

# Η Διαχείριση του Νερού στην Αρχαία Αλεξάνδρεια της Αιγύπτου. Σύγκριση με το Υδραυλικό Σύστημα της Κωνσταντινούπολης.

Όνοματεπώνυμο Σταυρούλα Σπανούδη  
Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε.Ι Θεσ/νίκης  
και

Μεταπτ. Φοιτήτρια Διαχείρισης Αποβλήτων/ΣΘΕΤ,  
ΕΑΠ  
sspanoudi@gmail.com , st131508@ac.eap.gr

Όνοματεπώνυμο: Δρ. Αριστέιδης Γκολφινόπουλος  
Email: arisgolf2@hotmail.com  
και

Καθηγητής Δρ. Ιωάννης Καλαβρουζιώτης  
Εργαστήριο Τεχνολογιών Αειφορικής Διαχείρισης  
Αποβλήτων, ΣΘΕΤ, ΕΑΠ Email: ikalabro@eap.gr

**Περίληψη** – Η συλλογή, αποτίμηση και η παράθεση όλων των διαθέσιμων στοιχείων που σχετίζονται με τη προμήθεια, τη συλλογή και διάθεση νερού, που ακολουθεί, αποτελεί ένα εγχείρημα συνδυασμού και καταγραφής όλων των στοιχείων για τα έργα υποδομής και τη διάρθρωσή τους μέσα στην αστική δομή της Αλεξάνδρειας και της ευρύτερης περιοχής, όπως αυτή ανακαλύφθηκε και μελετήθηκε έως σήμερα. Ακολουθεί η περιγραφή των σημαντικότερων δομών αποθήκευσης των νερών του Νείλου ποταμού και της βροχής.

Τα παραδείγματα τεχνολογιών των δεξαμενών συλλογής νερού και πρακτικών διαχείρισης που δίνονται σε αυτή την εργασία μπορεί να έχουν κάποια σημασία για τη βιωσιμότητα των υδάτινων πόρων για το παρόν και το μέλλον. Οι δεξαμενές έχουν χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση τόσο των υδάτων απορροής βροχόπτωσης όσο και των νερών που προέρχονται από πηγές και ποταμούς με σκοπό την κάλυψη των αναγκών των εποχιακών παραλλαγών. Οι δεξαμενές κυμαίνονται από απλές έως μεγάλες υπόγειες κατασκευές. Στη συνέχεια γίνεται σύγκριση με τα συστήματα διαχείρισης του νερού στην ευρύτερη περιοχή της μεσογείου και κυρίως της Κωνσταντινούπολης, όπου υπάρχουν τέτοιου είδους υποδομές.

**Λέξεις-Κλειδιά:** δεξαμενές/cisterns, Διαχείριση νερού /Water management, Ελληνιστική περίοδος /Hellenistic period, διαχείριση ομβρίων/ rain waters management Ιπποδάμειο σύστημα /Hippodamus system,

## 1.Εισαγωγή

Παρά την τοποθεσία της στην αιγυπτιακή ακτή, που λούζεται από τα νερά της Μεσογείου και της Λίμνης Μαρεώτιδος, η πόλη της Αλεξάνδρειας είχε πάντα έλλειψη πόσιμου νερού. Η θέση που ο Αλέξανδρος ο Μέγας επέλεξε για την ίδρυση της πόλης του, ήταν μια άγονη περιοχή, όπου υπήρχαν μόνο υφάλμυρα πηγάδια. Διάφορα έξυπνα συστήματα τέθηκαν σε εφαρμογή από τις πρώτες ημέρες ίδρυσης της πόλης: η παροχή νερού από το Νείλο μέσω της διάνοιξης ενός καναλιού (Schedia,

Σέντια), η διανομή του με ένα διακλαδισμένο σύστημα αγωγών και η αποθήκευση νερού σε πολλές υπόγειες δεξαμενές. Η αρχαία πόλη της Αλεξάνδρειας εξελίχθηκε στην πιο κοσμοπολίτικη και ζωντανή μητρόπολη της Μεσογείου, και συχνά αναφέρεται ως η πόλη των δεξαμενών.

Ολόκληρη η πόλη χτίστηκε βασικά πάνω από ένα επίπεδο υποδομών αποχέτευσης και ύδρευσης, που την διέτρεχαν υπόγεια με κατεύθυνση από τον Νότο προς το Βορρά και κατέληγαν στη Μεσόγειο θάλασσα. Σύμφωνα με τις γραπτές πηγές, η Αρχαία Αλεξάνδρεια οικοδομήθηκε πάνω από ένα δίκτυο υδάτινων διαύλων που λειτουργούσαν κάτω από τους δρόμους της πόλης.

Η παρούσα εργασία ιχνηλατεί το σύστημα διαχείρισης του νερού σε συνέχεια των δημοσιεύσεων του Εργαστηρίου Τεχνολογιών Αειφορικής Διαχείρισης Αποβλήτων των (Golfinopoulos et al,2016 ; Kalavrouziotis et al, 2015).

