

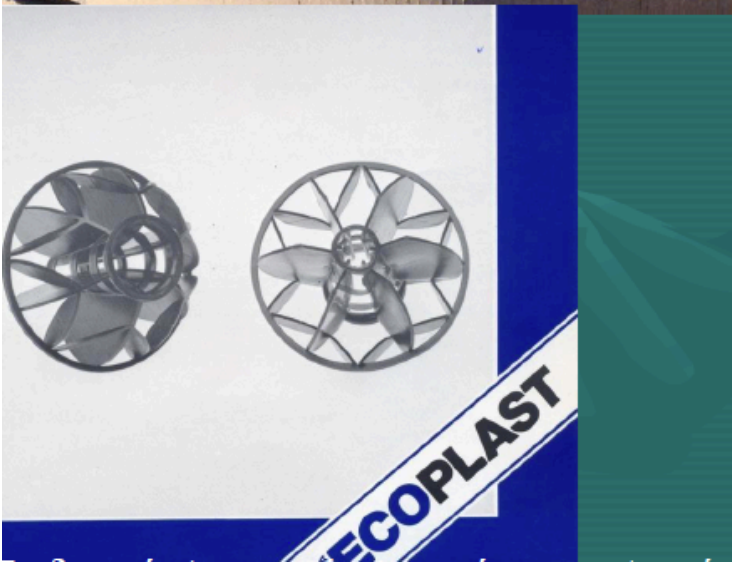


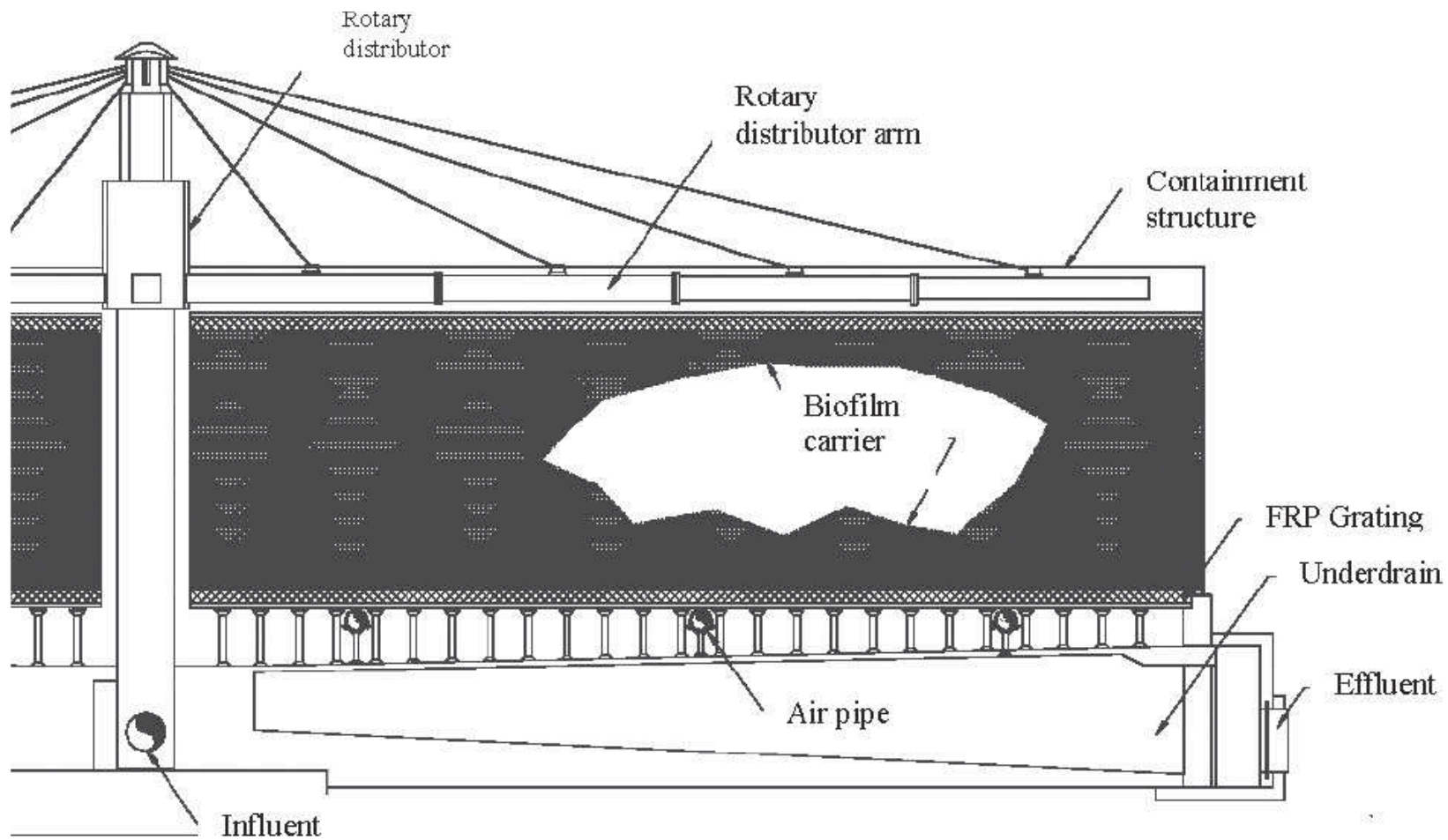
Διεργασίες επαφής – Βιολογικά φίλτρα

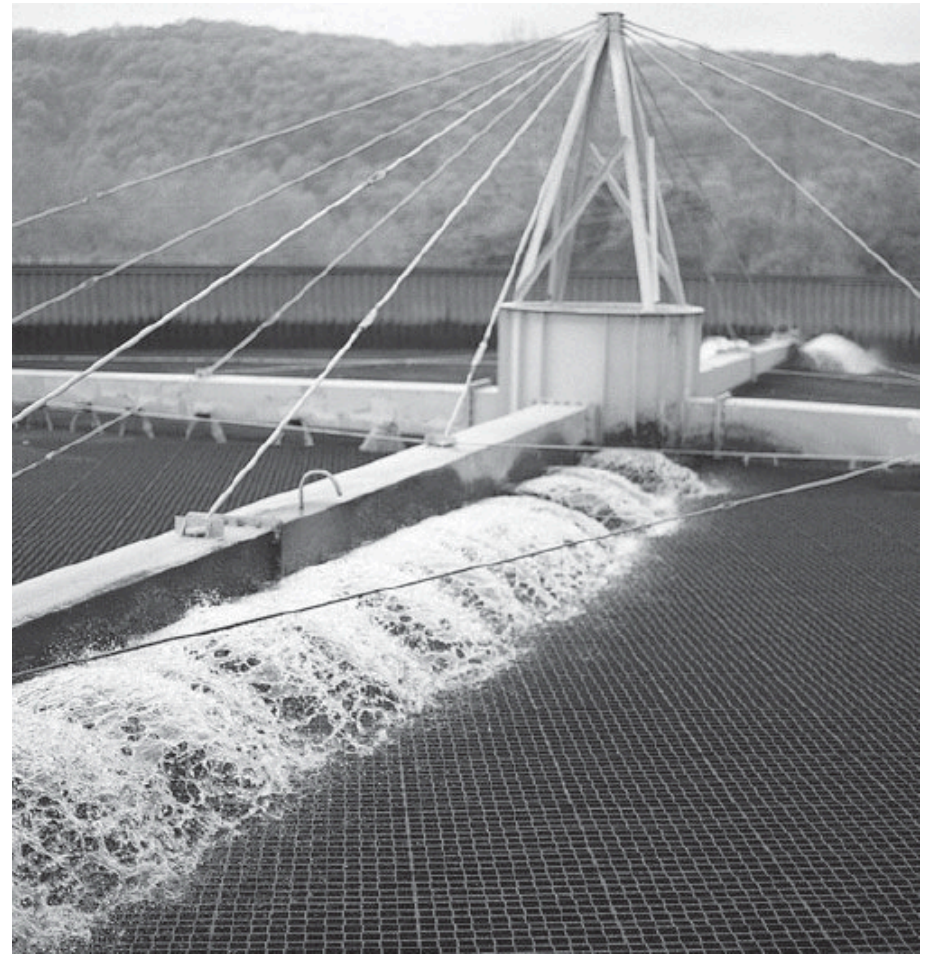
Δημοσθένης Α. Σαρηγιάννης
Αναπληρωτής Καθηγητής
Περιβαλλοντικής Μηχανικής

