



Τμήμα Χημικών Μηχανικών- Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Βιολογικός Καθαρισμός

Έισαγωγικές Έννοιες

Το νερό και η σημασία του

Το νερό είναι στοιχείο ζωής και βασική πρώτη ύλη για την ανθρώπινη οικονομία

- **Απαιτήσεις πόσιμου νερού:**
30-50 g/kg ατόμου
- **Συνολική απαίτηση:**
100-500 L/ ημέρα το άτομο
- Πολύ μεγάλες ποσότητες καταναλώνονται στη γεωργία, βιομηχανία, ενέργεια.

Χρήσεις των Υδάτινων Πόρων

Παγκόσμια ημερήσια κατανάλωση: $1200 \times 10^6 \text{ m}^3$

α) Αστική χρήση (8% της παγκόσμιας χρήσης)

β) Βιομηχανική χρήση (23%)

γ) Αγροτική (69%)

● Χρήση νερού:

	Οικιακή	Βιομηχανική	Αγροτική
Παγκόσμια	8%	23%	69%
Ε.Ε.	14%	56%	30%
Η.Π.Α.	12%	42%	46%
Ελλάδα	12%	6%	80%

● Τάση στη χρήση του νερού: αυξητική

- 1950 στις Η.Π.Α. ~ 4 m^3 κατά κεφαλήν την ημέρα
- 1990 στις Η.Π.Α. ~ 8 m^3 κατά κεφαλήν την ημέρα
- Στις Η.Π.Α. ~ 3 φορές περισσότερη από ό,τι στην Ε.Ε.

Χρήσεις των Υδάτινων Πόρων

- Υπολογίζεται ότι το 11% του ετήσιου υδάτινου δυναμικού καταλήγει στην αποχέτευση, σε περιορισμένες περιοχές δημιουργώντας πρόβλημα στο περιβάλλον.
- Συστήματα αποχέτευσης αρχίζουν μετά το 1850 Μικτά (λύματα & όμβρια) τα οποία παρουσιάζουν μειονεκτήματα.



Ορισμοί (I)

- α. Υγρά απόβλητα»** ονομάζονται γενικά τα υγρά και οι λάσπες, που ρέουν εύκολα και αποβάλλονται ύστερα από χρησιμοποίηση, από κατοικίες, ιδρύματα, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, μεταφορικά μέσα ή μονάδες επεξεργασίας και γενικά από οποιοσδήποτε εγκαταστάσεις μιας περιοχής.
- β. Λύματα»** ονομάζονται ειδικότερα τα υγρά απόβλητα, που προέρχονται από χώρους υγιεινής, μαγειρεία, πλυντήρια και γενικά από την καθαριότητα κατοικιών, γραφείων, καταστημάτων, ιδρυμάτων, τουριστικών εγκαταστάσεων, μέσων μεταφοράς κλπ.
- γ. Βιομηχανικά ή γεωργικά απόβλητα»** ονομάζονται τα υγρά απόβλητα των βιομηχανικών ή βιοτεχνικών εγκαταστάσεων, που δημιουργούνται κατά την παραγωγική διαδικασία και μπορεί να περιέχουν υπολείμματα των υλών που χρησιμοποιούνται, καθώς και των κτηνοτροφικών, ιχθυοτροφικών ή γεωργικών εγκαταστάσεων, εκτός από τα λύματα του προσωπικού.
- δ. Επεξεργασία καθαρισμού»** ή συνοπτικά επεξεργασία των υγρών αποβλήτων ονομάζεται κάθε τεχνική χειρισμού, που απομακρύνει ή τροποποιεί κατάλληλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους, ώστε να εξαλείφονται ή ελαττώνονται οι δυσμενείς συνέπειες από τη διάθεσή τους στο περιβάλλον.