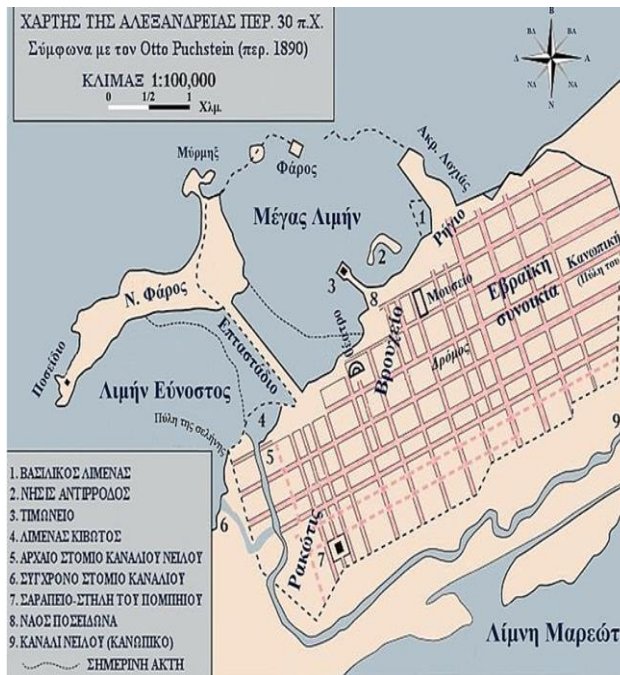


**Χάρτης 1 :** Η περιοχή του Δέλτα του Νείλου την περίοδο ίδρυσης της Αλεξάνδρειας (Hairy,2011).

## 2. Τοπογραφία και πολεοδομία της Αλεξάνδρειας.

Η Αλεξάνδρεια σχεδιάστηκε από τον αρχιτέκτονα Δεινοκράτη τον Ρόδιο, με τη μορφή ενός ορθογωνίου (κάνναβου).

Ήταν μια σημαντική πόλη του αρχαίου κόσμου. Για περισσότερα από δύο χιλιάδες χρόνια, ήταν η μεγαλύτερη πόλη της Αιγύπτου και ήταν η πρωτεύουσά της για σχεδόν το ήμισυ αυτής της περιόδου. Ως σημαντική εμπορική θέση μεταξύ Ευρώπης και Ασίας, επωφελήθηκε από την εύκολη χερσαία σύνδεση μεταξύ της Μεσογείου και της Ερυθράς Θάλασσας. Στις 21 Ιουλίου του 365 μ.Χ., ένα τσουνάμι που προκλήθηκε από σεισμό με επίκεντρο την Κρήτη έπληξε την Αλεξάνδρεια. Πολλοί ιστορικοί και μελετητές εκτιμούν ότι το γεγονός συνετέλεσε στην σταδιακή παρακμή της κραταιάς πόλης, διότι πέρα από την εκατόμυη των θυμάτων μεταξύ του πληθυσμού της μεγάλο μέρος της ακτογραμμής της καταβυθίστηκε στα νερά της Μεσογείου επιπλέον το νερό στα κανάλια τροφοδοσίας πόσιμου ύδατος έγινε υφάλμυρο (Decobert, 1998; Hairy, 2008).



Χάρτης 2 : Χάρτης της αρχαίας Αλεξάνδρειας (Puchstein , 1890).

Μετά το τσουνάμι του 365 μ. Χ., οι αλεξανδρινοί εξαρτιόταν αποκλειστικά από τις δεξαμενές, αφού το υπόγειο νερό έγινε αλμυρό. Υπήρχαν μικρότερες ιδιωτικές και μεσαίου μεγέθους ή μεγαλύτερες δημόσιες δεξαμενές που εξυπηρετούσαν την πόλη, καθώς και δεξαμενές που προορίζονταν για τα τζαμιά και τους μεντρεσέδες (ισλαμικά ιεροδιδασκαλεία) κατά την ισλαμική περίοδο. Η κατασκευή δεξαμενών ήταν ζωτικής σημασίας στην Αλεξάνδρεια και έτσι αναπτύχθηκε μια προηγμένη αρχιτεκτονική για αυτές, με διαφοροποιήσεις ανάλογες των διαφορετικών ιστορικών περιόδων (ελληνική, ρωμαϊκή και ισλαμική). (Decobert, 1998) Αυτές οι μεγάλες υπόγειες δεξαμενές, αναπτύχθηκαν σε ύψος σε πολλά επίπεδα με κίνες και διαχωριστικές

καμάρες. Ως δομικά υλικά χρησιμοποιήθηκαν κυρίως απομεινάρια των υποδομών της Βυζαντινής περιόδου.

Οι πρώτες δεξαμενές στην Αλεξάνδρεια χρονολογούνται από την πτολεμαϊκή εποχή. Τροφοδοτούνται τεχνητά ή συλλέγοντας το νερό της βροχής. Βρίσκονται σε χώρους όπου η πρόσβαση στο νερό είναι δύσκολη, σε ειδικές εγκαταστάσεις όπως ιαματικά λουτρά ή νεκροπόλεις ή ακόμη και σε περιοχές με βιοτεχνικές δραστηριότητες.

Το σχήμα τους ποικίλλει ανάλογα με την εποχή που κατασκευάστηκαν. Έτσι, κατά την πτολεμαϊκή εποχή, οι δεξαμενές ήταν μικρές, απλώς σκάβονταν στο βράχο και υιοθετούσαν συχνά ως σχήμα το λεγόμενο "μουκάλι". Οι τεχνικές τελειοποιήθηκαν στη ρωμαϊκή εποχή. Την εποχή αυτή οι δεξαμενές κατασκευάζονται από τούβλα συνδεδεμένα με ασβεστοκονίαμα και είναι υδατοστεγείς, καλυμμένες με κονίαμα κεραμικών (από θραύσματα πλακιδίων και τούβλων). Είναι μικρές και υιοθετούν ως σχήμα το λεγόμενο "δέντρο", δηλαδή ένα σύνολο μειούμενων όγκων, που συνδέονται μεταξύ τους με θολωτά περάσματα. Σταδιακά γίνονται όλο και μεγαλύτερες και υιοθετούν μια μορφή γνωστή ως "συγκολλημένοι όγκοι". Στο τέλος της αρχαιότητας, είχαν στέγη και τροφοδοτούνταν από ένα υδραγωγείο