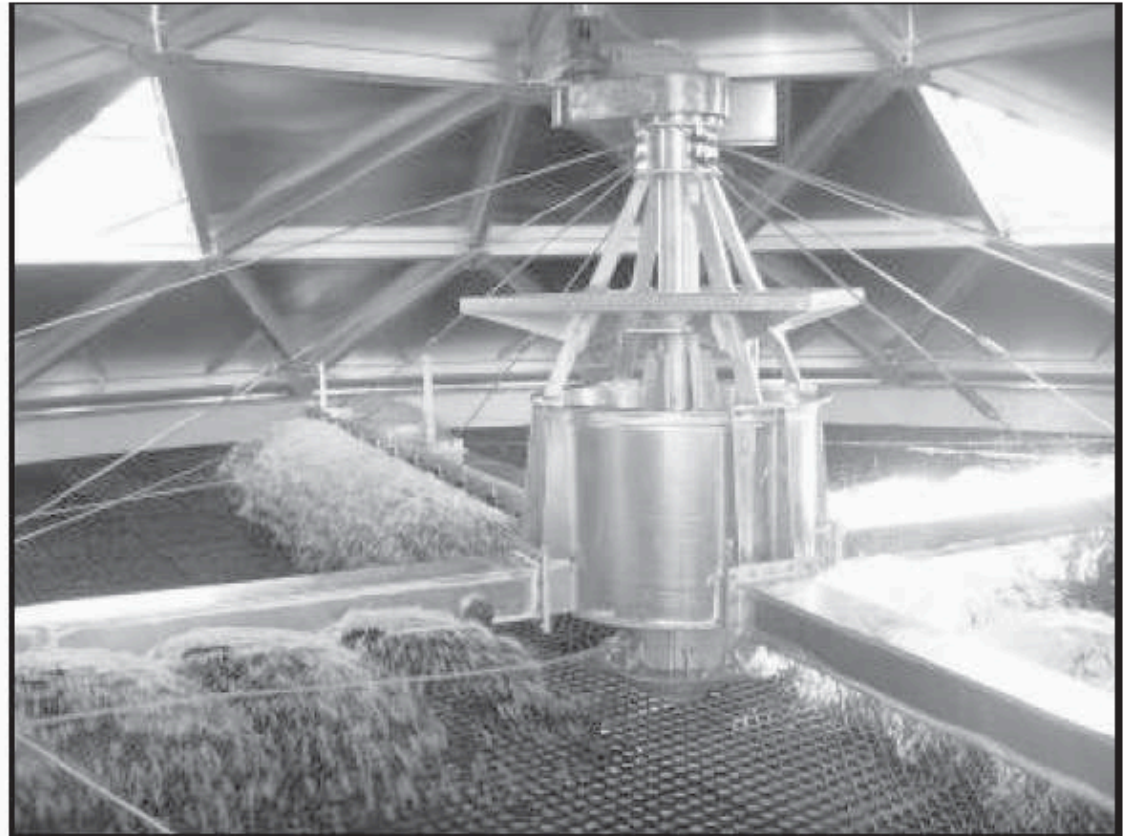
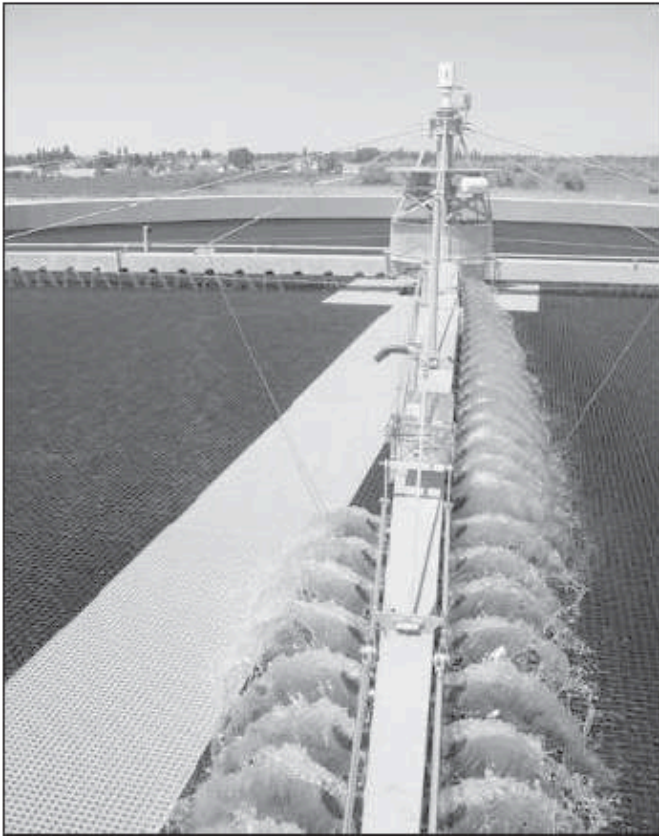


Βιολογικά Φίλτρα











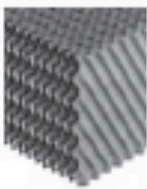




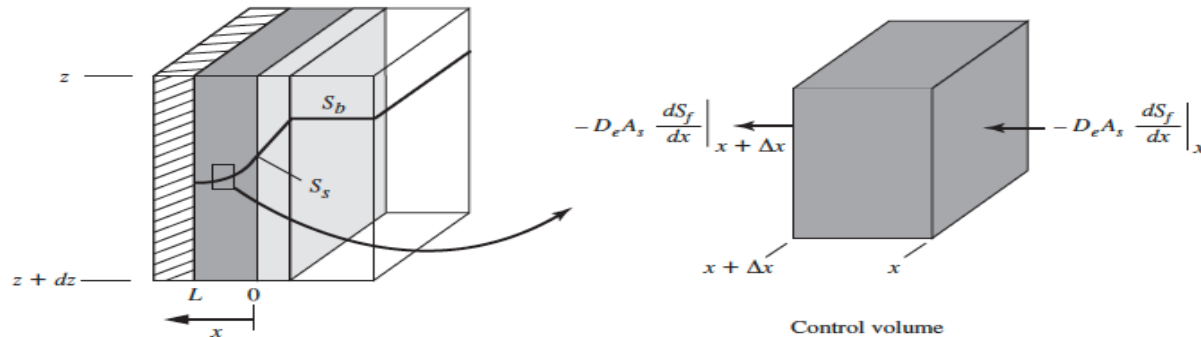
Βιολογικά Φίλτρα

- Τα βιολογικά φίλτρα χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία οσμών των εγκαταστάσεων αντιρρύπανσης. Είναι κλίνες πληρωτικών υλικών.
- Τα βιοφίλτρα είναι
- Καθώς τα αέρια περνούν από το βιοφίλτρο συμβαίνουν ταυτόχρονα απορρόφηση/εκρόφηση στο υγρό επιφανειακό στρώμα του βιοφιλμ και βιομετασχηματισμός (οξείδωση των αερίων από μικροοργανισμούς)



Table 1—Properties of some trickling filter media.

Media Type	Material	Nominal Size m (ft)	Bulk Density kg/m ³ (lbs/ft ³) ^a	Specific Surface Area (m ² /m ³) (ft ² /ft ³) ^b	Void Space (%)
Rock					
River		0.024 – 0.076 (0.08 – 0.25)	1442 (90)	62 (19)	50
Slag		0.076 – 0.128 (0.25 – 0.42)	1600 (100)	46 (14)	60
Plastic ¹					
Cross flow	 PVC	0.61 × 0.61 × 1.22 (2 × 2 × 4)	24 – 45 (1.5 – 2.8)	100 and 223 (30, 48, and 68)	95
Vertical flow	 PVC	0.61 × 0.61 × 1.22 (2 × 2 × 4)	24 – 45 (1.5 – 2.8)	102 and 131 (31 and 40)	95
Random ²	 polypropylene	0.185 ø × 0.051 H (7.3" ø × 2" H)	27 (1.7)	98 (30)	95



$$r_{sf} = -D_w \frac{dS}{dx} = -D_w \frac{(S_b - S_s)}{L}$$

r_{sf} = rate of substrate surface flux, $\text{g/m}^2 \cdot \text{d}$

D_w = diffusion coefficient of substrate in water, m^2/d

dS/dx = substrate concentration gradient, $\text{g/m}^3 \cdot \text{m}$

S_b = bulk liquid substrate concentration, g/m^3

S_s = substrate concentration in outer layer of biofilm, g/m^3

L = effective thickness of the stagnant film, m



$$D_e \frac{d^2 S_f}{dx^2} - \left(\frac{\mu_m S_f X}{Y(K_s + S_f)} \right) = 0$$

