



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ**

ΜΠ 338

Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ): Διαχείριση και Σχεδιασμός Συστημάτων

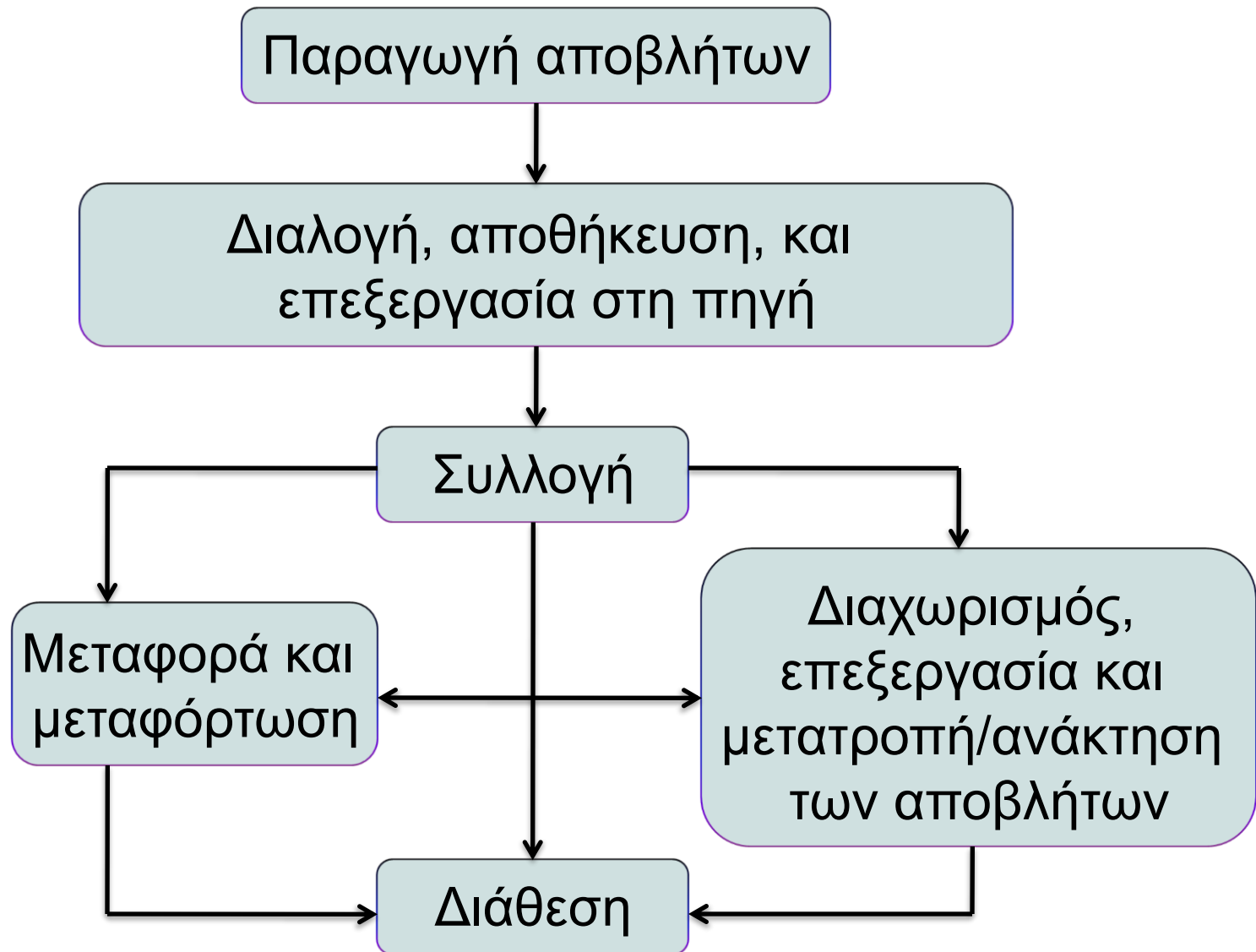
Αναπλ. Καθηγητής Απόστολος Γιαννής

E-mail: agiannis@tuc.gr

Κεφάλαιο 8

Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)

Ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης Αποβλήτων



Ορισμοί

- **Χωματερές (χώρος ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων, ΧΑΔΑ)** είναι φυσικές εγκαταστάσεις για την διάθεση των ΑΣΑ στην επιφάνεια της γης.
- **Χώρος υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ)** είναι οργανωμένες εγκαταστάσεις και σχεδιασμένες από μηχανικούς για τη διάθεση των ΑΣΑ, οι οποίες λειτουργούν για να περιορίσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- **Διάθεση σε ΧΥΤΑ** είναι η μέθοδος διαχείρισης στην οποία τα ΑΣΑ τοποθετούνται σε ΧΥΤΑ. Περιλαμβάνει:
 - Παρακολούθηση των εισερχομένων αποβλήτων
 - Τοποθέτηση και συμπίεση των αποβλήτων
 - Εγκατάσταση περιβαλλοντικών συστημάτων για έλεγχο και παρακολούθηση του ΧΥΤΑ

Αντιδράσεις που συμβαίνουν στο ΧΥΤΑ

- Βιολογικές
- Χημικές
- Φυσικές
- Οι αντιδράσεις είναι περιπλοκές και περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό

Βιοχημικές διαδικασίες

αερόβια

Οργανικό υλικό

O_2

—————→
μικροοργανισμοί

$CO_2 + H_2O$

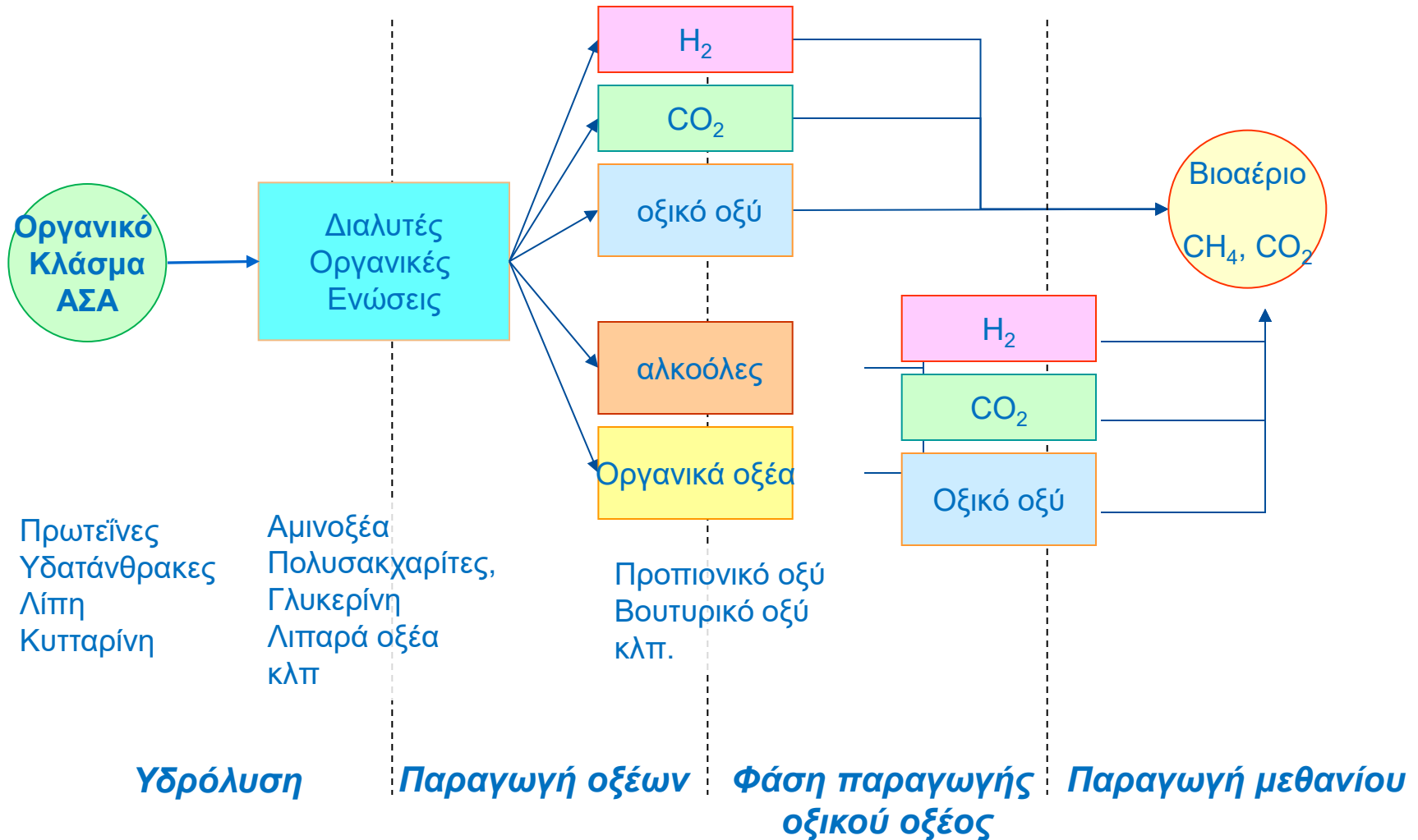
αναερόβια

Οργανικό υλικό

—————→
μικροοργανισμοί

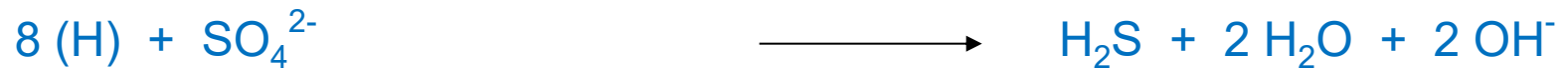
$CO_2 + CH_4$

Αναερόβιες διαδικασίες στο σώμα ΧΥΤΑ

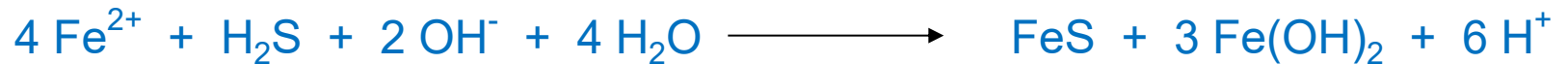


Φυσικο-χημικές διαδικασίες

Παραγωγή υδρόθειου

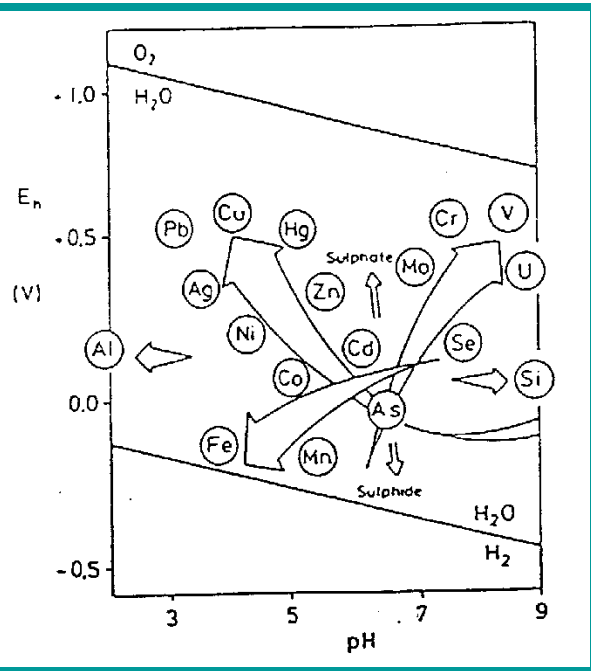