Ορισμοί (II)

- ζ. Αποδέκτες** υγρών αποβλήτων ονομάζονται οι φυσικοί υποδοχείς, όπου καταλήγουν τα απόβλητα μετά από επεξεργασία ή όχι για τελική διάθεση, όπως επιφανειακά ή υπόγεια νερά, έδαφος ή υπέδαφος.
- στ. Ρύπανση** ονομάζεται η ανεπιθύμητη μεταβολή των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού (φυσικών, χημικών, ραδιολογικών, βιολογικών & μικροβιολογικών), εξαιτίας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, σε βαθμό που μπορεί να δημιουργήσει κίνδυνο για την υγεία, να υποβαθμίσει την ποιότητα ζωής του ανθρώπου, να προκαλέσει βλάβη στα φυσικά οικοσυστήματα ή να παρεμποδίσει τις επιθυμητές χρήσεις των υδατικών πόρων.
- ζ. Μόλυνση** ονομάζεται η παρουσία στο νερό παθογόνων μικροοργανισμών, εξαιτίας κυρίως των ανθρώπινων δραστηριοτήτων ή και δεικτών, που υποδηλώνουν τη δυνατότητα παρουσίας τους.
- η. Υγεία** με την ευρύτερη έννοια θεωρείται η κατάσταση πλήρους φυσικής, πνευματικής και κοινωνικής ευεξίας και όχι μόνο η έλλειψη αρρώστιας ή αναπηρίας.

Αποχέτευση

- ⇒ Η Αποχέτευση περιλαμβάνει το σύνολο των έργων συλλογής, μεταφοράς, επεξεργασίας και διάθεσης των υγρών αποβλήτων.
- ⇒ Σκοπός: η υγιεινή συλλογή και απομάκρυνση των αποβλήτων και η κατά αποδεκτό τρόπο διάθεσή τους στο περιβάλλον.
- ⇒ Η αποχέτευση αποτελεί συνέχεια της ύδρευσης και **‘Ο ρυπαίνων πρέπει να πληρώνει’**
- ⇒ Αποχέτευση και ‘Υδρευση αναφέρονται και κατά την αρχαιότητα.

Χαρακτηριστικά αποβλήτων

- Φυσικά χαρακτηριστικά

Χρώμα, οσμή, στερεά, Θερμοκρασία

- Χημικά χαρακτηριστικά

- Οργανικής προέλευσης

Υδατάνθρακες, λίπη - έλαια, πρωτεΐνες, σαπούνια, φάρμακα, φαινόλες, κ. ά.

- Ανόργανης προέλευσης

Αλκαλικότητα, pH, χλωριούχα, θρεπτικά, βαρέα μέταλλα, διάφορα τοξικά συστατικά, αέρια [π.χ. H_2S , CH_4].

- Βιολογικά χαρακτηριστικά

M/O Φυτά, ζώα, ιούς

Κυριότερα ρυπαντικά συστατικά των αποβλήτων

- ✓ Αιωρούμενα στερεά
- ✓ Βιοδιασπώμενη οργανική ύλη
(προσδιορίζεται μετρώντας το BOD & COD)
- ✓ Ανθεκτική οργανική ύλη
- ✓ Διαλυτά ανόργανα συστατικά
- ✓ Θρεπτικά
- ✓ Βαρέα μέταλλα
- ✓ Παθογόνοι οργανισμοί

Παθογόνοι οργανισμοί που απαντούν με τη μεγαλύτερη συχνότητα στα απόβλητα

Οργανισμοί	Ασθένειες
Άσκαρης, Εντερόβιος spp.	Νηματοειδές σκουλήκι
Βάκιλλος του άνθρακα	Άνθρακας
Brucella spp.	Brucellosis
Ιστολιπτική αμοιβάδα	Δυσεντερία
leptospira	Λεπτοσπίρωση
mycobacterium	Tuberculosis
Σαλμονέλα paratyphi	Παρατυφοειδής πυρετός
Σαλμονέλα typhi	Τυφοειδής πυρετός
Σαλμονέλα spp.	Τροφική δηλητηρίαση
Schistosoma spp.	schistosomiasis
Shigella spp.	Bacillary δυσεντερία
Vibrio cholerae	χολέρα
Ιοί	Πολιομυελίτιδα

Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand-BOD)

Οργανικά συστατικά

- Η ποσότητα του O_2 που απαιτείται για την οξείδωση των οργανικών συστατικών ενός αποβλήτου από μικροοργανισμούς (μ.ο.) σε αερόβιες συνθήκες.
- Συστηματική χρήση του όρου 1912
- Έννοια ισοδύναμου πληθυσμού



Μεταβολή BOD με το χρόνο

$$L_t = L(1 - e^{-\kappa t})$$

όπου:

L_t = συγκέντρωση BOD σε t μέρες

L = Ολικό (τελικό) BOD

κ = 0,115 - 0,7 ημ⁻¹

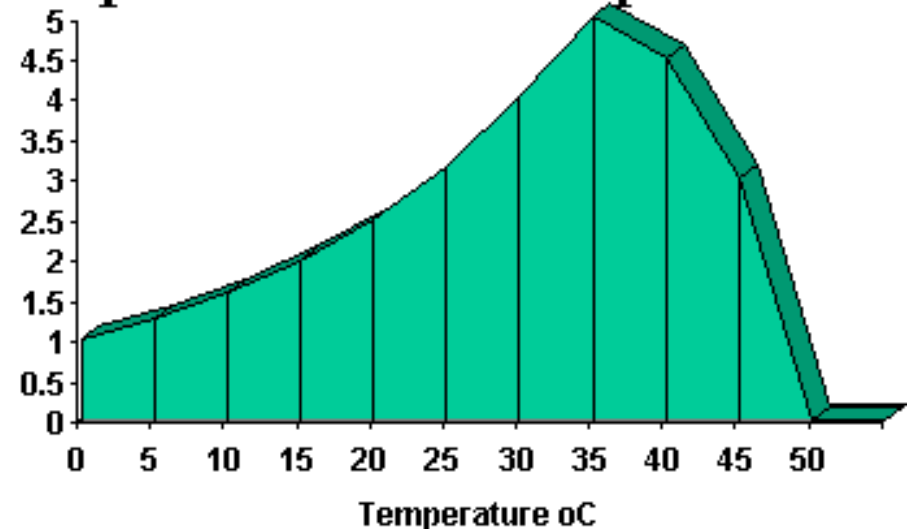
$$\kappa_T = \kappa_{20} \Theta_2^{(T-20)}$$

$\Theta_2 = 1,135$ για $T = 4-20$ °C

$\Theta_2 = 1,056$ για $T = 20-30$ °C

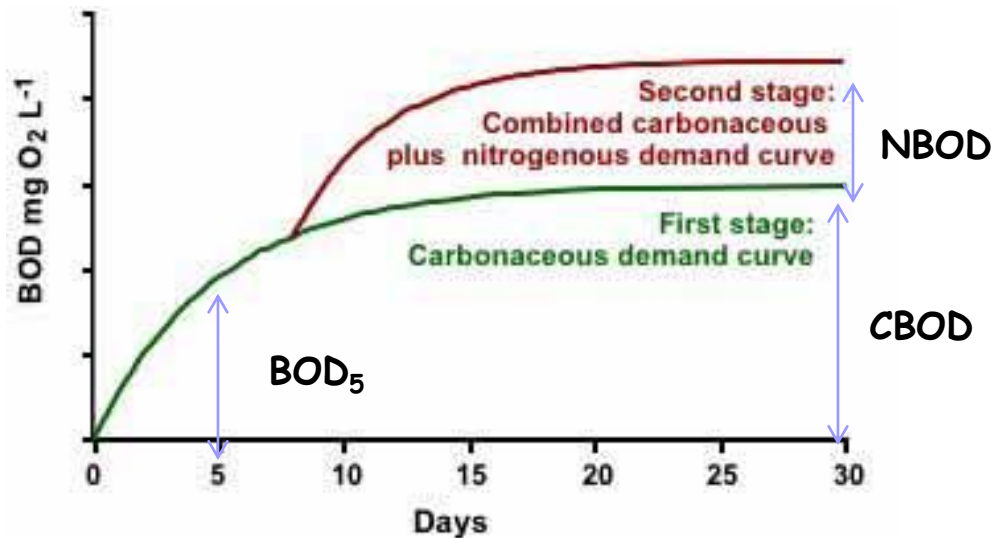
Κατά συνέπεια: οξειδώνονται κάθε μέρα το 20,6 % του εναπομείναντος οργανικού τμήματος των λυμάτων και σε 5 μέρες τα 2/3 (68%) του συνολικού ποσού.