D_e = effective diffusivity coefficient in biofilm, m^2/d

μ_m = maximum specific bacterial growth rate, g new cells/g cells · d

S_f = substrate concentration at a point in the biofilm, g/m^3

X = biomass concentration, g/m^3

Y = yield coefficient, g/g

K_s = half-velocity constant, g/m^3



Comparison of different types of trickling filters

Design characteristics	Trickling filter classification				
	Low or standard rate	Intermediate rate	High rate (stone media)	Super rate (plastic media)	Roughing
Hydraulic loading, m/d	1 to 4	4 to 10	10 to 40	15 to 90 ^a	60 to 180 ^a
Organic loading, kg BOD ₅ /d · m ³	0.08 to 0.22	0.26 to 0.51	0.36 to 1.8	0.32 to 1.0	Above 1.0
Recirculation ratio	0	0 to 1	1 to 3	1 to 2	0 to 2
Filter flies	Many	Varies	Few	Few	Few
Sloughing	Intermittent	Varies	Continuous	Continuous	Continuous
Depth, m	1.5 to 3	1.5 to 2.5	1 to 2	Up to 12	1 to 6
BOD ₅ removal, %	80 to 85	50 to 70	40 to 80	65 to 85	40 to 85
Effluent quality	Well nitrified	Some nitrification	No nitrification	No nitrification	No nitrification

^aNot including recirculation.

Adapted from WEF, 1998; Metcalf & Eddy, 2003.



Typical trickling filter applications

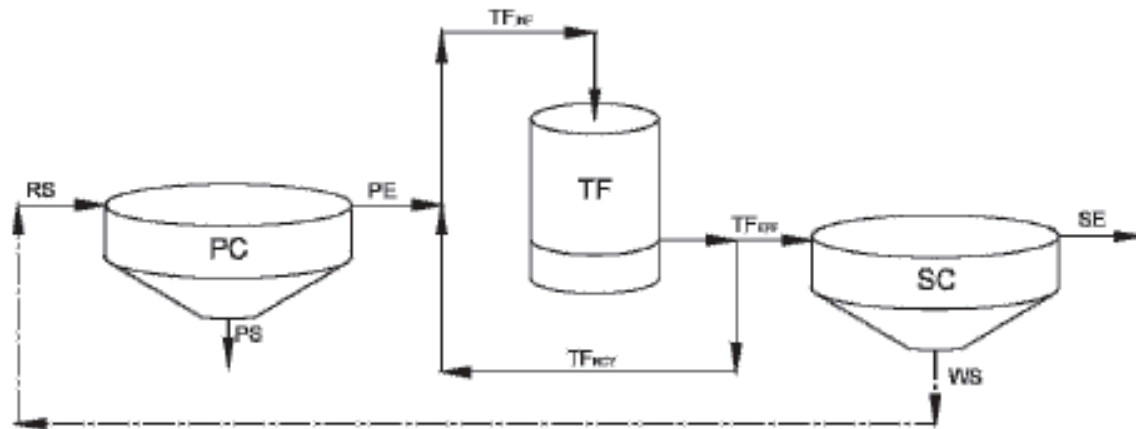
Application	Loading	Effluent quality
Secondary treatment	0.3 to 1.0 kg BOD/m ³ · d	15–30 mg/L BOD 15–30 mg/L TSS
BOD removal and nitrification	0.1 to 0.3 kg BOD/m ³ · d 0.2 to 1.0 g TKN/m ² · d ^a	< 10 mg/L BOD < 3 mg/L NH ₄ -N
Tertiary nitrification	0.5 to 2.5 g NH ₄ -N/m ² · d*	0.5–3 mg/L NH ₄ -N

^aLoading based on packing surface area.

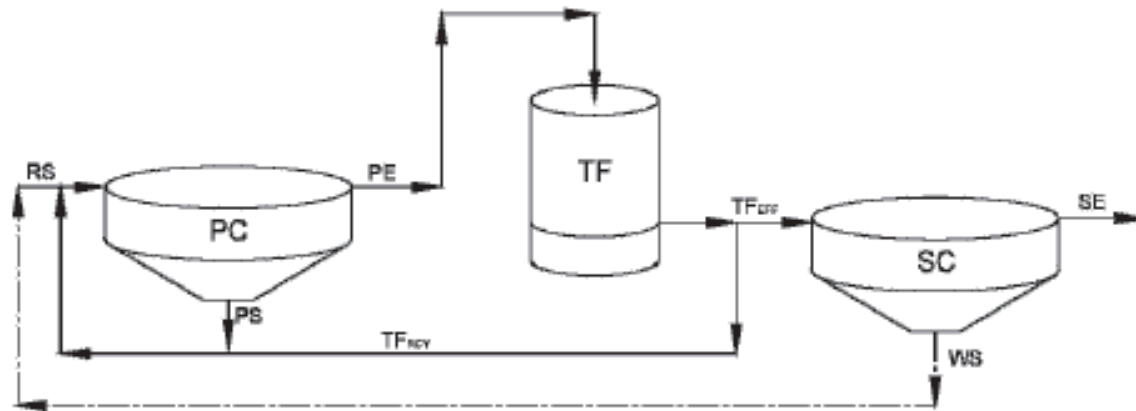
Source: Metcalf & Eddy, 2003.



Διάγραμμα ροής 1 βαθμίδας φίλτρου



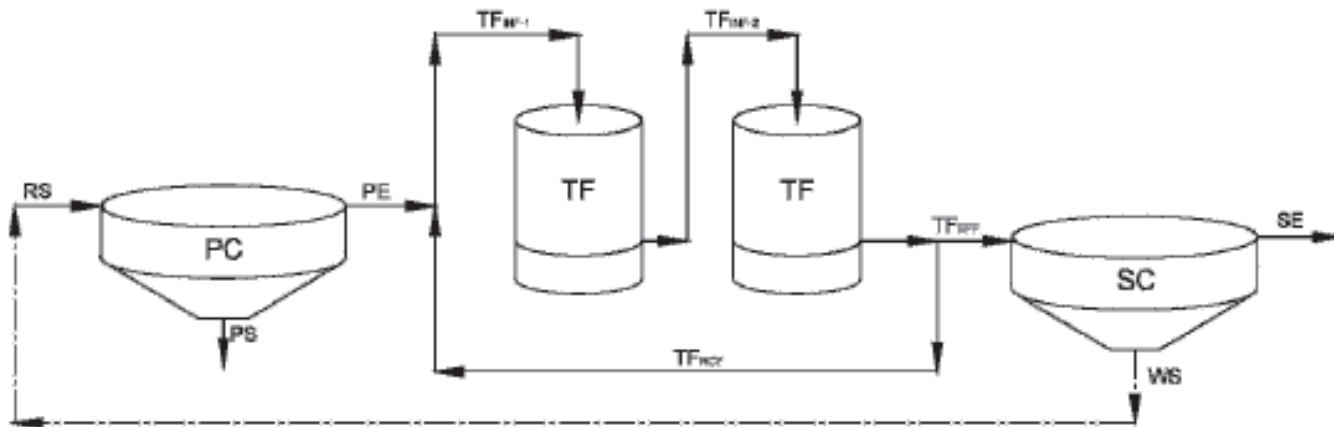
(A)



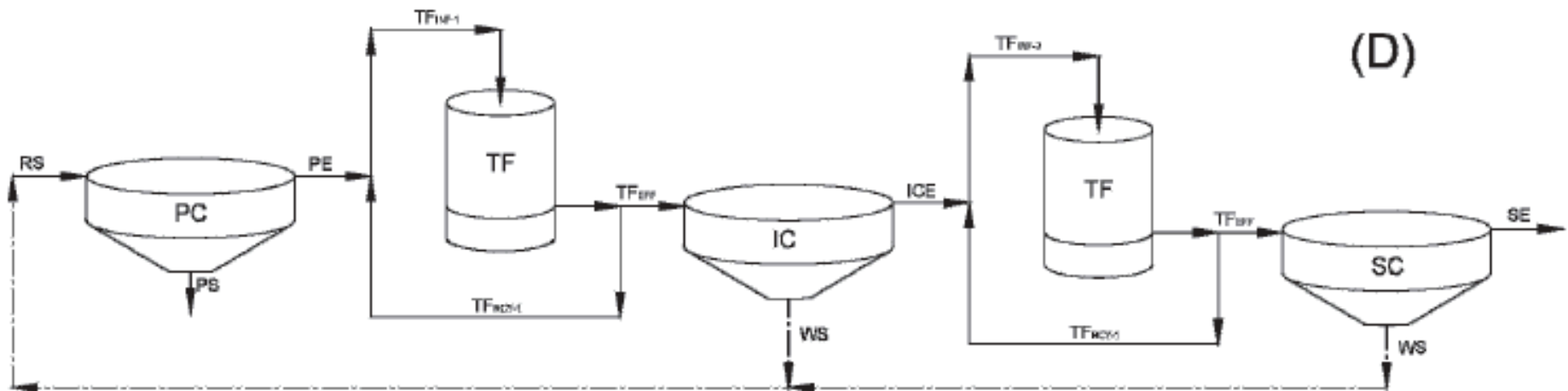
(B)



