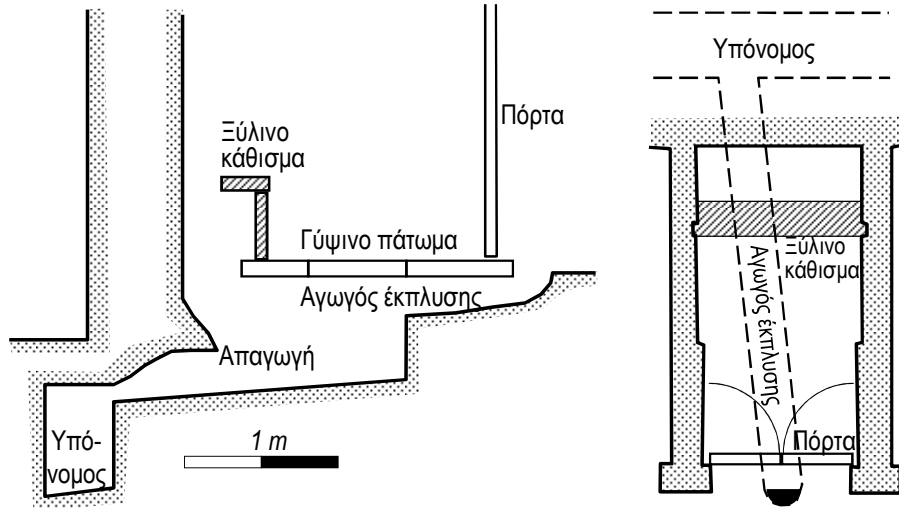
Πηγή : Ταμπουράκης Δ. Το όρυγμα του Ευπάλινου στην αρχαία Σάμο, 1997

.....καὶ τὸ πένητας ποιεῖν τοὺς ἀρχομένους τυραννικόν, ὅπως μῆτε φυλακὴ τρέφεται καὶ πρὸς τῷ καθ' ἡμέραν ὄντες ἄσχολοι ὧσιν ἐπιβουλεύειν. παράδειγμα δὲ τούτου αἱ τε πυραμίδες αἱ περὶ Αἴγυπτον καὶ τὰ ἀναθήματα τῶν Κυψελιδῶν καὶ τοῦ Ὀλυμπίου ἢ οἰκοδόμησις ὑπὸ τῶν Πεισιστρατιδῶν, καὶ τῶν περὶ Σάμον ἔργα Πολυκράτεια (πάντα γὰρ ταῦτα δύναται ταῦτόν, ἀσχολίαν καὶ πενίαν τῶν ἀρχομένων)

Αριστοτέλης Πολιτικά V 1313β

Μια μέθοδος των τυράννων είναι ... να φτωχαίνουν τους αρχόμενους επιβάλλοντας φόρους, ώστε οι φρουροί τους να συντηρούνται με δικά τους έξοδα και για να μη διαθέτουν χρόνο για συνωμοσίες εναντίον τους, αφού για να συντηρήσουν την οικογένεια πρέπει να δουλέψουν. Παράδειγμα οι Πυραμίδες της Αιγύπτου, τα αφιερώματα των Κυψελιδών, ο ναός του Ολύμπιου Δία από τον Πεισίστρατο και τους γιους του στην Αθήνα και τα έργα του **Πολυκράτη στη Σάμο** (όλα στον ίδιο σκοπό αποβλέπουν, στην απασχόληση και τη φτώχεια των αρχομένων). (Ελεύθερη απόδοση)

Ποιότητα ζωής



Τομή και κάτοψη τουαλέτας στο Παλάτι του Μίνωα (Graham, 1987).