Η υπερεκμετάλλευση και η τεχνητή τροφοδοσία των περισσότερων δεξαμενών οδηγούν ωστόσο, σε φθορά του δικτύου που επηρεάζει την ποιότητα του νερού. Επιπλέον, το έτος 365 μ.Χ. τσουνάμι προκαλεί την εισβολή μεγάλων ποσοτήτων αλμυρού νερού στη γη, καταστρέφοντας τον υδροφόρο ορίζοντα της πόλης. Η σταδιακή βύθιση ενός μέρους της ακτής θέτει επίσης το δίκτυο γλυκού νερού σε επαφή με το θαλασσινό νερό. ( Angelakis et al., 2012)

Αυτός είναι ο λόγος τον οποίο το σύστημα επανασχεδιάστηκε πλήρως τον 5<sup>ο</sup> μ. Χ. Δημιουργούνται νέες δημόσιες δεξαμενές, μεγαλύτερες σε μέγεθος και υιοθετείται ένα πιο ελεύθερο σχέδιο. Οι δεξαμενές αυτές γεμίζουν με γλυκό νερό κατά την περίοδο πλημμυρών του Νείλου.

Κατά τη διάρκεια της αραβικής κατάκτησης, το σύστημα αυτό των δεξαμενών εγκαταλείφθηκε και επαναχρησιμοποιήθηκε μόνο όταν ο Ahmed Ibn Touloun (835-884μ.Χ. ) υιοθέτησε πλέον την κατασκευή πολυώροφων δεξαμενών και τροφοδοτούνταν είτε από την πλημμύρα του Νείλου ποταμού είτε από την συλλογή των ομβρίων. Έφεραν ένα σύστημα άντλησης sakieh και ένα complunium (σύστημα συγκέντρωσης ομβρίων υδάτων), από τα οποία έχουν βρεθεί απομεινάρια στην οροφή πολλών από αυτές. (Empereur, 2009). Κάποιες ήταν συνδεδεμένες μεταξύ τους με ένα δίκτυο υπόγειων αγωγών. (Hairy, 2008)

## 3. Οι δεξαμενές (κινστέρνες) της Αλεξάνδρειας

Το πόσιμο νερό ήταν ένα πολύτιμο αγαθό σε αυτή την άγονη περιοχή χωρίς φυσικές πηγές γλυκού νερού. Η ανάγκη αποθήκευσης οδήγησε στη κατασκευή κτιρίων που είχαν τη μορφή μεγάλων, κλειστών, υδατοστεγών, συμπαγών δεξαμενών που διατηρούσαν τη φρεσκάδα του νερού.

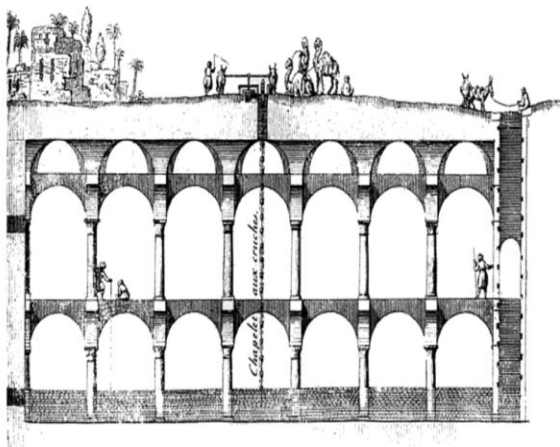
Οι διαστάσεις των δεξαμενών είναι εξαιρετικά μεταβλητές και εξαρτώνται άμεσα από τον προορισμό τους, από λίγα κυβικά μέτρα για μια ιδιωτική κατοικία έως μεσαίας και μεγάλης χωρητικότητας με αρκετές

χιλιάδες λίτρα για ένα δημόσιο κτίριο όπως τα λουτρά Κομ ελ-Ντίκκα (ελληνορωμαϊκή εποχή). Οι ογκώδεις δεξαμενές προορίζονταν για δημόσια χρήση. Οι μεσαίες μπορεί να ήταν κατάλληλες για τη τροφοδοσία μιας γειτονιάς ή μιας ομάδας κατοικιών. (Butzer, 1976)

Διακρίνονταν από ένα χαρακτηριστικό τύπο αρχιτεκτονικής. Η ογκομετρική τους χωρητικότητα μπορούσε να φθάσει τα 2.500 m<sup>3</sup>. Οι ανασκαφές ανέδειξαν ότι χρησιμοποιούσαν ειδικό ασβεστοκονίαμα στη τοιχοποιία και στο δάπεδο. Οι δεξαμενές ήταν συνήθως υπόγειες και καλυμμένες με στέγη για να αποφευχθεί η εξωτερική μόλυνση.

Αυτές οι δημόσιες δομές βρίσκονταν σε ένα, δύο, τρία ή και τέσσερα επίπεδα. Οι οπές άντλησης τοποθετούνταν στην οροφή.