Κατακρήμνιση σιδήρου



Βαρέα μέταλλα

Τύχη των βαρέων μετάλλων στα διασταλλάγματα



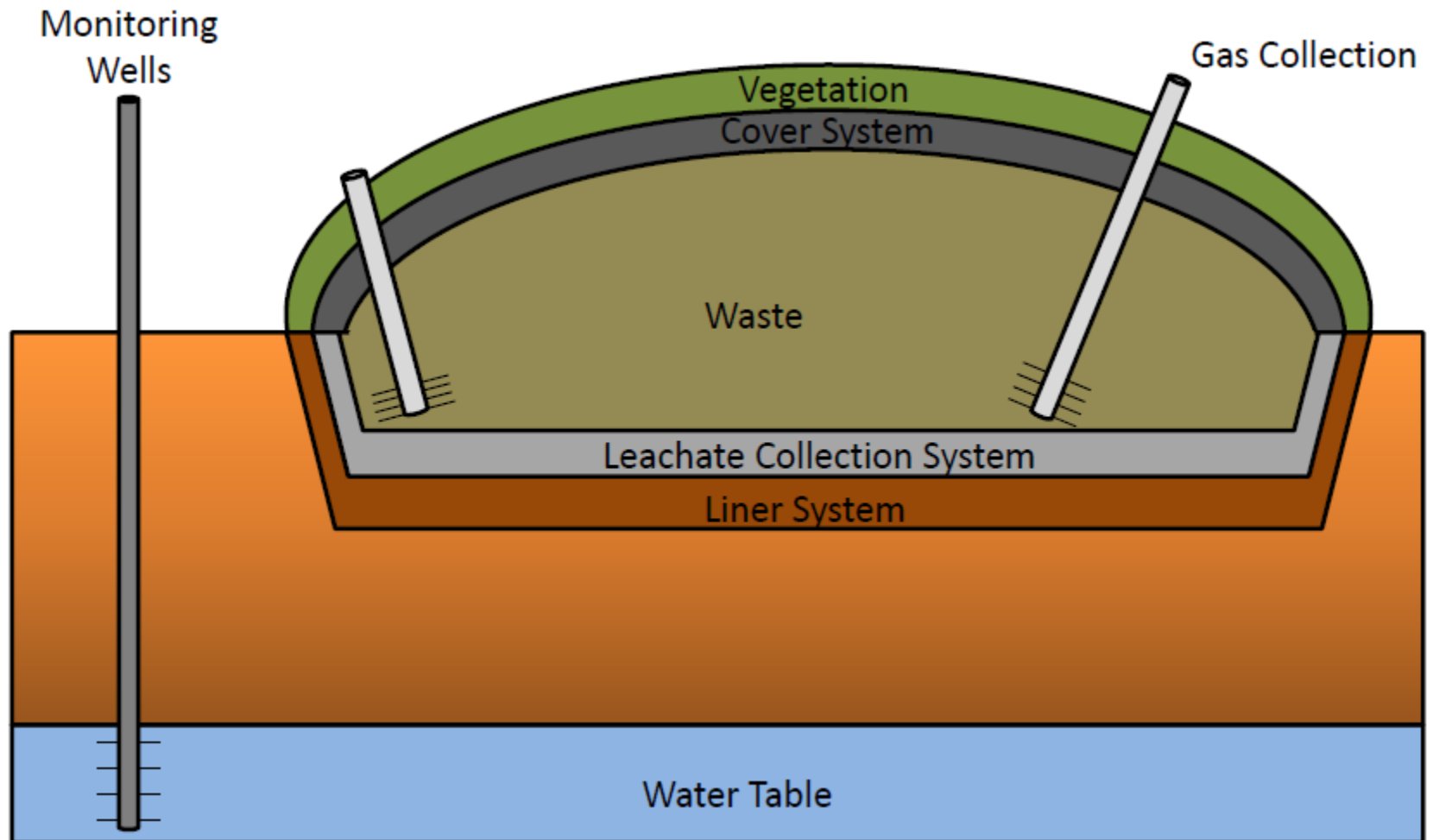
- **Διαλυτότητα**
(Αυξάνεται με τους οργανικούς υποκαταστάτες)
- **Οξύτητα**
(αυξάνεται κυρίως στη φάση παραγωγής οξικού οξέος)
- **Προσρόφηση και εκρόφηση**
- **Ακίνητοποίηση λόγω κατακρήμνισης**
(πχ. κατακρήμνιση σιδήρου)
- **Αντιδράσεις οξείδωσης/ αναγωγής**
(πχ. αναπνοή θειικών)

