



Υδραυλικά Έργα I [ΠΟΜ 443]

Ζήτηση Νερού

Ανδρέας Χριστοφή / ειδικός επιστήμονας

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

Email: andreas.christofe@cut.ac.cy



Ζήτηση Νερού

■ Εισαγωγή

Το πιο κρίσιμο μέγεθος στην Στρατηγική Διαχείριση των Υδατικών Πόρων είναι η εκτίμηση των αναγκών σε νερό για τους διάφορους τομείς δραστηριοτήτων. **Το ύψος των αναγκών** σε μια ευρύτερη περιοχή (π.χ. λεκάνη απορροής ποταμού) συγκρίνεται με την **διαθεσιμότητα νερού** στην περιοχή ώστε να διαμορφώνονται τα σχέδια για την καλύτερη δυνατή διανομή του νερού.

Τα απαιτούμενα σε κάθε περίπτωση **έργα αποθήκευσης** και διανομής έχουν ως στόχο την ρύθμιση των ποσοτήτων **διαθέσιμου νερού στο χώρο και στο χρόνο**, ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες σε νερό που παρουσιάζουν μεγάλη **χωρική** και **χρονική** διακύμανση.

Οι συνιστώσες της ζήτησης νερού που πρέπει να εξετάζονται με τη διακύμανση τους στο χώρο και στο χρόνο είναι

Ζήτηση Νερού

Οι συνιστώσες της ζήτησης νερού που πρέπει να εξετάζονται με τη διακύμανση τους στο χώρο και στο χρόνο είναι :

α) η ποσότητα που συλλαμβάνεται στην πηγή (Q_i)

β) η ποσότητα που καταναλώνεται (συμπεριλαμβανομένης και της ανακύκλωσης)

γ) η ποσότητα που παροχετεύεται στον αποδέκτη μετά την χρήση (λύματα) (Q_e)

δ) η ποσότητα που χάνεται (απώλειες) (Q_c)

Ζήτηση Νερού

Γενική κατανομή της ζήτησης νερού

- Ύδρευση
- Τουρισμός
- Βιομηχανία
- Παραγωγή Ενέργειας
- Γεωργία
- Περιβάλλον
- Αισθητική Αναβάθμιση

Ζήτηση Νερού

Λόγοι Αύξηση της Ζήτησης νερού

- Αύξηση του πληθυσμού
- Αύξηση Αρδευτικών εκτάσεων
- Αστικοποίηση και συγκέντρωση πληθυσμού στα αστικά κέντρα
- Ανάπτυξη
- Άνοδος πολιτισμικού επιπέδου / νέες ανάγκες

Η άνοδος του πληθυσμού (ραγδαία σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες π.χ. Ινδία, Αίγυπτος, Αραβική χερσόνησος, Νότιος Αφρική) σε συνδυασμό με την διαφαινόμενη άνοδο σε πολλές χώρες του βιοτικού επιπέδου αλλά και τη διαφαινόμενη αλλαγή του κλίματος θα οδηγήσει σε συνθήκες έλλειψης νερού σε σημαντικές περιοχές του πλανήτη.

Ζήτηση Νερού

Αστική Ζήτηση Νερού

Η αστική ζήτηση νερού καλύπτει ένα μεγάλο σύνολο επιμέρους χρήσεων οι σπουδαιότερες από τις οποίες εντάσσονται στις ακόλουθες 6 κατηγορίες /τομείς

- Οικιακή
- Βιομηχανική
- Εμπορική
- Μεταφορές
- Δημόσιες υπηρεσίες
- Απώλειες και ατιμολόγητο νερό

Ζήτηση Νερού

Πίν. 4.2: Τομείς και δραστηριότητες της αστικής χρήσης του νερού

Τομέας /χρήση	Δραστηριότητα
Οικιακή οικιακή	<ul style="list-style-type: none">• Πλύσιμο πιάτων και μαγείρεμα• Τουαλέτα - μπάνιο/ντους• Πλύσιμο ρούχων• Καθαρισμός σπιτιού• Πότισμα κήπου• Πλύσιμο αυτοκινήτου κ.λπ.
Βιομηχανική Βιομηχανική	<ul style="list-style-type: none">• Κατασκευές και διάλυση• Συναρμολόγηση• Παραγωγή βιομηχανικών προϊόντων
Εμπορική Εμπορική	<ul style="list-style-type: none">• Εμπόριο προϊόντων στα καταστήματα• Γραφεία εμπορίου• Παραγωγή τροφής• Υπηρεσίες διανομής• Αποθήκες εμπορευμάτων

Ζήτηση Νερού

Μεταφορές Μεταφορές	<ul style="list-style-type: none">• Σιδηροδρομικοί σταθμοί• Σταθμοί λεωφορείων, ταξί, κ.λπ.• Λιμάνια & Αεροδρόμια
Δημόσιες Υπηρεσίες Δημόσιες/Δημοτικές Υπηρεσίες	<ul style="list-style-type: none">• Δημόσια γραφεία• Πυροσβέστες• Άρδευση κήπων και πάρκων• Καθαρισμός δρόμων• Υπηρεσίες υγείας• Σχολεία - πανεπιστήμια• Καθαρισμός αποβλήτων (υπόνομοι)• Δημόσιες τουαλέτες
Απώλειες και ατιμολόγητο νερό Απώλειες και ατιμολόγητο νερό	<ul style="list-style-type: none">• Διαρροές στο σύστημα υδροδότησης (εξωτερικού & εσωτερικού υδραγωγίου)• Λανθασμένες μετρήσεις ή υπομετρήσεις υδρομέτρων• Εξάτμιση από ανοικτές δεξαμενές• Κλοπή νερού