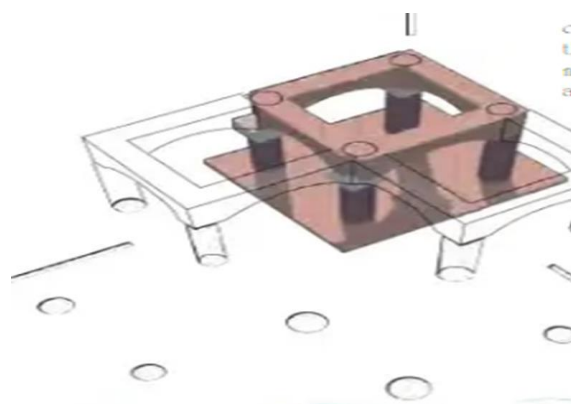
Η συντήρησή τους πραγματοποιούνταν χάρη σε ένα φρεάτιο αποστράγγισης, το οποίο παρείχε πρόσβαση στον πυθμένα της δεξαμενής, το βάθος του οποίου μπορούσε να ανέλθει στα 13 m. Με ημικυκλικό σχήμα, αυτό το πηγάδι τοποθετείται κατά κανόνα στην περίμετρο του κτιρίου και συχνά σε μια από τις γωνίες. Η κάθοδος πραγματοποιείται μέσω ενός κλιμακοστασίου που βρισκόταν στους τοίχους του φρεατίου. Αυτή η επιλογή επέτρεπε πριν από την ετήσια πλήρωση τον καθαρισμό της δεξαμενής, ο οποίος ήταν απαραίτητος για την εξασφάλιση της καλής ποιότητας του νερού. (Guyard et al., 2008)



**Εικόνα 1 :** Συνολική εικόνα της δομής δεξαμενής στην αρχική της κατάσταση (αρχείο CEAlex)

Το εσωτερικό σύστημα στήριξης αυτού του τύπου δεξαμενής βασίζεται σε ένα δομικό στοιχείο με τετραγωνικό σχήμα, του οποίου οι μέσες διαστάσεις είναι 2,50 m x 2,50 m και το ύψος 3,50 m.

Η μονάδα αποτελείται από τέσσερις στήλες, συνδεδεμένες οριζόντια στην κορυφή από χαμηλές καμάρες. Ο πολλαπλασιασμός αυτής της μονάδας σε μήκος και ύψος δημιουργεί μια φέρουσα δομή ορθογώνιου, ελαφρού και ανοικτού πλαισίου. (Εικόνα 2)



**Εικόνα 2 :** Αναπαράσταση της βασικής δομής των δεξαμενών (Machinek et al., 2009).

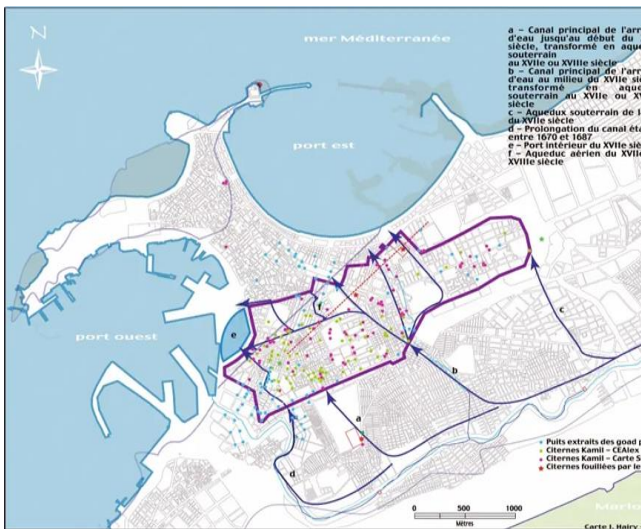
Το σύνολο είναι επαρκώς ευέλικτο για να αντέξει τους σεισμούς, που είναι συνηθισμένοι σε αυτήν την περιοχή. Τα φορτία οροφής μεταδίδονται προς το έδαφος από τις στήλες, ενώ τα τόξα μεταδίδουν τις ωθήσεις πλάγια προς τα εξωτερικά τοιχώματα της δεξαμενής. Η δομή στήριξης σταθεροποιείται έτσι στην περιφέρειά της από τους τοίχους. Αυτή η αρχιτεκτονική όχι μόνο επιτρέπει την κατασκευή μεγάλων όγκων, αλλά και τη βέλτιστη αποθήκευση μεγάλων όγκων νερού. (Machinek et al., 2009)

#### 4. Η τοπογραφία των δεξαμενών και η τοποθέτησή τους στο χάρτη της πόλης

Οι δεξαμενές της Αλεξάνδρειας που αναφέρονται εδώ εντοπίστηκαν βάσει πληροφοριών από τέσσερις διαφορετικές πηγές: (Χάρτης 3)

- Το «σχέδιο αποτύπωσης»: έρευνες της πόλης που πραγματοποιήθηκαν μεταξύ 1898 και 1905 από μια αγγλική ασφαλιστική εταιρεία.
- Το «σχέδιο SRG», Χάρτης του κτηματολογίου του 1950 που τηρείται από τη Royal Geographical Society.
- Δεδομένα για δεξαμενές που βρίσκονται Center d' Études Alexandrines (CE Alex) ως μέρος της απογραφής των δεξαμενών της πόλης.
- Υδραυλικά δεδομένα από το «σχέδιο Falaki», χάρτη της πόλης που σχεδίασε ο αστρονόμος Mahmud Bey El Falaki το 1865.