Χωροθέτηση ΧΥΤΑ

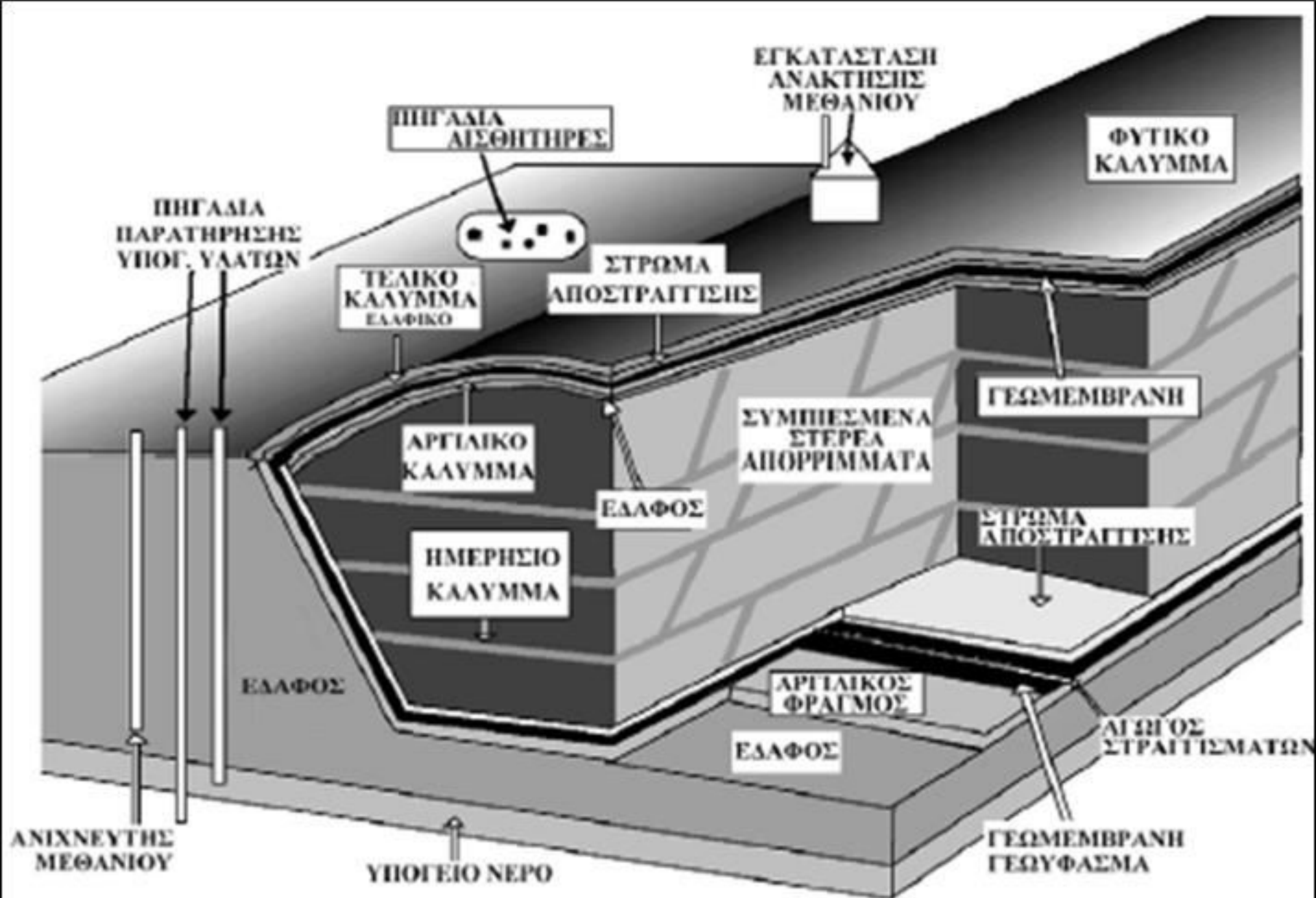
Παράγοντες που επηρεάζουν την τοποθεσία:

- Περιορισμοί χωροθέτησης όπως κοντά σε αεροδρόμια, βιοτόπους, σεισμικές και αστικές ζώνες
- Γεωλογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες
- Υδρολογία επιφανειακών νερών
- Κλιματολογικές συνθήκες
- Κίνδυνος πλημμύρας, καθίζησης και διάβρωσης του εδάφους
- Φυσική και πολιτισμική κληρονομιά της περιοχής
- Τελική χρήση περατωμένων ΧΥΤΑ