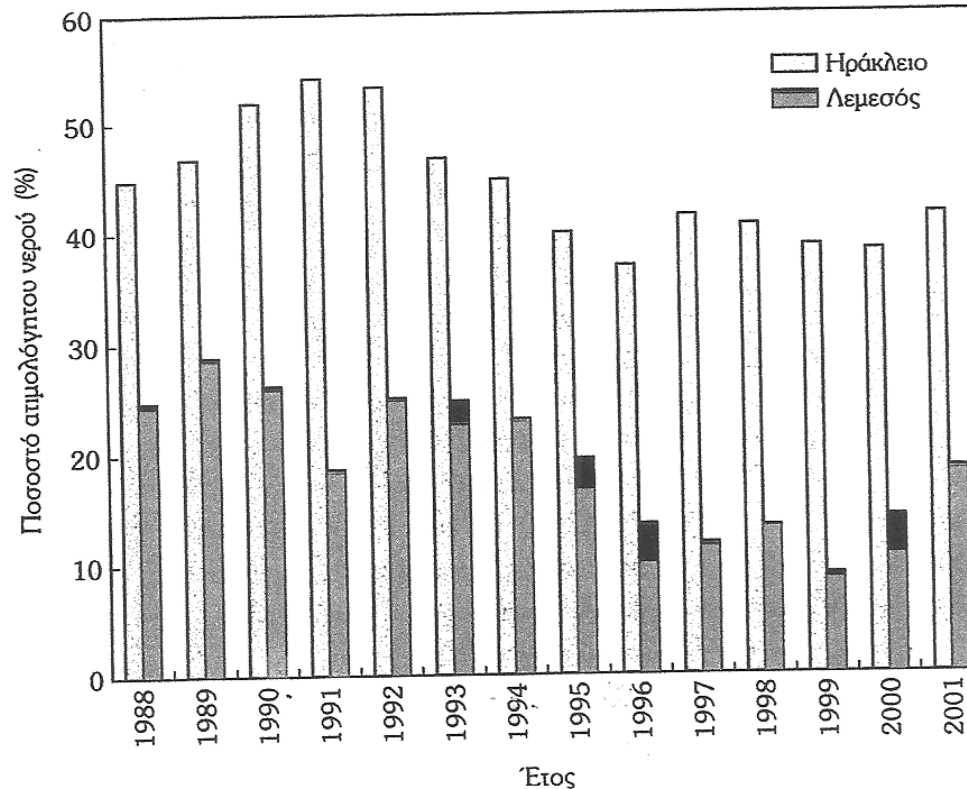
Ζήτηση Νερού

Απώλειες και ατιμολόγητο νερό

- Απώλειες από τα δίκτυα
- Απώλειες δεξαμενών
- Εξάτμιση
- Διαρροές λόγω βλαβών
- Καταναλώσεις μη μετρούμενων καταναλωτών (Δημοτικά γραφεία/ άρδευση πάρκων κ.τ.λ.)
- Παράνομες συνδέσεις με το δίκτυο
- Χαλασμένοι μετρητές
- Ζήτηση για κατάσβεση πυρκαγιών

Ζήτηση Νερού

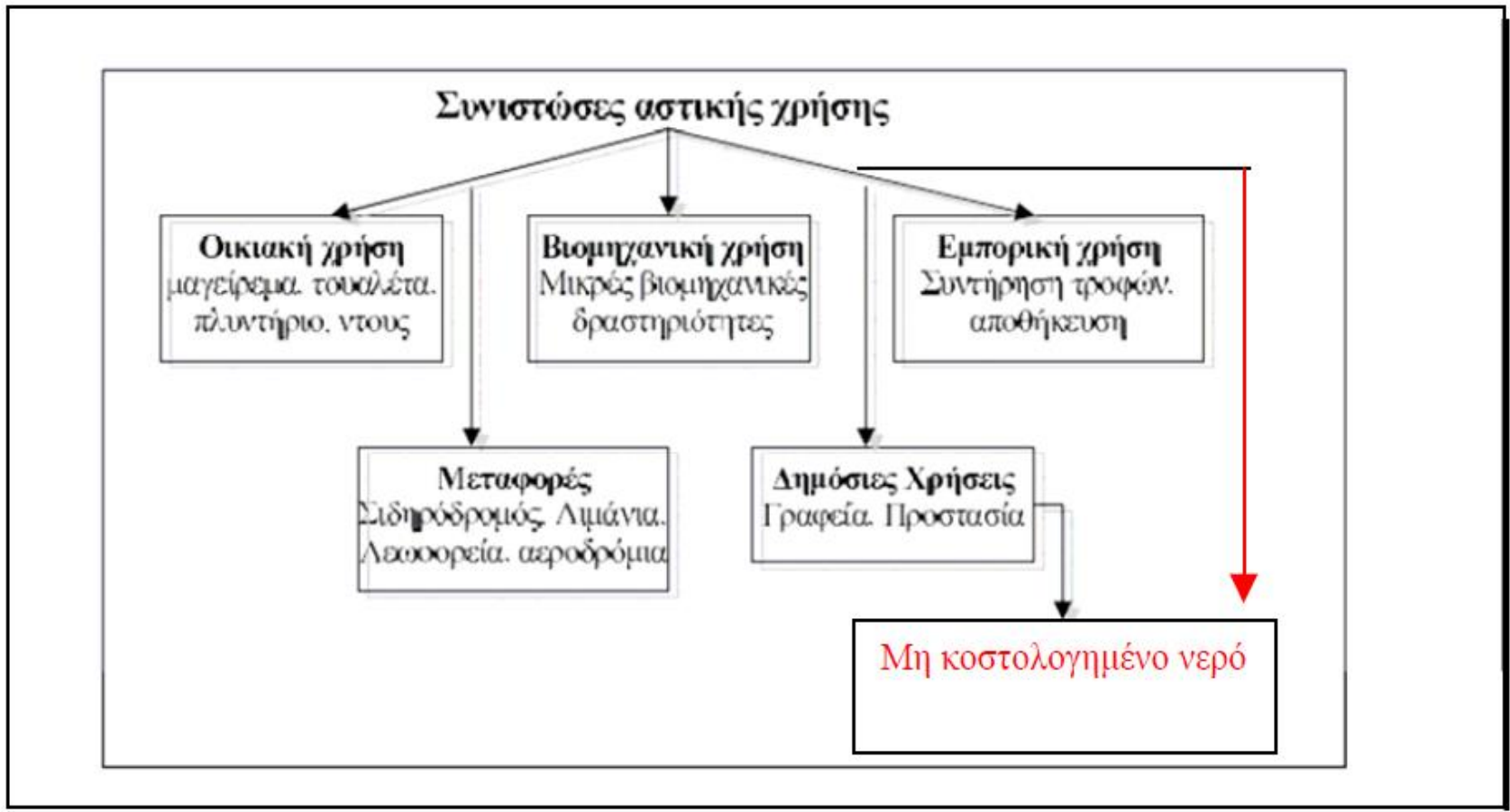
Για πολλά συγγράμματα το αιτιολογητο νερό και το μη καταγεγραμμένο θεωρούνται πρακτικά ίσα και γι' αυτό αναφέρονται χωρίς διάκριση.



Σχ. 4.3: Σύγκριση των ποσοστών του αιτιολογητού νερού για τα δίκτυα Ηρακλείου και Λεμεσού, για τη χρονική περίοδο 1988-2001.

Ζήτηση Νερού

Η μέση ειδική ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο ανά ημέρα $meanq_{HM}$ και οι συνακόλουθοι πολλαπλασιαστές συμπεριλαμβάνουν όλες τις παραπάνω χρήσεις



Ζήτηση Νερού

Πρόβλεψη πληθυσμών

Είναι προφανές ότι για τον προσδιορισμό των μελλοντικών ζητήσεων νερού είναι απαραίτητη κατά αρχήν η πρόβλεψη του πληθυσμού. Για την πρόβλεψη πληθυσμών μπορούν να χρησιμοποιηθούν μαθηματικές εξισώσεις πρόβλεψης της εξέλιξης των πληθυσμών. Προφανώς οι τελευταίες δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται χωρίς κριτική. Για την εκτίμηση του μόνιμου πληθυσμού μετά από v έτη προτείνεται η χρήση μιας από τις παρακάτω μεθόδους :

- α) Σταθερή μεταβολή ανά έτος (γραμμική αύξηση)
- β) Σταθερή **σχετική** μεταβολή ανά έτος (γεωμετρική αύξηση)

Ζήτηση Νερού

α) Στην πρώτη περίπτωση έστω ότι η διαφορά των πληθυσμών κάθε δύο διαδοχικών ετών παραμένει σταθερή ίση με b .

$$P_1 - P_0 = P_2 - P_1 = P_3 - P_2 = \dots = P_v - P_{v-1} = b$$

Η αναδρομική εξίσωση γράφεται :

$$P_i = P_{i-1} + b \quad \text{για} \quad i = 1(1) v$$

Και καταλήγει στην

$$P_v = P_0 + vb$$

Όπου : $P_0 = 0$ ο αρχικός πληθυσμός και P_v ο πληθυσμός μετά από v έτη.