Οι πληροφορίες που εξήχθησαν από τις τρεις πρώτες πηγές τοποθετήθηκαν στον χάρτη Falaki. Τα δεδομένα που λαμβάνονται από το σχέδιο Falaki, τοποθετήθηκαν στο γενικό Σχέδιο των δύο λιμανιών, τη σύγχρονη πόλη και την πόλη των Αράβων, και δημοσιεύθηκαν στο τεράστιο έργο «Περιγραφή της Αιγύπτου», που συντάχθηκε από μηχανικούς του στρατού της Ανατολής του Ναπολέοντα Βοναπάρτη κατά τη διάρκεια της εκστρατείας του στην Αίγυπτο που πραγματοποιήθηκε μεταξύ 1798 και 1801. (Simone, 2011; Hairy, 2008, CEAlex)



**Χάρτης 3:** Δεξαμενές και εξέλιξη του δικτύου διανομής νερού μεταξύ 10<sup>ου</sup> και 18<sup>ου</sup> αιώνα, τοποθέτηση στο σύγχρονο χάρτη της πόλης (Hairry, 2008, CEALex)

### 5. Η τύπο-μορφολογία των δεξαμενών

Δεδομένα σχετικά με τη μορφολογία των δεξαμενών, που ελήφθησαν από τα σχέδια των φακέλων Kamil, έχουν καταγραφεί σε μια βάση δεδομένων. Αυτή η βάση δεδομένων διαθέτει σήμερα 144 δεξαμενές 1 έως 4 επιπέδων, από 6 m<sup>3</sup> έως 2500 m<sup>3</sup>.

Υπάρχουν:

27 δεξαμενές σε 1 επίπεδο

50 δεξαμενές σε 2 επίπεδα

49 δεξαμενές σε 3 επίπεδα

9 δεξαμενές σε 4 επίπεδα

9 δεξαμενές των οποίων η ακριβής μορφολογία είναι άγνωστη σε εμάς

Εξετάζοντας τα μορφολογικά δεδομένα που καταγράφονται, μπορούν να αναγνωριστούν πέντε γενικότεροι τύποι δεξαμενών. Το ζήτημα της χρονολόγησής τους παραμένει δυσεπίλυτο.

**ΠΙΝΑΚΑΣ Ι:** ΤΥΠΟΙ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ

Τύπος δεξαμενής	Αριθ. επιπέδων	Αριθ. δεξαμενών	Εκτιμώμενη χωρητικότητα m <sup>3</sup>
Τύπου I	1 επίπεδο - θάλαμος	20	10-50
Τύπου II	1 επίπεδο έως 3 θάλαμοι	7	50 - 200
Τύπου III	2 επίπεδα πολλοί θάλαμοι	50	200- 1.000
Τύπου IV	Ατυπη διάταξη	9	1.500
Τύπου V	3-4 επίπεδα	58	2.000-2.500
<b>Σύνολο</b>		<b>144</b>	<b>131.050-165.000</b>

Όπως και στην Πομπηία, μπορεί να αποδειχτεί ότι οι δεξαμενές που συνδέονταν σε ένα αστικό δίκτυο σε μια συγκεκριμένη στιγμή θα μπορούσαν στη συνέχεια να λειτουργούν ανεξάρτητα, μετά την καταστροφή ή την πλήρωση των καναλιών τροφοδοσίας, ή αντίστροφα θα μπορούσαν να επανασυνδεθούν όταν εγκατασταθούν νέα κεντρικοί αγωγοί. (De Feo et al., 2014)

### 6. Η διαχείριση ομβρίων

Ειδικότερα στην πόλη της Αλεξάνδρειας η σύνθεση όλων των στοιχείων αποδεικνύει ότι υπήρχε πάντα η μέριμνα για αξιοποίηση των νερών της βροχής.

Οι ανασκαφές που έγιναν στην περιοχή της Terra Santa έφεραν στο φως κατασκευές που ανακαλύφθηκαν στους έξι τομείς ανασκαφής και που ανήκουν σε ένα τεράστιο υδραυλικό δίκτυο. Έχουν βρεθεί εννέα πηγάδια, μια δεξαμενή, ένα sakieh και πολλές στοές. Η θέση Terra Santa παρουσιάζει ένα ευρύ φάσμα υδραυλικών εγκαταστάσεων αστικού περιβάλλοντος, κάθε δομή ανταποκρίνεται σε μια καλά καθορισμένη λειτουργία: συλλογή, σχεδίαση, τοποθέτηση, αποθήκευση ή μεταφορά νερού. Η χρονολόγηση των ευρημάτων τα τοποθετεί στο πρωτογενές ελληνιστικό υδραυλικό δίκτυο της Αλεξάνδρειας

Μια μικρή δεξαμενή λαξευμένη απευθείας στο βράχο ανακαλύφθηκε στον τομέα 6 του Terra Santa. Πρόκειται για δεξαμενή σε σχήμα καμπάνας, προσβάσιμη από την επιφάνεια μέσω μιας κυλινδρικής οπής και δύο κλειστών διαμηκών βραχιόνων. Τα τοιχώματά της καλύπτονται με υδραυλική επίστρωση εξασφαλίζοντας πλήρη στεγανοποίηση.

Η κατασκευή βάθους 0,30 έως 0,40 μ, λειτουργούσε ως λεκάνη συλλογής όμβριων υδάτων. Τα ρηχά αυλάκια που παρατηρήθηκαν κατά μήκος των τοίχων της διευκόλυναν τη ροή του νερού της βροχής προς τη δεξαμενή. Ο μεγάλος άξονας, που βρίσκεται 1 μ. από την ανατολική στοά, είναι μια άλλη πιθανή πηγή τροφοδοσίας για τη δεξαμενή.

Ο τύπος της μικρής δεξαμενής έδωσε λύση στο θέμα της αποθήκευσης νερού και εξασφάλισης τροφοδοσίας από τη συλλογή όμβριων υδάτων, ενώ λειτουργούσε παράλληλα και ως δεξαμενή καθίζησης. (Bouloud, 2011)

Οι οικιακές δεξαμενές σκαμμένες στο βράχο, σε σχήμα κώδωνος ή μπουκαλιού, με ή χωρίς γειτονική αγωγή, είναι κοινές στον ελληνιστικό χώρο της Μεσογείου. Στην Πέργαμο, στις Συρακούσες ή στον Πειραιά, για παράδειγμα, τα περισσότερα σπίτια της ελληνιστικής περιόδου είχαν δεξαμενή συλλογής των όμβριων υδάτων. Η μικρή χωρητικότητα είναι γενικά χαρακτηριστικά της ελληνιστικής περιόδου. Στη συνέχεια, οι ιδιωτικές εσωτερικές δεξαμενές αντικαταστάθηκαν από μεγάλες συλλογικές δεξαμενές.