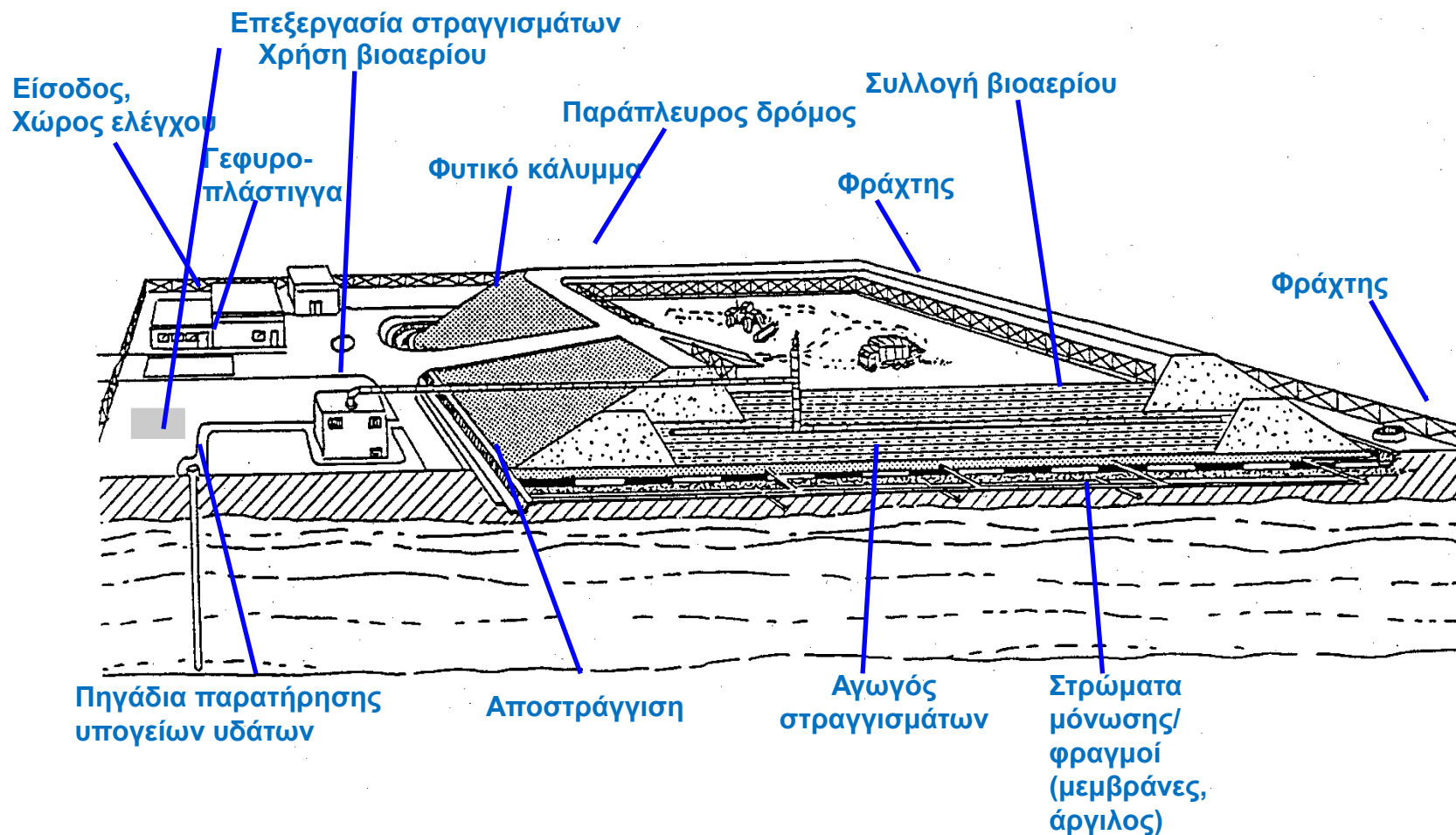
Απεικόνιση ενός ΧΥΤΑ



4-στάδια (κατασκευής, διάθεσης, αποκατάστασης, παρακολούθησης)