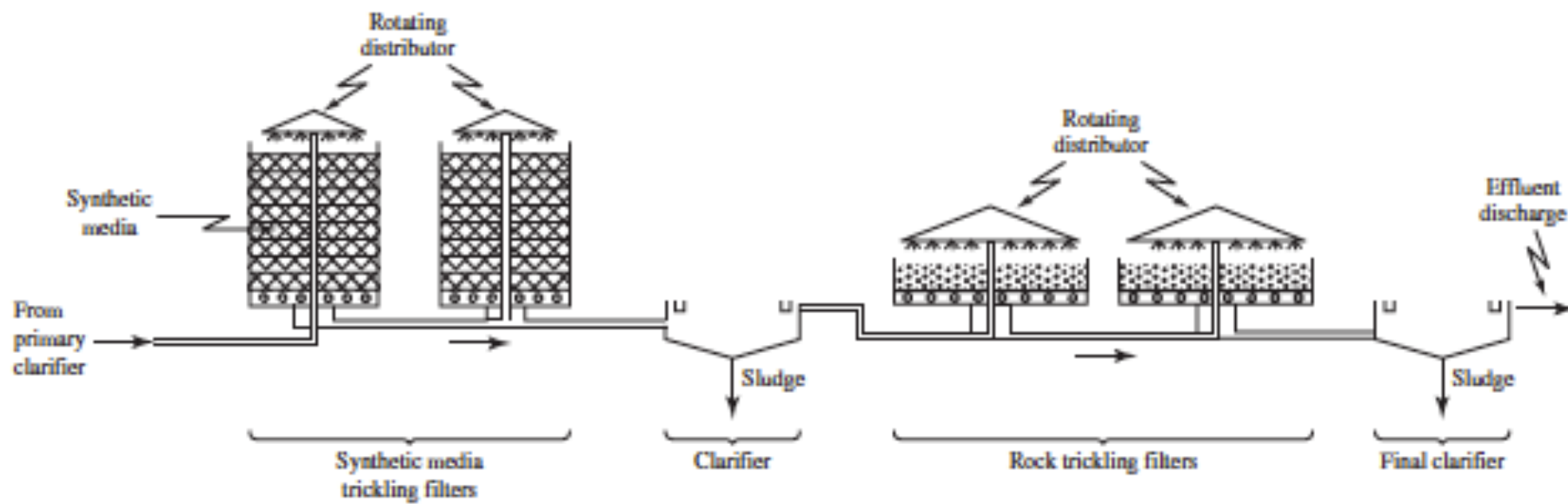
Διάγραμμα ροής 2 βαθμίδων φίλτρου



(C)



(D)





Διαστασιολόγηση Βιολογικών φίλτρων

1. Η βασική σχέση απομάκρυνσης του BOD περιγράφεται από τον τύπο

$$\frac{S}{S_0} = \exp(-kt) \quad (1) \quad \text{Αντιδραστήρας PF}$$

2. Η σταθερά k είναι ανάλογη της μάζας των μικροοργανισμών στο σύστημα, η οποία στην περίπτωση των βιολογικών φίλτρων είναι ανάλογη της επιφάνειας A_s που είναι διαθέσιμη για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών και περιγράφεται από τον τύπο:

$$k = k' A_s$$

3. Ο χρόνος επαφής t εξαρτάται από το ύψος H , το είδος $[n, C]$ του πληρωτικού υλικού και της υδραυλικής φόρτισης q :

$$t = \frac{CH}{q^n}$$



Απόδοση βιοφίλτρων (NRC)



Πρώτη βαθμίδα φίλτρων

$$E_1 = \frac{1}{1 + 4.12 \left(\frac{QC_{in}}{VF} \right)^{0.5}}$$

Δεύτερη βαθμίδα φίλτρων

$$E_2 = \frac{1}{1 + \frac{4.12}{1 - E_1} \left(\frac{QC_e}{VF} \right)^{0.5}}$$

E_1 = fraction of BOD₅ removal for first stage at 20°C, including recirculation and sedimentation

Q = wastewater flow rate, m³/s

C_{in} = influent BOD₅, mg/L

V = volume of filter media, m³

F = recirculation factor

$$E_T = E_{20} \varphi^{(T-20)}$$

$$\varphi = 1.035$$

E_2 = fraction of BOD₅ removal for second-stage filter at 20°C, including recirculation and sedimentation

E_1 = fraction of BOD₅ removed in first stage

C_e = effluent BOD₅ from first stage, mg/L

Συντελεστής
ανακυκλοφορίας

$$F = \frac{1 + R}{(1 + 0.1R)^2}$$

R = recirculation ratio = Q_r/Q
 Q_r = recirculation flow rate, m³/s
 Q = wastewater flow rate, m³/s



Ικανότητα καθαρισμού (Schulze)



Χρόνος επαφής του λύματος με τη βιομάζα στο φίλτρο

$$t = \frac{CD}{\left(\frac{Q}{A}\right)^n}$$

C = mean active film per unit volume

D = filter depth, m

Q = hydraulic loading, m³/d

A = filter area over which wastewater is applied, m²

n = empirical constant based on filter media

$$C \approx \frac{1}{D^m}$$

$m = 0$ (κανονική κατανομή βιομάζας στο φίλτρο)

$$\frac{S_t}{S_o} = \exp \left[\frac{KD}{\left(\frac{Q}{A}\right)^n} \right]$$

$$K = 0.69 \text{ (m/d)}^n/\text{m}$$

$$n = 0.67$$



Εξίσωση J.E GERMAIN – Ικανότητα καθαρισμού

Η εξίσωσή (1) γράφεται επομένως ως εξής:

$$\frac{S}{S_o} = \exp \left[- K A_s \frac{H}{q^n} \right] \quad (2)$$

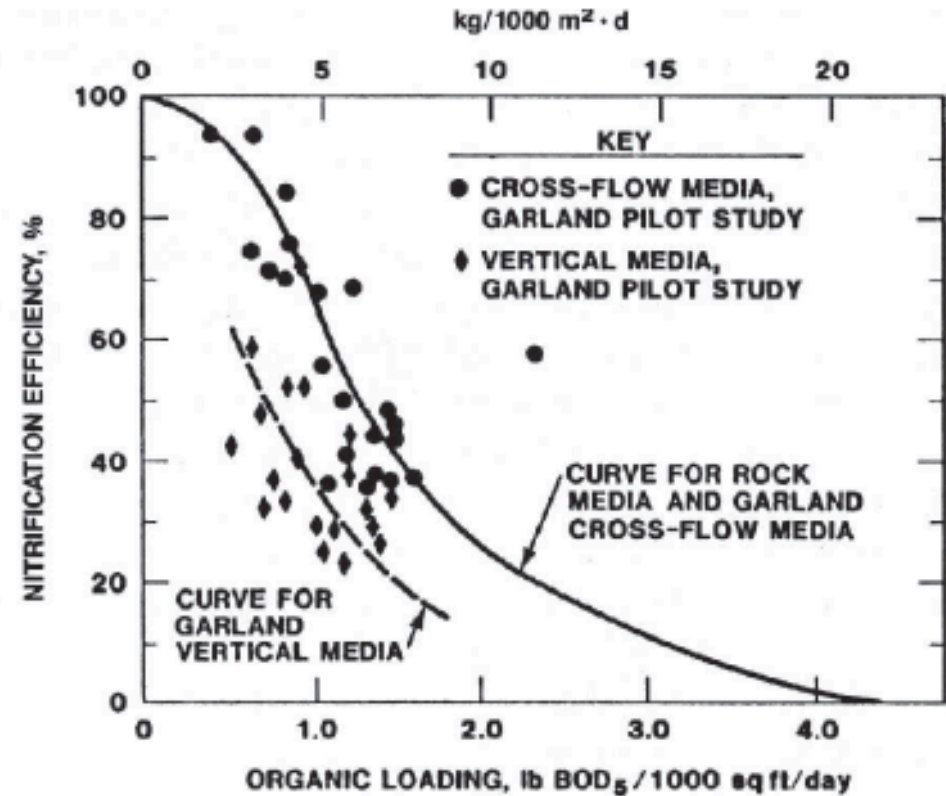
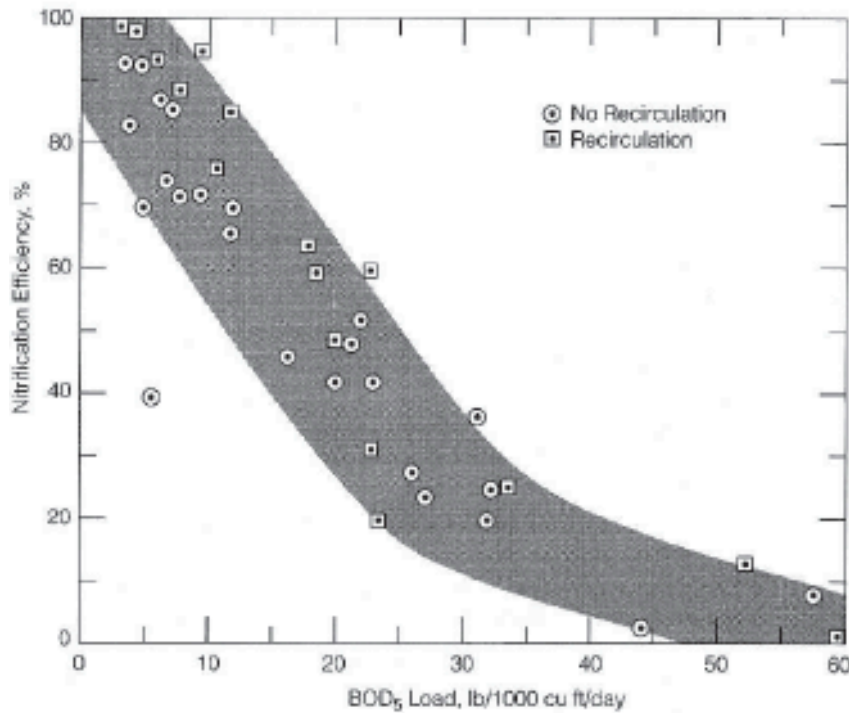
όπου:

- S** : BOD5 εκροής, mg/L
- S_o** : BOD5 εισροής, mg/L
- A_s** : ειδική επιφάνεια διηθητικού μέσου, [100 – 200] m²/m³
- q** : υδραυλική φόρτιση, m³/m²d [15 διαβροχή – 150 πλημμύριση]
- H** : ύψος πληρωτικού υλικού, m
- K** : (K=κ'C), Συντελεστής βιοδιάσπασης, ο οποίος εξαρτάται από το είδος των αποβλήτων και τη θερμοκρασία
- n** : πειραματικός συντελεστής που εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του πληρωτικού υλικού και υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$n = 0,91 - \frac{21,48}{A_s}$$

