

Επαναχρησιμοποίηση Υγρών αποβλήτων για άρδευση

Περιπτώσεις μελετών εφαρμογής
στην Ελλάδα

Λεοτσινίδης Μιχάλης
Καθηγητής
Δ/ντής Εργαστηρίου Υγιεινής

Ιστορικά Παραδείγματα

3000 π.Χ. - Κρήτη (Μινωικός πολιτισμός)

Συλλογή των όμβριων υδάτων και «διήθηση» σε άμμο.

1890 - Μεξικό

Γεωργική άρδευση

1912 - Ευρώπη & ΗΠΑ

Άρδευση τοπίων

1926 - ΗΠΑ & Ευρώπη

Βιομηχανικές χρήσεις: διαδικασίες ψύξης

1960 - ΗΠΑ - Ευρώπη - Αφρική - Αυστραλία

Άρδευση τοπίων και γηπέδων γκολφ

Εμπλουτισμός υπόγειων νερών

Προηγμένη επεξεργασία WW για αύξηση του διαθέσιμου πόσιμου νερού

1980 - ΗΠΑ - Ευρώπη - Ιαπωνία

Ανακύκλωση νερού για χρήση στις τουαλέτες στις αστικές περιοχές

Γεωργική άρδευση τροφίμων που τρώγονται ωμά

Μελέτη Διάθεσης Επεξεργασμένων Λυμάτων από τις μονάδες βιολογικού καθαρισμού:

- του εργοστασίου του Αράξου**
- του Δήμου Μαρκόπουλου Ν. Αττικής**
- των Φυλακών Μαλανδρίνου**
- της ΔΕΥΑ Θήβας**

Ρυθμοί Άρδευσης

- Μεγιστοποίηση της αρδευόμενης επιφάνειας
2,5 έως 7,5 cm/εβδομάδα
- Μεγιστοποίηση του υδραυλικού φορτίου
6 - 10 cm/ εβδομάδα

Τα καλλιεργούμενα είδη είναι συνήθως χλόες με υψηλή αντοχή στο νερό αλλά και υψηλές απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά.

Ρυθμοί Άρδευσης

- ΕΕΛ Πάτρας 40000m^3 /ημέρα →→
Δυνητικά αρδευόμενη επιφάνεια
από 3000 έως 11000 στρέμματα

- **Μελέτη διάθεσης των επεξεργασμένων αποβλήτων από τον βιολογικό καθαρισμό του Δήμου Μαρκόπουλου, Ν. Αττικής**

Χαρακτηριστικά εκροής βιολογικού καθαρισμού

Παράμετρος	Συγκέντρωση
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD ₅)	< 10 ppm
Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)	< 90 ppm
Ολικό άζωτο	< 10
Άζωτο αμμωνιακό	< 2
Άζωτο νιτρικό	< 7
Οργανικό άζωτο	< 1
Ολικός Φωσφόρος	< 2
Ολικά κολοβακτηριοειδή	< 100/100 ml
pH	6,8-8,0
Αιωρούμενα στερεά	< 5 mg/l

Είδος Εδάφους	Αμμώδη εδάφη είναι προτιμητέα αν και τα περισσότερα είναι αποδεκτά από αμμώδη ως αργιλώδη
Αποστραγγιστική ικανότητα	Προτιμούνται εδάφη με καλή αποστραγγιστική ικανότητα
Υπόγεια ύδατα	Ελάχιστη απόσταση 1,5 μέτρα (έλεγχος είναι απαραίτητος εάν ο υπόγειος ορίζοντας είναι μικρότερος από 3,1 μέτρα)
Κλίση	Ανάλογα με την περίπτωση κλίση μέχρι 20% είναι αποδεκτή
Υπόγειοι σχηματισμοί	Χαρτογράφηση των υπόγειων σχηματισμών με στόχο την διερεύνηση της δυνατότητας επικοινωνίας των κατεισδυόντων υδάτων με τα υπόγεια ύδατα
Απομόνωση	Προτιμάται σχετική απομόνωση του χώρου από το κοινό. Ο βαθμός απομόνωσης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των υδάτων, τη μέθοδο εφαρμογής της άρδευσης και το είδος των φυτών.
Απόσταση από την πηγή των εκροών	Είναι θέμα οικονομοτεχνικής φύσης

Υδραυλική φόρτιση

- *Βροχόπτωση σχεδιασμού + Όγκος αποβλήτων
= Εξατμισοδιαπνοή + Κατείσδυση*

Πίνακας Μετεωρολογικά στοιχεία

Μήνας	Μέση μέγιστη θερμ/σία (°C) *	Μέση ελάχιστη θερμ/σία (°C) *	Μέση ταχύτητα ανέμου (m/s) *	Βροχό- πτωση (mm)*	Μέση Σχετική Υγρασία (%)**	Μέση Ατμ. πίεση (mb)**	Μέση ηλιακή ακτινοβ. (W/m ²)**
Ιανουάριος	12.2	4.2	3.07	48.9	72	753.4	192.5
Φεβρουάριος	13.0	4.7	3.22	39.5	71	752.3	293.4
Μάρτιος	15.3	6.3	3.42	41.5	68	751.9	334.6
Απρίλιος	18.9	8.9	3.25	24.8	62	750.4	388.8
Μάιος	24.0	13.3	2.78	15.0	58	750.8	456.6
Ιούνιος	29.5	17.5	2.97	15.1	52	750.3	512.5
Ιούλιος	31.4	20.3	2.74	13.9	48	749.8	488.2
Αύγουστος	30.7	20.3	3.46	8.8	49	750.0	478.5
Σεπτέμβριος	27.8	16.6	2.86	7.0	56	752.2	411.0
Οκτώβριος	22.8	13.2	2.77	52.7	66	753.9	329.1
Νοέμβριος	17.3	9.3	2.62	63.5	73	753.9	208.0
Δεκέμβριος	13.6	6.1	3.03	79.0	73	753.2	171.0