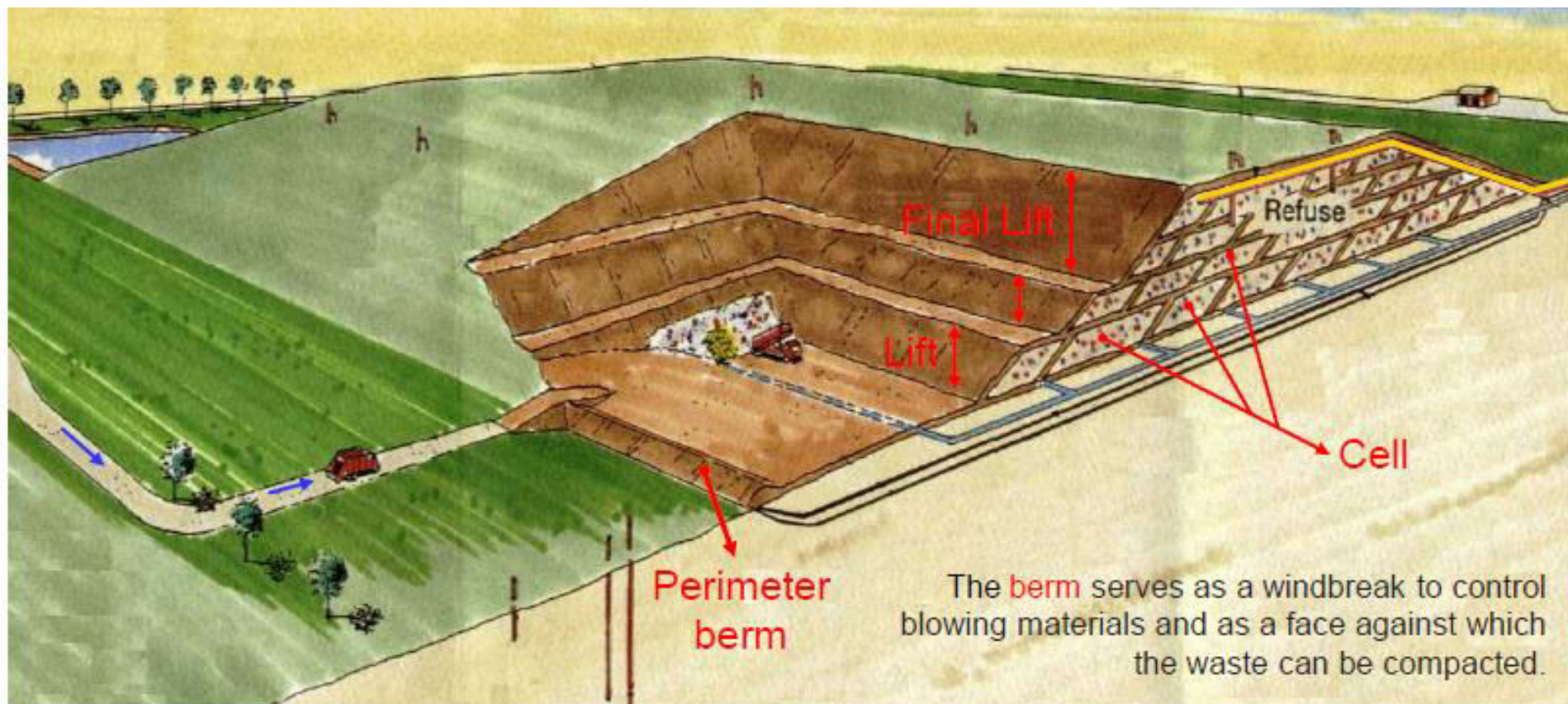
Τυπικό διάγραμμα ΧΥΤΑ



Λειτουργία ΧΥΤΑ

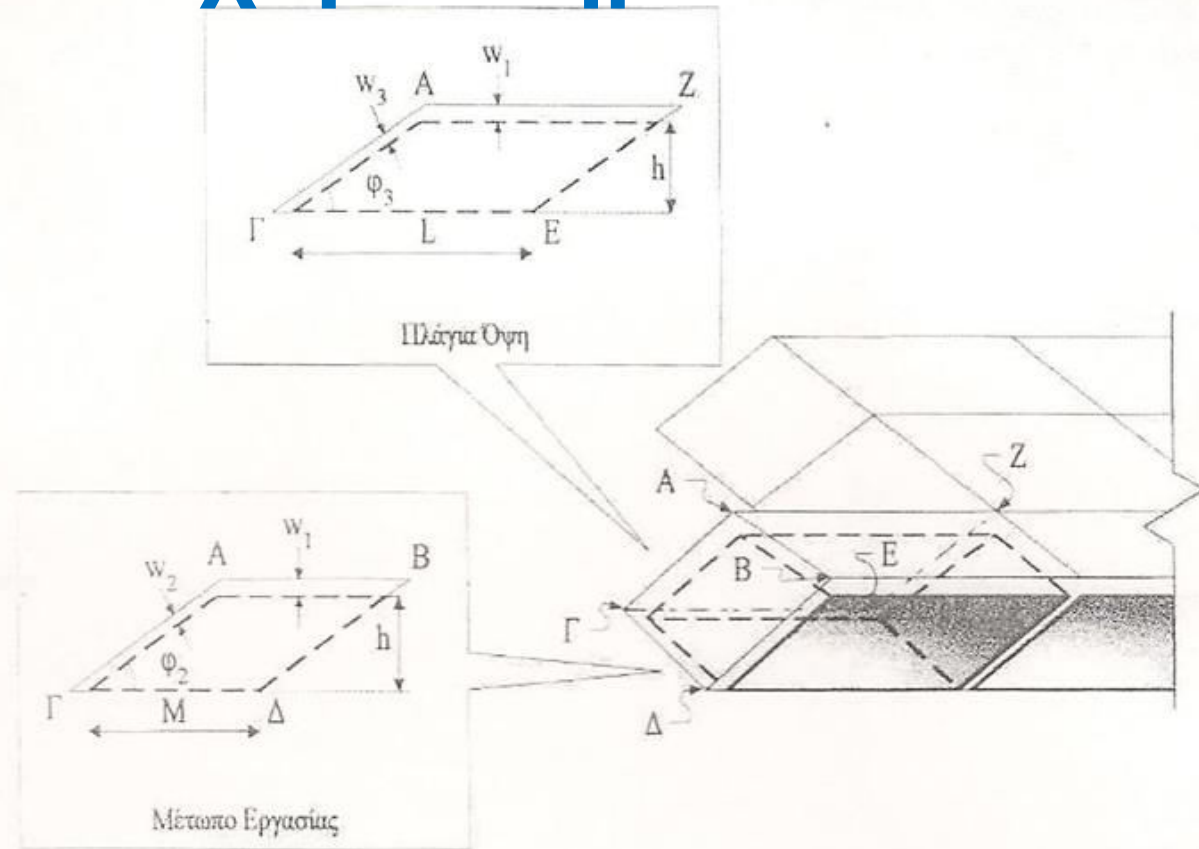
- Τοποθέτηση σε λεπτές στρώσης (± 50 cm)
- Υψηλή συμπίεση (10-30 t συμπιεστές)
- Ημερήσιο κάλυμμα (όχι αργιλικό υλικό)
- Μικρή περιοχή λειτουργίας
- Ενδιάμεσο κάλυμμα

Τομή του ΧΥΤΑ



- **Κύτταρο (Cell)** είναι ο όγκος αποβλήτων που τοποθετείται στον ΧΥΤΑ για μια περίοδο λειτουργίας.
- **Στρώση ή ταμπάνι (Lift)** είναι μια πλήρης οριζόντια σειρά κελιών στην περιοχή δράσης του ΧΥΤΑ.

