



Φυσικές διεργασίες στην επεξεργασία νερού και υγρών αποβλήτων



Επικ. Καθηγητής Αλέξανδρος Στεφανάκης

Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης
Κτήριο Κ3, Γραφείο Α23,

Τηλ: 28210 06121, email: astefanakis@enveng.tuc.gr

Φεβρουάριος 2021



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ



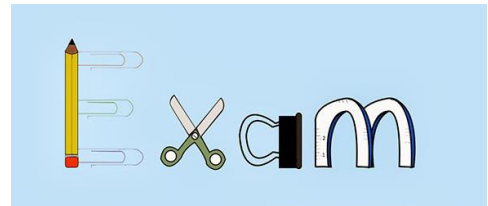
➤ **Δευτέρα 16:00 – 19:00** **online μέσω zoom**

Έχει δημιουργηθεί ένας μόνιμος σύνδεσμος Zoom, και έχει αναρτηθεί στο e-class.

Κάθε φορά χρησιμοποιείτε τον ίδιο σύνδεσμο.

Αξιολόγηση & βαθμολόγηση

- Αναφορές εργαστηριακών ασκήσεων (10%)
- Κουίζ online (εθελοντικά) (10%)
- Τελική γραπτή εξέταση (80% ή 90%)



Για την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος απαιτείται η βάση στη γραπτή εξέταση

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ (υποχρεωτικά)



- Καθίζηση
- Αντίστροφη όσμωση (μεμβράνες)

Ομάδες των 4 ατόμων

(θα γίνει ανακοίνωση στο e-class)



ΜΑΣΚΕΣ – ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΑ – ΑΤΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΑ



- Metcalf & Eddy, 2018. Μηχανική Υγρών Αποβλήτων, Επεξεργασία & Επαναχρησιμοποίηση. 4^η έκδοση. Εκδόσεις Τζιόλα
- Πανεπιστημιακές σημειώσεις που θα ανεβαίνουν στο e-class

Συμπληρωματικά

- G. Tchobanoglous , F.L. Burton, H.D. Stensel, 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4th Edition, Mc Graw Hill.
- Μήτρακας Μανασής, 2001. Ποιοτικά χαρακτηριστικά και επεξεργασία νερού. Εκδόσεις Τζιόλα.

ΔΙΔΑΚΤΕΑ ΥΛΗ (Θ)

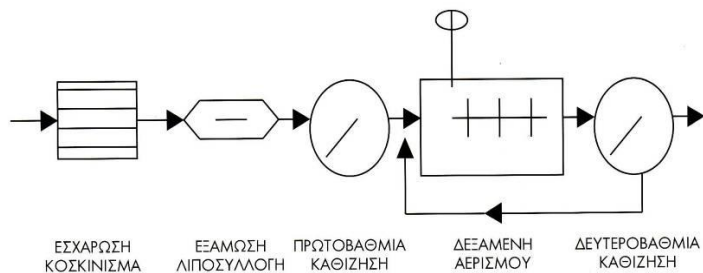


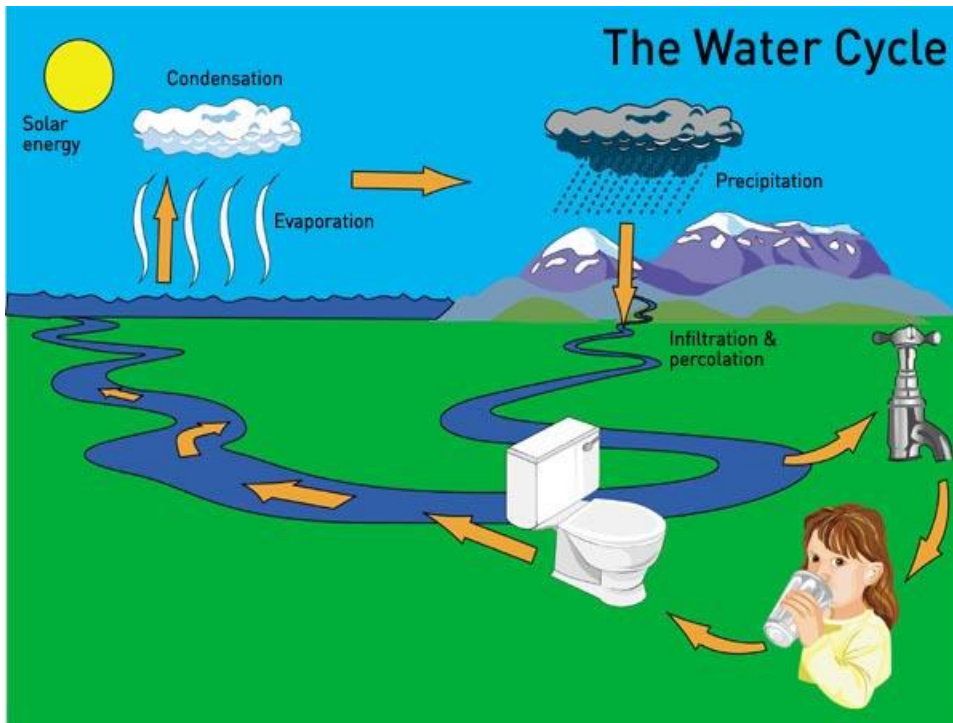
- Εισαγωγικές έννοιες, ρύπανση και ποιότητα υδάτων, βασικές παράμετροι
- Προεπεξεργασία: εσχάρωση, απομάκρυνση λιπών-ελαίων
- Προεπεξεργασία: εξισορρόπηση ροής, διαστασιολόγηση δεξαμενών
- Θεωρία καθίζησης / διαχωρισμός με βαρύτητα
- Δεξαμενές καθίζησης - σχεδιασμός
 - Καθίζηση διακεκριμένων σωματιδίων – Εξάμμιση – Διαστασιολόγηση αμμοσυλλέκτη
 - Πρωτοβάθμια καθίζηση (συσσωματική) – Διαστασιολόγηση δεξαμενής
 - Δευτεροβάθμια καθίζηση (καθίζηση χύνης) – Διαστασιολόγηση δεξαμενής
- Επίπλευση
 - Ανάλυση διεργασιών επίπλευσης – Επίπλευση με διασπειρόμενο αέρα –
 - Επίπλευση διαλυμένου αέρα (DAF) – Ηλεκτρολυτική επίπλευση
 - Διαστασιολόγηση δεξαμενής επίπλευσης
- Διήθηση



ΔΙΔΑΚΤΕΑ ΥΛΗ (Θ)

- Διήθηση για την απομάκρυνση στερεών σωματιδίων
- Διεργασίες μεμβρανών
 - Μικροδιήθηση
 - Υπερδιήθηση
 - Νανοδιήθηση
 - Αντίστροφη Ώσμωση

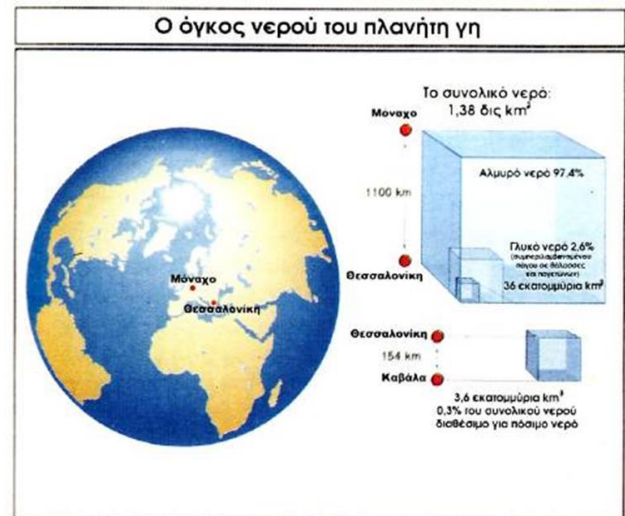




Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος

ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΝΕΡΟΥ

- 2/3 επιφάνειας γης = ΝΕΡΟ
 - 97.4% αλμυρό θαλασσινό
 - 2.6% γλυκό
 - 2% πάγοι-παγετώνες
 - 0,6% υπόγεια νερά
 - 0,03% λίμνες, ποτάμια, κλπ
- * Μόνο 0.3% συνολικής ποσότητας νερού μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πόσιμο *



ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΕ ΝΕΡΟ



Ποταμοί, λίμνες, ρυάκια:

- πηγή ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος
- μέσο κίνησης για μηχανές-αντλίες
- μέσο ψύξης για βιομηχανία
- μέσο για διάλυση, ανάμιξη, διαχωρισμό ουσιών για την παραγωγή
- μέσο μεταφοράς για πρώτες ύλες, βοηθητικές ύλες για εμπορικά προϊόντα
- αποχετευτικό δίκτυο για γεωργία, δήμους, βιομηχανία
- περιβάλλον για αθλητικές δραστηριότητες και αναψυχή
- πηγή πόσιμου νερού

ΕΛΛΑΔΑ: ετήσιες ανάγκες σε νερό 7.5 δισ. m³

~ 13% συνολικού διαθέσιμου υδάτινου δυναμικού

ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΕ ΝΕΡΟ

Άρδευση: 88% (περίπου το 1/10 της ελληνικής γης αρδεύεται)