Ζήτηση Νερού

Παράδειγμα 1

Ο πληθυσμός ενός οικισμού είναι 10000 κάτοικοι με σταθερή αύξηση ανά έτος 120 κατοίκους. Να εκτιμηθεί ο πληθυσμός σε 30 έτη.

Λύση

Πρόκειται για σταθερή ετήσια αύξηση επομένως ο πληθυσμός μετά 30 έτη είναι

$$b=120$$

$$v= 30$$

$$P_0 = 10000$$

$$P_v = P_0 + vb$$

$$P_{30} = 10000 + 30 \cdot 120 = 13600 \text{ κάτοικοι}$$

Ζήτηση Νερού

β) Στη δεύτερη περίπτωση της σταθερής σχετικής μεταβολής (**σταθερό ποσοστό μεταβολής**) η αναδρομική σχέση γράφεται

$$P_i = \alpha P_{i-1}$$

Όπου : $\alpha = 1 + \gamma$ και $\gamma = \frac{P_i - P_{i-1}}{P_{i-1}} = \text{σταθερό}$

Η παραπάνω εξίσωση δίνει τη λύση

$$P_v = \alpha^v \cdot P_0$$

Που είναι ευσταθείς για $|\alpha| < 1$ και μονότονη για $\alpha > 0$. (Για $|\alpha| > 1$ είναι ασταθής και $\alpha < 0$ εναλλασσόμενη)

Ζήτηση Νερού

Παράδειγμα 2

Ο πληθυσμός μιας πόλης είναι 10000 κάτοικοι και η ετήσια σχετική αύξηση εκτιμάται ίση με 1% του εκάστοτε πληθυσμού. Να υπολογισθεί ο πληθυσμός της πόλης σε 30 έτη.

Λύση

Πρόκειται για περίπτωση σταθερής σχετικής αύξησης και συνεπώς ισχύουν

$$\gamma = 0.01$$

$$\alpha = 1 + \gamma = 1.01$$

και

$$P_v = \alpha^v \cdot P_0$$

$$P_{30} = 1.01^{30} \cdot 10000 = 13478 \text{ κάτοικοι}$$

Ζήτηση Νερού

Αν από εμπειρικές παρατηρήσεις προκύψει ότι η αύξηση του πληθυσμού βασίζεται και στην σταθερή ετήσια αύξηση b και στο σταθερό ποσοστό γ τότε η εξίσωση χαρακτηρίζεται ως <<αυτόνομη γραμμική εξίσωση διαφορών>> της οποίας η ανάδρομη σχέση είναι

$$P_i = \alpha \cdot P_{i-1} + \gamma$$

Όπου : $\alpha = 1 + \gamma$

Και η λύση της είναι

$$P_v = \frac{b}{1-\alpha} + \left(P_0 - \frac{b}{1-\alpha} \right) \cdot \alpha^v \quad \text{για } \alpha \neq 1$$

Ζήτηση Νερού

Παράδειγμα 3

Ο πληθυσμός μιας πόλης είναι 10000 κάτοικοι. Υπολογίζεται ότι 200 νέοι κάτοικοι εγκαθίστανται κάθε χρόνο στον οικισμό ενώ η φυσική αύξηση του πληθυσμού είναι 1% του εκάστοτε πληθυσμού. Να υπολογισθεί ο πληθυσμός της πόλης σε 30 έτη.

Λύση

Πρόκειται για την <<αυτόνομη γραμμική εξίσωση διαφορών>> που συνδυάζει και τις δύο μεθόδους, της σταθερής ετήσιας αύξησης και του σταθερού ετήσιου ποσοστού (σταθερής σχετικής μεταβολής)

$$P_v = \frac{b}{1-\alpha} + \left(P_0 - \frac{b}{1-\alpha} \right) \cdot \alpha^v$$

$$\alpha = 1 + \gamma = 1.01$$

$$b = 200 \text{ κάτοικοι /έτος}$$

$$v = 30 \text{ έτη}$$

Ζήτηση Νερού

Επομένως ο πληθυσμός σε 30 έτη θα είναι:

$$P_{30} = \frac{200}{1-1.01} + (10000 - \frac{200}{1-1.01}) \cdot 1.01^{30}$$
$$= -20000 + 30000 \cdot 1.3478 = -20000 + 40435 = 20435 \text{ κάτοικοι}$$

Πολλές φορές συναντώνται και περιπτώσεις φθίνουσας αύξησης λόγω κυρίως της ύπαρξης άνω ορίου πληθυσμού ή πληθυσμού κορεσμού P_s . Στην περίπτωση αυτή η εξίσωση που εκτιμά τον μελλοντικό πληθυσμό δίνεται

$$P_v = P_0 + (P_s - P_0) (1 - e^{-\lambda v})$$

P_v = ο πληθυσμός μετά από v έτη,

P_0 = ο σημερινός πληθυσμός και

λ = παράμετρος σχήματος που μπορεί να εκτιμηθεί από δύο διαδοχικές απογραφές του πληθυσμού

Ζήτηση Νερού

$$\lambda = \frac{1}{t_i - t_{i-1}} \ln \left[\frac{P_s - P_{t_i}}{P_s - P_{t_{i-1}}} \right]$$

Η μέθοδος στηρίζεται στην ύπαρξη του πληθυσμού κορεσμού που πρέπει να αιτιολογείται ορθολογικά πριν εκτιμηθεί ποσοτικά.

Σύμφωνα με πολλά διεθνή συγγράμματα η εξέλιξη του πληθυσμού μιας περιοχής ακολουθεί μια καμπύλη S. Μια τέτοια παραμετρική καμπύλη είναι η Λογιστική Καμπύλη (Logistic Curve) που παρουσιάζεται στο πιο κάτω σχήμα και δίνεται από την πιο κάτω σχέση.

$$P_v = \frac{P_s}{1 + c \cdot e^{-d \cdot v}}$$

Όπου : c και d παράμετροι και v ο αριθμός ετών

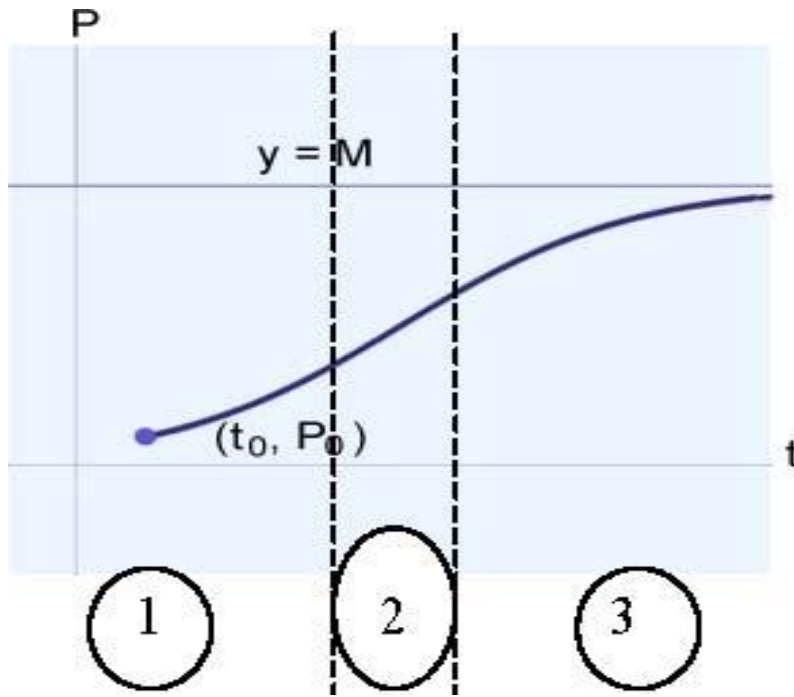
Η λογιστική καμπύλη προτείνεται για μακροχρόνιες προβλέψεις ενώ προσομοιάζει την εξέλιξη διαφόρων φυσικών κοινωνιών.