Biodegradation Rate Depends on Temperature



Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand-BOD)

Οργανικά συστατικά



Τυπική καμπύλη BOD. Η κόκκινη καμπύλη αντιστοιχεί στην νιτροποίηση, κατά την οποία η αμμωνία (NH_3) μετατρέπεται σε νιτρώδη (NO_2^-) και νιτρικά (NO_3^-)

❖ Τυπικές τιμές BOD

- Αστικά απόβλητα: $BOD_5 \approx 250 \text{ mg/L}$
- Εκροή από την επεξεργασία: $BOD_5 < 30 \text{ mg/L}$
- Βιομηχανικά απόβλητα έως $30,000 \text{ mg/L}$
- Στις ΗΠΑ υπάρχει και η μονάδα $\text{lbs BOD}_5/\text{day}$



Οργανική ύλη + $O_2 \rightarrow$ βακτήρια + NH_3 + CO_2 + κ.ά.



2 μόρια O_2 ανά μόριο NH_3

$$BOD_{ολικό} = a (BOD_5) + b(KN)$$

KN = άζωτο Kjeldahl (μέτρηση του οργανικού αζώτου και της αμμωνίας)

a και b σταθερές, για παράδειγμα: $a = 1,2$ & $b = 4,57$

Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand-COD)

- Η ποσότητα του O_2 που απαιτείται για την πλήρη χημική οξείδωση των οργανικών συστατικών ενός αποβλήτου σε CO_2 και H_2O από ισχυρό οξειδωτικό μέσο (διχρωμικό κάλιο) και σε όξινες συνθήκες.

θέρμανση



καταλύτης

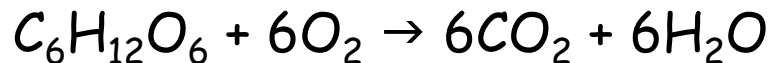
- Κατά τον προσδιορισμό του COD οξειδώνονται όλες οι οργανικές ουσίες, ανεξάρτητα από το αν είναι βιολογικά διασπάσιμες ή όχι.
- Γενικά ~ 80% του THOD



Θεωρητικά απαιτούμενο οξυγόνο (Theoretical Oxygen Demand-THOD)

Οργανικά συστατικά

- Το O_2 που απαιτείται θεωρητικά για την πλήρη οξείδωση κάποιας οργανικής ουσίας σε CO_2 , H_2O , PO_4^{-3} , SO_4^{-2} , και NO_3^- .
- Υπολογίζεται από τον μοριακό τύπο της ουσίας αυτής.
- Για παράδειγμα το THOD $1,67 \times 10^{-3}$ M γλυκόζης



$$6 \times 1,67 \times 10^{-3} \text{ moles/L} \times 32 \text{ g/mole} \times 1000 \text{ mg/g} = 321 \text{ mg/L}$$

Χημικά χαρακτηριστικά αποβλήτων (II)

β. Στερεές ουσίες

- *Συνολικά στερεά (103 °C)*
- *Σταθερά και πτητικά στερεά (550 °C)*
- *Αιωρούμενα στερεά*
- *Καθιζάνοντα στερεά*
- *Διαλυμένα στερεά*