Νοικοκυριά, μικρές επιχειρήσεις, δημόσιοι οργανισμοί: 9%

Βιομηχανία: 3%



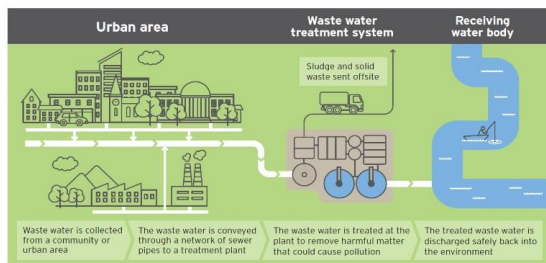
- Ημερήσια κατανάλωση: 5 L/άτομο πόσιμο
- 130-200 L για προσωπική υγιεινή, καθαριότητα σπιτιών, χρήση στην τουαλέτα

ΤΥΠΙΚΗ ΑΣΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΝΕΡΟΥ



Χρήση	Παροχή (L/άτομο/ημέρα)		
	Εύρος	Μέση τιμή	% της μέσης παροχής
Οικιακή	150-490	228	36,4
Βιομηχανική	38-380	266	42,4
Δημόσια	19-76	38	6,0
Απώλειες και διαρροές	38-152	95	15,2
	247-1102	627	100

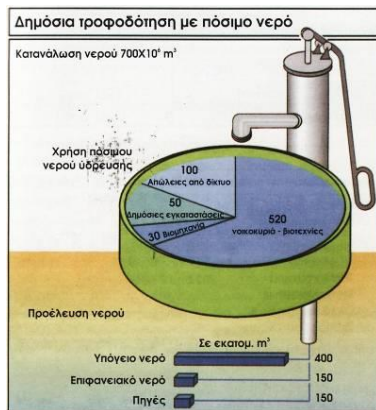
Οικιακή χρήση	%
Μπάνιο	8,9
Πλύσιμο πιάτων	3,1
Πόσιμο	11,7
Ντουζ	21,2
Τουαλέτα	28,4
Διαρροές τουαλέτας	5,5
Πλυντήριο ρούχων	21,2



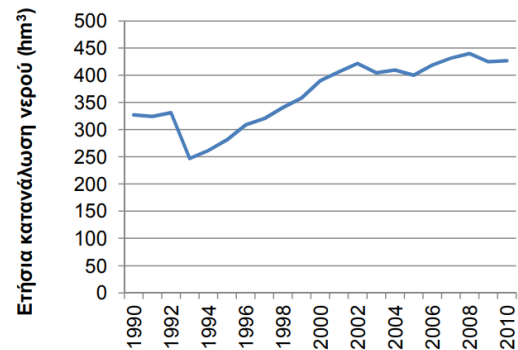
ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΜΕ ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ



- 60% από υπόγεια νερά (γεωτρήσεις)
- 20% από επιφανειακά (φράγματα, λίμνες, ποταμοί)
- 20% νερό πηγών



Αθήνα: εξέλιξη ετήσιας κατανάλωσης νερού (1990-2010)



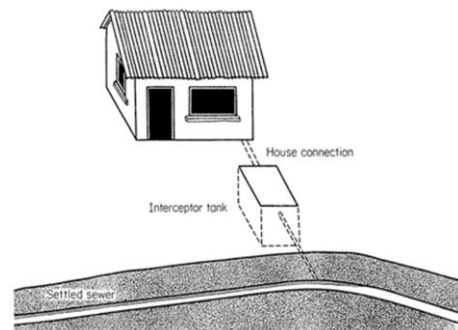
ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ



Υγρά απόβλητα: συστατικά ρύπανσης

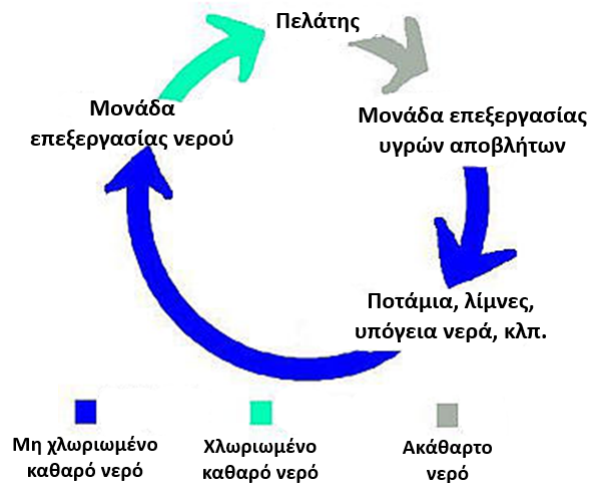
- **Αστικά:** δημων, κατοικημένων περιοχών, γραφείων, εμπορικών περιοχών, σχολείων, ξενοδοχείων, κλπ
- **Βιομηχανικά** (χωρίς ή με μερική επεξεργασία)
- **Αστική απορροή:** νερό βροχής, απορροή από δρόμους κλπ

- Βιομηχανίες,
- αγροτική οικονομία,
- μικρές επιχειρήσεις,
- δημόσιοι οργανισμοί,
- δήμοι,
- ιδιωτικά νοικοκυριά



Ορισμός

Κάθε κοινότητα παράγει υγρά και στερεά απόβλητα. Το υγρό κομμάτι - υγρά απόβλητα - είναι ουσιαστικά η παροχή νερού στην κοινότητα εφόσον τα αποθέματα νερού έχουν υποβαθμιστεί λόγω διαφόρων χρήσεων. Καθώς το υγρό απόβλητο μπορεί να θεωρηθεί κάθε υγρό που απομακρύνεται από κατοικημένες, εμπορικές και βιομηχανικές περιοχές κλπ., μαζί με τα υπόγεια νερά, επιφανειακά νερά και νερό βροχής.

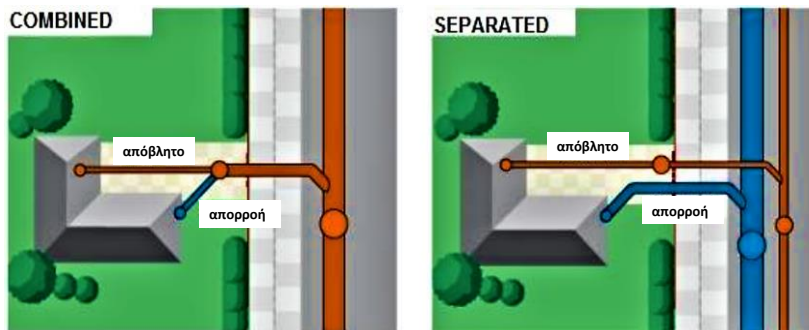


ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Separate sewer network / Χωριστικό δίκτυο: χωριστό δίκτυο συλλογής για τα ακάθαρτα υγρά απόβλητα και το νερό επιφανειακής απορροής

Combined sewer network / Παντορροϊκό δίκτυο: συλλογή στον ίδιο αγωγό

Partially combined



ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

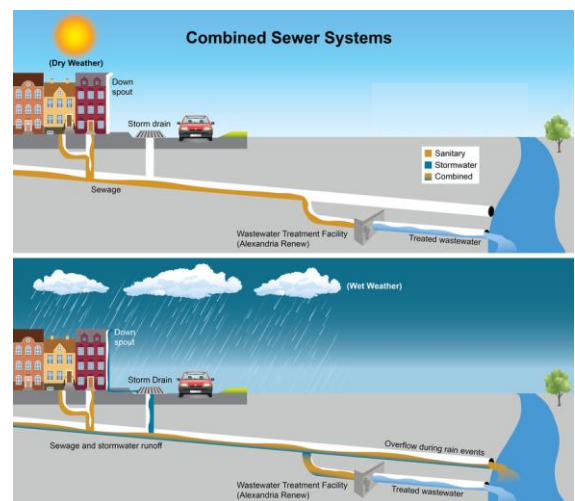
Πλεονεκτήματα / Μειονεκτήματα

Παντορροϊκό δίκτυο

- ✓ Μειωμένο προσωπικό & κόστος συντήρησης
 - ✓ Κατάλληλο για στενούς δρόμους
 - ✓ Το νερό της βροχής φτάνει στις μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων
 - ✓ Μειωμένο κόστος για κατασκευή δικτύου και ιδιωτικές συνδέσεις
-
- Κατά τη διάρκεια έντονων βροχοπτώσεων, μέρος του βρόχινου νερού με αραιωμένο υγρό απόβλητο υπερχειλίζει (πλημμύρες σε υπόγεια)
 - Αυξημένο κόστος για κατασκευή αντλιοστασίων και μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων
 - Αγωγοί μεγαλύτερης διαμέτρου, τοποθέτηση σε μεγαλύτερο βάθος → αυξημένο κόστος
 - Ξηρή περίοδος → χαμηλές ταχύτητες, αποθέσεις εντός σωληνώσεων