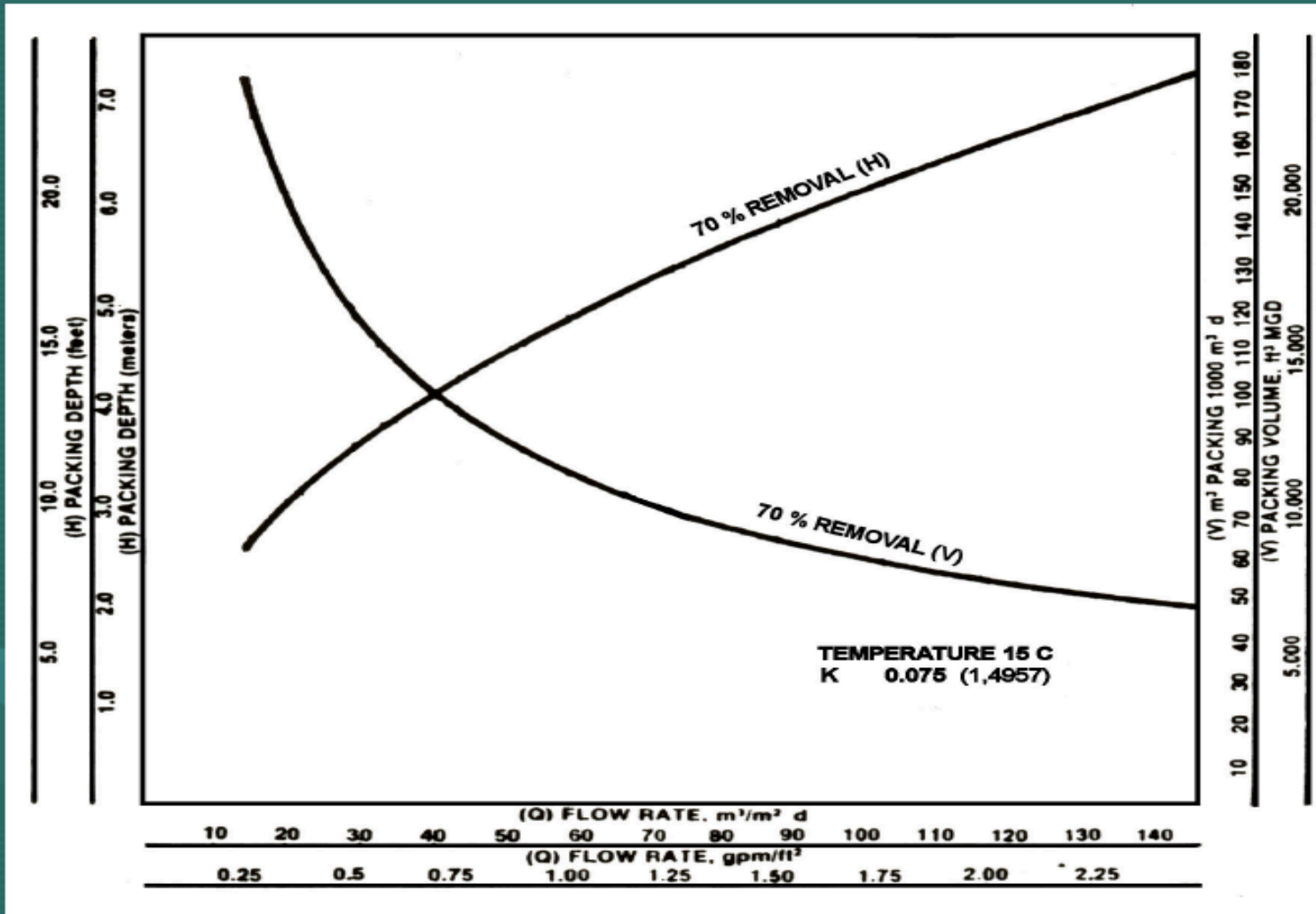


Απόδοση νιτροποίησης





Επίδραση του ύψους του Η του βιολογικού φίλτρου στον όγκο του πληρωτικού υλικού

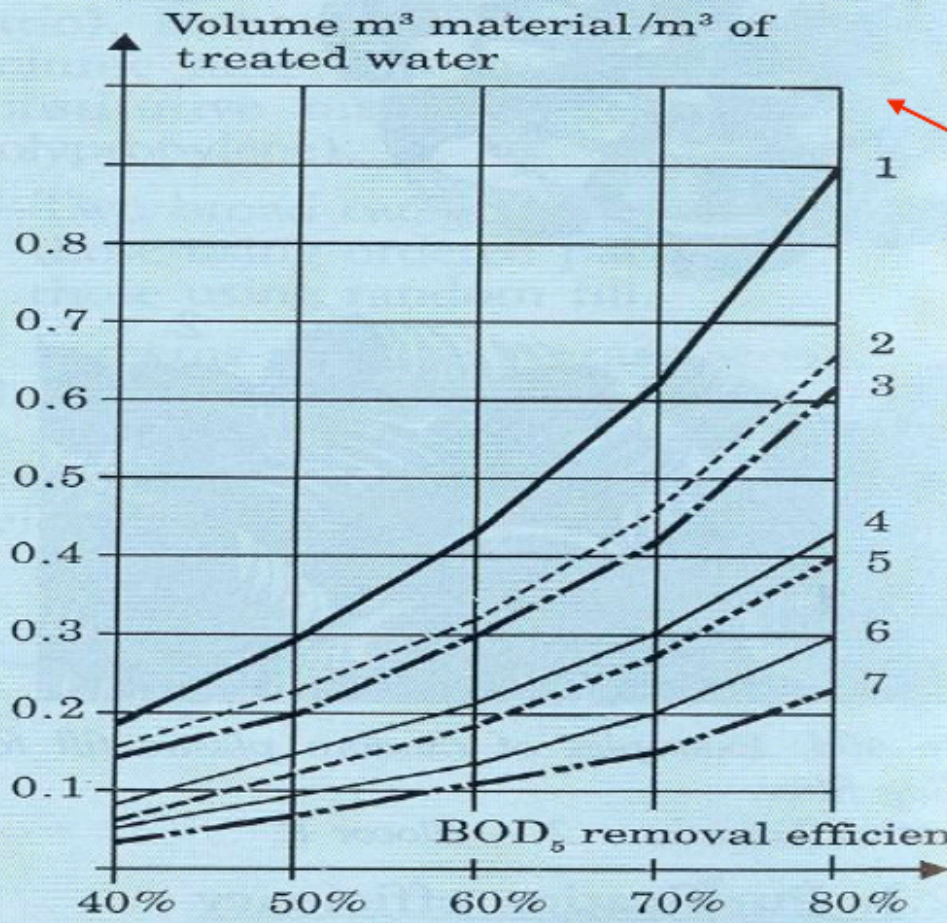


$K =$ Συντελεστής βιοδιάσπασης, εξαρτάται από τη φύση των αποβλήτων και τη θερμοκρασία

Είδος αποβλήτων	Σφαγεία	Σφαγεία Πουλερικών	Φάρμες, γάλακτος	Κονσερβοποιία, φρούτων & λαχανικών	Ζυθοποιία	Επεξεργασία ελαίων	Αστικά
Τιμή K	0,0082	0,0189	0,0108	0,0153	0,0101	0,0140	0,0226

Εμπειρικές παρατηρήσεις

- Η απόδοση της επεξεργασίας μειώνεται αισθητά όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από τους 10-12°C, ενώ η επεξεργασία δεν επηρεάζεται το ίδιο σημαντικά σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες.
- Για ικανοποιητική λειτουργία προτιμάται η λειτουργία με μεγάλο ύψος πληρωτικού υλικού και μικρό εμβαδόν επιφάνειας παρά το αντίθετο.
- Ο λόγος S/S_0 , για δεδομένη υδραυλική φόρτιση, είναι ανεξάρτητος της συγκέντρωσης εισροής μόνο όταν οι τιμές BOD_5 κυμαίνονται μεταξύ 200-1000 mg/L.
- Η εμπειρία έδειξε ότι μικρές μεταβολές του ρυθμού ανακυκλοφορίας αφήνουν ανεπηρέαστη την απόδοση της επεξεργασίας, ωστόσο συχνά κρίνονται απαραίτητες για τη διασφάλιση της διαβροχής



Απαιτούμενος όγκος
πληρωτικού υλικού για
συγκεκριμένη απόδοση
απομάκρυνσης
ρουπαντών

Πληρωτικό υλικό: Cloisonyle
Επιφάνεια: 130 m²m⁻³
Ύψος, H: 7 m

- 1 - Slaughterhouses.
- 2 - Breweries.
- 3 - Dairy farms.
- 4 - Edible oils.
- 5 - Canneries.
- 6 - Poultry slaughterhouses.
- 7 - MWW.

Πληρωτικά υλικά

Πληρωτικά υλικά: στοχεύουν στη μεγιστοποίηση της επαφής των δύο φάσεων και στη χαμηλή πτώση πίεσης.

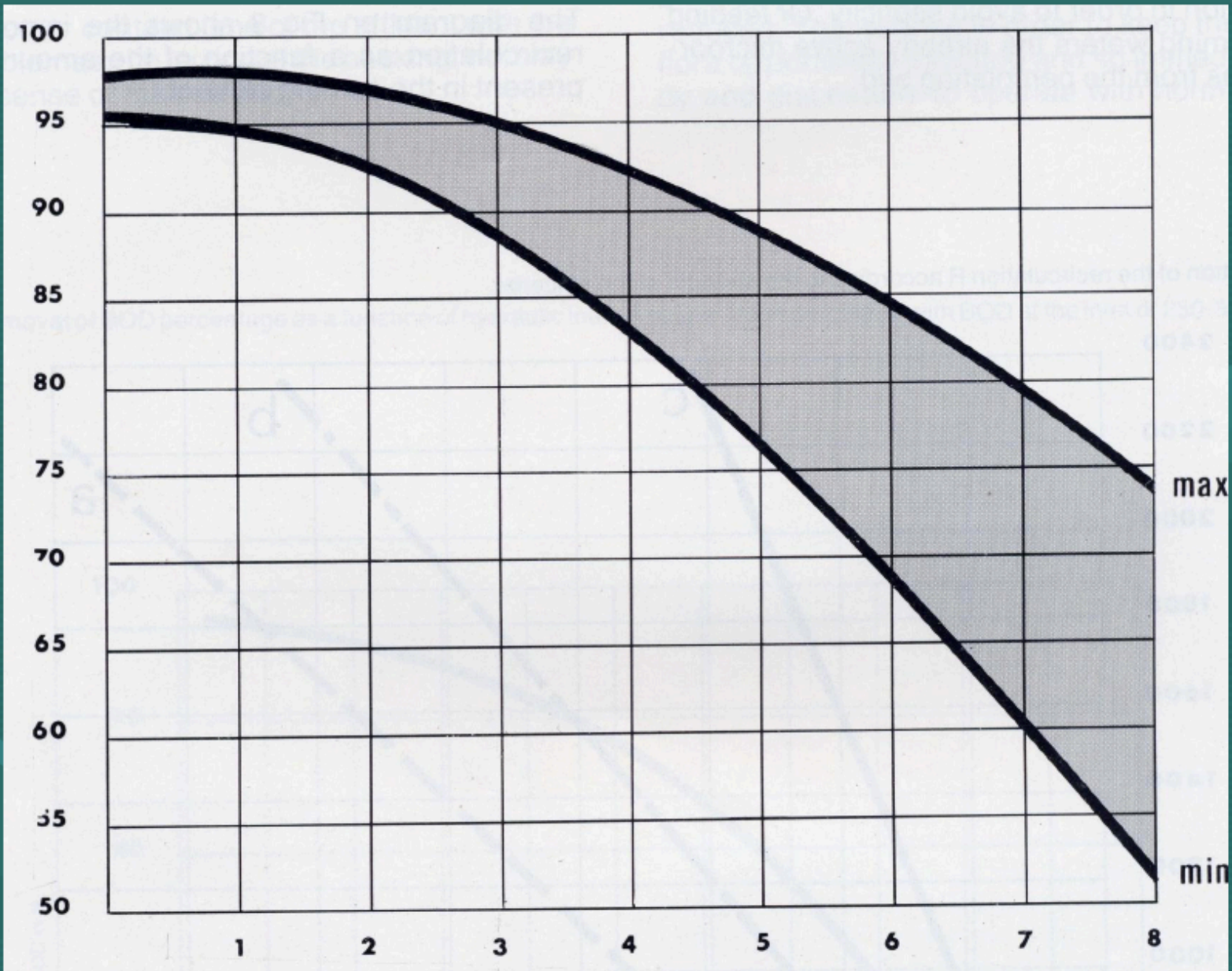
Επιθυμητά χαρακτηριστικά:

- ◇ Μεγάλη επιφάνεια διαβροχής ανά μονάδα όγκου
- ◇ Χαμηλή πυκνότητα
- ◇ Ικανοποιητική χημική αντίσταση
- ◇ Χαμηλή συγκράτηση (holdup) του υγρού
- ◇ Χαμηλή πτώση πίεσης
- ◇ Χαμηλό κόστος



Απόδοση βιολογικού φίλτρου μίας βαθμίδας [A_s $200 \text{ m}^2/\text{m}^3$]