Μπανιέρα στο Παλάτι του Νέστορα



Ακρωτήρι Θήρας
(<http://www.abovetopsecret.com/>)

Τουαλέτες Γυμνασίου
Μινώας Αμοργού

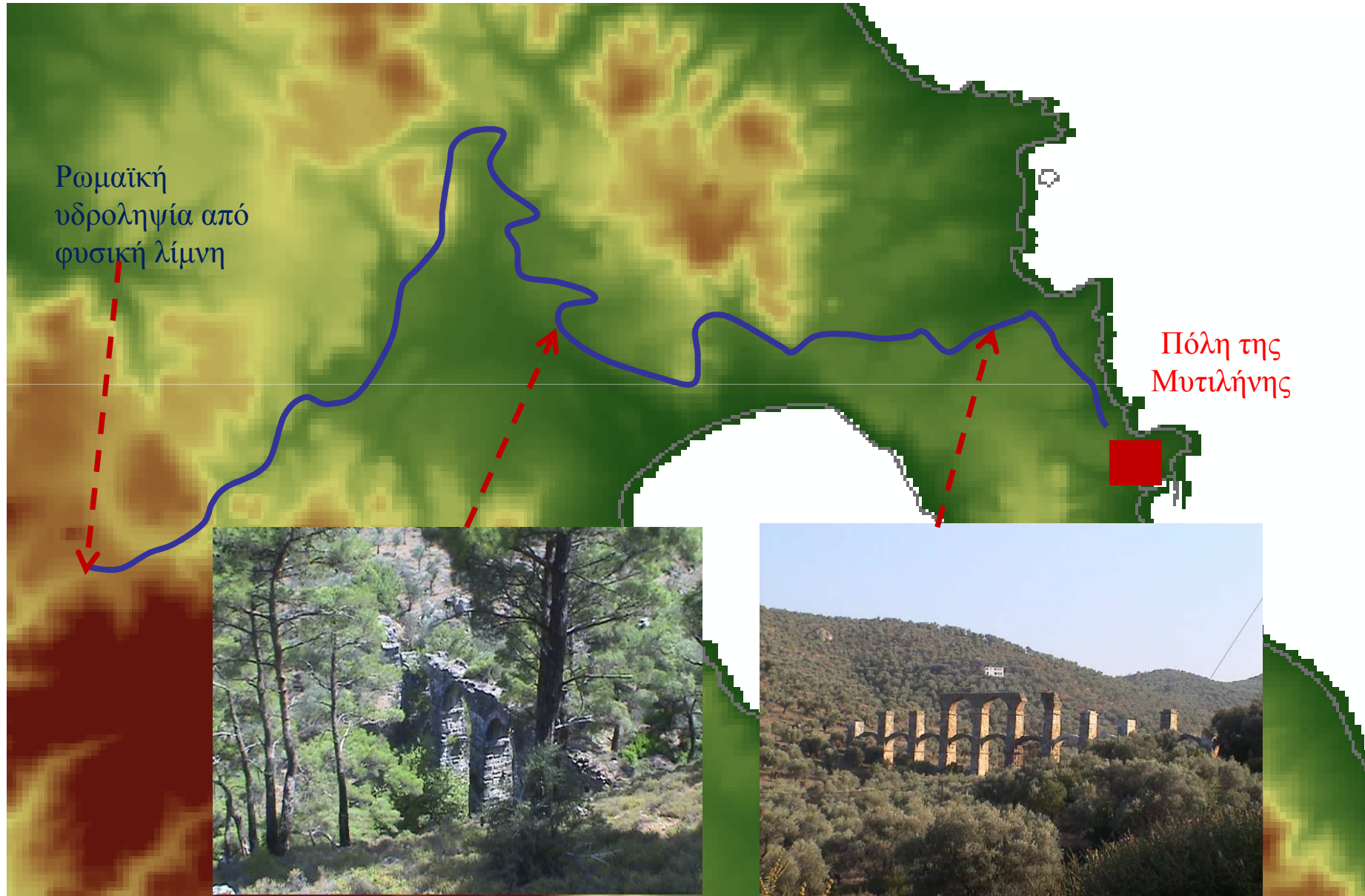


Πηγή: Antoniou G.P., 2007. "Lavatories in Ancient Greece", Water Science and Technology: Water Supply, edit. A. Angelakis, D. Koutsoyiannis, IWA, London, p. 160