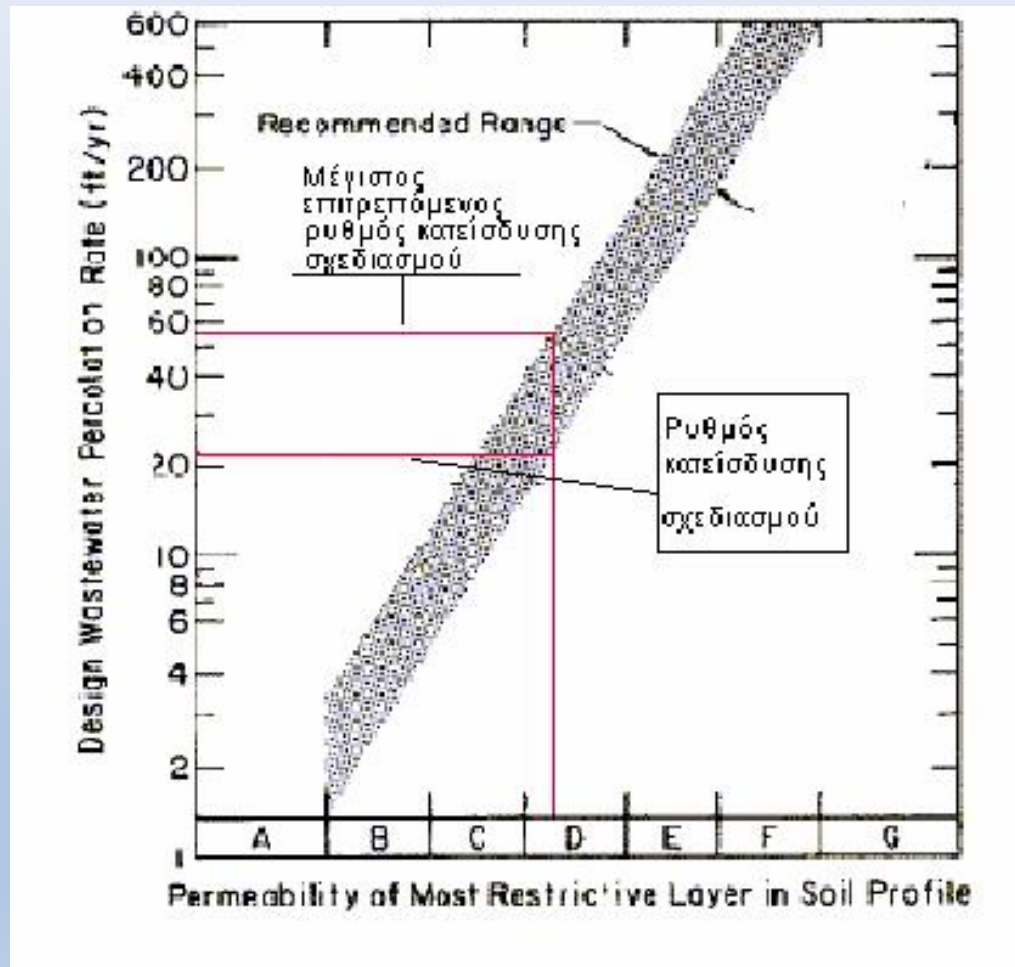
* Στοιχεία από το σταθμό της Ε.Μ.Υ. στη θέση Σπάτα

** Στοιχεία από το σταθμό του Ε.Μ.Π. στη θέση Ζωγράφου.



Παράμετρος	Μονάδες	Θέση	
		A	B
Ρυθμός Κατείσδυσης	mm/ώρα	35	30
Αγωγιμότητα	μmhos/cm	350	330
pH		7,5	7,8
Εναλλακτική ικανότητα	meq/100 g	8	8,5
Πορώδες	%	40	40

Υπολογισμός της κατεΐσδυσης σχεδιασμού



Εξατμισοδιαπνοή

- Κλιματολογικές αλλαγές
- Παράγοντες σε σχέση με το είδος του καλλιεργούμενου φυτού
- Διαχειριστικές και περιβαλλοντικές συνθήκες
- $ET_c = K_c * E_{t_0}$
- E_{t_0} : Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς
- K_c εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας.

0,85 έως 1,2 για το τριφύλλι ή για το γρασίδι τύπου Bermuda grass (ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης)

Εξατμισοδιαπνοή

- Εξίσωση Penman – Monteith

$$ET_0 = \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 \cdot u_2)}$$

ET_0 = Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (mm/ημέρα)

R_n = Καθαρή ακτινοβολία στην επιφάνεια της καλλιέργειας (MJ/m²/ημέρα)

G = soil heat flux density [MJ m⁻² day⁻¹],

T = Θερμοκρασία αέρα στα 2 μέτρα ύψος (°C)

U_2 = ταχύτητα αέρα σε δεδομένο ύψος (m /s²)

e_s = πίεση υδρατμών στον κορεσμό (KPa)

e_a = μετρούμενη πίεση υδρατμών (KPa)

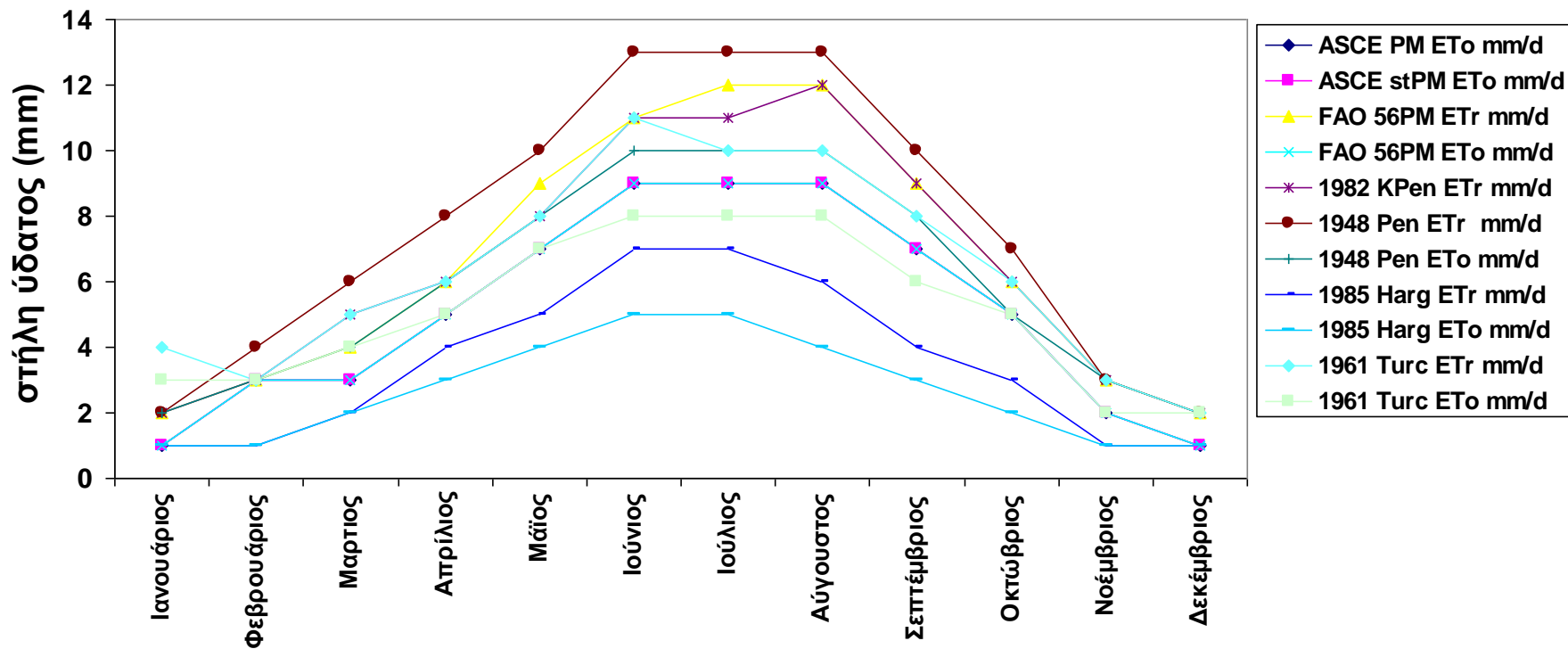
Δ = κλίση καμπύλης τάσης ατμών (KPa /°C)

Γ = ψυχρομετρική σταθερά (KPa/°C)