Ζήτηση Νερού

Λογιστική καμπύλη

Διακρίνονται τρεις περιοχές στην λογιστική καμπύλη:

- (1) Εκθετική αύξηση (ραγδαία αύξηση)
- (2) Ήπια σταθερή αύξηση (αριθμητική αύξηση)
- (3) Αύξηση φθίνοντος ρυθμού.



Ζήτηση Νερού

Υπόθεση φθίνουσας εξέλιξης

Για την περίπτωση αυτή θεωρείται αριθμητική πρόοδος με αρνητικό λόγο δηλαδή:

$$P_v = P_0 + b \cdot v, \quad b \leq 0$$

Μια άλλη αντιμετώπιση για τις περιοχές που παρατηρείτε μείωση πληθυσμού είναι η θεώρηση σταθερού πληθυσμού ή και η προσέγγιση της αριθμητικής προόδου με μικρό συντελεστή αύξησης b .

Τέλος, φαίνεται ως πιο πάνω ότι η πρόβλεψη του πληθυσμού είναι μια σύνθετη διαδικασία και μπορούν να χρησιμοποιηθούν πιο σύνθετα μοντέλα υπολογισμού ανάλογα με τους παράγοντες και τις ιδιαιτερότητες της κάθε περιοχής. Τελευταία έχουν εισαχθεί και τα Χωροταξικά Μοντέλα

Ζήτηση Νερού

Εκτίμηση της Παροχής (Ζήτησης)

Για την εκτίμηση των παραμέτρων όλων των παραπάνω εξισώσεων πρέπει να χρησιμοποιούνται στοιχεία απογραφών ή έμμεσων εκτιμήσεων πληθυσμού για το προηγούμενο διάστημα καθώς και οποιοδήποτε άλλο στοιχείο (χωροταξικό, δημογραφικό, ιστορικό, κ.λπ.) ώστε η εκτίμηση να είναι κατά το δυνατόν αξιόπιστη.

Σημειώνεται ότι εκτός των μεθόδων υπολογισμού της ζήτησης με βάση τον πληθυσμό, έδαφος κερδίζουν τα τελευταία χρόνια οι μέθοδοι εκτίμησης της ζήτησης που βασίζονται στις **χρήσεις γης** κυρίως με την ευρεία χρήση των **Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών**.

Γνωρίζοντας τη χρήση γης μιας έκτασης μπορεί να εκτιμηθεί ο πληθυσμός της καλύτερα.

Ζήτηση Νερού

Με την εκτίμηση του μελλοντικού πληθυσμού μιας περιοχής η μέση ημερήσια ζήτηση των καταναλωτών για οικιακή χρήση υπολογίζεται με την υπόθεση μιας σταθερής ανά άτομο κατανάλωσης που είναι γνωστή ως η ανηγμένη μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο (**q**) και κυμαίνεται για τις ελληνικές/κυπριακές συνθήκες από 200 μέχρι 350 L/ημέρα · κάτοικο.

Η ανώτερη τιμή χρησιμοποιείται για περιοχές με πανταχόθεν ελεύθερο σύστημα δόμησης, μεγάλα οικόπεδα και μονοκατοικίες με κήπους.

Σύμφωνα με τον Fair et al (1981) η ανηγμένη ανά κάτοικο ημερήσια ζήτηση (**q**) εξαρτάται από:

Ζήτηση Νερού

Ημερήσια Ζήτηση ανά κάτοικο (σύμφωνα με τον Fair et al (1981)):

- τις κλιματικές συνθήκες
- το επίπεδο ζωής
- την ύπαρξη δικτύου ακαθάρτων
- τον τύπο της εμπορικής και βιοτεχνικής/βιομηχανικής δραστηριότητας.
- την τιμή της μονάδας του νερού
- την αντικατάσταση μέρους της κατανάλωσης από ιδιωτικές πηγές (π.χ. πηγάδια)
- την ποιότητα του νερού
- την πίεση στο δίκτυο
- την αξιοπιστία (και την πληρότητα χωρικής κάλυψης) των υδρομετρητών.
- τη διαχείριση του συστήματος ύδρευσης.

Ζήτηση Νερού

Συνεπώς η μέση ζήτηση των καταναλωτών για οικιακή χρήση υπολογίζεται ως:

$$Q_d = P_v \cdot q \quad (\text{διάστημα ημέρας})$$

$$V_y = 365 \cdot P_v \cdot q \quad (\text{διάστημα έτους})$$

Επειδή οι αρχικές μονάδες (q) αναφέρονται σε Λίτρα (L) ανά ημέρα στους υπολογισμούς παροχών είναι χρήσιμο να μετατρέπονται σε L/s για την μέση ημερήσια ζήτηση (Q_d) και σε m^3 για τον ετήσιο όγκο νερού V_y .

Πρέπει να τονισθεί ότι για τον υπολογισμό των συνολικά απαιτούμενων ποσοτήτων νερού οι παραπάνω ποσότητες πρέπει να αυξάνονται ώστε να συμπεριλαμβάνονται και οι πάσης φύσεως απώλειες.

Ζήτηση Νερού

Παράδειγμα

Μια πόλη 800000 κατοίκων καταναλώνει συνολικά 60 Mm³ ετησίως (κατά μέσο όρο). Οι καταγεγραμμένες ποσότητες για μη οικιακή χρήση είναι 16 Mm³ ενώ εκτιμάται ότι οι διαρροές και οι βλάβες είναι η αιτία για την απώλεια του 15% της συνολικής ποσότητας. Να βρεθεί η ανηγμένη ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση.

Λύση.

Η «**συνολική**» ανηγμένη ανά κάτοικο ημερήσια κατανάλωση είναι:

$$q_{\text{gross}} = \frac{60000000 \cdot 1000}{800000 \cdot 365} = 274 \text{ L/ημέρα} \cdot \text{κάτοικο}$$

Οι απώλειες κατά 15% της συνολικής ποσότητας δίνουν ετήσια απώλεια

$$60 \text{ Mm}^3 \cdot \frac{15}{100} = 9 \text{ Mm}^3/\text{έτος}$$

Συνεπώς η οικιακή κατανάλωση είναι

$$60 - 9 - 16 = 35 \text{ Mm}^3/\text{έτος}$$

Η ανηγμένη ανά κάτοικο ημερήσια κατανάλωση υπολογίζεται

$$Q = \frac{35000000 \cdot 1000}{800000 \cdot 365} = 120 \text{ L/ημέρα} \cdot \text{κάτοικο}$$

Ζήτηση Νερού

Σε σχέση με τις πραγματικές ανάγκες υπάρχουν αναλυτικά στοιχεία τα οποία όμως μεταβάλλονται από πόλη σε πόλη και από χώρα σε χώρα. Εντελώς ενδεικτικά στον Πίνακα παρουσιάζεται η κατανομή της οικιακής κατανάλωσης στις ΗΠΑ, Σουηδία και τις Ευρωπαϊκές Μεσογειακές Χώρες (Hanke and L. de Mare, 1984):