Μήπως οι αρχαίοι τα κατάφεραν καλύτερα;

Ρωμαϊκό υδραγωγείο: 26 km
Παροχευτικότητα: 80.000 m³/ημέρα

Σύγχρονη Υδροληψία από 5 πηγές.
Απόληψη 25.000 m³/ημέρα



Αξιοποίηση των υδατικών πόρων σε ξηρό περιβάλλον

Δεξαμενή θεάτρου στη Δήλο

Διαστάσεις: 22.5×6×3 m

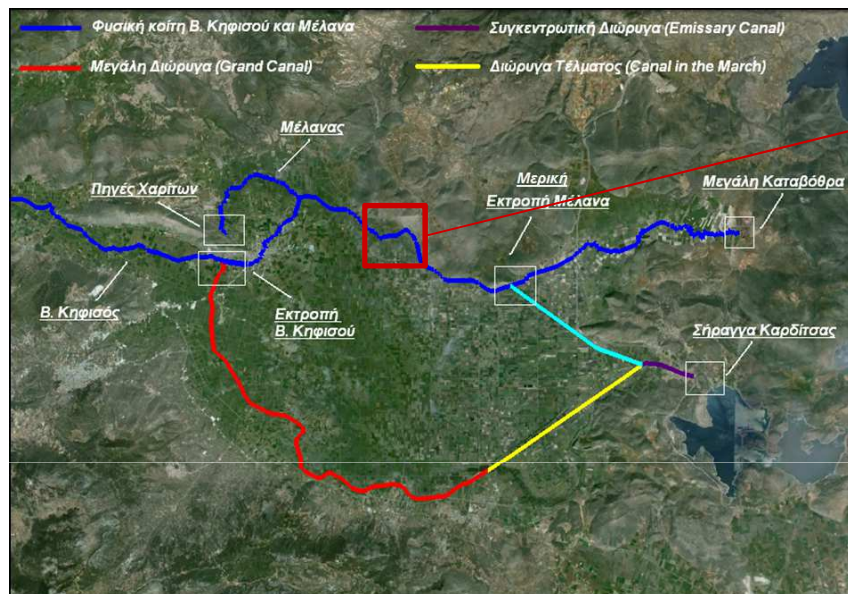
Κατασκευάστηκε τον 3^ο αιώνα π.Χ μαζί με το θέατρο (ήταν σκεπασμένη).

Ταμιεύει τα όμβρια του κοίλου και της ορχήστρας (έκτασης περίπου 5 στρεμμάτων)



Ερευνητικές εργασίες

Αποστραγγιστικά έργα Κωπαΐδας



Μουστάκας, Σ., *Αναπαράσταση λειτουργίας αρχαίων υδραυλικών έργων στην περιοχή της Κωπαΐδας*, Διπλωματική εργασία, 151 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – ΕΜΠ, Αθήνα, 2012.

Πρακτικές διαχείρισης

‘Στην Ασία υπάρχει μια πεδιάδα που την κλείνουν από παντού βουνά που αφήνουν πέντε περάσματα. Από τότε που οι Πέρσες πήραν την εξουσία η περιοχή αυτή ανήκει στο βασιλιά. Από το βουνό που είναι γύρω από την πεδιάδα βγαίνει ένας μεγάλος ποταμός που ονομάζεται Άκης. Ο ποταμός αυτός παλαιότερα άρδευε τις χώρες που ανέφερα, περνώντας από τα πέντε περάσματα που οδηγούσαν στην κάθε μια. Από τότε όμως που πήραν την εξουσία οι Πέρσες οι χώρες αυτές έπαθαν το εξής. **Ο βασιλιάς της Περσίας έχτισε νεροφράχτες στα περάσματα και το νερό του ποταμού δεν μπορεί να περάσει και η πεδιάδα γίνεται λίμνη αφού όλο το ποτάμι φέρνει νερό που δεν βρίσκει διέξοδο να βγει.** Οι λαοί λοιπόν αυτοί που πρώτα συνήθιζαν να χρησιμοποιούν το νερό το στερήθηκαν και είναι γι αυτούς μεγάλη συμφορά. ... Όταν δεν τους δίνεται διόλου νερό πηγαίνουν στους Πέρσες με τις γυναίκες τους στέκονται στις πύλες του παλατιού και χτυπιούνται και σκούζουν. Τότε ο βασιλιάς διατάζει να ανοίξουν το νεροφράχτη που οδηγεί στη χώρα εκείνων που έχουν την περισσότερη ανάγκη για νερό. Όταν πια η γη τους πιεί καλά το νερό και κορεστεί κλείνεται ο νεροφράχτης και ο βασιλιάς δίνει διαταγή να ανοίξει άλλος για εκείνους που έχουν περισσότερη ανάγκη από νερό. **Αλλά ξέρω επειδή το άκουσα ότι δίνει διαταγή να ανοίξει ο νεροφράχτης όταν εκτός από το φόρο πάρει πολλά χρήματα.**’