Τυπική σύσταση αστικών λυμάτων

<i>Είδος Συστατικών</i>	<i>Συγκέντρωση, mg/L</i>		
	<i>Υψηλή</i>	<i>Μέση</i>	<i>Χαμηλή</i>
Στερεά, Ολικά	1200	720	350
Αιωρούμενα στερεά	350	220	100
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, BOD₅, 20 °C	400	220	110
Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο, COD, 20 °C	1000	500	250
Άζωτο, (Ολικό N)	85	40	20
Φώσφορος, (Ολικός P)	15	8	4
Λίπη	150	100	50

Συντελεστής αιχμής αστικών λυμάτων

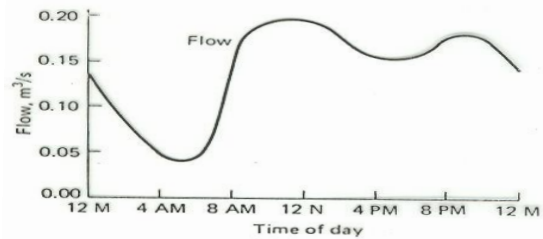


Figure 2-2 Typical hourly variation in domestic wastewater flows.

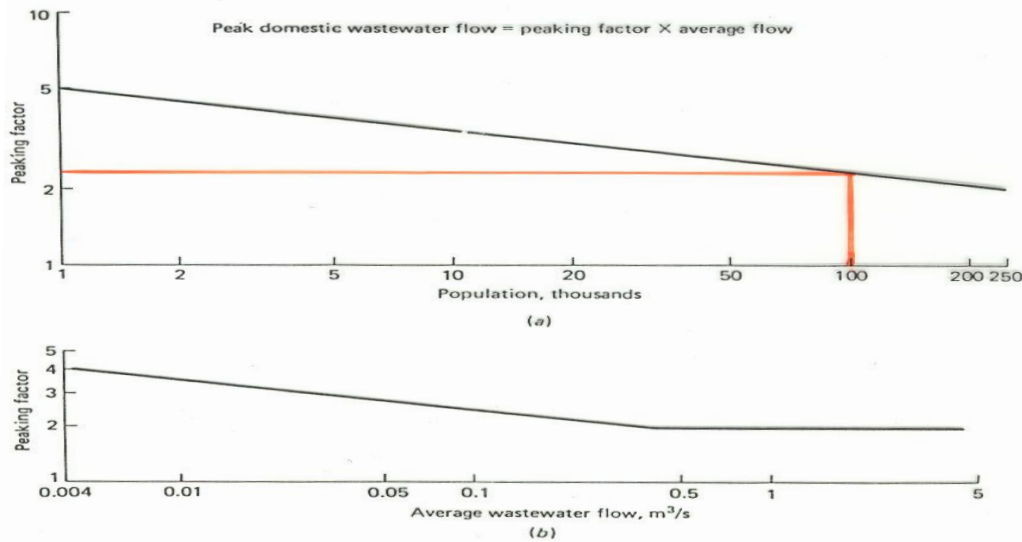


Figure 2-4 Peaking factors for domestic wastewater flows.

Διακυμάνσεις παροχής για αστικά λύματα

P πληθυσμός σε χιλιάδες

Για Ελλάδα $Q_{\text{μέση}} = 200 P$ m³/d

$$Q_{\text{max,d}} = Q_{\text{mean,d}} \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