Μέση ανηγμένη οικιακή κατανάλωση ανά άτομο q σε L/ημέρα · άτομο

Τύπος δραστηριότητας	Ευρωπαϊκές Μεσογειακές Χώρες	Σουηδία	ΗΠΑ
	L/ημέρα · άτομο		
Κουζίνα	28	50	45
Μπάνιο	30	70	60
Toilet	40	40	70
Πλυντήριο	20	30	45
Άλλες χρήσεις (π.χ. κήπος)	10	25	75
Σύνολο	128	215	295

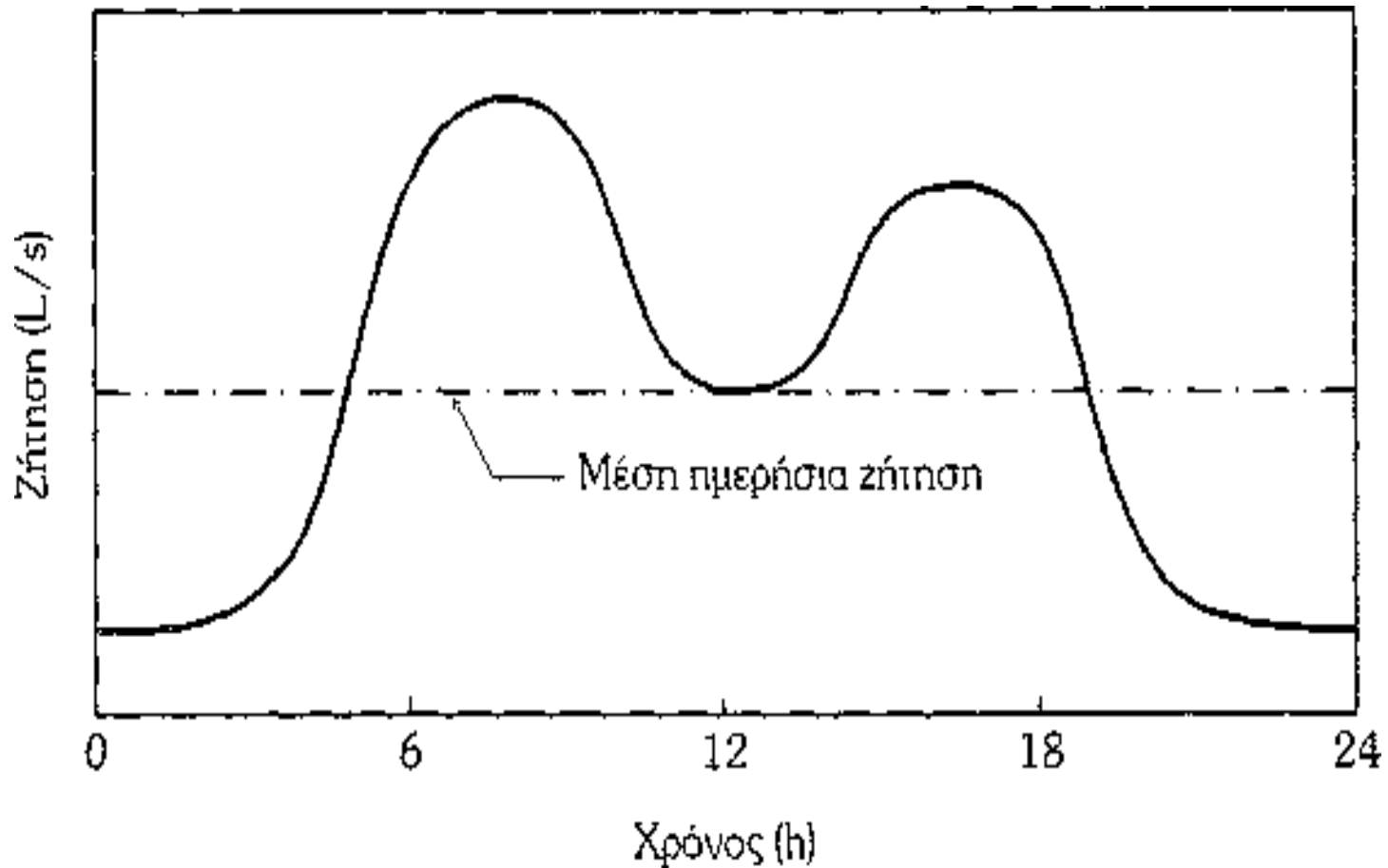
Ζήτηση Νερού

Πολλαπλασιαστές Ζήτησης

Η διακύμανση της ζήτησης για οικιακή χρήση είναι μεγάλη και διακρίνεται σε **ημερήσια** διακύμανση, **εβδομαδιαία** διακύμανση, **εποχιακή** διακύμανση. Στο Σχήμα (1). παρουσιάζεται μια τυπική ημερήσια διακύμανση της ζήτησης για οικιακή χρήση ενώ στο Σχήμα (2). παρουσιάζεται μια ενδεικτική κατανομή ωριαίας ζήτησης μιας ομάδας κατοικιών για την ημέρα μέγιστης ζήτησης και ελάχιστης ζήτησης.

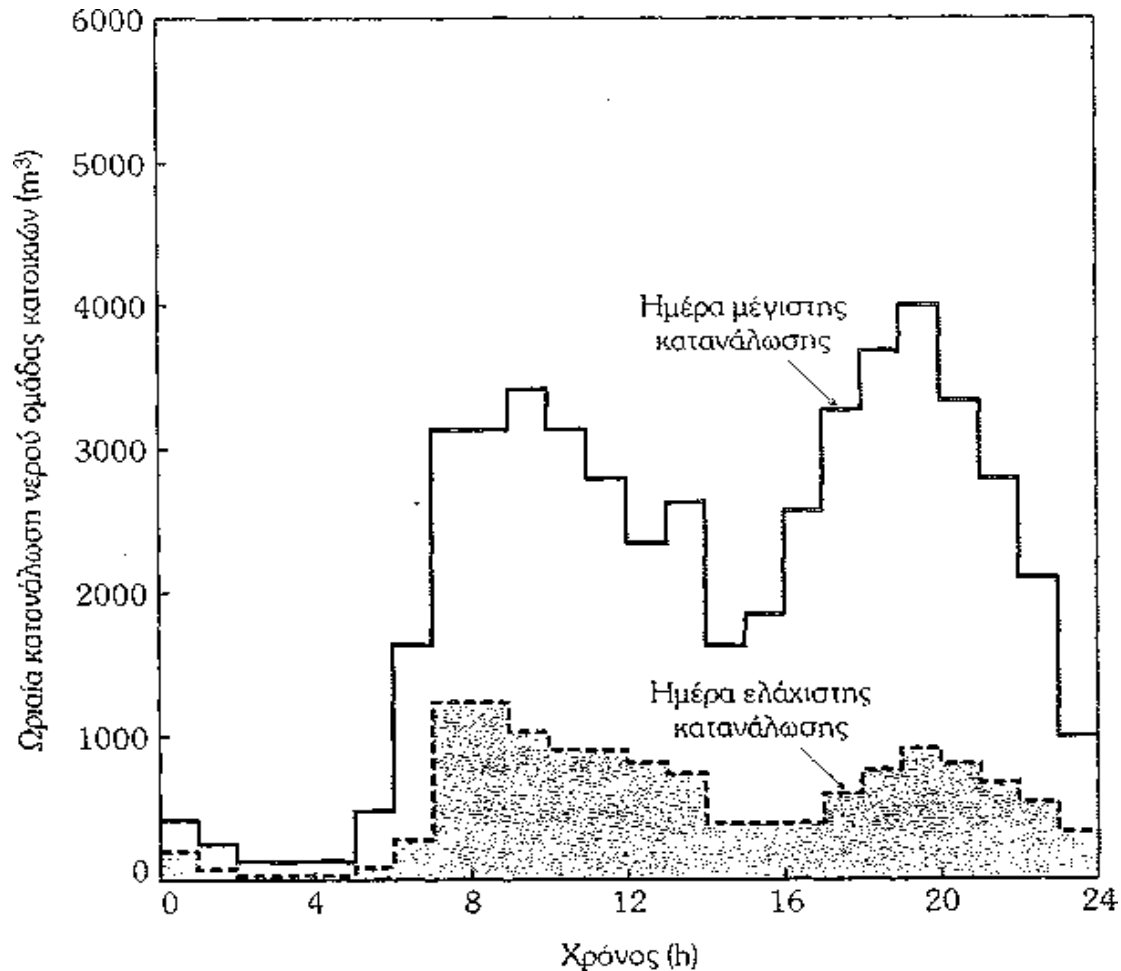
Είναι προφανές ότι για να είναι ικανό ένα σύστημα υδροδότησης να ικανοποιεί τη ζήτηση καθ όλη τη διάρκεια του 24ώρου θα πρέπει να εξασφαλίζει παροχές πολύ μεγαλύτερες αυτών που προκύπτουν από τη μέση ημερήσια ζήτηση (που προκύπτει από την ετήσια /εποχιακή διακύμανση) και η μέγιστη ωριαία ζήτηση που προκύπτει από την ημερήσια διακύμανση, προκύπτουν συνήθως με την υιοθέτηση πολλαπλασιαστών (**peaking factors**) που στην πρώτη περίπτωση κυμαίνονται από 1.2 μέχρι 3.0 ενώ στη δεύτερη από 3.0 μέχρι 6.0.