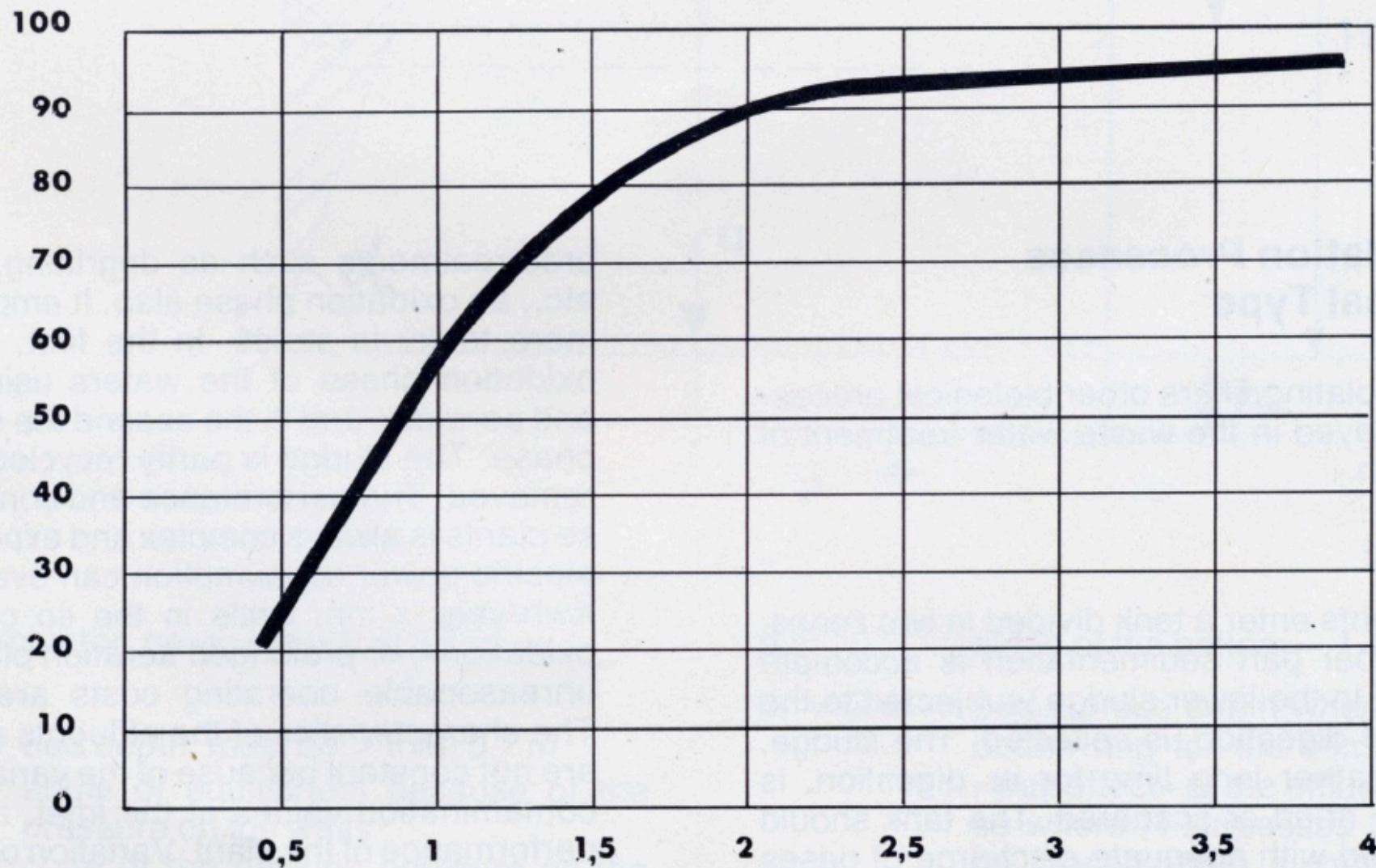
Απομάκρυνση βιολογικού φορτίου, % BOD_5



Φόρτιση $\text{kg BOD}_5/\text{m}^3$

Επίδραση του ύψους πληρωτικού υλικού στην απόδοση επεξεργασίας [Λς 200 m²/m³]

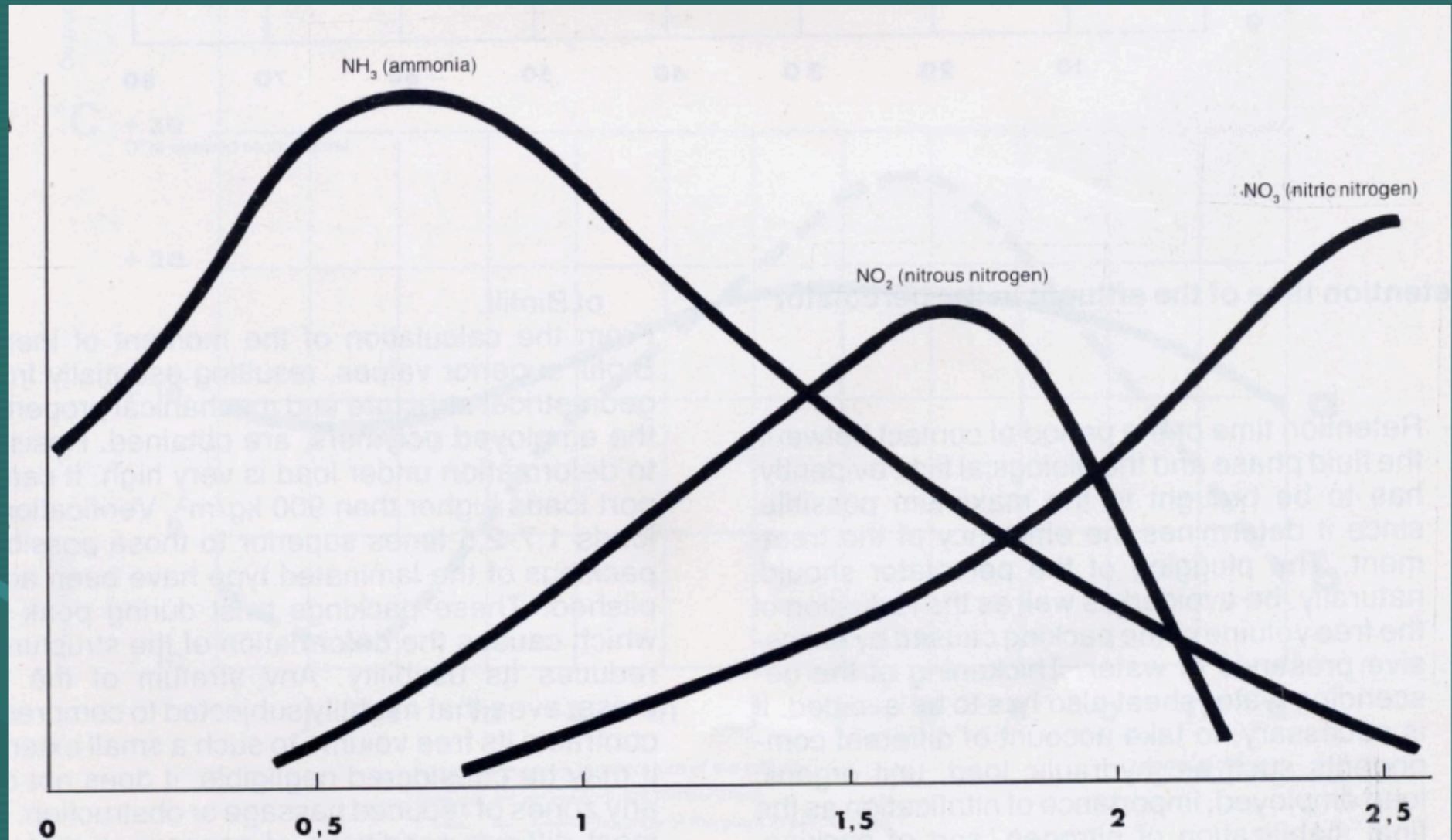
Απόδοση απομάκρυνσης BOD₅



Ύψος πληρωτικού υλικού, m

Νιτροποίηση σε σχέση με το ύψος του πληρωτικού υλικού [Ας $200 \text{ m}^2/\text{m}^3$]