Ηροδότου Ιστορίαι, Βιβλίο Γ (Θάλεια), 117. Μετάφραση: Άγγελος Βλάχος.

Κανονισμός ελάχιστης διατηρητέας παροχής (απόσπασμα από επιγραφή του 5^{ου} αιώνα π.Χ. στη Γόρτυνα της Κρήτης).

Την πόλη διέσχιζε ο ποταμός Ληθαίος.

«Θιοί· τὸ ποταμὸ αἶ κα κατὰ τὸ μέττον τὰν ροὰν θιθῆι ρῆν κατὰ το Fὸν αὐτὸ, θιθεμένῳι ἄπατον ἤμην. Τὰν δὲ ροὰν λείπεν ὄττον κατέκει ἀ ἐπ’ ἀγορᾶι δέπυρα ἢ πλίον, μεῖον δὲ μῆ.»

Θεοί. Αν κάποιος κατευθύνει τη ροή του ποταμού στην ιδιοκτησία του δεν τιμωρείται. Πρέπει όμως, να αφήσει τόση ροή ώστε να καλύπτει σε πλάτος τη γέφυρα της αγοράς ή περισσότερη, όχι όμως λιγότερη.



Αρχαιότητα σε σχέση με το σύγχρονο κόσμο

«Ακούμε συχνά να μιλούν για τη ‘σύγχρονη υγιεινολογία’ σαν ήταν κάτι που αναπτύχθηκε πρόσφατα και φαίνεται να υπάρχει μια κρατούσα ιδέα ότι η αστική αποχέτευση είναι κάτι πολύ σύγχρονο που καθιερώθηκε κάπου στα μέσα του τελευταίου [19ου] αιώνα. Ίσως αυτές οι ιδέες προσπαθούν να ενδυναμώσουν μια κάπως κλυδωνισμένη υπερηφάνεια στο σύγχρονο πολιτισμό [...], αλλά όταν εξετάζονται υπό το φως της ιστορίας προκύπτει ότι είναι κάθε άλλο παρά νέες ή πρόσφατες. Πράγματι, υπό το φως της ιστορίας, προκαλεί κατάπληξη, αν όχι πικρία, το γεγονός ότι ο άνθρωπος έχει προχωρήσει τόσο ελάχιστα, ίσως και καθόλου, σε περίπου τέσσερις χιλιάδες χρόνια [...]. Οι αρχαιολόγοι ερευνητές αυτού του [μινωικού] χώρου μας δίνουν την εικόνα ότι οι άνθρωποι είχαν προχωρήσει πολύ προς την άνετη και υγιεινή διαβίωση, με έναν ιδιαίτερο βαθμό ομορφιάς και πολυτέλειας [...]. Και αυτό επιτεύχθηκε περίπου τέσσερις χιλιάδες χρόνια πριν.»

Gray, H. F. (1940). Sewerage in Ancient and Medieval Times, *Sewage Works Journal*, 12 (5), 939 - 946.



Νέο Δελχί



Αιτή



Καναδάς