

## Παραγωγή Πόσιμου Νερού με Αφαλάτωση από τον Ανδρέα Ν. Αγγελάκη

Περίπου 250 χρόνια, μετά τον Θαλή τον Μιλήσιο (ca 624- 546 π.Χ.), ο Αριστοτέλης (384-322 π.Χ.) τον θεωρεί τον πρώτο φιλόσοφο, που ξεκίνησε με τις εξής τρεις βασικές θέσεις του για το νερό: (α) *Τα πάντα γεννιούνται από το νερό.* (β) *Το νερό είναι αρχή των πάντων.* Και (γ) *η γη επιπλέει πάνω στο νερό.* Από αυτά μεταξύ άλλων συμπεραίνεται ότι: *Η ιστορία του νερού ισοδυναμεί με την ιστορία του κόσμου και η ιστορία της ποιότητας του νερού με την ιστορία της ζωής.*

Αφαλάτωση ορίζουμε τη διαδικασία, κατά την οποία το αλατούχο (θαλασσινό ή υφάλμυρο) νερό διαχωρίζεται σε δύο ξεχωριστά μέρη. Το καθαρό παραγόμενο νερό με πολύ μικρή συγκέντρωση αλάτων και το απορριπτόμενο διάλυμα υψηλής συγκέντρωσης αλάτων, δηλαδή την άλμη (brine). Ο διαχωρισμός αυτός λαμβάνει χώρα με την χρήση διαφορετικών τεχνολογιών. Οι εμπορικές τεχνολογίες αφαλάτωσης μπορούν να διαιρεθούν στις εξής κατηγορίες: (α) Την θερμική διεργασία άμεσης απόσταξης πολλαπλών φάσεων. (β) Την θερμική διεργασία απόσταξης πολλαπλής επίδρασης. Και (γ) τις διαδικασίες διαχωρισμού με μεμβράνη, όπως είναι η αντίστροφη ώσμωση (RO). Πέραν των τριών προαναφερθέντων διαδικασιών συναντώνται και άλλες όπως: η ηλεκτροδιάλυση, η ανταλλαγή ιόντων, η αφαλάτωση με ψύξη και άλλες.

Η αφαλάτωση έχει μια μακρά και πλούσια ιστορία, και κάποια προβλήματα που αντιμετώπισαν τα πρώτα έργα ισχύουν ακόμη και σήμερα. Η αφαλάτωση είναι γνωστή από τους προϊστορικούς χρόνους, με πρωτοπόρους τους Μινωίτες, που θεωρούνται επίσης πρωτοπόροι θαλασσοκράτες. Στην συνέχεια η αφαλάτωση ανάγεται στους αρχαίους Έλληνες ναυτικούς, που την εφάρμοζαν κατά τον 4ο π.Χ. αιώνα με εξάτμιση του θαλασσινού νερού, όπως την περιγράφει και ο [Αριστοτέλης](#). Επίσης, η αφαλάτωση αναφέρεται ως πραγματεία των Αράβων του 8ου μ.Χ. αιώνα, που βασίζεται στην [απόσταξη](#) του νερού. Τον 18ο αιώνα, με την ανάπτυξη της [ατμοπλοΐας](#), η αναγκαιότητα μεγάλης ποσότητας ύδατος στη χρήση των ατμομηχανών, κατέστησε επιτακτική ανάγκη την αφαλάτωση του θαλασσινού νερού, έτσι ώστε να αποφεύγεται η ταχύτερη διάβρωση των μηχανών. Τέλος, από το [1970](#) άρχισαν να τίθενται σε λειτουργία μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις αφαλάτωσης στις [ΗΠΑ](#), στη [Ρωσία](#), στη Σαουδική Αραβία, στα Κανάρια νησιά, στο Κουβέιτ, στο Ισραήλ και αλλού.