Ζήτηση Νερού



Σχ. 1: Τυπική ημερήσια διακύμανση της ζήτησης για οικιακή χρήση.

Ζήτηση Νερού



Σχ. 2: Κατανομή ωριαίας ζήτησης ομάδας κατοικιών για τις ημέρες μέγιστης και ελάχιστης κατανάλωσης.

Ζήτηση Νερού

$$Q_d^{max} = F_1 \cdot Q_d \quad F_1 = [1.2 - 3.0]$$

$$Q_h^{max} = F_{ολ} \cdot Q_d \quad F_{ολ} = [3.0 - 9.0]$$

Σημειώνεται ότι η μέγιστη ωριαία ζήτηση θεωρείται ότι πλησιάζει με αυτόν τον τρόπο υπολογισμού και τη μέγιστη στιγμιαία ζήτηση

Σύμφωνα με την WSAA (Αυστραλία) (2002) οι πολλαπλασιαστές της ζήτησης εξαρτώνται από του πληθυσμό που εξυπηρετείται. Η WSAA προτείνει ως

Πολλαπλασιαστής για την Q_d^{max} , F_1

$F_1 = 1.50$ για πληθυσμό πάνω από 10000

$F_1 = 2$ για πληθυσμό κάτω από 2000

Πολλαπλασιαστής για Q_h^{max} από την Q_d^{max} , F_2

$F_2 = 2$ για πληθυσμό πάνω από 10000

$F_2 = 5$ για πληθυσμό κάτω από 2000

Σημειώνεται ότι $F_{ολ} = F_1 \cdot F_2$.

Ζήτηση Νερού

Όπως έχει αναφερθεί υπάρχει σημαντική διακύμανση της κατανάλωσης σε σχέση με το έτος, την εποχή, την εβδομάδα και την ημέρα. Υπάρχουν διαγράμματα που απεικονίζουν αυτές τις διακυμάνσεις σε συγκεκριμένα υδατικά συστήματα. Αν και σε πολλές περιπτώσεις αυτά τα διαγράμματα έχουν όμοια χαρακτηριστικά δύσκολα μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκτός των περιοχών που έχουν παραχθεί. Για το λόγο **αυτό οι πολλαπλασιαστές της κατανάλωσης πρέπει να βασίζονται σε τοπικά στοιχεία.**

Αυτό που ενδιαφέρει πρώτιστα για το σχεδιάσμα ενός εσωτερικού υδραγωγείου (όπως θα εξηγηθεί σε επόμενα μαθήματα) είναι η ικανοποίηση της στιγμιαίας ζήτησης (instantaneous demand). **Η ζήτηση αυτή προκύπτει από το ποσοστό του πληθυσμού που θα ανοίξει ταυτόχρονα τις βρύσες.** Αυτό το ποσοστό μπορεί να είναι πολύ μεγάλο αν ο αριθμός των καταναλωτών είναι μικρός (το ποσοστό μπορεί να πλησιάζει το 100%) ενώ είναι μικρό για τους μεγάλους πληθυσμούς. Με την υπόθεση ότι σε μια ομάδα με 50 χρήστες ένα μεγάλο ποσοστό ανοίγει τις βρύσες ταυτόχρονα η στιγμιαία ζήτηση μπορεί να είναι και 50 φορές μεγαλύτερη της μέσης ημερήσιας. Δηλαδή ο συνολικός πολλαπλασιαστής $F_{ολ}$ μπορεί να είναι 50.

Ζήτηση Νερού

Για πληθυσμούς 100000 και άνω ο πολλαπλασιαστής αυτός φτάνει μόνο στο 1.40. Σύμφωνα με μια γενική εκθετική σχέση που μπορεί να προσδιορίσει του συνολικό πολλαπλασιαστή σύμφωνα με τον Trifunovic, 2006.

$$F_{ολ} = F_1 \cdot F_2 = 126e^{-0.9 \cdot \log N}$$

Όπου N είναι ο αριθμός των καταναλωτών.

Η μέθοδος των πολλαπλασιαστών της ζήτησης θεωρείται κλασσική και δημοφιλής λόγω της απλότητάς της. Όμως πολλές φορές αποτυγχάνει στον ορθολογικό υπολογισμό της ζήτησης επειδή είναι αδρομερής, εμπειρική και εν μέρει αυθαίρετη. Πιο σύγχρονες μέθοδοι που βασίζονται σε λεπτομερείς καταγραφές αντιπροσωπευτικών καταναλωτών (representative customers) με τη χρήση στοχαστικών γεννητριών μπορούν να προσεγγίσουν τη ζήτηση με μεγαλύτερο ορθολογισμό και αξιοπιστία.

Ζήτηση Νερού

Παροχή για Πυρόσβεση

Η κατανάλωση νερού για την κατάσβεση πυρκαγιών υπολογίζεται παραδοσιακά με πολλές εμπειρικές συναρτήσεις που χρησιμοποιούν ως βασική ανεξάρτητη μεταβλητή του πληθυσμό του οικισμού. Για την αποφυγή σύγχυσης εδώ παρουσιάζεται μόνο μια συνάρτηση που δίνει την παροχή σε L/s που απαιτείται για την κατάσβεση πυρκαγιών και οφείλεται στους Camp and Lawler (1969):

$$Q_f = 64.6 \sqrt{P} (1 - 0.01 \sqrt{P})$$

όπου : P = ο πληθυσμός σε χιλιάδες κατοίκους.

Η παραπάνω παροχή πρέπει να διατηρείται για 4 ώρες για 1000 κατοίκους, 6 ώρες για 2000 κατοίκους, 8 ώρες για 4000 κατοίκους και 10 ώρες για 6000 και άνω κατοίκους.