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος



ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

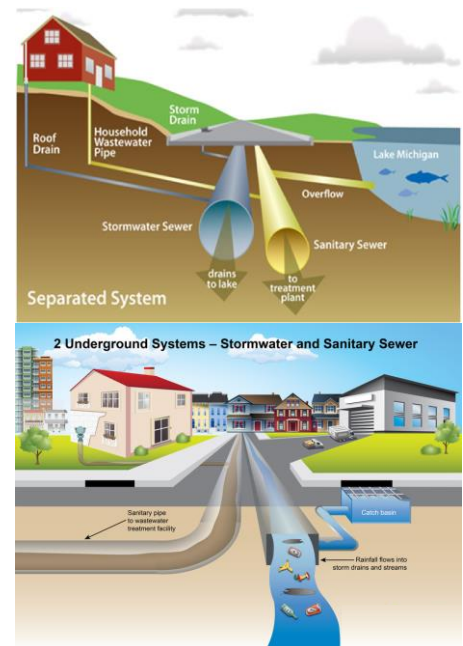
Πλεονεκτήματα / Μειονεκτήματα

Χωριστικό δίκτυο

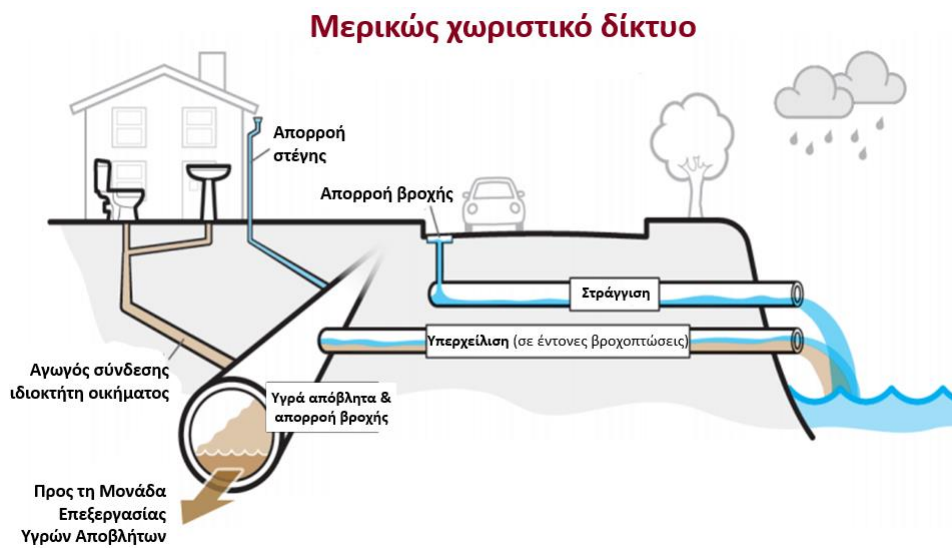
- ✓ Μειωμένο ρίσκο ρύπανσης για υδάτινα σώματα
 - ✓ Αγωγοί μικρότερης διαμέτρου
 - ✓ Σε βιομηχανικές περιοχές, δεν γίνεται ανάμιξη βιομηχανικών υγρών αποβλήτων με το νερό της βροχής
 - ✓ Μειωμένο κόστος για κατασκευή αντλιοστασίων και μονάδων επεξεργασίας υγρών αποβλήτων
-
- Χαμηλές ταχύτητες → ξέπλυμα των αγωγών/σωληνώσεων είναι μερικές φορές απαραίτητο
 - Στενές οδούς: δύσκολο να τοποθετηθούν δύο διαφορετικοί αγωγοί
 - Μεγαλύτερο κόστος κατασκευής και συντήρησης
 - Πιθανότητα λανθασμένων συνδέσεων



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος



ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ



ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ



“Τα υγρά απόβλητα στις αστικές περιοχές συλλέγονται μέσω μιας σειράς υπόγειων αγωγών/σωληνώσεων, συνήθως κατασκευασμένων από σκυρόδεμα.

Αυτοί οι αγωγοί συνήθως τοποθετούνται 1-3 μ κάτω από την επιφάνεια της οδού (ανάλογα με την κλίση).

Οι αγωγοί συνήθως αρχίζουν να συλλέγουν υγρά απόβλητα από μια ομάδα κατοικιών με μια αρχική διάμετρο 0.15 μ, καθώς αυτό είναι το μικρότερο πρακτικό μέγεθος.

Καθώς ο αριθμός των κατοικιών (ή βιομηχανιών) μεγαλώνει, τόσο μεγαλώνει και η διάμετρος.

Στην περιφέρεια των αστικών περιοχών, τα μεγέθη των αγωγών ξεκινούν από περίπου 0.15 m αλλά στο τέλος της διαδρομής τους, έχοντας συλλέξει υγρά απόβλητα από π.χ. 100.000 σπίτια και πολλές βιομηχανίες, συν την επιφανειακή απορροή, τα μεγέθη των αγωγών αυξάνουν σε αρκετά μέτρα διάμετρο.

Οι αγωγοί τοποθετούνται σε βάθη κάτω από την επιφάνεια της οδού, ανάλογα με τη γεωλογία και τα φορτία της επιφάνειας της οδού”

Kiely, 1997

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ



Foul sewers - Αγωγοί ακαθάρτων

- Ελάχιστη ταχύτητα αγωγού για ξέπλυμα $> 0.75 \text{ m/s}$
Μέγιστη ταχύτητα αγωγού για την αποφυγή διαχωρισμού υγρού-στερεού $< 3.5 \text{ m/s}$
- Στο σχεδιασμό, χρησιμοποιείται η παροχή:

$$Q_f = 3 \times \text{ΗΠ} \text{ (ΗΠ = ημερήσια παροχή, για } 700 \text{ L/person/day)}$$

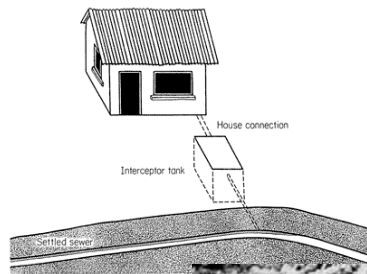
ώστε να εμπεριέχει τις μέγιστες παροχές (peak flows) και τη διείσδυση στους αγωγούς βρόχινων νερών / υπόγειων νερών.

- Για αγωγού **συνδυαστικού** δικτύου χρησιμοποιείται μια παροχή ίση με:

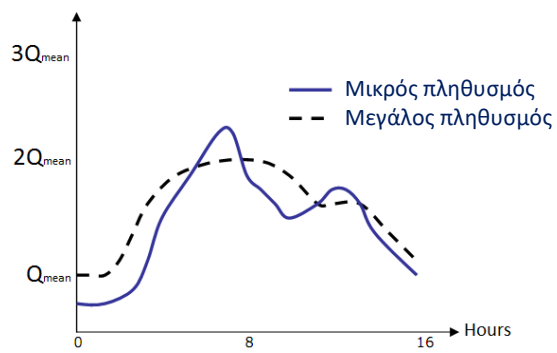
$$Q_c = 3 \times \text{ΗΠ} + I + E$$

όπου I = επιφανειακή απορροή and E = βιομηχανική παροχή

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ



ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΠΑΡΟΧΗ



Όσο μικρότερο το δίκτυο αποχέτευσης και ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός,
τόσο μεγαλύτερη η μέγιστη τιμή της ημερήσιας παροχής

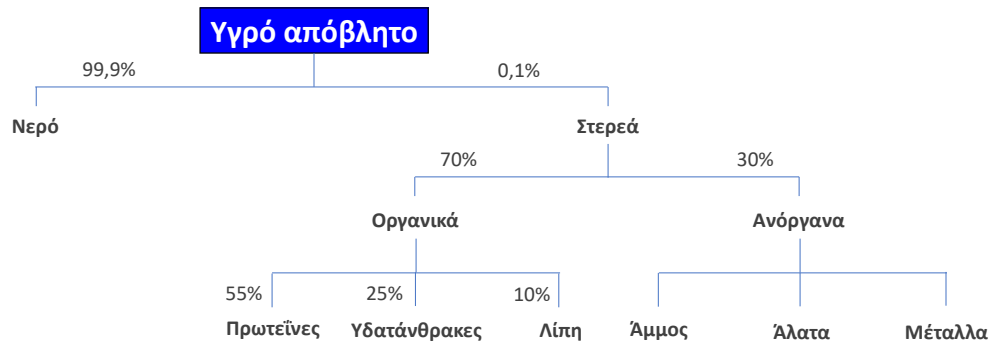
ΡΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΜΟΛΥΝΣΗ



Ρύπανση του νερού είναι η δυσμενής μεταβολή των χαρακτηριστικών του νερού (φυσικών, χημικών, βιολογικών, ραδιολογικών) λόγω ανθρώπινης δραστηριότητας.

Μόλυνση του νερού είναι μία ειδική κατηγορία ρύπανσης του νερού που οφείλεται παθογόνους μικροοργανισμούς.

ΣΥΣΤΑΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΣΗ ΝΕΡΟΥ/ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

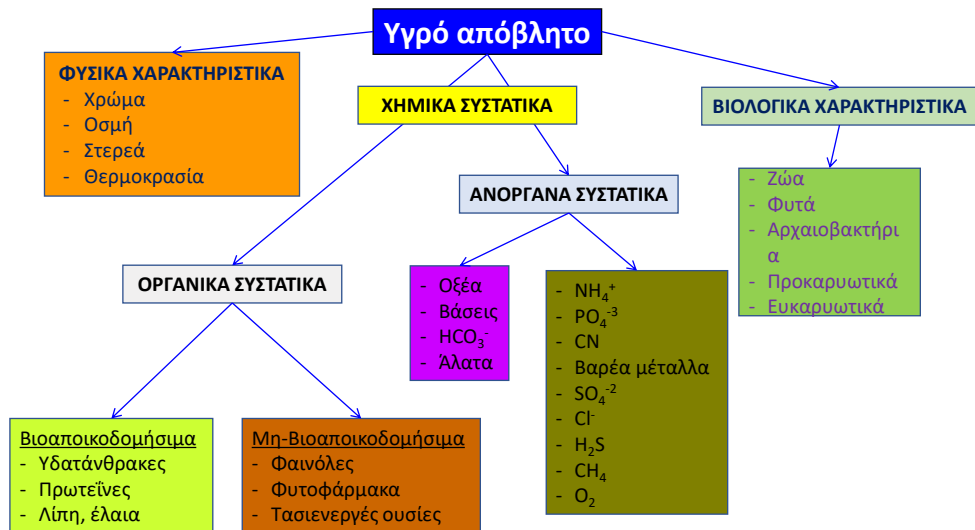


Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος

ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

- ΦΥΣΙΚΑ
- ΧΗΜΙΚΑ
- ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ





ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων ως προς τα κύρια συστατικά, ανάλογα με την προέλευσή τους



ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



- **Οσμή:** από αποσύνθεση οργανικού υλικού από ζωντανά άλγη, φαινολικές ενώσεις κ.ά σήψη με απουσία οξυγόνου (δράση αναερόβιων μικροβίων) → έκλυση υδρόθειου (δυσάρεστη οσμή)

- **Θερμοκρασία:** κυμαίνεται περίπου από 2-21°C στο αστικό λύμα. Η μέση τιμή: 15,6°C

Αύξηση

- . ταχύτερη ανάπτυξη μικροοργανισμών
- . επιτάχυνση βιοχημικών αντιδράσεων
- . μείωση διαλυτότητας αερίων (οξυγόνου)

- **Χρώμα:** φαινομενικό (αιωρούμενες ύλες), πραγματικό (κολλοειδείς ύλες), γκρίζο: όχι σήψη, μαύρο: ενδεικτικό σήψης *παρουσία χρωστικών από βιομηχανίες
- **Θολότητα:** από αιωρούμενα και κολλοειδή στερεά, επηρεάζει αρνητικά τη φωτοσύνθεση, εμπόδιο για απολύμανση
- **Στερεές ουσίες:** αιωρούμενα - διαλυμένα στερεά, οργανικά και ανόργανα

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



- **Στερεά:** Το σύνολο των περιεχομένων στερεών ουσιών, τα ολικά στερεά (Total Solids - T.S.)

Αιωρούμενα στερεά Suspended Solids (S.S.)		Διαλυμένα στερεά Dissolved Solids (D.S.)	
Καθιζάνοντα Settable	Μη καθιζάνοντα	Πτητικά-Volatile (V.S) οργανικά	Μη πτητικά (F.S) ανόργανα

- Τα αιωρούμενα στερεά (SS) είναι το κύριο αίτιο της **θολότητας**,
- τα καθιζάνοντα (SAS) δίνουν μια **ένδειξη δυνατότητας καθαρισμού**,
- τα πτητικά-σταθερά στερεά αποτελούν **μέτρο των οργανικών ουσιών που περιέχονται στα λύματα**.

Ολικά Στερεά (TS)

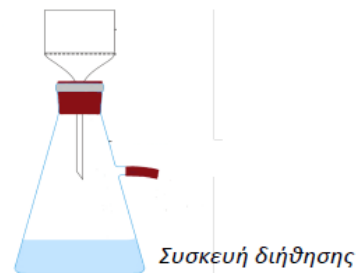
- Το υπόλειμμα που απομένει μετά από ξήρανση δείγματος υγρού αποβλήτου στους 105°C.
- Αποτελούνται τόσο από πτητικά όσο και από σταθερά στερεά.
- Η αναλογία πτητικά / σταθερά στερεά χρησιμοποιείται και ως δείκτης της περιεκτικότητας σε οργανικό φορτίο.

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



Ολικά Αιωρούμενα Στερεά (TS)

- Τμήμα των TS που απομένει σε φίλτρο με μέσο μέγεθος πόρων 1,58 μm , έπειτα από διήθηση υπό κενό και ξήρανση.
- Αποτελούνται τόσο από πτητικά όσο και από σταθερά στερεά.
- Η μέτρηση των TSS χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της λειτουργίας των εγκαταστάσεων επεξεργασίας.
- Τα TSS είναι το κύριο αίτιο της θολότητας.



ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



Ολικά Διαλυμένα Στερεά (TS)

- Τα στερεά που διαπερνούν το φίλτρο με μέσο μέγεθος πόρων 1,58 μm , έπειτα από διήθηση υπό κενό και ξήρανση του διηθήματος.
- Είναι τα κολλοειδή και τα διαλυμένα στερεά.
- Σε ένα υγρό μέσο τα κολλοειδή δε φαίνονται λόγω μικρού μεγέθους σωματιδίων (0.001 έως 1 μm)
- Αποτελούνται τόσο από πτητικά όσο και από σταθερά στερεά

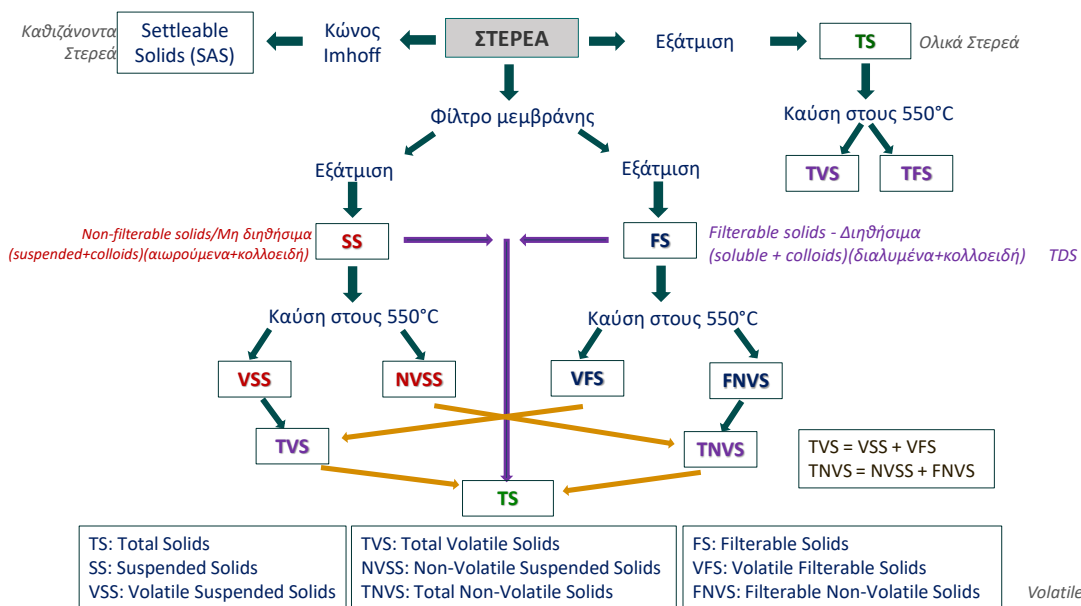
Κατανομή μεγέθους σωματιδίων

- ☐ Επηρεάζει την αποδοτικότητα της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας, χλωρίωσης και υπεριώδους ακτινοβολίας.
- ☐ Το μέγεθος των βιοαποικοδομήσιμων οργανικών σωματιδίων επηρεάζει το ρυθμό αποικοδόμησής τους.

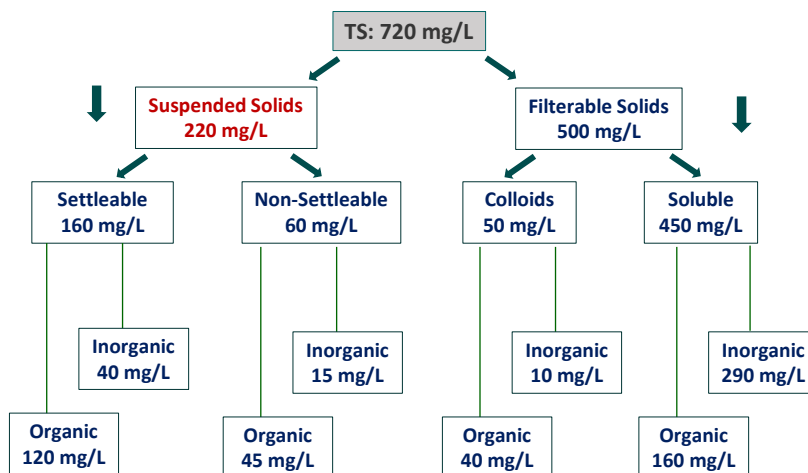
Ο ΚΟΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ!



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος



Ο ΚΟΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ!



Κατηγορίες στερεών σε αστικό υγρό απόβλητο μέτριας έντασης

Ο ΚΟΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ!