$$Q_{\text{max,h}} = \frac{1}{n} Q_{\text{max,d}}$$

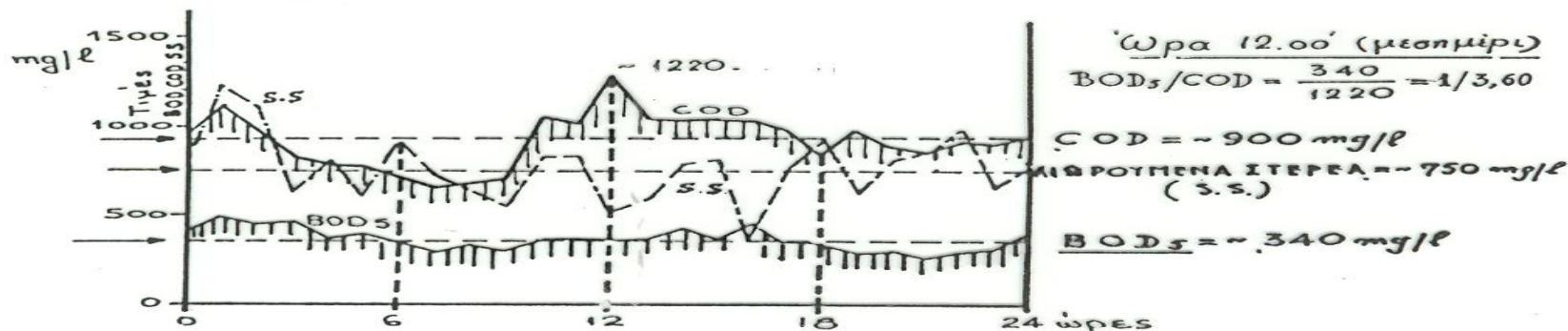
P	≤ 1000	κατοίκους	n = 10
	1000-10000	-//-	n = 12
	10000-50000	-//-	n = 14
	50000-150000	-//-	n = 16
	≥150000	-//-	n = 18

Επιβάλλεται η κατασκευή δεξαμενής εξισορρόπησης για P ≤ 10.000

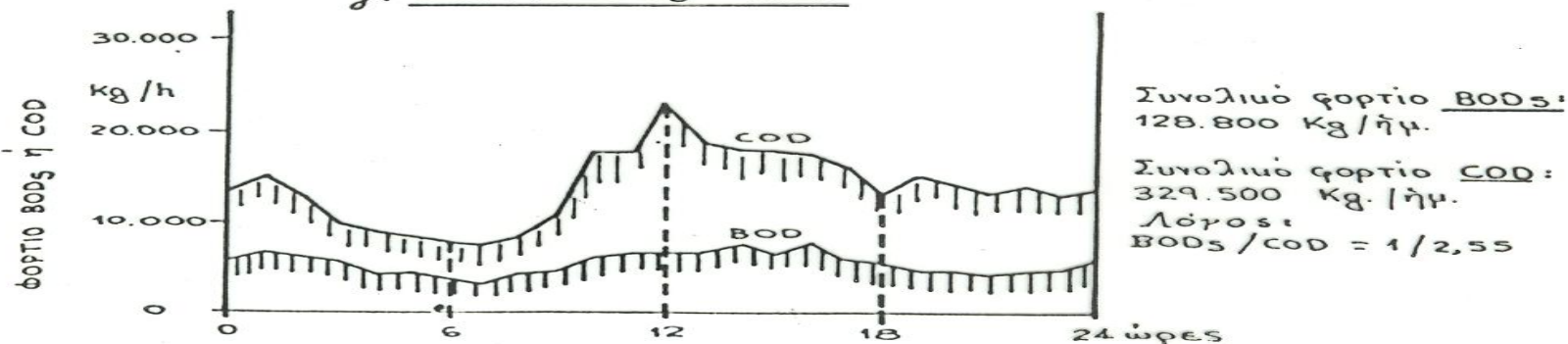
Εικ. 2.13 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΑΘΗΝΩΝ ΣΤΟΝ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΑΠΟΧΕΤΕΥΤΙΚΟ ΑΓΩΓΟ (ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ 1975)



β. BOD₅ - COD - ΑΙΣΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ (SS)



γ. ΦΟΡΤΙΟ BOD₅ - COD



Παράγοντες που επηρεάζουν τη μελέτη

- ✪ Ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων.
- ✪ Διακυμάνσεις.
- ✪ Πρόβλεψη επεκτάσεων.
- ✪ Προδιαγραφές αποδέκτη.
- ✪ Προδιαγραφές διακήρυξης.
- ✪ Απαιτήσεις και οικονομική δυνατότητα πελάτη
- ✪ Δυνατότητα - Ευκολία συντήρησης.