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά κυττάρου



M = πλάτος μετώπου εργασίας

h = ύψος κυττάρου

L = μήκος πλάγιας πλευράς κυττάρου

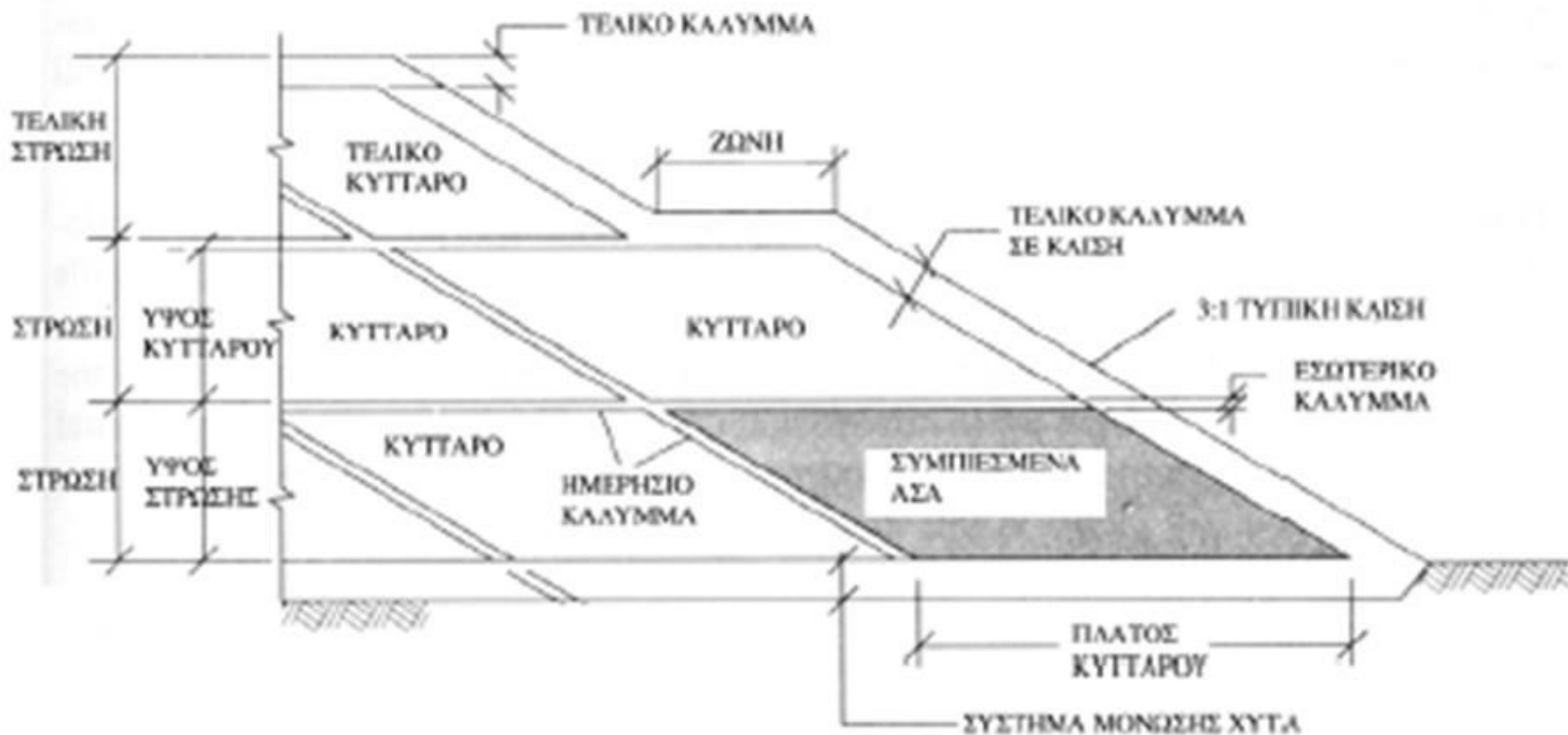
w_1, w_2, w_3 : επικάλυψη (στρώσης, μετώπου εργασίας, πλάγιας πλευράς)