Παράδειγμα

Δείγμα υγρού αποβλήτου 50 mL, με τα ακόλουθα αποτελέσματα:

Μάζα άδειου δοχείου εξάτμισης: 53.5433 g (M1)

Μάζα δοχείου εξάτμισης και περιεχομένου μετά την εξάτμιση (105°C): 53.5793 g (M2)

Μάζα δοχείου εξάτμισης και περιεχομένου μετά την καύση (550°C): 53.5772 g (M3)

Μάζα καθαρού φίλτρου μεμβράνης : 1.5433 g (M4)

Μάζα φίλτρου με στερεά μετά την ξήρανση (105°C): 1.5553 g (M5)

Μάζα φίλτρου με στερεά μετά την καύση (550°C): 1.5531 g (M6)

Υπολογίστε:

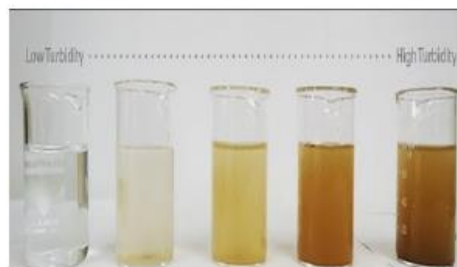
- 1) Totals Solids (TS),
- 2) Volatile Solids (VS),
- 3) Suspended Solids (SS)
- 4) Volatile Suspended Solids (VSS)

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



Θολότητα

- Απουσία διαύγειας σε ένα δείγμα νερού/αποβλήτου
- Αντίσταση του υγρού στη διέλευση του φωτός
- Οφείλεται στα TSS και στα κολλοειδή
- Μη αποτελεσματική απολύμανση - οι παθογόνοι οργανισμοί εγκλωβίζονται στα σωματίδια που αιωρούνται και προστατεύονται από το απολυμαντικό.
- Τα σωματίδια ενδέχεται να έχουν προσροφήσει οργανικές και ανόργανες ουσίες
- Μετριέται σε μονάδες νεφελομετρικής θολότητας NTU



ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



Χρώμα

- Οφείλεται: κολλοειδή και διαλυμένες ουσίες φυσικής προέλευσης (χουμικά οξέα, πλαγκτόν, τύρφη, μεταλλικά ιόντα σιδήρου ή μαγγανίου) ή σε τεχνητές χρωστικές ουσίες (υγρά βιομηχανικά απόβλητα π.χ. βαφείων)
- Έμμεσος δείκτης βαθμού ρύπανσης - καθιστά τα νερά ακατάλληλα για πόση και άλλες χρήσεις
- Τα υγρά απόβλητα έχουν ανοιχτό καφέ-γκρι χρώμα. Όσο αυξάνει ο χρόνος μεταφοράς τους στις ΕΕΛ γίνονται πιο σκούρα και τελικά μαύρα (αναερόβιες συνθήκες)



ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



Οσμή

ΝΕΡΟ

- πτητικές ενώσεις που δημιουργούνται από την αποδόμηση οργανικής ύλης
- προϊόντα διάβρωσης μετάλλων
- χημικών βιομηχανικής και γεωργικής

ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

- Οφείλεται σε πτητικές ενώσεις που περιέχονται στα λύματα ή δημιουργούνται από την αποδόμηση οργανικής ύλης σε αναερόβιες συνθήκες.
- Το υδρόθειο προκύπτει από την αναερόβια μεταροπή των θεικών.
- Αμίνες, αμμωνία κλπ.

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Θερμοκρασία

- Θερμική ρύπανση από την αποχέτευση θερμού νερού που χρησιμοποιείται ως νερό ψύξης εγκαταστάσεων (ενεργειακών και άλλων) βιομηχανιών



- Μείωση της συγκέντρωσης διαλυμένου O_2
- Μείωση της διαλυτότητας του O_2
- Επίδραση στην υδάτινη ζωή (ασφυξία και θάνατος, ανάπτυξη ενός είδους σε βάρος άλλων κλπ)

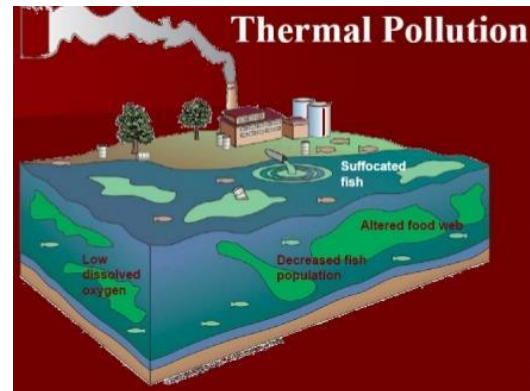


ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος

Θερμοκρασία - Θερμική ρύπανση



Αύξηση της κανονικής θερμοκρασίας των φυσικών υδάτων προκαλείται λόγω των
ανθρώπινων δραστηριοτήτων

Η θερμοκρασία είναι κρίσιμη παράμετρος για την υδάτινη ζωή

ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



Πυκνότητα

- Πυκνότητα νερού ή υγρών αποβλήτων ορίζεται η μάζα αυτού (αυτών) ανά μονάδα όγκου (μονάδες g/L ή kg/m³)
- Σχετίζεται με τη δημιουργία ρευμάτων πυκνότητας κυρίως στις δεξαμενές καθίζησης, χλωρίωσης

Αγωγιμότητα

- Ικανότητα νερού να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα
- Αυξάνει όσο αυξάνει η συγκέντρωση ιόντων (το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρεται μέσω των ιόντων)
- Είναι δείκτης της συγκέντρωσης TDS σε ένα δείγμα

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



- **Οργανικά στοιχεία:** αποτελούν σχεδόν το 75% του υγρού αποβλήτου

πρωτεΐνες (C, H₂, O₂, N)-τρόφιμα,

υδατάνθρακες (C, H₂, O₂)

σάκχαρα (εύκολη διάσπαση),

άμυλο (δύσκολη διάσπαση),

λιπίδια, υγρά λάδια, στερεά λίπη,

φαινόλες - βιομηχανικά απόβλητα,

εντομοκτόνα, φυτοφάρμακα,

απορρυπαντικά

Τυπική σύσταση αστικών αποβλήτων

Πρωτεΐνες	Υδατάνθρακες	Λιπίδια
40-60%	25-50%	10%

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ: ΟΡΓΑΝΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ



Μέθοδοι προσδιορισμού

A) Με βάση την απαίτηση οξυγόνου

- Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD_5)
- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)

B) Με βάση την περιεκτικότητα άνθρακα

- Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)



Μονάδα Ισοδύναμου πληθυσμού (ΙΠ)

*Ποσότητα οργανικών ουσιών η οποία προκύπτει σε σχέση με την ανθρώπινη σωματική υγιεινή ημερησίως
60 g BOD_5 ανά κάτοικο και ημέρα ή 120 g COD/κάτοικο/μέρα

*Σημαντικός δείκτης για την διαστασιολόγηση εγκαταστάσεων επεξεργασίας και σύγκριση παραγωγικών διεργασιών,

Π.χ. 1 τόνος χάρτου στη χαρτοβιομηχανία $\approx$ 200-900 ΜΙΠ

1000 λίτρα ζύθου $\approx$ 150-350 ΜΙΠ

ρύπανση από ορυκτό πετρέλαιο 11.000 ΜΙΠ ανά τόνο

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ: ΟΡΓΑΝΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ



Οργανική ένωση

+ O₂

→ νέοι μικροοργανισμοί + CO₂ + NH₃ + H₂O + ενέργεια

+ αερόβιοι μικροοργανισμοί

BOD = οξυγόνο που απαιτείται για τη βιοχημική αποδόμηση οργανικών ουσιών από αερόβιους μικροοργανισμούς

~60-70% του συνολικά απαιτούμενου οξυγόνου

Μεταβολή BOD με το χρόνο = ρυθμός κατανάλωσης οργανικών [κινητικής 1^{ης} τάξης]

$$\frac{dL_t}{dt} = -kL_t \rightarrow \ln L_t = \ln L_o - kt \rightarrow \ln \frac{L_t}{L_o} = -kt \rightarrow L_t = L_o e^{-kt} \quad \mathbf{BOD_t = L_o - L_t = L_o e^{-kt}}$$

$L_{o,t}$ = ολικό / αρχικό BOD

k = σταθερά διάσπασης [d⁻¹] (~θ)

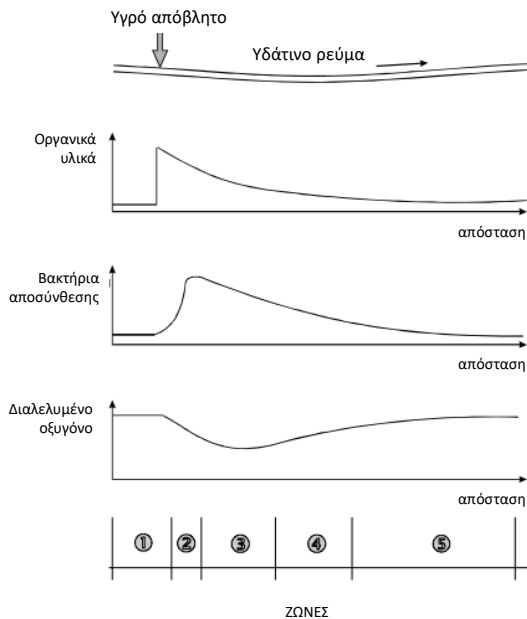
$k_t = k_{20} \theta^{(T-20)}$

$\theta = 1,056$ (20-30°C)
1,135 (4-20°C)

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΥΔΑΤΑ



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος



Η πιο αρνητική επίδραση της ρύπανσης σε ένα υδάτινο σώμα που προκαλείται από τα οργανικά υλικά είναι η μείωση του διαλυμένου οξυγόνου (DO), λόγω της αναπνοής των μικροοργανισμών που εμπλέκονται στον καθαρισμό των υγρών αποβλήτων.