Εξατμισοδιαπνοή

Μήνας	ASCE	ASCE	FAO	FAO	1982	1948	1948	1985	1985	1961	1961
	PM	stPM	56PM	56PM	KPen	Pen	Pen	Harg	Harg	Turc	Turc
	ETo	ETo	ETr	ETo	ETr	ETr	ETo	ETr	ETo	ETr	ETo
	mm/d	mm/d	mm/d	mm/d	mm/d	mm/d	mm/d	mm/d	mm/d	mm/d	mm/d
Ιανουάριος	1	1	2	1	2	2	2	1	1	4	3
Φεβρουάριος	3	3	3	3	3	4	3	1	1	3	3
Μάρτιος	3	3	4	3	5	6	4	2	2	5	4
Απρίλιος	5	5	6	5	6	8	6	4	3	6	5
Μάιος	7	7	9	7	8	10	8	5	4	8	7
Ιούνιος	9	9	11	9	11	13	10	7	5	11	8
Ιούλιος	9	9	12	9	11	13	10	7	5	10	8
Αύγουστος	9	9	12	9	12	13	10	6	4	10	8
Σεπτέμβριος	7	7	9	7	9	10	8	4	3	8	6
Οκτώβριος	5	5	6	5	6	7	5	3	2	6	5
Νοέμβριος	2	2	3	2	3	3	3	1	1	3	2
Δεκέμβριος	1	1	2	1	2	2	2	1	1	2	2

ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ



Ισοζύγιο ύδατος. Ημέρες εφαρμογής: 275

Μήνας	Απώλεια ύδατος mm			Εφαρμογή ύδατος mm		
	Εξατμισο- διαπνοή	Κατείσδυση σχεδ.	Σύνολο	Βροχό- πτωση	Επιτρ. ύψος εφαρμ.	Σύνολο
1	2	3	2+3=4	5	4-5=6	7
Ιανουάριος	30,5	250,0	280,5	48,9	231,6	280,5
Φεβρουάριος	91,5	375,0	466,5	39,5	427,0	466,5
Μαρτιος	91,5	500,0	591,5	41,5	550,0	591,5
Απρίλιος	152,5	500,0	652,5	24,8	627,7	652,5
Μάϊος	213,5	500,0	713,5	15,0	698,5	713,5
Ιούνιος	274,5	500,0	774,5	15,1	759,4	774,5
Ιούλιος	274,5	500,0	774,5	13,9	760,6	774,5
Αύγουστος	274,5	500,0	774,5	8,8	765,7	774,5
Σεπτέμβριος	213,5	500,0	713,5	7,0	706,5	713,5
Οκτώβριος	152,5	500,0	652,5	52,7	599,8	652,5
Νοέμβριος	61,0	375,0	436,0	63,5	372,5	436,0
Δεκέμβριος	30,5	250,0	280,5	79,0	201,5	280,5
Σύνολο ετησίως	1860,5	5250,0	7110,5	409,7	6700,8	7110,5

Απαιτούμενη έκταση (για 6000 m³/ημέρα)

- $E_{\text{υπολογιζόμενη}} = Q/H = 2190000 \text{ m}^3/6,7008\text{m} = 326828,6 \text{ m}^2$
- Λαμβάνεται συντελεστής ασφαλείας 1,5.
Επομένως $E_{\text{τελικό}} = E_{\text{υπολογ}} * 1,5 \approx 490243 \text{ m}^2$.
- Δεδομένου ότι απαιτείται χώρος για την δημιουργία δεξαμενών αποθήκευσης, περιμετρικού δρόμου καθώς και άλλων βοηθητικών χώρων (πχ χώρος αποθήκευσης συγκομιδής) η έκταση που θα πρέπει τελικά να διατεθεί κατ' ελάχιστο θα είναι:
- $E_{\text{ελάχιστο}} = 590000 \text{ m}^2$.

Διατιθέμενη έκταση

- Διατιθέμενη έκταση από την ανάπλαση του λατομείου που διατίθεται για πεδίο εφαρμογής ανέρχεται στα 700.000 m². Δεδομένου ότι θα απαιτηθούν περίπου 100.000 m² για βοηθητικές επιφάνειες, λαμβάνεται ότι η προς άρδευση επιφάνεια είναι 600.000 m².

Δεδομένα για υπολογισμό όγκου δεξαμενής αποθήκευσης

Όγκος εκροών: **2.190.000 m³/έτος ή 182.500 m³/ μήνα.**

A. Επιφάνεια εφαρμογής: 600.000 m².

B. Απαιτούμενος μηνιαίος ρυθμός εναπόθεσης εκροών :
182.500 m³

ή $182.500 \text{ m}^3 / 600.000 \text{ m}^2 = 0,3042 \text{ m}$ ή **304,2 mm**
απαιτούμενο ύψος διάθεσης μηνιαίως.

Γ. Επιτρεπόμενο μηνιαίο ύψος διάθεσης: Υπολογίσθηκε σε 6701 mm ετησίως.

Ύψος αποθήκευσης (mm στήλης νερού) με επιφάνεια εφαρμογής 600000m²

Μήνας	Επιτρεπόμενο ύψος εφαρμογής	Απαιτούμενο ύψος εφαρμογής	Διαφορά	Ύψος αποθήκευσης
(1)	(2)	(3)	(2)-(3)=(4)	(5)
Ιανουάριος	231,6	304,2	-72,6	-72,6
Φεβρουάριος	427,0	304,2	122,8	0,0
Μαρτιος	550,0	304,2	245,9	0,0
Απρίλιος	627,7	304,2	323,5	0,0
Μάϊος	698,5	304,2	394,3	0,0
Ιούνιος	759,4	304,2	455,3	0,0
Ιούλιος	760,6	304,2	456,5	0,0
Αύγουστος	765,7	304,2	461,5	0,0
Σεπτέμβριος	706,5	304,2	402,3	0,0
Οκτώβριος	599,8	304,2	295,6	0,0
Νοέμβριος	372,5	304,2	68,3	0,0
Δεκέμβριος	201,5	304,2	-102,7	-102,7
Σύνολο ετησίως	6700,8	3650,0	3050,8	-175,3

Όγκος της απαιτούμενης δεξαμενής

- $V = 0,1753\text{m} * 600.000\text{m}^2 = 105.180 \text{ m}^3$

Αντιστοιχεί:

Χρόνος αποθήκευσης περίπου **18 ημερών**.

- Συντελεστής ασφαλείας 22 επιπλέον ημερών (ή 132000 m^3) για λόγους υγειονομικούς

$$V = 237.180 \text{ m}^3$$

Για λόγους διαχείρισης απαιτούνται δύο δεξαμενές ενεργού όγκου

$$V = 118.600 \text{ m}^3 \text{ εκάστη}$$



Ολοκληρωμένη κατασκευή (ΗΠΑ)