Πολλοί στον τομέα της αφαλάτωσης κοιτάζουν προς τα πίσω κατά καιρούς, όχι μόνο για την πρακτική και την εμπειρική χρήση της αλλά και για να διδάσκονται. Μελετώντας αρχαίους πολιτισμούς, μελετάμε τον εαυτό μας και μαθαίνουμε από το παρελθόν. Η ταχεία αύξηση του πληθυσμού, η αστικοποίηση και η κλιματική μεταβλητότητα, έχουν μειώσει σημαντικά τους υπάρχοντες υδατικούς πόρους, συμπεριλαμβανομένου φυσικά και του πόσιμου νερού. Επιπλέον, η διαθεσιμότητα νερού σε αστικές περιοχές όλο και περισσότερο γίνεται πιο σπάνια, αν όχι κρίσιμη.

Έτσι, θα πρέπει να εφαρμοστούν νέες τεχνολογίες, όπως είναι η αφαλάτωση και η επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων εκροών αστικών υγρών αποβλήτων (Angelakis *et al.*, 2021).

Επί του παρόντος, οι τεχνολογίες αφαλάτωσης, τόσο της θαλασσινού όσο και υφάλμυρου νερού για υδρευτική και αρδευτική χρηστή του σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές, φαίνεται να είναι πολλά υποσχόμενες. Πράγματι, οι τεχνολογίες αφαλάτωσης αποτελούν εναλλακτικές λύσεις, καθώς το νερό παράγεται με μικρότερο κόστος, κυρίως λόγω της συνεχούς βελτίωσης των μεμβρανών και της σημαντικής μείωσης του κόστους των ενεργειακών απαιτήσεων, ιδιαίτερα όταν αυτές καλύπτονται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τα κύρια είδη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι: η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια, η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια από βιομάζα, η υδροηλεκτρική ενέργεια, η παλιρροϊκή ενέργεια και η ενέργεια κυμάτων.

Επιπλέον, νέες επιστημονικές ανακαλύψεις και περαιτέρω βελτίωσης των εφαρμοζόμενων τεχνολογιών, θα βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση της σημασίας των κριτηρίων, τόσο στην απευθείας παραγωγή νερού, όσο και σε αυτή από επεξεργασμένες εκροές υγρών αποβλήτων. Πρέπει να αναγνωριστεί ότι η απόσυρση υδάτων από τις εσωτερικές, μη παράκτιες περιοχές, η μεταφορά και η επεξεργασία τους σε αστικές παράκτιες περιοχές, η άπαξ χρήση τους και η απόρριψή τους στη θάλασσα δεν αποτελεί βιώσιμη πρακτική.

Σήμερα σε παγκόσμιο επίπεδο, η εγκατεστημένη δυναμικότητα για αφαλάτωση θαλασσινού και υφάλμυρου νερού είναι πάνω από 100 εκατομ. m<sup>3</sup>/ημέρα και αυξάνεται ραγδαία τα τελευταία 30 χρόνια (Angelakis *et al.*, 2021). Επίσης εκτιμάται ότι λειτουργούν πάνω από 20.000 μονάδες αφαλάτωσης λειτουργούν σήμερα σε ολόκληρο τον κόσμο (Εικόνα 1).

Εικόνα 1. Αύξησης της αφαλάτωσης σε όλο τον κόσμο τις τελευταίες τρεις δεκαετίες (Angelakis *et al.*, 2021).