**Εικόνα 3:** Ανοίγματα συλλογής ομβρίων από το οροπέδιο του Σερατείου (Σπανούδη, 2020)



**Εικόνα 4:** Ανοίγματα συλλογής ομβρίων από το οροπέδιο του Σεραπείου (Σπανούδη,2020)

Μια από τις πιο χαρακτηριστικές περιπτώσεις είναι το σύστημα συλλογής του βρόχινου νερού (Εικόνες 3,4 και 5) που συσσωρεύονταν στο οροπέδιο του Σεραπείου και μεταφέρονταν μέσω του κεκλιμένου επιπέδου και αγωγών στο μέρος του συμπλέγματος που περιείχε το Νειλόμετρο που λειτουργούσε και ως δεξαμενή συλλογής ομβρίων (Rowe, 1942).



**Εικόνα 5:** Αγωγοί μεταφοράς ομβρίων από το οροπέδιο του Σεραπείου στην δεξαμενή του Νειλόμετρου (Σπανούδη,2020)

Σε τμήματα της οροφής ορισμένων δεξαμενών της αραβικής πόλης, όπως στην δεξαμενή El Gharaba και στην El Nabih, έχουν ανακαλυφθεί αυλάκια συνδεδεμένα με ανοίγματα που κατέληγαν στο εσωτερικό της δεξαμενής. Μια δεύτερη προσθήκη έχει εγκατασταθεί με τη μορφή αγωγού, υπό κλίση που επίσης καταλήγει στη δεξαμενή. (Haigy, 2011 ; Guyard,2008).

Μπορούμε άρα να συμπεράνουμε ότι στην προσπάθεια αξιοποίησης όλου του διαθέσιμου νερού κατά την περίοδο του έτους που οι ποσότητες που μεταφέρονταν από το δίκτυο των καναλιών ήταν λιγοστό, το δίκτυο διέθετε και υποδομές συλλογής και αποθήκευσης του βρόχινου νερού. (Shafy et al.,2010)

## 7. Εξέλιξη της κατασκευής των δεξαμενών στην λεκάνη της Μεσογείου

Μετά την παρακμή της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, τα συστήματα ύδρευσης παρουσίασαν θεμελιώδεις αλλαγές. Οι μεσαιωνικές πόλεις της Δυτικής Ευρώπης, καθώς και τα κάστρα και τα μοναστήρια, είχαν τα δικά τους πηγάδια, βρύσες σιντριβάνια και δεξαμενές. (Cenep,1992) Από την άλλη πλευρά, το ανατολικό τμήμα της αυτοκρατορίας διατήρησε για μερικούς αιώνες τη σχετική ρωμαϊκή κατασκευαστική παράδοση, που εφαρμόστηκε κυρίως στο σύστημα ύδρευσης της Κωνσταντινούπολης και σε άλλα μεγάλα κέντρα της ανατολικής Μεσογείου.

Αυτή η παράδοση σταδιακά μειώθηκε κατά τη διάρκεια των αιώνων, αλλά μερικές από τις τεχνικές που επέζησαν ενσωματώθηκαν στις αραβικές οικοδομικές πρακτικές και βελτιώθηκαν με την εφαρμογή θολωτών τόξων και άλλων καινοτομιών της εποχής. Η ρωμαϊκή τεχνολογία εφαρμόστηκε στο υδάτινο σύστημα της Κωνσταντινούπολης (Bogdanovic,2008) Το σύστημα περιλάμβανε υδραγωγεία που παρείχαν νερό σε καλυμμένες αλλά και υπαίθριες δεξαμενές που τροφοδοτούνταν επίσης από βρόχινο νερό, όπως το Ξεροκίπιον («ξηρός κήπος») και η δεξαμενή του Αιτίου. Στην Κωνσταντινούπολη, κατασκευάστηκαν τουλάχιστον 36 στέρνες (Lerner,1989).

Η Basilica Cistern, ή το Yerebatan Sarayı στα τουρκικά, ήταν η μεγαλύτερη γνωστή καλυμμένη δεξαμενή (140 m × 70 m και ικανή να χωρέσει 80.000 m<sup>3</sup>). Κατά τη διάρκεια των χιλίων ετών ύπαρξης της αυτοκρατορίας, η επιρροή της εξαπλώθηκε ευρέως στη Βόρεια Αφρική και την Εγγύς Ανατολή. Αρκετές βυζαντινές δεξαμενές χτίστηκαν σε διάφορα μέρη της Αυτοκρατορίας.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Υπό το φως των νέων ανακαλύψεων και των συνδυασμένων πιά μελετών αρχίζει, όμως να διαμορφώνεται η πεποίθηση ότι η Αλεξάνδρεια μπορεί να συγκριθεί με την Κωνσταντινούπολη που μέχρι τώρα έφερε τον τίτλο « η πόλη των δεξαμενών». Ο αριθμός των 144 μεγάλων δεξαμενών που έχει αποκαλυφθεί μέχρι τώρα είναι μεγαλύτερος από τις 100 περίπου που σώζονται στην Κωνσταντινούπολη. Αν και δεν συγκρίνονται σε μέγεθος είναι εξίσου μεγαλοπρεπείς. Η μεγαλύτερη δεξαμενή που έχει αποκαλυφθεί στην Αλεξάνδρεια η EL Nabih έχει δυνατότητα αποθήκευσης 2.500 m<sup>3</sup>. Η συνέχιση των ερευνών πιθανόν να αποκαλύψει και τις ποσότητες του νερού που αποθηκεύονταν για να το συγκρίνουμε με το περίπου 1.000.000 m<sup>3</sup> που μπορούσαν να συγκεντρωθούν συνολικά στις κιστέρνες της Κωνσταντινούπολης.