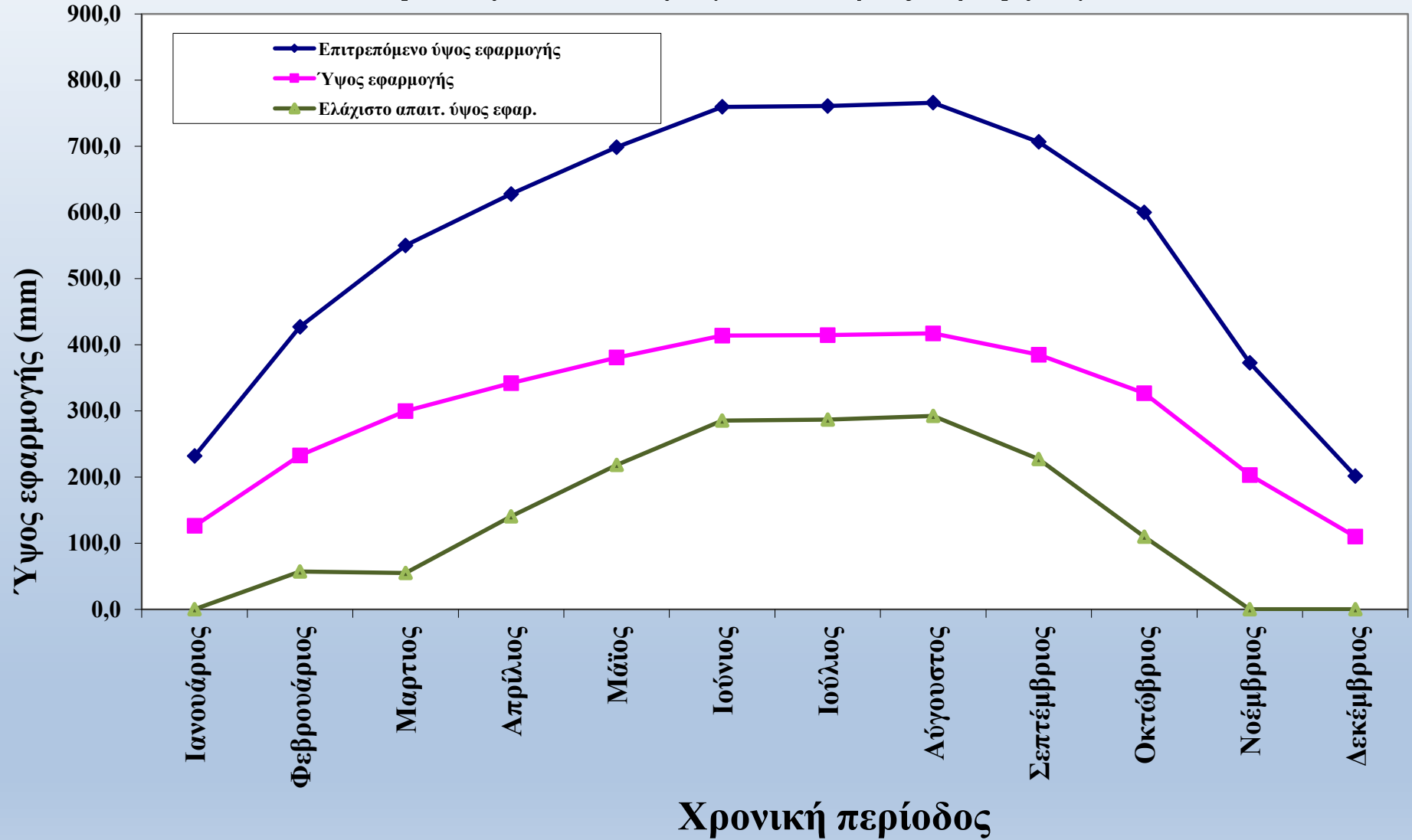
Ολοκληρωμένη κατασκευή (Νορβηγία)



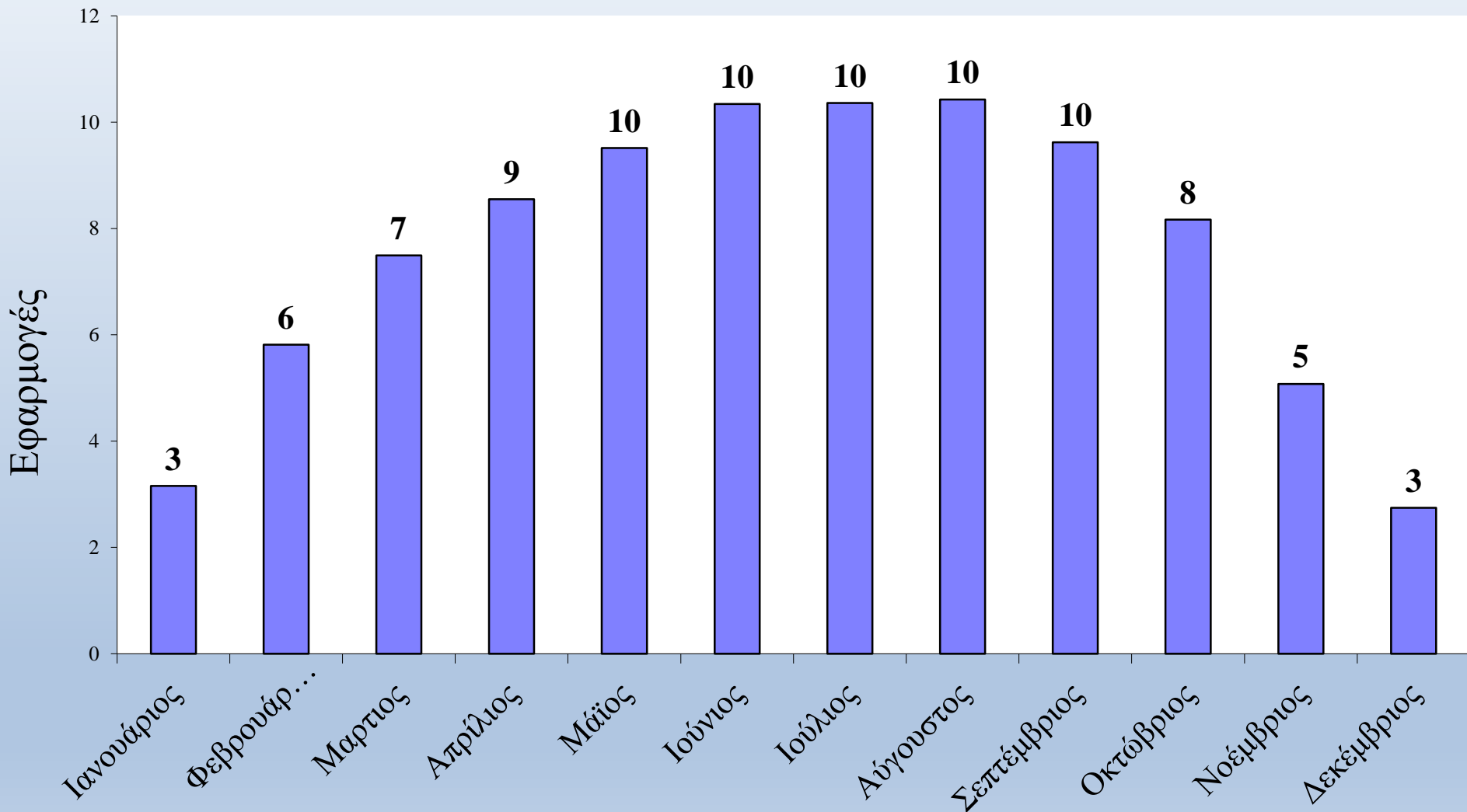
Γραμμικά κινούμενα συστήματα άρδευσης

Περιστρεφόμενα συστήματα άρδευσης

Επιτρεπόμενο και μέγιστο ύψος εφαρμογών σε mm



Αριθμός εφαρμογών ανά μήνα



Απομάκρυνση παθογόνων στις δεξαμενές αποθήκευσης

- Ο μικροβιακός πληθυσμός λυμάτων τα οποία διοχετεύονται σε υδάτινο αποδέκτη ή αποθηκεύονται σε δεξαμενές κατά κανόνα ελαττώνεται συνεχώς εξαιτίας των δυσμενών συνθηκών του περιβάλλοντος (σε σχέση με τις συνθήκες του ξενιστή τους, βλ. θερμό εντερικό σωλήνα θηλαστικών) και των ανταγωνιστικών παραγόντων :
 - **θερμοκρασία**
 - **απουσία τροφικών στοιχείων**
 - **ηλιακή ακτινοβολία**
 - **καθίζηση**
 - **φυσικοχημικοί παράγοντες (ώσμωση, pH)**
 - **ανταγωνισμός**