→ **DO**: χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του βαθμού της ρύπανσης και τη δυνατότητα αυτο-καθαρισμού

Αέρας: 270 mg O₂/L

Νερό: 9 mg/L (τυπική τιμή)

Προφίλ συγκεντρώσεων οργανικού υλικού, βακτηρίων και διαλυμένου οξυγόνου κατά μήκος ενός υδάτινου ρεύματος

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ: ΟΡΓΑΝΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ



COD: οξυγόνο που απαιτείται για την πλήρη οξείδωση των οργανικών ουσιών σε CO_2 & H_2O με ισχυρό οξειδωτικό παράγοντα σε όξινες συνθήκες

Αστικά ΥΑ: $\text{BOD}_5/\text{COD} = 0,3 - 0,85$

Ο λόγος BOD_5/COD χρησιμοποιείται και ως ένδειξη της βιοαποικοδομησιμότητας των υγρών αποβλήτων

- $\text{BOD}_5/\text{COD} \geq 0,5$ τότε τα απόβλητα είναι εύκολα επεξεργάσιμα με βιολογικές μεθόδους
- $\text{BOD}_5/\text{COD} < 0,3$ τότε τα απόβλητα περιέχουν τοξικά στοιχεία και απαιτούνται μικροοργανισμοί για την σταθεροποίησή τους (πιθανόν να πρόκειται για βιομηχανικό υγρό απόβλητο)

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ: ΟΡΓΑΝΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ



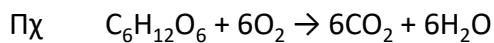
TOD: Total Oxygen Demand

Οξυγόνο που απαιτείται για τη χημική οξείδωση και ορισμένων ανόργανων ουσιών σε θερμοκρασίες μέχρι 900°C, με καταλύτη Pt (platinum / λευκόχρυσος)

TOD > BOD, COD

ThOD: (Theoretical Oxygen Demand) θεωρητικά απαιτούμενο οξυγόνο για την οξείδωση μιας οργανικής ουσίας

Υπολογίζεται από τον μοριακό τύπο



180g 6x32 = 192g

ThOD γλυκόζης = 192 g/mol

$\text{BOD}_5 < \text{COD} < \text{TOD} < \text{ThOD}$

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



TOC: συνολικός οργανικός άνθρακας (total organic carbon)

Η ποσότητα CO_2 που παράγεται κατά την πλήρη οξείδωση του C των οργανικών ουσιών σε υψηλή θερμοκρασία.

Είναι μέτρο κατάλληλο για μετρήσεις πολύ χαμηλών συγκεντρώσεων οργανικής ύλης και ενδιαφέρει ιδιαίτερα την παραγωγή πόσιμου νερού.

ThOC: θεωρητικός οργανικός άνθρακας = το CO_2 που θεωρείται για την πλήρη οξείδωση οργανικής ουσίας

$$\text{Αστικά ΥΑ: } \text{BOD}_5/\text{TOC} = 1/1 - 1/0,63$$

ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



- **pH:** αυξομειώσεις: προβλήματα διάβρωσης σε αγωγούς και μηχανολογικό εξοπλισμό - συνεχής έλεγχος
- **Αλκαλικότητα:** παρουσία στοιχείων, πχ ασβέστιο, μαγνήσιο, αμμωνία... - ενδιαφέρει όταν θα εφαρμόσουμε χημική επεξεργασία ή για την βιολογική αφαίρεση θρεπτικών ουσιών
- **Διαλελυμένο οξυγόνο:** αναγκαίο για αερόβιες βιολογικές διεργασίες
αυξημένη θερμοκρασία → μειωμένη διαλυτότητα O_2 στο νερό

ΑΝΟΡΓΑΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

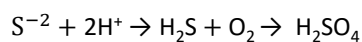
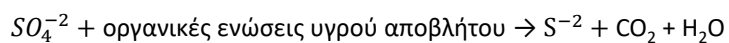


- **Άζωτο:** οργανικό (πρωτεΐνες, ουρία αμινοξέα), αμμωνιακό (αμμωνία), νιτρώδη και νιτρικά
- **Φώσφορος:** ανόργανος (ορθοφωσφορικά και πολυφωσφορικά), οργανικός

Στα αστικά λύματα η τυπική συγκέντρωση

N $\approx$ 40 -50 mg/L P $\approx$ 4 - 15 mg/L

- **Θείο:** διάβρωση αγωγών (οξείδωση υδρόθειου σε θειικό ιόν, αναγωγή σε υδρόθειο, αντίδραση με οξυγόνο, σχηματισμός θειικού οξέος)



- **Χλωριούχα:** μειώνουν τη διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό

ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος

- Αμμωνιακά (NH_4^+)
- Νιτρώδη (NO_2^-)
- Νιτρικά (NO_3^-)
- Ολικό Άζωτο (TN)
- Ολικός Φώσφορος (TP)
- pH
- Αλκαλικότητα
- Χλωριούχα (Cl^-)
- Θειικά (SO_4^{2-})
- Μέταλλα (As, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Pb, Mg, Hg, Mo, Ni, Se, Na, Zn)
- Ποικίλα Αέρια (O_2 , CO_2 , NH_3 , H_2S , CH_4)

ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Μικρόβια (Δείκτες ή παράγοντες μόλυνσης)	Σαπροφυτικοί οργανισμοί	Υδρόβιοι οργανισμοί
(i) Παθογόνα (ii) Κολοβακτηρίδια, TC, <i>E.Coli</i> , Fecal Coliforms	Βακτήρια, Μύκητες, Φύκη, Πρωτόζωα,	Πλαγκτόν, Βένθος, Νηκτό.

Στην Ελλάδα τα ανεπεξέργαστα αστικά
 υγρά απόβλητα περιέχουν:
 $100-1000 \times 10^6 / 100 \text{ mL}$ κολοβακτηρίδια



ΤΟΞΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ



- Τα **οργανικά δηλητήρια**, βαριά μέταλλα, ραδιενεργές ύλες, οξέα και βάσεις που μεταβάλλουν το pH του αποδέκτη και δεν είναι ανεκτά από τους ζώντες οργανισμούς τους. Οι τοξικοί ρύποι των λυμάτων μπορούν να μεταφερθούν στον άνθρωπο κυρίως μέσω της τροφικής αλυσίδας
- **Βαρέα Μέταλλα**: Cu, Pb, Cr, As, Ag, Ni, Mn, Cd, Zn, Fe, Hg.
- Στα αστικά λύματα προέρχονται κυρίως από βιομηχανίες που αποχετεύουν στο αστικό αποχετευτικό δίκτυο.
- Η εξουδετέρωσή τους πρέπει να γίνεται στην πηγή τους.

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ



Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος

Συνηθέστερα: mg/L ή g/m³

Ιχνοστοιχεία: µg/L ή ng/L

parts per million (μέρη στο εκατομμύριο)

$$\text{ppm} = \frac{\text{mg/L}}{\text{ειδικός βάρος υγρού}}$$

ppb (μέρη στο δισεκατομμύριο) = µg/L

ppt (μέρη στο τρισεκατομμύριο) = ng/L

$$1 \text{ g} = 10^3 \text{ mg} = 10^6 \text{ µg} = 10^9 \text{ ng} = 10^{12} \text{ pg}$$

Παράμετρος	Εξήγηση	Μονάδα
Φυσικές αναλύσεις:		
Πυκνότητα	$\frac{\text{Μάζα διαλύματος}}{\text{Όγκος διαλύματος}}$	kg/m ³
Ποσοστό όγκου	$\frac{\text{Όγκος διαλύματος} \times 100}{\text{Συνολικός όγκος διαλύματος}}$	% (κατά όγκο)
Ποσοστό μάζας	$\frac{\text{Μάζα διαλύματος} \times 100}{\text{Συνολική μάζα διαλυμένης ύλης + διαλύτη}}$	% (κατά βάρος)
Αναλογία όγκου	$\frac{\text{Χιλιοστόλιτρα (milliliters)}}{\text{Λίτρο διαλύματος}}$	mL/L
Μάζα ανά μονάδα όγκου	$\frac{\text{Πικογραμμάρια (picograms)}}{\text{Λίτρο διαλύματος}}$	pg/L
	$\frac{\text{Νανογραμμάρια (nanograms)}}{\text{Λίτρο διαλύματος}}$	ng/L
	$\frac{\text{Μικρογραμμάρια (micrograms)}}{\text{Λίτρο διαλύματος}}$	µg/L
	$\frac{\text{Χιλιοστόγραμμα (milligrams)}}{\text{Λίτρο διαλύματος}}$	mg/L
	$\frac{\text{Γραμμάρια (grams)}}{\text{Κοφινό μέτρο διαλύματος}}$	g/m ³
	$\frac{\text{Χιλιοστόγραμμα}}{10^3 \text{ χιλιοστόγραμμα}}$	ppb
Αναλογία μάζας	$\frac{\text{Χιλιοστόγραμμα}}{10^6 \text{ χιλιοστόγραμμα}}$	ppm
	$\frac{\text{Χιλιοστόγραμμα}}{10^9 \text{ χιλιοστόγραμμα}}$	
Χημικές αναλύσεις:		
Μοριακότητα κατά βάρος	$\frac{\text{Γραμμάρια διαλυμένης ουσίας}}{1000 \text{ γραμμάρια διαλύτη}}$	mol/kg
	$\frac{\text{Γραμμάρια διαλυμένης ουσίας}}{\text{Λίτρο διαλύματος}}$	mol/L
Μοριακότητα κατά όγκο	$\frac{\text{Ισοδύναμο διαλυμένης ουσίας}}{\text{Λίτρο διαλύματος}}$	eq/L
Κανονικότητα	$\frac{\text{Χιλιοστοϊσοδύναμο διαλυμένης ουσίας}}{\text{Λίτρο διαλύματος}}$	meq/L