Συγκέντρωση



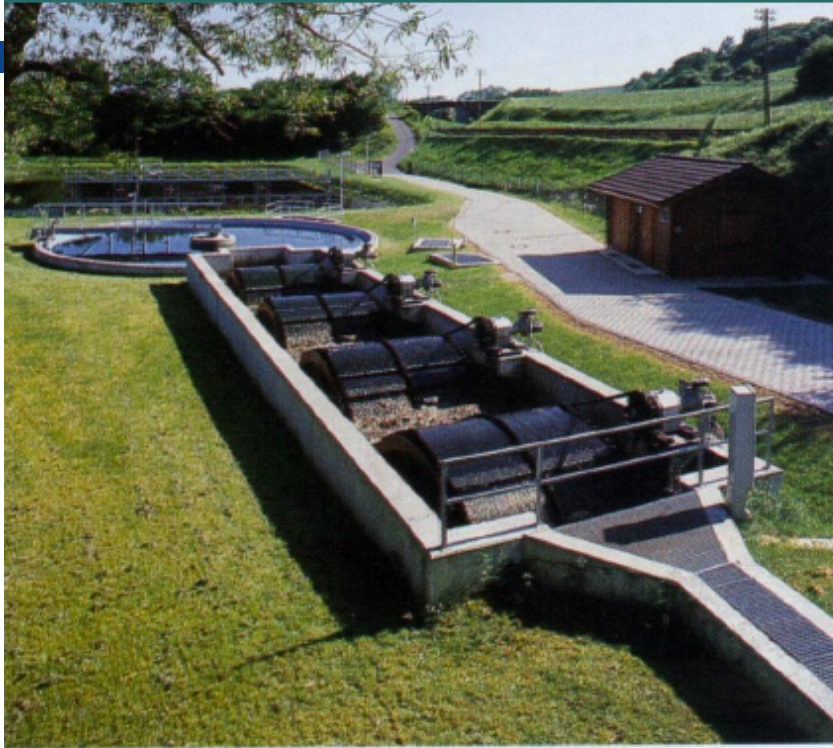
Υψος πληρωτικού υλικού, m



Τυπικές φορτίσεις βιολογικών φίλτρων για επίτευξη νιτροποίησης

Πληρωτικό υλικό	% νιτροποίηση	Φόρτιση, kg BOD ₅ /m ³ d
Πλαστικό	75 – 85	0,30 - 0,20
	85 - 95	0,20 - 0,10
Περιστρεφόμενοι δίσκοι	75 – 85	0,40 - 0,20
	85 - 95	0,20 - 0,10

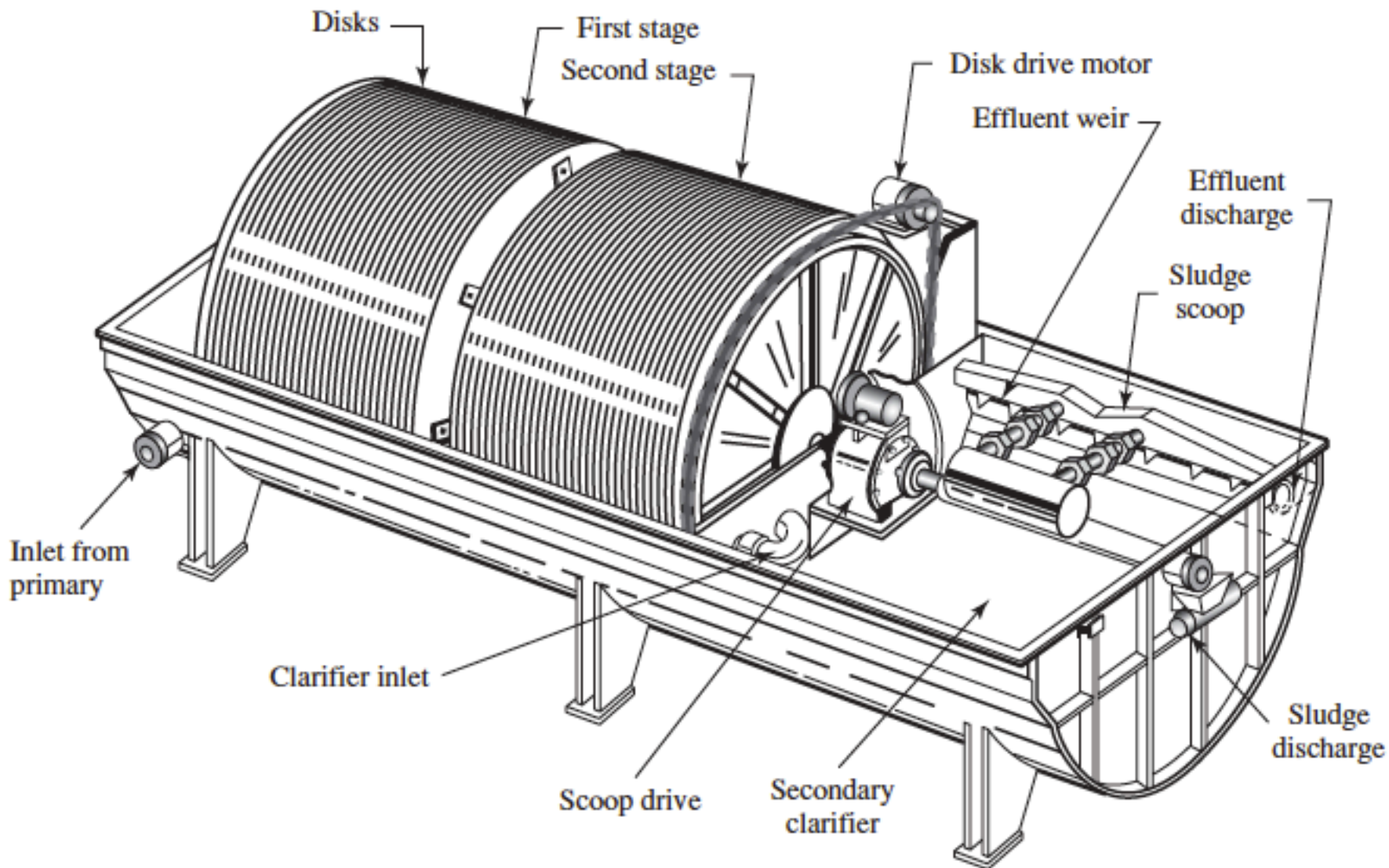
Επεξεργασία αποβλήτων με βιοδίσκους



Waste water treatment plant "Nieder-/Oberzeuzheim" - starting 1987

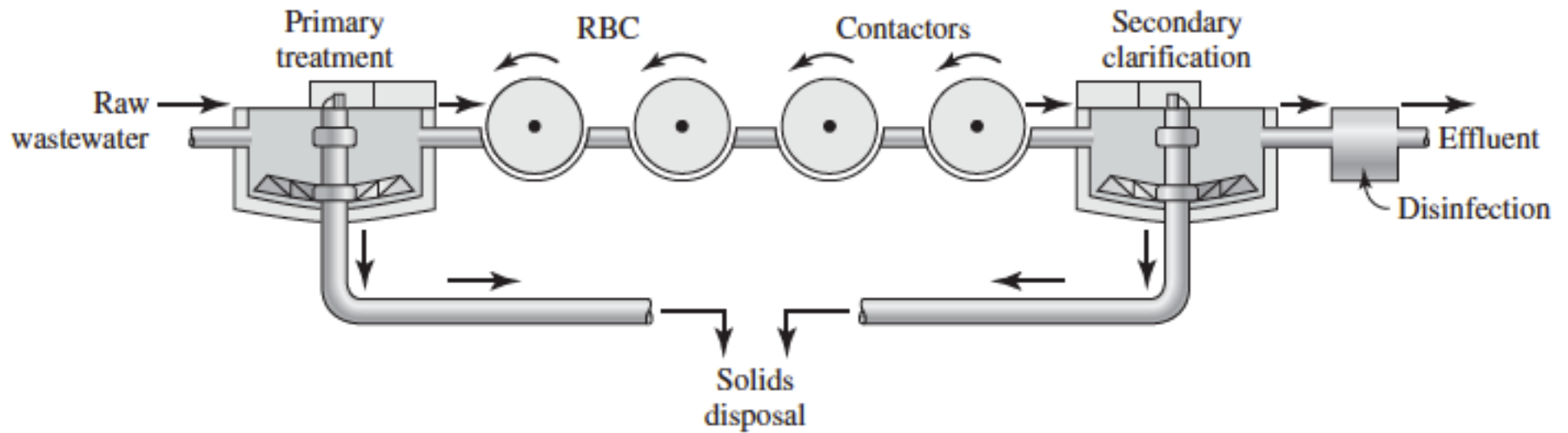
kind of waste water	domestic waste water
population equivalents	3.300
degree of purification	advanced biological degradation with nitrification,
control value:	10 mg NH ₄ -N/l temperature ≥ 12 °C
volume load :	~ 0,7 kg BOD ₅ /(m ³ -d)
effluent quality:	3 mg BOD ₅ /l 33 mg COD/l 4 mg NH ₄ -N/l 4 mg NO ₃ -N/l 1 mg P/l







Εγκατάσταση βιοδίσκων





Καμπύλες απόδοσης βιοδίσκων