Ζήτηση Νερού

Παράδειγμα

Να βρεθούν οι ανάγκες πυρόσβεσης για οικισμό 9000 κατοίκων.

Λύση.

Για τον οικισμό των 9000 κατοίκων προβλέπεται, με την παραπάνω συνάρτηση, συνολική παροχή πυρόσβεσης ίσης με

$$Q_f = 64.6 \sqrt{9} (1 - 0.01 \sqrt{9}) = 64.6 \cdot 3 \cdot 0.97 = 188 \text{ L/s}$$

Η παροχή αυτή πρέπει να διατηρείται για 10 τουλάχιστον ώρες. Η παροχή αυτή κατανέμεται στους πυροσβεστικούς κρουούς του οικισμού σε κατάλληλες θέσεις. Αν χρησιμοποιηθούν διπλοί πυροσβεστικού κρουοί $Q = 2 \cdot 5 = 10 \text{ L/s}$ τότε απαιτούνται **19 κρουοί**.

Αυτό που πρέπει επίσης να σημειωθεί είναι ότι δεν υπάρχουν επιστημονικές ενδεδεχείς έρευνες για τον ορθολογικό υπολογισμό των παροχών πυρκαγιάς και επομένως η χρήση κάποιας εμπειρικής συνάρτησης δεν αποτελεί κανόνα. Αντίθετα συνήθως υποδηλώνει ότι οι παροχές και οι όγκοι πυρόσβεσης αποτελούν ένα μεγάλο μέρος της αστικής κατανάλωσης.

Ζήτηση Νερού

Δημόσια/Δημοτική Χρήση Νερού

Ο τομέας των δημόσιων/δημοτικών υπηρεσιών περιλαμβάνει ένα εύρος δραστηριοτήτων με εντελώς διαφορετικά χαρακτηριστικά και επομένως κατανάλωση νερού. Μεταξύ των δημόσιων/δημοτικών χρήσεων νερού περιλαμβάνονται τα δημοτικά γραφεία, καθαρισμός δρόμων, δημοτικά κολυμβητήρια και δημόσια πάρκα.

Εμπορική Κατανάλωση Νερού

Στην εμπορική κατανάλωση νερού ανήκουν οι εγκαταστάσεις όπως γραφεία, καταστήματα, φούρνοι, κρεοπωλεία, κομμωτήρια, γκαράζ, καθαριστήρια, ξενοδοχεία, εστιατόρια. Ενδεικτικά το εύρος κατανάλωσης αυτών των εγκαταστάσεων παρουσιάζεται στον Πίνακα . Αν και δεν υπάρχουν εκτενείς στατιστικές για την επίδραση διάφορων παραγόντων (όπως το κόστος νερού) στην κατανάλωση εμπορικής χρήσης, εκτιμάται ότι η κατανάλωση είναι σχετικά ευαίσθητη τουλάχιστον όσον αφορά στη τιμή της μονάδας του νερού

Ζήτηση Νερού

Κατανάλωση νερού σε διάφορες κατηγορίες εμπορικών δραστηριοτήτων.

Τύπος εγκατάστασης	Κατανάλωση	
Γραφεία	20 - 50	L/ημέρα·υπαλλήλο
Καταστήματα	20 - 30	L/ημέρα·υπαλλήλο
Φούρνοι	150 - 450	L/ημέρα
Κρεοπωλεία	200 - 300	L/ημέρα
Κομμωτήρια	100 - 300	L/ημέρα
Γκαράζ	30 - 40	L/ημέρα - αυτοκίνητο
Καθαριστήρια	40 - 80	L/kg ρούκων
Ξενοδοχεία	100 - 150	L/ημέρα · δωμάτιο
Εστιατόρια	25 - 40	L/πελάτη

Πηγές: **Metcalf and Eddy (1972), Liimatainen and Virta (1975), Hanke and de Mare (1984)**

Ζήτηση Νερού

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΧΡΗΣΗ

Από όλες τις επιμέρους χρήσεις η *Βιομηχανική* είναι αυτή με το μεγαλύτερο εύρος κατανάλωσης νερού. Η κατανάλωση νερού από μια βιομηχανική μονάδα εξαρτάται από τις ανάγκες της ίδιας της παραγωγής (π.χ. εργοστάσιο μπύρας), της πλύσης, της ψύξης των μηχανημάτων, και της καθαριότητας των χώρων της εγκατάστασης.

Συνήθως η οικονομική θεώρηση της λειτουργίας μιας βιομηχανικής μονάδας προτείνει μια σειρά γενικών μεταβλητών από τις οποίες ενδέχεται να επηρεάζεται η κατανάλωση νερού:

- α) οι τιμές των άλλων πρώτων υλών
- β) η τεχνολογία και η παραγωγική διαδικασία που ακολουθείται
- γ) το ποσοστό νερού στο προϊόν
- δ) το μέγεθος της παραγωγής
- ε) η τιμή του νερού
- ζ) η τιμή της ποσότητας των αποβλήτων που αποβάλλονται από τη μονάδα.

Ζήτηση Νερού

Η απλούστερη προσέγγιση για τον υπολογισμό της βιομηχανικής ζήτησης στηρίζεται στην κατανάλωση ανά μονάδα προϊόντος που παράγεται. Η προσέγγιση αυτή αν και δημοφιλής απέχει από τον αξιόπιστο τρόπο εκτίμησης της ζήτησης λόγω των πολλών παραμέτρων που επηρεάζουν την κατανάλωση. Ο Πίνακας που ακολουθεί δίνει κάποιες ενδεικτικές τιμές κατανάλωσης νερού για παραγωγή μιας σειράς προϊόντων σύμφωνα με τις εργασίες του HR Wallinford, 2003.

Για την εκτίμηση της ζήτησης για βιομηχανική χρήση η πιο αξιόπιστη μέθοδος είναι η Στατιστική, (για την οποία δεν θα ασχοληθούμε σε αυτό το μάθημα).

Πληροφοριακά για την εφαρμογή της μεθόδου ακολουθούνται τα πιο κάτω βήματα:

- α) επιλογή μεταβλητών, επιλογή δομής του μοντέλου
- β) επιλογή της συναρτησιακής σχέσης μεταξύ ζήτησης και των μεταβλητών
- γ) επιβεβαίωση και έλεγχος του μοντέλου
- δ) χρήση του μοντέλου

Ζήτηση Νερού

Κατανάλωση στη βιομηχανία (HR Wallinford, 2003)

Βιομηχανία	Κατανάλωση L/μονάδα προϊόντος
Αεριούχα ποτά¹¹	1.5 - 5 L/L
Χυμοί φρούτων¹¹	3 - 15 L/L
Μπύρα¹¹	4 - 22 L/L
Κρασί	1 - 4 L/L
Κρέας	1.5 - 9 L/kg
Κονσέρβες φρούτων / λαχανικών	2 - 27 L/kg
Τούβλα	15 - 30 L/kg
Τσιμέντο	4 L/kg
Πλαστικά	2.5 - 10 L/kg
Χαρτί¹²	4 - 35 L/kg
Υφάσματα	100 - 300 L/kg
Αυτοκίνητα	2500 - 8000 L/αυτοκίνητο

Ζήτηση Νερού

ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΧΡΗΣΗ

Η κατανάλωση νερού στη γεωργία αποτελεί τη μεγαλύτερη κατανάλωση νερού σε σχέση με τις άλλες χρήσεις όπως η αστική και η βιομηχανική κατανάλωση. Σε παγκόσμιο επίπεδο το ποσοστό νερού που χρησιμοποιεί η γεωργία είναι **περίπου 70%**. Σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες το ποσοστό αυτό υπερβαίνει και το 90%. Έμμεσα το ποσοστό νερού που χρησιμοποιείται στη γεωργία αποτελεί και δείκτη ανάπτυξης /υπανάπτυξης μιας χώρας.