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



- **Μέσα 19ου αιώνα:** αύξηση ανθρωπογενών μολυσματικών ασθενειών σε πυκνοκατοικημένες περιοχές (χολέρα)
- Σύγχρονες πρακτικές επεξεργασίας - από τα μέσα του 20ου αιώνα
- Σήμερα: μείωση παθογενών μικροβίων και απομάκρυνση τοξικών συστατικών

Στόχοι

- Προστασία δημόσιας υγείας από τη μόλυνση αποθεμάτων πόσιμου νερού
- Αξιόπιστη και οικονομική λειτουργία
 - Απομάκρυνση αιωρούμενων, διαλυτών υλών
 - Μείωση BOD, COD, παθογενών οργανισμών και θρεπτικών
 - Διατήρηση της αισθητικής των φυσικών υδάτινων φορέων και της οικολογίας των υδάτινων συστημάτων

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



- Αποτελεσματική αποδόμηση και με σύντομες διεργασίες της οργανικής ύλης των λυμάτων
- Συγκράτηση του μεγαλύτερου ποσοστού των μικροοργανισμών που επιτελούν την αποδόμηση
- Απολύμανση των επεξεργασμένων λυμάτων
- Διάθεση του νερού των επεξεργασμένων λυμάτων, που οφείλει να είναι διαυγές, στο περιβάλλον / επαναχρησιμοποίηση

- Ανάγκη προστασίας δημόσιας υγείας
- Αναπτυξιακός σχεδιασμός και ποιότητα ζωής
- Εφαρμογή Νόμων - Κανονισμών



ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Τυπικά χαρακτηριστικά αστικών υγρών αποβλήτων

BOD ₅ (mg/L)	200-400
Ολικά αιωρούμενα στερεά (mg/L)	200-300
Άζωτο (mg/L)	20-40 (σαν αμμωνία) 30-70 Ολικό
Φώσφορος (mg/L)	8-16 Ολικός
Ολικά διαλυμένα στερεά (mg/L)	400-600
Τοξικά, πχ μέταλλα, έλαια	<i>μεταβαλλόμενο</i>
Ολικά κολοβακτηρίδια (αριθμός/mL)	10 ⁵ -10 ⁶
Κοπρανώδη βακτηρίδια (αριθμός/mL)	10 ⁴ -10 ⁵
Στρεπτόκοκκοι (αριθμός/mL)	10 ³ -10 ⁴
Εντερικοί ιοί (αριθμός/mL)	10-10 ²

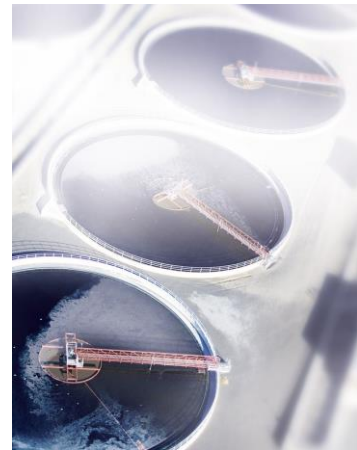


ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



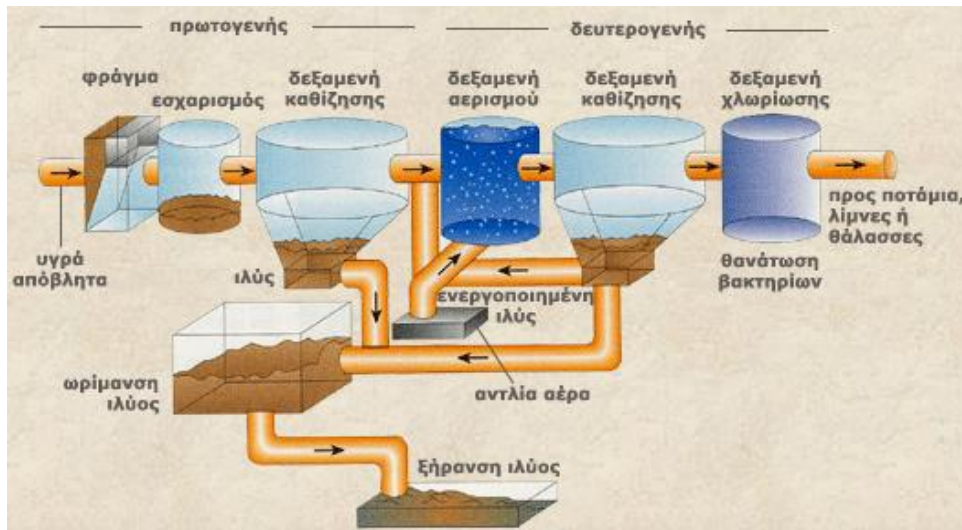
- Πρωτοβάθμια επεξεργασία
- Δευτεροβάθμια επεξεργασία
- Τριτοβάθμια επεξεργασία
- Τέταρτη βαθμίδα (προχωρημένη)

Η **επιλογή** της κατάλληλης επεξεργασίας και διεργασιών εξαρτάται από τη φύση και τη συγκέντρωση των ρύπων, καθώς και από τα **όρια διάθεσης** και **τελικής χρήσης** του επεξεργασμένου νερού



ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Τυπική Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων



ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων (ΜΕΥΑ)

Που χρειάζεται;

- Δήμοι & Δίκτυο Αποχέτευσης με πληθυσμό > 2000 κατοίκους
- Αποκεντρωμένα συστήματα επεξεργασίας λυμάτων και διαχείρισης νερού (μικροί οικισμοί με < 2000 κατοίκους)
- Αυτόνομα Συστήματα Επεξεργασίας Λυμάτων με ή χωρίς δίκτυο αποχέτευσης (επίπεδο οικίας)
- Μονάδες Επεξεργασίας Βιομηχανικών Αποβλήτων

ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



- I. Ποιοτικός χαρακτηρισμός του προς επεξεργασία νερού/υγρού αποβλήτου
- II. Καθορισμός της επιθυμητής και/ή απαιτούμενη διάθεσης ή χρήσης της επεξεργασμένης εκροής και υιοθέτηση των αντιστοίχων επιτρεπτών ορίων εκπομπής (effluent quality standards)
- III. Προκαταρκτικός σχεδιασμός (concept design)
- IV. Επιλογή κατάλληλων διεργασιών
- V. Δοκιμή και επαλήθευση λειτουργίας και απόδοσης σε εργαστηριακή κλίμακα
- VI. Δοκιμή και επαλήθευση λειτουργίας και απόδοσης σε πιλοτική κλίμακα
- VII. Βελτιστοποίηση κατασκευαστικών και/ή λειτουργικών παραμέτρων
- VIII. Λεπτομερής σχεδιασμός τελικής διαμόρφωσης διεργασιών
- IX. Κατασκευή – Λειτουργία – Συντήρηση εγκατάστασης

ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ



Φυσικές

Με βάση τα φυσικά χαρακτηριστικά των ρυπαντών: ειδικό βάρος, μέγεθος, κλπ

Π.χ. εσχαρισμός, εξάμμωση, καθίζηση, διύλιση, επίπλευση, διήθηση

ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Χημικές

Με προσθήκη χημικών ουσιών και διενέργεια χημικών αντιδράσεων

Π.χ. κροκίδωση, προσρόφηση, κατακρήμνιση, ιοντοανταλλαγή, χλωρίωση

ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ &
ΤΕΤΑΡΤΗ ΒΑΘΜΙΔΑ

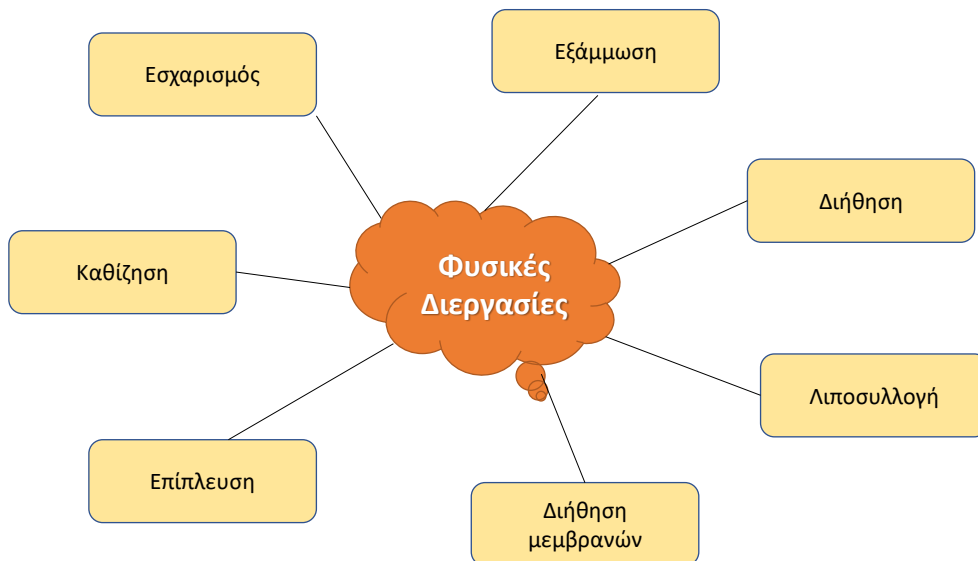
Βιολογικές

Βιολογική δραστηριότητα (αερόβια/αναερόβια)