Ένα ακόμη ερώτημα που μπορεί να τεθεί είναι αυτό της αρχιτεκτονικής δομής τους. Όπως περιγράψαμε αναλυτικά στην εργασία, στις μεγάλες δομές της Αλεξάνδρειας έχει χρησιμοποιηθεί ως επαναλαμβανόμενη δομική μονάδα, ένα τετράγωνο οριζόμενο από τέσσερις κίονες που συνδέονται με θόλο. Η μονάδα αυτή επαναλαμβάνεται και διευρύνεται, επιτρέποντας την δημιουργία μεγάλων και σταθερών οικοδομικών δομών. Επιπλέον, η χρήση γρανιτένιων και μαρμάρινων κίωνων,

ως μέσω στήριξης, μειώνει τα έξοδα συντήρησης και αξιοποιούσε στο έπακρο την αναπαραγωγή της βασικής, τετράγωνης αρχιτεκτονικής μονάδας.

Η συγκεκριμένη δομή θεωρείται το χαρακτηριστικό σχήμα για την ανάπτυξη και την τυποποίηση της βυζαντινής αρχιτεκτονικής τόσο της χρηστικής όσο και της θρησκευτικής. Με το ίδιο τύπο χτίστηκαν και οι δεξαμενές της Κωνσταντινούπολης μετά τον 6<sup>ο</sup> μ.Χ. αιώνα την περίοδο που ήταν η μεγαλύτερη και σημαντικότερη πόλη της Βυζαντινής αυτοκρατορίας. Όμως οι μεγάλες δεξαμενές της Αλεξάνδρειας ξεκίνησαν να χτίζονται σίγουρα μετά τον 8<sup>ο</sup> μ.Χ. αιώνα περίπου, κατά την διάρκεια της αραβικής κατάκτησης της πόλης. Την περίοδο που ήταν πλέον μία ασήμαντη επαρχιακή πόλη της Αιγύπτου και του αραβικού κόσμου. Τι ήταν αυτό που ώθησε την αραβική διοίκηση στην κατασκευή τόσο ακριβών υποδομών και πιο ήταν το πρότυπο;

Η εξέλιξη των συστημάτων συλλογής όμβριων υδάτων για την αύξηση της αποτελεσματικότητας της χρήσης νερού και η συνεχής προσπάθεια διατήρησης του περιβάλλοντος για αειφόρο ανάπτυξη έχει παρουσιαστεί και συζητηθεί σε αυτό το έγγραφο. Πιστεύεται ότι αυτά τα πρώιμα συστήματα χρησιμοποιήθηκαν στην περιοχή της Μεσογείου για τη συλλογή απορροής από βουνοπλαγιές, ανοιχτές αυλές και στέγες κυρίως για οικιακούς σκοπούς.

Η αποθήκευση των εγκαταστάσεων απορροής βροχοπτώσεων έχει κατασκευαστεί σε ολόκληρη την περιοχή γύρω από τη Μεσόγειο και την Εγγύς Ανατολή από την τρίτη χιλιετία π.Χ. Όχι μόνο οι δεξαμενές χρησιμοποιήθηκαν για την αποθήκευση της απορροής βροχόπτωσης, αλλά και για την αποθήκευση νερού υδραγωγείων για εποχιακές διακυμάνσεις.

Τα ιστορικά παραδείγματα τεχνολογιών δεξαμενών μπορεί να έχουν ακόμη σημασία για τη σημερινή μηχανική νερού. Μερικά από τα συμπεράσματα που αντλήθηκαν περιλαμβάνουν:

**(α)** Καθ' όλη τη διάρκεια της ιστορίας, οι δεξαμενές υπήρξαν ουσιαστικό μέρος της τεχνολογίας ύδρευσης για την επιβίωση και την ευημερία του ανθρώπου για την βιωσιμότητα των υδάτινων πόρων.

**(β)** Ένας συνδυασμός και ισορροπία μέτρων μικρότερης κλίμακας (όπως δεξαμενές για συστήματα συλλογής νερού) και τα έργα μεγάλης κλίμακας ύδρευσης (όπως δεξαμενές για αποθήκευση ροών υδραγωγείων) χρησιμοποιήθηκαν από πολλούς αρχαίους πολιτισμούς.

**(γ)** Οι αρχαίες τεχνολογίες νερού των δεξαμενών δεν πρέπει να θεωρηθούν ως ιστορικά αντικείμενα, αλλά ως πιθανά μοντέλα για βιώσιμες τεχνολογίες νερού για το παρόν και το μέλλον.

**(δ)** Οι αρχαίες τεχνολογίες νερού, όπως οι δεξαμενές χαρακτηρίστηκαν από την απλότητα, την ευκολία λειτουργίας και την απαίτηση περίπλοκων ελέγχων, καθιστώντας τις πιο βιώσιμες (Mays,2010) Ωστόσο, ο επιτυχής σχεδιασμός και λειτουργία ορισμένων από αυτά τα συστήματα ήταν τεράστια επιτεύγματα στη μηχανική.