Τα δύο υποσυστήματα κατανάλωσης νερού στον πρωτογενή τομέα είναι

- α) η άρδευση για την παραγωγή γεωργικών προϊόντων
- β) η κτηνοτροφία και η αλιεία.

Η κατανάλωση για την παραγωγή γεωργικών προϊόντων παρουσίασε εντυπωσιακή αύξηση με την κατασκευή μεγάλων και μικρών αρδευτικών έργων. Σήμερα οι μεγάλοι ρυθμοί αύξησης των αρδευομένων εκτάσεων έχουν *ανακοπεί* λόγω της έλλειψης των υδατικών πόρων και του ανταγωνισμού με τις άλλες χρήσεις που έχουν απόλυτη προτεραιότητα (π.χ. αστική χρήση), ή είναι περισσότερο προσοδοφόρες (π.χ. βιομηχανία).

Ζήτηση Νερού

Η δεύτερη κατηγορία κατανάλωσης του πρωτογενούς τομέα όπως είναι η κτηνοτροφία αποτελείται από τις άμεσες ανάγκες για πόσιμο νερό για τα ζώα, καθώς και μεγαλύτερες ανάγκες για καθαριότητα και υγιεινή. Τέλος νερό καταναλώνεται και για ψύξη (όταν απαιτείται) ενώ συνήθως υπάρχουν και μεγάλες απώλειες νερού σε όλες τις σχετικές δραστηριότητες. Το μεγάλο θέμα για την κτηνοτροφία είναι η μεγάλη παραγωγή υγρών και στερεών αποβλήτων σε σχέση με το περιβάλλον και την ποιότητα των υδατικών πόρων στην περιοχή.

ΑΝΑΨΥΧΗ

Τα έργα αναψυχής εντάσσονται σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις στα έργα δημόσιας κατανάλωσης νερού. Έτσι συνήθως δεν προσμετρούνται στην κατανάλωση και αποτελούν μέρος του ατιμολόγητου νερού. Τέτοια έργα αναψυχής είναι τα δημόσια κολυμβητήρια, οι πίδακες νερού (σιντριβάνια), οι κρουνοί σε διάφορα αγάλματα και εικαστικά συμπλέγματα και οι διάφορες κατασκευές που χρησιμοποιούν νερό. Μια εντελώς ενδεικτική ποσότητα νερού ανά ημέρα που χάνεται λόγω εξάτμισης από τις ελεύθερες επιφάνειες νερού είναι σε ισοδύναμο βάθος 10 mm/ημέρα κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες.

Ζήτηση Νερού

ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΧΡΗΣΗ

Ως «οικολογική χρήση» θεωρείται η ποσότητα νερού που αφήνεται από κάποια εγκατάσταση αποθήκευσης νερού για τη λειτουργία του οικοσυστήματος (συνήθως της κατάντη περιοχής) που έχει μείνει χωρίς νερό λόγω της κατασκευής της εγκατάστασης αποθήκευσης. Η «οικολογική» παροχή αναφέρεται συνήθως ως ποσοστό της ελάχιστης ή μέσης παροχής ενός ποταμού στην περίπτωση ποταμού με συνεχή ροή ή ποσοστό του ετήσιου όγκου νερού που διέρχεται από τη συγκεκριμένη θέση σε περίπτωση διακοπτόμενης ροής.

Η «οικολογική» παροχή αποτελεί σημαντικό πεδίο για τη διασφάλιση του οικοσυστήματος από υδροληπτικά έργα. Η γνώση ή η αξιόπιστη εκτίμηση της απαιτούμενης οικολογικής παροχής σε ένα επιφανειακό υδροφορέα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την εκτίμηση της διαθεσιμότητας νερού που υπάρχει για την υδροδότηση ενός οικισμού ή άλλου υδατικού έργου.

Ζήτηση Νερού

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Βασικός στόχος του εσωτερικού δικτύου ύδρευσης **είναι η ικανοποίηση της ζήτησης κάθε ώρα του 24ώρου** (πρακτικά κάθε ζήτηση όποτε προκύψει). Η μεταβολή της κατανάλωσης κατά τη διάρκεια μιας τυπικής ημέρας μπορεί να κυμανθεί από 0.20 μέχρι 2 φορές την μέση ημερήσια παροχή.

Γενικότερα η παροχή σχεδιασμού των δικτύων ύδρευσης βασίζεται στη μέγιστη ωριαία παροχή Q_h^{\max} μπορεί να προκύψει από τη μέση ημερήσια πολλαπλασιάζοντας με τον αντίστοιχο πολλαπλασιαστικό συντελεστή. Μόνο στην περίπτωση που η μέγιστη ημερήσια παροχή Q_d^{\max} μαζί με την παροχή για την κατάσβεση της πυρκαγιάς Q_f είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη ωριαία τότε ως παροχή σχεδιασμού λαμβάνεται το άθροισμα $Q_d^{\max} + Q_f$.

Συμπερασματικά η παροχή σχεδιασμού ενός εσωτερικού υδραγωγείου είναι η $\max \{Q_h^{\max}, Q_d^{\max} + Q_f\}$. Από την εμπειρία προκύπτει ότι στις πλείστες περιπτώσεις η μέγιστη ωριαία παροχή είναι μεγαλύτερη και επομένως λαμβάνεται ως παροχή σχεδιασμού.

Ζήτηση Νερού

Η παραπάνω διαδικασία θεωρείται επαρκής με την προϋπόθεση ότι το ποσοστό μη καταγεγραμμένου νερού (UFW) είναι σταθερό στο χρόνο. Αν το UFW μεταβάλλεται τότε ο τελικός πολλαπλασιαστής υπολογίζεται όπου:

$$PF = \frac{F_{ολ} \cdot Q_c + L}{Q_c + L}$$

PF = ο διορθωμένος πολλαπλασιαστής

$F_{ολ}$ = ο πολλαπλασιαστής που στηρίζεται στις καταναλώσεις Q_c χωρίς να λαμβάνεται υπόψη το UFW

L = η παροχή απωλειών (ισοδύναμη του UFW).

Όσον αφορά το εξωτερικό υδραγωγείο η παροχή σχεδιασμού πρέπει να καλύπτει την μέγιστη ημερήσια ζήτηση με την προϋπόθεση ότι έχει προβλεφθεί δεξαμενή 24ωρης ρύθμισης στο πέρας του εξωτερικού υδραγωγείου.

Ζήτηση Νερού

ΑΣΚΗΣΗ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ

Οικισμός έχει πληθυσμό 10000 κατοίκους. Εκτιμάται ότι ο πληθυσμός αυξάνεται ραγδαία ακολουθώντας εκθετική μεταβολή σύμφωνα με την συνάρτηση:

$$P_v = P_o \cdot e^{c \cdot v} \quad \text{όπου } c > 0$$

Αν σε 20 χρόνια αναμένεται διπλασιασμός του πληθυσμού ζητούνται :

- α) Να υπολογισθεί η ποσότητα e^c της εκθετικής συνάρτησης.
- β) Να υπολογισθεί ο πληθυσμός σε 10, 30 και 40 έτη.
- γ) Να γίνει η γραφική παράσταση της συνάρτησης P_v .