Με δεδομένο ότι σε αρκετές περιοχές της Χώρας μας και ιδιαίτερα στην Κρήτη, τα θαλασσινά και τα υφάλμυρα νερά είναι σε αφθονία καθώς και η δυνατότητα παραγωγής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, δεν θα έπρεπε να αντιμετωπίζονται έντονα προβλήματα στην χρήση υδατικών πόρων και κυρίως αυτών για ύδρευση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ΔΕΥΑ Μαλεβιζίου, που από τις σύγχρονες δυο Μονάδες, που διαθέτει συνολικής δυναμικότητας 5400 m<sup>3</sup> /ημερησίως λειτουργεί δυστυχώς μόνο η πρώτη δυναμικότητας 2400 m<sup>3</sup> /ημερησίως. Αυτή κατασκευάστηκε το 2014, χρησιμοποιεί υφάλμυρο υπόγειο νερό, από την περιοχή του Αλμυρού, και με κόστος παραγωγής ποσίου νερού 0,16 €/ m<sup>3</sup> νερού, στο οποίο δε συμπεριλαμβάνεται το ενεργειακό κόστος, που είναι 0,80 kWh/ m<sup>3</sup> νερού και παράγεται από φωτοβολταϊκά. Η άλλη Μονάδα είναι δυναμικότητας 3000 m<sup>3</sup> /ημερησίως δεν λειτουργεί δυστυχώς, επειδή δεν επιτρέπεται η χρήση του υφάλμυρου νερού της πηγής του Αλμυρού, η οποία θεωρείται ότι βρίσκεται σε δασική έκταση. Τέλος, αναφέρεται ότι η ποιότητα του παραγόμενου πόσιμου νερού

υπερπληροί τα κριτήρια της Εθνικής και Ευρωπαϊκής Νομοθεσίας, που αναφέρονται στο νερό ανθρώπινης κατανάλωσης. Γι' αυτό το παράδειγμα θα επανέλθομε σε προσεχή άρθρο μας.

Από τα προαναφερόμενα συμπεραίνεται ότι:

(α) Σε παγκόσμιο επίπεδο, η έρευνα και τεχνολογία αντικειμένων υδατικών πόρων θα συνεχίσουν να αναπτύσσονται και να βελτιώνονται συνεχώς τα προσεχή έτη, με πολύ πιο γρήγορους ρυθμούς και θα εντάσσονται σ' ένα γενικότερο πλαίσιο αειφορίας, τουλάχιστο στον αναπτυσσόμενο κόσμο. Ιδιαίτερα η βελτίωση των μεμβρανών αφαλάτωσης θα συνεχισθεί, έτσι ώστε η χρήση τους να γίνεται οικονομικότερη και φιλικότερη στο περιβάλλον.

(β) Η χρήση μη συμβατικών υδατικών πόρων και κυρίως αφαλατωμένου νερού, θα βοηθήσει στην ορθολογικότερη διαχείριση των υδατικών πόρων της Χώρας μας, κυρίως στις νοτιοανατολικές νησιώτικες περιοχές της.

(γ) Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε μονάδες αφαλάτωσης αποτελεί αποδεδειγμένα και βιώσιμη λύση και συνήθως προτεραιότητα σε χρηματοδοτικά σχήματα, που αφορούν παράκτιες και ευπαθείς περιοχές.

(δ) Η Ελλάδα έχει τη δυνατότητα να πρωταγωνιστήσει στην έρευνα και τεχνολογία διαχείρισης των υδατικών πόρων, κυρίως στη Μεσόγειο και στη Μέση Ανατολή, εφ' όσον επενδύσει σε σχετικές τεχνολογικές δραστηριότητες, όπως είναι αυτές υπερδιήθησης-αφαλάτωσης και οι πράσινες μονάδες αφαλάτωσης. Οι Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης και Αποχέτευσης (ΔΕΥΑ) της χώρας, σε συνεργασία με αξιολογες κατασκευαστικές εταιρίες, που δραστηριοποιούνται στον Ελλαδικό χώρο, μπορούν να συμβάλουν ενεργά στην περαιτέρω βελτίωση των εφαρμοζόμενων τεχνολογιών και στη μείωση του κόστους του παραγομένου αφαλατωμένου νερού.

\*Ο Ανδρέας Ν. Αγγελάκης είναι Επίτιμο Μέλος και Διακεκριμένο Fellow της Παγκόσμιας Εταιρείας Υδατικών Πόρων.

## **Βιβλιογραφία**

Angelakis, A. N., Valipour, M., Choo, K-Ho, Ahmed, A. T., Baba, A., Kumar, R., Toor, G. S., and Wang, Z. (2021). Desalination: From ancient to present times and future. *Water*, 13, 2222. <https://doi.org/10.3390/w13162222>.