**(ε)** Οι δεξαμενές χρησιμοποιήθηκαν από αρχαίους πολιτισμούς για τη βιωσιμότητα των υδάτινων πόρων και έκτοτε έχουν χρησιμοποιηθεί, αν και η σημασία τους για τους σημερινούς σκοπούς παροχής νερού εξαφανίστηκε σε ανεπτυγμένα μέρη του κόσμου, παρά το γεγονός ότι

συνεχίστηκε σε πολλά αναπτυσσόμενα μέρη του κόσμου (Mays,2013)

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Boulud S., (2011). « *Terra Santa : L'Eau et le réseau Hydraulique antique* », Centre d'Études Alexandrines, CEALex.
- Butzer K. W., (1976). "Early Hydraulic Civilization in Egypt". A Study in Cultural Ecology", The University of Chicago press.
- Bogdanović J., (2008). "Cisterns". Available online: <http://www.ewh.gr/1.aspx> (accessed on 16 August 2020)
- Çeçen, K. (1992) "Sinan's Water Supply System in Istanbul", Istanbul Technical University: Istanbul, Turkey.
- Ciniç, N. (2003). "Yerebatan Cistern and Other Cisterns of Istanbul", Duru Basim Ltd.: Istanbul, Turkey.
- De Feo G., Antoniou G., Fardin H.- F., El- Gohary F., Zheng X., Reklaityte I., Butler D., Yannopoulos St., Angelakis A., (2014). "The Historical Development of Sewers Worldwide", Sustainability 2014, 6, 3936-3974.
- Empereur J.-Y., (1998). "Alexandria Rediscovered", 1998 British Museum Press.
- Empereur J.-Y., (2002). "Du nouveau sur la topographie D'Alexandrie (note d'information)", Comptes rendus des Séances del'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, 146 année, No 3, pp. 921-933.
- Empereur J.-Y. (2009)., « *Alexandrie, l'eau du Nil dans Les citernes* », Archéologia, 471, pp. 38-49.
- Empereur J.-Y., (2017). " *Alexandrie, Césaréum - Les Fouilles du cinéma Majestic*", ÉtAlex 38, Alexandrie.
- Forchheimer P., Strzygowski J., (1893). "Die Byzantinischen Wasserbehälter von Konstantinopel", pp. 76-77. Wien
- Golfinopoulos A., Kalavrouziotis I.,Aga V., (2016). "Prehistoric and historic hydraulic technologies in stormwater and Wastewater management in Greece: a brief review", Journal Desalination and Water Treatment Volume 57, 2016 - Issue 58
- Guyard Y., (2008). « *Les citernes médiévales d'Alexandrie : une Première typologie* », Alexandrie médiévale 3, Ét. Alex. 16, p. 279 -312
- Hairy I., (2008). « *Alexandrie médiévale. La question de l'eau* », INSTITUT FRANÇAIS D'ARCHÉOLOGIE ORIENTALE, Études alexandrines 16.
- Hairy I., (2008). "Les Coulisses de l'eau Alexandrine", Les petits Guides d'Alexandrie, 03 (FR), Harpocrates Publishing, Alexandrie.
- Hairy I., (2009). « *Du Nil à Alexandrie - Histoire d'eaux* », Publisher: Editions Harpocrates, Alexandria, Egypt.
- Hairy I., (2011). "L'Eau alexandrine : des hyponomes aux citernes" Du Nil à Alexandrie, pp 212-239
- Hairy I., (2011). "Chantier el-Gharaba: des citernes au débit de boisson", GUIDE DE L'EXPOSITION :Du Nil à Alexandrie, Histoires d'eaux, Musée royal de Mariemont, pp 102-112, Morlanwelz (Belgium)
- Hairy I., (2016). "The study of Alexandria's water system, 4<sup>th</sup> Century BC to 19<sup>th</sup> century AD", Du Nil à Alexandrie: Histoires D'eaux, Catalogue d'exposition, Neuchâtel, Laténium, pp.208-235, Harpocrates, Alexandrie.
- Jomard E-F., (1809-1822) *Description de l'Égypte : ou recueil des Observations et des recherches qui ont été faites en Égypte Pendant l'expédition de l'armée française*, publié L'Imprimerie Impériale, Paris.
- Kollyropoulos K., Antoniou G., Kalavrouziotis I., Krasilnikoff I., Koutsoyiannis, D., Angelakis A., (2015). "Hydraulic Characteristics of the drainage systems of ancient Hellenic theatres: A case study at the theatre of Dionysus and its implications", Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol. 141, Issue 11, pp.518-519 )
- Machinek K., (2009). "L'eau dans les fortifications", Du Nil à Alexandrie: L'Eau et les techniques, pp. 586-605.
- Mahmoud Bey F., (1972). "Memoire sur L'antique Alexandrie", Imprimerie de Bianco Luno, Par. S. Muule, COPENHAGUE.
- March C., Borel L., (2007), "La citerne el Nabih : témoin Remarquable de la redécouverte du patrimoine alexandrine" Centre d'Études Alexandrines, CEALex.
- Mays L, Antoniou G., Angelaki A., (2013), "History of Water Cisterns: Legacies and Lessons", Water 2013, 5, 1916-1940;
- Mays L.W., (2010). "Ancient Water Technologies", Springer

Science and Business Media. B.V.: Dordrecht, the Netherlands  
Mays L.W. (2013). "Use of Cisterns during antiquity in the  
Mediterranean region for water resources sustainability",  
Water Sci. Technol. Water Supply 13, pp.735–742  
Lerner, D. 1989). "Large Byzantine water storage cisterns." Q. J.

Eng. Geol. Hydrogeol., 22, pp.173–174.  
Simony A., (2011). "Georeferencing and overlay tanks of  
Alexandria", Water 19.