Απομάκρυνση παθογόνων στις δεξαμενές αποθήκευσης

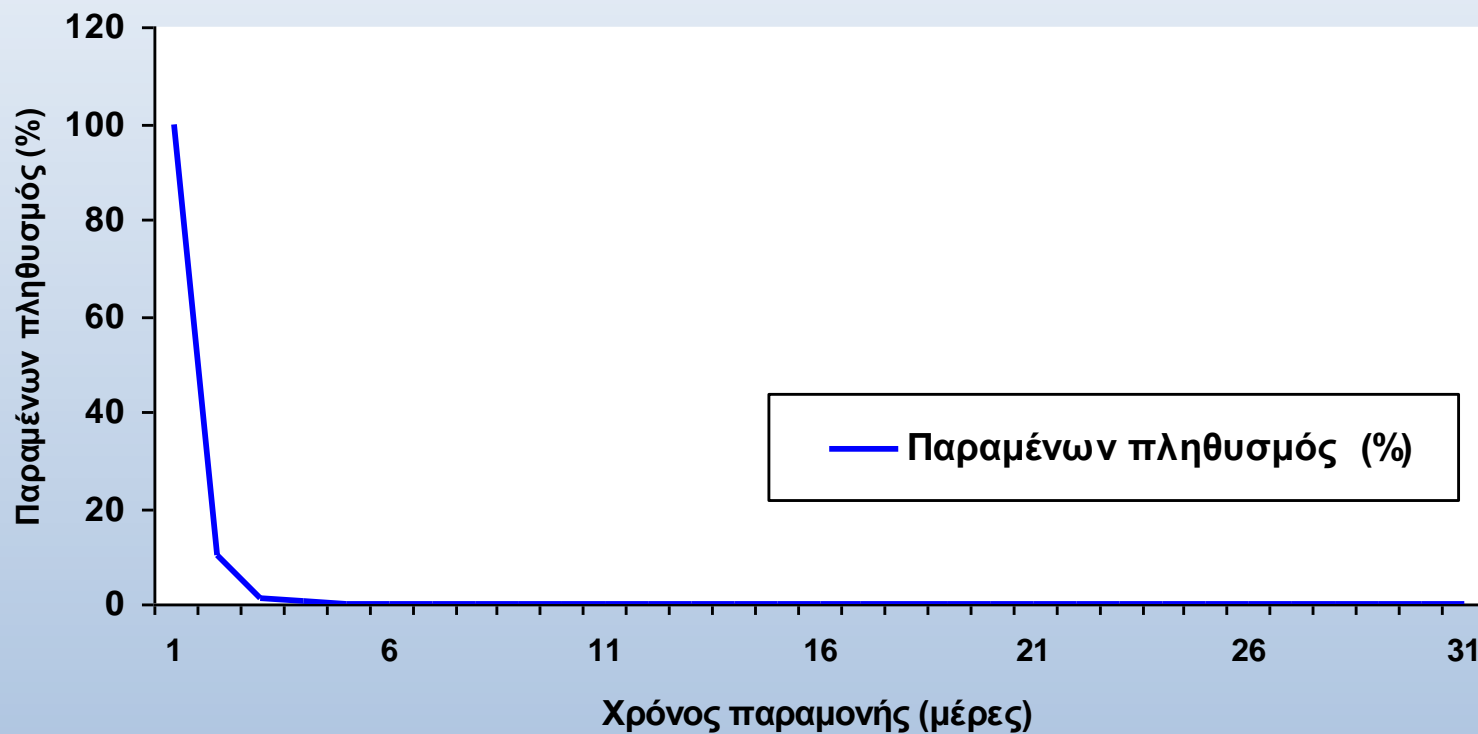
$$\frac{N}{N_0} = p \cdot 10^{-kt} + (1 - p) \cdot 10^{-k't}$$

p το κλάσμα του μικροβιακού πληθυσμού που υπακούει στον νόμο του Chick (ένα ακόμη ποσοστό του πληθυσμού παρουσιάζει αντοχή – προσαρμογή με τον χρόνο πχ για το *E. coli* τα ποσοστά αυτά είναι 97 και 3%).

$K = 1,0$ και $K' = 0,125$ για ανοικτές δεξαμενές ικανού όγκου

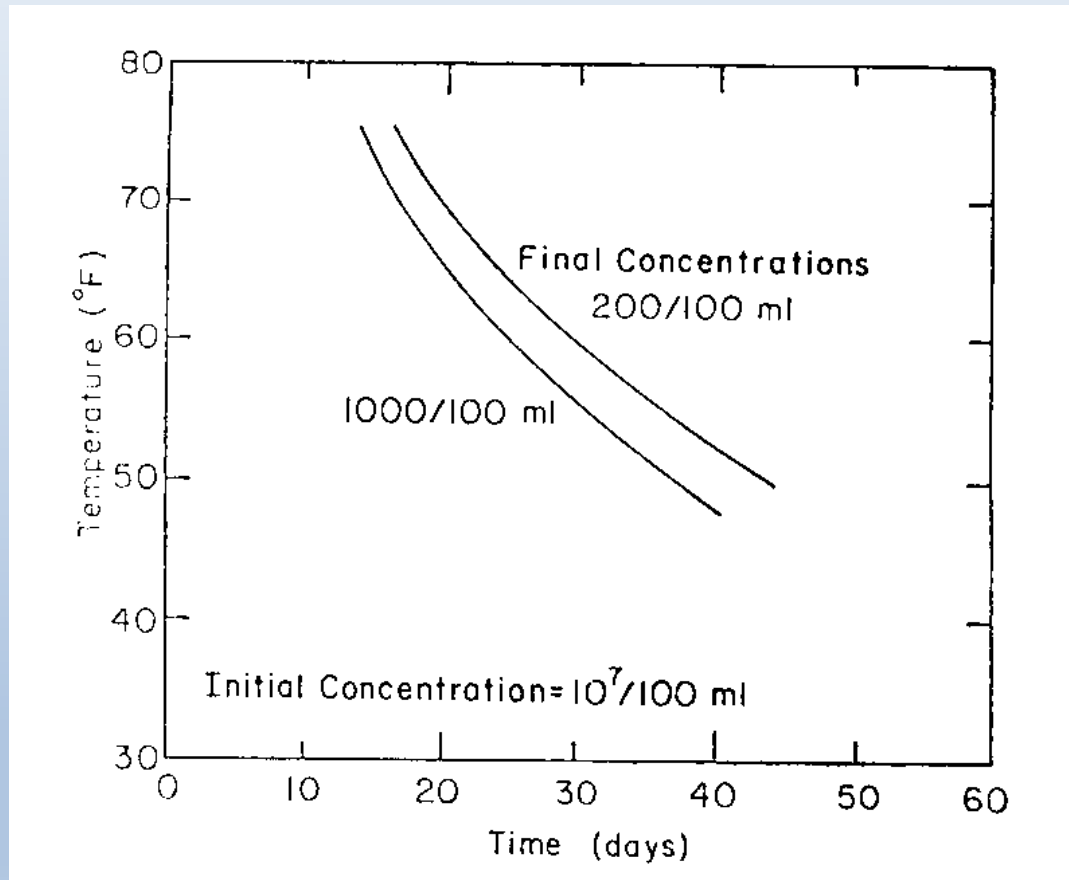
Επιβίωση TC/100ml

Χρόνος παραμονής (σε ημέρες)	Αρχικός πληθυσμός No=1,00E+6	Αρχικός πληθυσμός No=1,00E+7	Αρχικός πληθυσμός No=1,00E+8
0	1000000	10000000	100000000
1	103249	1032495	10324947
2	12762	127617	1276171
3	3103	31035	310348
9	375	3749	37495
10	281	2812	28117
18	28	281	2812
19	21	211	2108
20	16	158	1581
21	12	119	1186
22	9	89	889
23	7	67	667
24	5	50	500
25	4	37	375
26	3	28	281
27	2	21	211
28	2	16	158
29	1	12	119
30	1	9	89