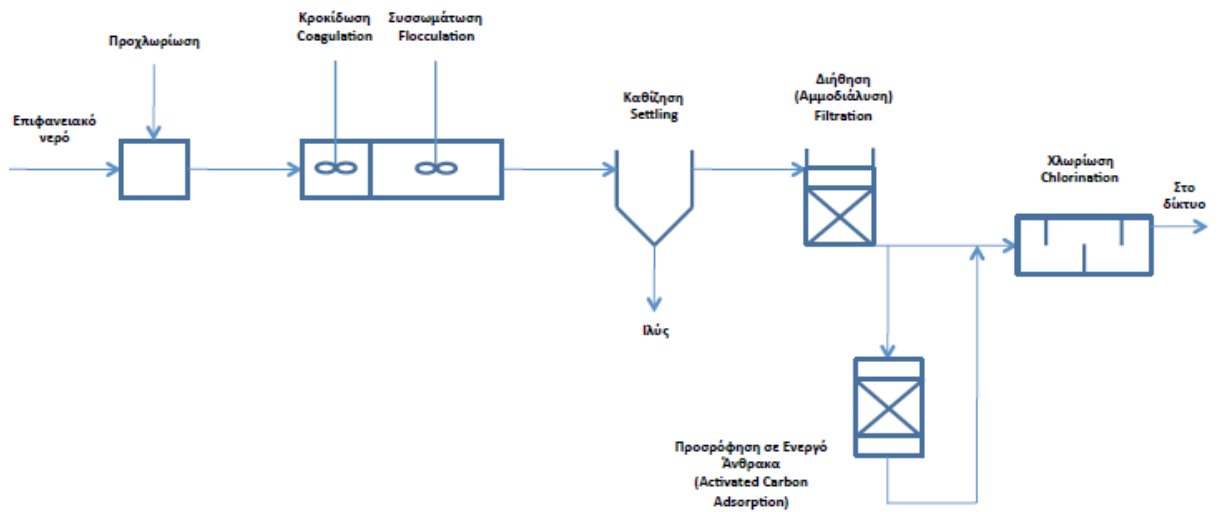
Π.χ. ενεργός ιλύς, βιολογικά φίλτρα, αναερόβια χώνευση, απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου

ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ



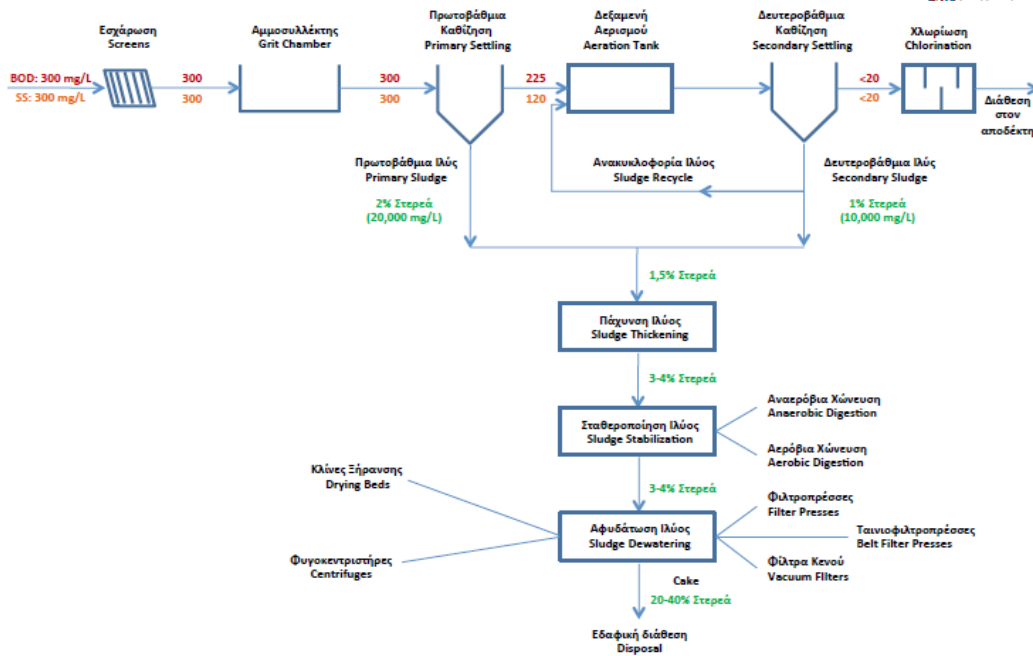
ΤΥΠΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ



ΤΥΠΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



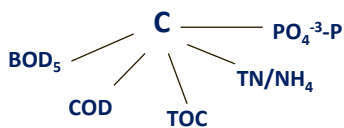
Πολυτεχνείο Κρήτης
Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος



ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ



1) Συγκέντρωση ρύπου / Pollutant Concentration (C)



C_i : influent/εισροή C_o : mixture/μίγμα C_e : effluent/εκροή

$$\left[\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right] \approx \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \approx \left[\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right]$$

$$\left[\frac{\text{mg BOD}_5}{\text{L}} \right], \left[\frac{\text{mg COD}}{\text{L}} \right], \left[\frac{\text{kg BOD}_5}{\text{m}^3} \right], \left[\frac{\text{kg COD}}{\text{m}^3} \right]$$

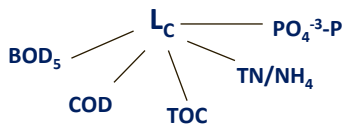
2) Υδραυλικό φορτίο - Παροχή / Hydraulic Load (Q_i , Q_o)

$$\left[\frac{\text{L}}{\text{h}} \right] \approx \left[\frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right] \approx \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] \approx \left[\frac{\text{m}^3}{\text{d}} \right]$$

ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ



3) Φορτίο ρύπου /Pollutant load (L_c)



$$\left[\frac{\text{kg BOD}_5}{\text{d}} \right], \left[\frac{\text{kg COD}}{\text{d}} \right], \left[\frac{\text{kg TN}}{\text{d}} \right]$$

$$L_c = Q_i \times C_i$$

$$L_{\text{BOD}} = Q_i \times C_i \quad \text{όπου } C_i : \frac{\text{kg BOD}_5}{\text{m}^3}$$

$$L_{\text{COD}} = Q_i \times C_i \quad \text{όπου } C_i : \frac{\text{kg COD}}{\text{m}^3}$$

ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ



4) Όγκος / Volume (**V**) [L] ή [m³]
[λίτρα] ή [κυβικά μέτρα]

5) Υδραυλικό Χρόνος Παραμονής / Hydraulic Residence Time: **HRT** ή **τ**

$$\text{HRT: } \tau = \frac{V}{Q_f} \quad \left[\frac{L}{L/h} = h \right] \quad [\text{min}] \text{ ή } [\text{h}] \text{ ή } [\text{d}]$$

[λεπτά] ή [ώρες] ή [μέρες]

6) Υδραυλική Επιφανειακή Φόρτιση / Hydraulic Surface Loading: (**L_H** ή **L**, **O.R.**)

(και ως overflow rate - ρυθμός υπερχειλίσσης)

$$\left[\frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \right], \left[\frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{d}} \right] \cong \left[\frac{\text{m}}{\text{h}} \right], \left[\frac{\text{m}}{\text{d}} \right]$$

ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ



7) Επιφανειακή Φόρτιση Στερεών / Solid Surface Loading: (L_{SS})

(και ως solid flux - ροή στερεών)

$$\left[\frac{\text{kg DM}}{\text{m}^2 \cdot \text{d}} \right] \quad \text{DM} = \text{dry matter} \\ \text{ξηρά ύλη}$$

8) Ρυθμός Επιφανειακής Φόρτισης / Organic Loading Rate : (L_{OR})

$$L_{OR} = \frac{C_i}{\tau} = \frac{C_i}{V/Q_i} = \frac{C_i \times Q_i}{V} = \frac{L_c}{V}$$

$$\left[\frac{\text{kg BOD}_5}{\text{m}^3 \cdot \text{d}} \right], \left[\frac{\text{kg COD}}{\text{m}^3 \cdot \text{d}} \right]$$

ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ



7) Ρυθμός Μετατροπής/ Conversion rate: (**U**)

$$U = \left[\frac{C_F - C_e}{C_F} \right] \quad [-] \text{ or } [\%]$$

C_i : συγκέντρωση στην εισροή

C_e : συγκέντρωση στην εκροή

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ



Θεωρούμε μια μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (ΜΕΥΑ) για 50,000 πε. Το φορτίο σχεδιασμού είναι 250 L/pe/day and 70 g BOD₅/pe/day. Η συγκέντρωση BOD₅ στην εκροή είναι 17.8 mg/L. Υπολογίστε:

- 1) Την ογκομετρική παροχή (Q_e)
- 2) Τη συγκέντρωση BOD₅ στην είσοδο της ΜΕΥΑ
- 3) Το ρυθμό απομάκρυνσης BOD₅
- 4) Το φορτίο BOD₅ στην εισροή (L_i) και την εκροή (L_e)
- 5) Το ρυθμό οργανικής φόρτισης (L_{OR}), αν HRT = 300 sec