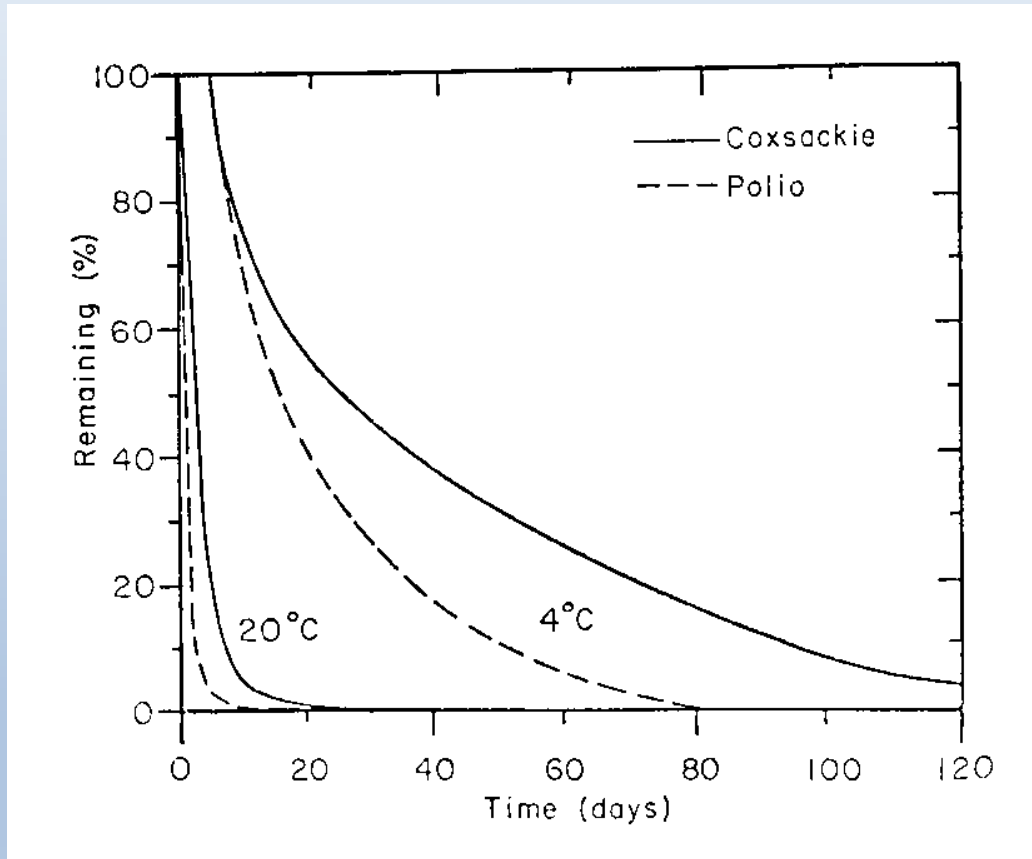


Εικ. 15 Επιβίωση TC στις Δεξαμενές Αποθήκευσης

Επιβίωση κολ/δών κοπράνων στη δεξαμενή αποθήκευσης



Επιβίωση ιών σε σχέση με τον χρόνο αποθήκευσης σε διάφορες θερμοκρασίες



Απομάκρυνση παθογόνων στο έδαφος.

- Δεν αναμένεται διάθεση παθογόνων στο έδαφος.
- Μικροβιακό φορτίο που πιθανόν θα διατεθεί στο έδαφος θα συναντήσει ιδιαίτερα ανταγωνιστικό περιβάλλον λόγω της κυριαρχίας σαπροφυτικών οργανισμών.
- Στο έδαφος που δέχεται οργανικές ουσίες επικρατούν συνήθως συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και pH τελείως δυσμενείς για την επιβίωση των οργανισμών αυτών.

ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ

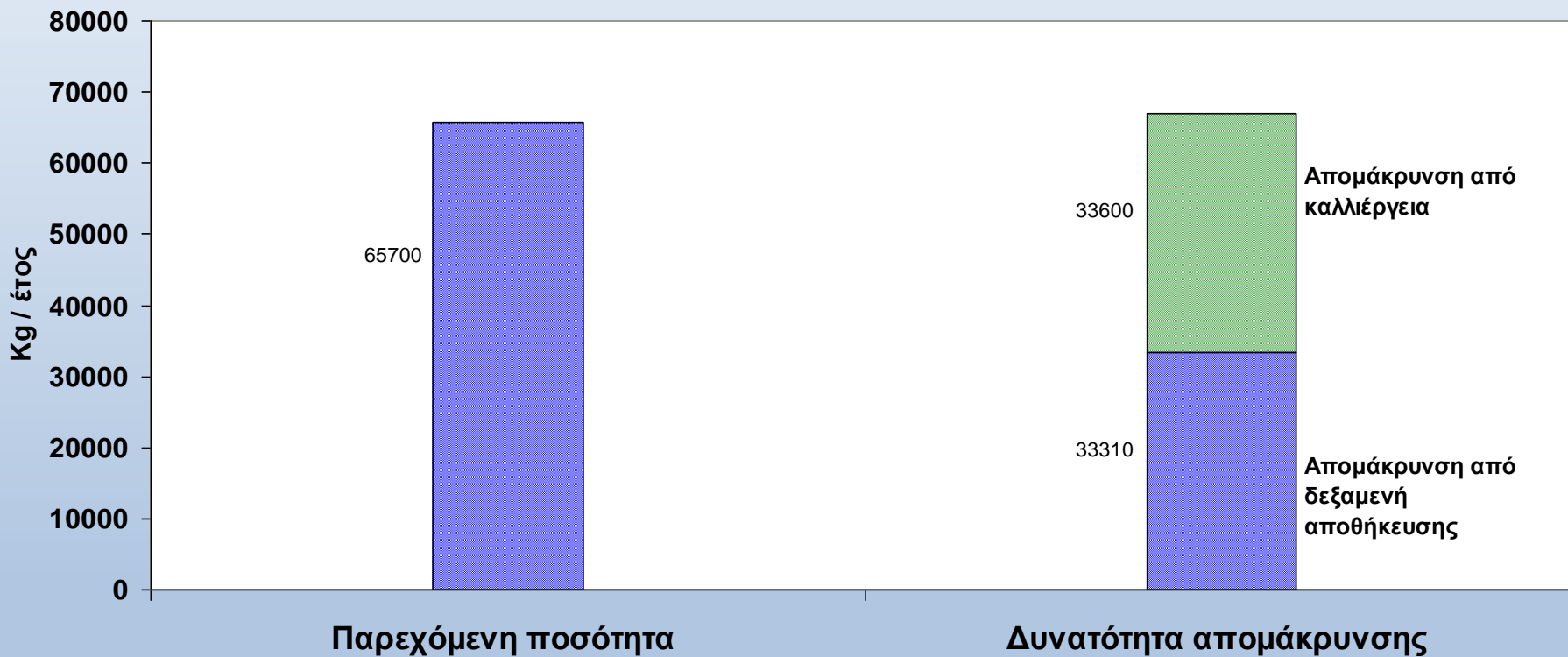
- **Ισοζύγιο αζώτου** (Σε Αστοχία της μονάδας)

$$\frac{Ne}{No} = e^{-K_{NT} [t + 60,6 \cdot (pH - 6,6)]}$$

Ne	=	εξερχόμενο ολικό άζωτο, mg/l
No	=	εισερχόμενο ολικό άζωτο, mg/l
k_{NT}	=	θερμο - εξαρτώμενος ρυθμός αντίδρασης
k_{NT}	=	$K_{N20} * (1.039)^{(T-20)}$
K_{N20}	=	ρυθμός αντίδρασης στους 20°C = 0.0064
T	=	θερμοκρασία λυμάτων στην δεξαμενή
t	=	χρόνος παραμονής σε ημέρες

ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΑΖΩΤΟΥ

(Συνθήκες αστοχίας συστήματος επεξεργασίας)



Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο

Επίδραση της αποθήκευσης και του πεδίου διάθεσης

Συνήθως το BOD (βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο) δεν είναι ο περιοριστικός παράγων για τον σχεδιασμό ενός συστήματος διάθεσης στο έδαφος. Απομάκρυνση του BOD γίνεται τόσο στις δεξαμενές αποθήκευσης όσο και στο πεδίο εφαρμογής.

Λαμβάνοντας και πάλι υπ όψιν την περίπτωση αστοχίας τότε το BOD εισόδου στην δεξαμενή αποθήκευσης θα είναι 200 mg/l.

Η απομάκρυνση του BOD σε αεριζόμενα κύτταρα δίνεται από τον τύπο:

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{\left(1 + \frac{k_c t}{n}\right)^n}$$

λαμβάνονται

$k = 0,276$ (περίπτωση μερικής ανάμιξης)
 $t = 30$ ημέρες μέσος χρόνος παραμονής
 $n = 2$ (αριθμός δεξαμενών)

και τελικά

$$C = 7,57 \text{ mg/l}$$

Επομένως στο πεδίο διάθεσης το εισερχόμενο BOD θα είναι 7,57 mg/l.

Θήβα

- Λιμνοδεξαμενή 100000 m³
- Άρδευση παρακείμενων καλλιεργειών με ευθύνη των αγροτών

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΙΑΤΡΙΚΟ ΤΜΗΜΑ - ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΓΙΕΙΝΗΣ
 Διευθυντής: *Μ. Λεοταινίδης, Καθηγητής*
 Τ.Κ. 26 504 Ρίο Πάτρα, Τηλ. & Fax. 2610969112, 2610969880
 e-mail: pbhealth@upatras.gr

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ				E 15-2	
Φορέας: ΔΕΥΑ Θήβας, Θέση Χοροβοΐδα, ΘΗΒΑ		Ημερ/νία παραλαβής δειγμάτων: 11/9/2019		Έκδοση: 01	
Υπεύθυνος δειγματοληψίας: Βουδούρη Σόνια		Ημερ/νία ανάλυσης: 11/9/2019 - 13/9/2019		Ημερ/νία έκδοσης: 05/08/2010	
Ημερ/νία δειγματοληψίας: 11/9/2019		Ημερ/νία απάντησης: 24/9/2019		Αναθεώρηση: 03	
Είδος δειγμάτων: Απόβλητα		Α.Π. :		Ημερ/νία αναθεώρησης: 1/8/2018	
Είδος αναλύσεων: Μικροβιολογική					
Παράμετρος					
		Ολικά Κολοβακτηριοειδή	E.coli		
Κωδ. Δειγμ.	<i>Ανώτατο Όριο[#]</i>				
	<i>Μονάδες</i>	CFU / 100 ml	CFU / 100 ml		
	<i>Μέθοδος ανάλυσης</i>	ISO 9308-01:2014	ISO 9308-01:2014		
	Προέλευση δείγματος				
X10433-A	Λίμνη βιολογικού	28	21		
Παρατηρήσεις:				Ο Επιστημονικός Υπεύθυνος του Έργου	
				Μικ. Λεοταινίδης Καθηγητής Υγιεινής	

Με βάση την νομοθεσία:

* Διαπιστευμένη μέθοδος από Ε.ΣΥ.Δ. (σύμφωνα με το πρότυπο 17025)

Αρ. Πιστοποιητικού: 550-3

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΙΑΤΡΙΚΟ ΤΜΗΜΑ - ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΓΙΕΙΝΗΣ
 Διευθυντής: Μ. Λεοτισνίδης, Καθηγητής
 Τ.Κ. 26 504 Ρίο Πάτρα, Τηλ. & Fax. 2610969112, 2610969880
 e-mail: pbhealth@upatras.gr

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

E 15-2

Φορέας: ΔΕΥΑ Θήβας, Θέση Χοροβοϊβόδα, ΘΗΒΑ Υπεύθυνος δειγματοληψίας: Βουδούρη Σόνια Ημερ/νία δειγματοληψίας: 11/9/2019 Είδος δειγμάτων: Απόβλητα Είδος αναλύσεων: Χημικές	Ημερ/νία παραλαβής δειγμάτων: 11/9/2019 Ημερ/νία ανάλυσης: 11/9/2019 - 17/9/2019 Ημερ/νία απάντησης: 24/9/2019 A.Π. :	Έκδοση: 01 Ημερ/νία έκδοσης: 05/08/2010 Αναθεώρηση: 03 Ημερ/νία αναθεώρησης: 1/8/2018
---	---	--

Παράμετρος

	pH* (θ 25°C)	Αγωγιμότητα* (μhos/cm)	Θολότητα* (FNU)	COD* (mg/l O ₂)	BOD ₅ (mg/l O ₂)	Καθιζάνοντα στερεά (ml/l)	Αιωρούμενα στερεά (mg/l)	Άζωτο κατά Kjeldahl (mg/l N)	Ολικός Φωσφόρος (mg/l P)	Νιτρικά (mg/l N)	Αμμονία (mg/l N-NH ₄)	Ολικό Άζωτο (mg/l N)	
Κωδ. Δείγμ.	<i>Ανώτατο Όριο</i> #												
	<i>Μέθοδος ανάλυσης</i>												
	<i>Όριο ποσοτικού προσδιορισμού</i>												
	<i>Διευρυμένη αβεβαιότητα(K=2)</i>												
X10433-A	Λίμνη βιολογικού	7,7	459	1,3	<20	MA	MA	<3	0,2	1	<3,0	<0,15	3,0

Παρατηρήσεις: MA: Μη Ανοκυνέτισμο. Όριο ανίχνευσης: 1/3 του ορίου ποσοτικού προσδιορισμού της κάθε παραμέτρου.	Μιχ. Λεοτισνίδης Καθηγητής Υγιεινής
--	--

Με βάση την νομοθεσία:

* Διαπιστευμένη μέθοδος από Ε.Σ.Υ.Δ.

Αρ. Πιστοποιητικού: 550-3

Άρδευση χώρων πρασίνου

- Άρθρο 6 – Αστική και περιαστική επαναχρησιμοποίηση
- Άρδευση αστικού/ περιαστικού πρασίνου, πρανών και νησίδων αυτοκινητοδρόμων, γηπέδων γκολφ, δημόσιων πάρκων, χώρων ξενοδοχείων κλπ, κατάσβεση πυρκαγιών, σιντριβάνια κ.α.
- *Μόνο αστικά και υγρά απόβλητα βιομηχανικών τομέων της ΚΥΑ 5673/400/97*
- *Όρια Πίν.3 της ΚΥΑ*

Πίνακας 3:

Όρια για μικροβιολογικές και συμβατικές παραμέτρους καθώς και η κατ' ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία και συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων στην περίπτωση επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για αστική και περιιαστική χρήση και εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων με γεωτρήσεις.

Τύπος επαναχρησιμοποίησης	Ολικά κολοβακτηρίδια (TC/100 ml)	BOD5 (mg/l)	SS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Κατ ελάχιστον απαιτούμενη επεξεργασία	Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψιών και αναλύσεων νερού προς επαναχρησιμοποίηση
<p>Αστική χρήση Μεγάλες εκτάσεις (νεκροταφεία, πρανή αυτοκινητόδρομων, γήπεδα γκόλφ, δημόσια πάρκα), εγκαταστάσεις αναψυχής, κατάσβεση πυρκαϊών, συμπύκνωση εδαφών, καθαρισμός οδών και πεζοδρόμων, διακοσμητικά σιντριβάνια Πότισμα με καταιονισμό απαγορεύεται.</p> <p>Εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων που δεν εμπίπτουν στις διατάξεις του άρθρου 7 του ΠΔ 51/2-3-2007 (ΦΕΚ54Α/8-3-2007), με γεωτρήσεις</p> <p>Περιαστικό πράσινο συμπεριλαμβανομένων των αλατών και δασών^(λ)</p>	<p>≤ 2 για το 80% των δειγμάτων και ≤ 20 για το 95% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 10 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 για το 80% των δειγμάτων</p>	<p>≤ 2 διάμεση τιμή</p> <p>-</p>	<p>Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία^(θ)</p> <p>ακολουθούμενη από Προχωρημένη επεξεργασία^(ι) και Απολύμανση^(κ)</p>	<p>BOD₅, SS, N, P: σύμφωνα με τις επιταγές της ΚΥΑ 5673/400/5.3.97 (ΦΕΚ 192/Β/14.3.97)</p> <p>Θολότητα και διαπερατότητα: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους τέσσερις ανά εβδομάδα και δύο ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις</p> <p>TC: για ανακτημένο νερό από εγκαταστάσεις επεξεργασίας με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 50000 κατοίκους επτά ανά εβδομάδα και τρεις ανά εβδομάδα στις υπόλοιπες περιπτώσεις Κατ εξαίρεση για νησιωτικές περιοχές με τεκμηριωμένη έλλειψη κατάλληλης εργαστηριακής υποδομής δύο ανά εβδομάδα</p> <p>Υπολειμματικό Cl₂ συνεχώς (εφόσον εφαρμόζεται χλωρίωση)</p>

Σημειώσεις Πίνακα 3

θ) Όπως η σημείωση (α) του Πίνακα 1 με την πρόσθετη απαίτηση να επιτυγχάνεται απομάκρυνση αζώτου μέσω νιτροποίησης-απονιτροποίησης, ώστε οι συγκεντρώσεις αμμωνιακού αζώτου και ολικού αζώτου να είναι μικρότερες από 2 mg/l και 15 mg/l αντίστοιχα

ι) Κατάλληλο σύστημα μεμβρανών (συνιστάται τουλάχιστον υπερδιήθηση) ή ισοδύναμο σύστημα επεξεργασίας που να επιτυγχάνει τα αναφερομενα στον Πίνακα 3 ορια για το BOD₅, τα SS και τη θολότητα. Στην περίπτωση χρήσης βιολογικών αντιδραστήρων μεμβράνης (membrane bioreactors) είναι δυνατή η συγχώνευση της δευτεροβάθμιας και προχωρημένης επεξεργασίας.

κ) Χλωρίωση, οζόνωση, χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) ή άλλου είδους μέθοδος καταστροφής ή συγκράτησης παθογόνων, που εξασφαλίζουν στην εκροή την απαιτούμενη συγκέντρωση ολικών κολοβακτηριδίων για το 80% των δειγμάτων. Σε κάθε περίπτωση κατά την εφαρμογή της χλωρίωσης θα εξασφαλίζεται συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου ≥ 2 mg/l, εμβολοειδής ροή (λόγος μήκους ροής/πλάτος μεγαλύτερο ή ίσο από 40) και ελάχιστος χρόνος επαφής 60 min, ενώ η αναγκαιότητα αποχλωρίωσης πριν από την επαναχρησιμοποίηση θα εξετάζεται κατά περίπτωση. Για απολύμανση με UV θα εξασφαλίζεται ελάχιστη δόση 60 mWsec/cm² στο τέλος της ζωής των λαμπτήρων και για τον σχεδιασμό του συστήματος UV δεν θα λαμβάνεται τιμή διαπερατότητας μεγαλύτερη από 70%. Θα πρέπει με κατάλληλη μελέτη, που συμπεριλαμβάνεται στη μελέτη σχεδιασμού και εφαρμογής να τεκμηριώνεται η επάρκεια, η αποτελεσματικότητα και κυρίως, η ευχέρεια ελέγχου της αποτελεσματικότητας της απολύμανσης.

λ) Στις περιπτώσεις δασών είναι δυνατή η κατά περίπτωση, μετά από τεκμηρίωση, εφαρμογή των απαιτήσεων του Πίνακα 2 ή του Πίνακα 1.

Είδος λυμάτων	Αστικά	
Ισοδύναμος πληθυσμός	180.000	
Μέγιστη ημερήσια παροχή	43.200 m³/d	1.800 m³/h
Μέση ημερήσια παροχή	36.000 m³/d	1.500 m³/h
Παροχή αιχμής	800 l/s	2.880 m³/h
Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Εισόδου		
▪ Βιοδ. Οργανικό φορτίο – BOD₅	11.700 kg/d	325 mg/l
▪ Ολικό Οργανικό φορτίο – COD	14.400 kg/d	400 mg/l
▪ Στερεά (S.S.)	14.400 kg/d	400 mg/l
▪ Ολικό Άζωτο	2.340 kg/d	65 mg/l
▪ Φώσφορος	468 kg/d	13 mg/l
Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Εξόδου		
▪ Βιοδ. Οργανικό φορτίο – BOD₅	900 kg/d	25 mg/l
▪ Ολικό Οργανικό φορτίο – COD	4.500 kg/d	125 mg/l
▪ Στερεά (S.S.)	1.080 kg/d	30 mg/l
▪ Ολικό Άζωτο	540 kg/d	15 mg/l
▪ Φώσφορος	360 kg/d	10 mg/l
Βαθμός καθαρισμού BOD₅	> 92,3%	

- Στην προκειμένη περίπτωση,
η δεξαμενή αποθήκευσης, όσον αφορά στη δράση της για τη μείωση του μικροβιακού φορτίου και των χημικών παραμέτρων,
αντικαθίσταται από τις μεμβράνες υπερδιήθησης.

Απαιτείται μόνο μια μικρή ρυθμιστική δεξαμενή (buffer) για τις ανάγκες της άρδευσης. Επομένως υπάρχει δυνατότητα δημιουργίας χώρων πρασίνου σε όλο το νότιο μέτωπο της πόλης που θα αρδεύεται με νερά ανάκτησης.

Σας ευχαριστώ