T = τόνοι ΑΣΑ στο κύτταρο

b = τελική πυκνότητα

V_w = όγκος αποβλήτων στο κύτταρο = $L \times h \times M = T/b$

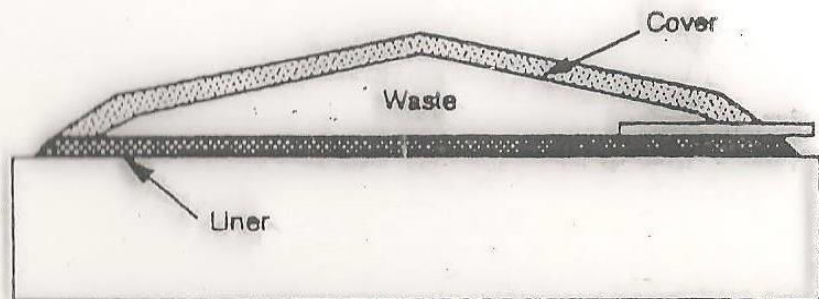
Τομή ΧΥΤΑ



Συμπιεστές

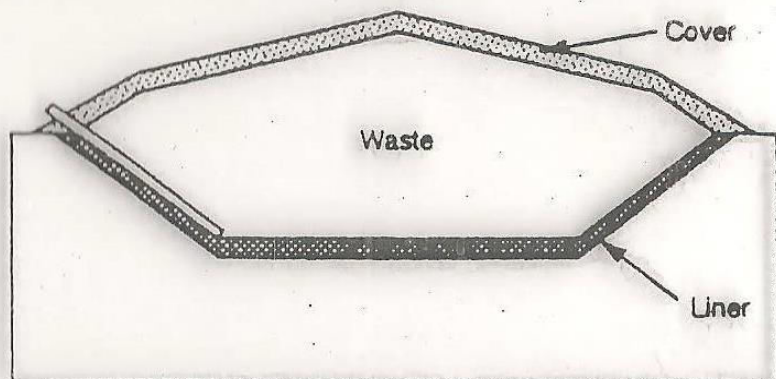


Μέθοδοι σχεδιασμού ΧΥΤΑ



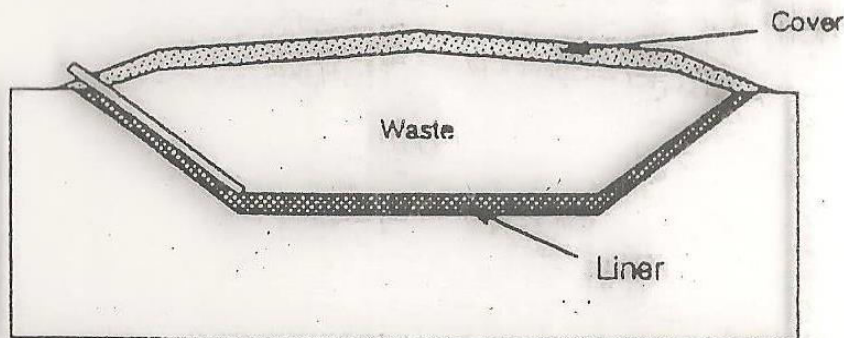
Υπέργειος αποδέκτης

- * για υψηλή στάθμη υπόγειου ορίζοντα
- * μικρή χωρητικότητα
- * ευχερής συλλογή του στραγγίσματος



Ημι-υπόγειος αποδέκτης

- * μεγάλη χωρητικότητα
- * δυσχερής συλλογή του στραγγίσματος



Υπόγειος αποδέκτης

- * σχετικά μεγάλη χωρητικότητα
- * δυσχερής συλλογή του στραγγίσματος
- * αποκατάσταση του τοπίου μετά την πλήρωση

Χώμα επικάλυψης

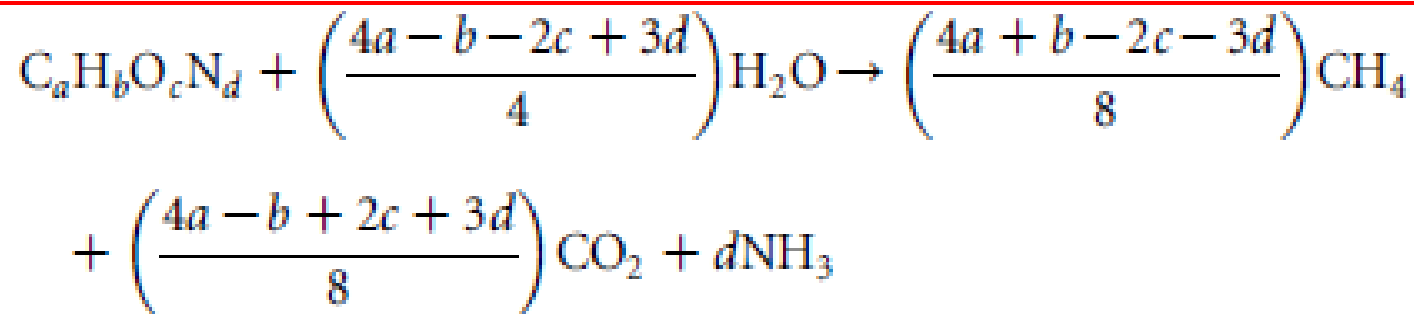
- Το χώμα επικάλυψης εκσκάπτεται και συγκεντρώνεται σε σωρούς (για να μειωθεί η απορροή)
- Εύκολη πρόσβαση
- Άλλα υλικά: κόμποστ, αφρός, ίζημα, και απόβλητα κατεδαφίσεων
- Μικρή ποσότητα για να αυξηθεί η χωρητικότητα του ΧΥΤΑ
- Χρήση πλαστικού στρώματος (εναλλακτικά)

Χώμα επικάλυψης

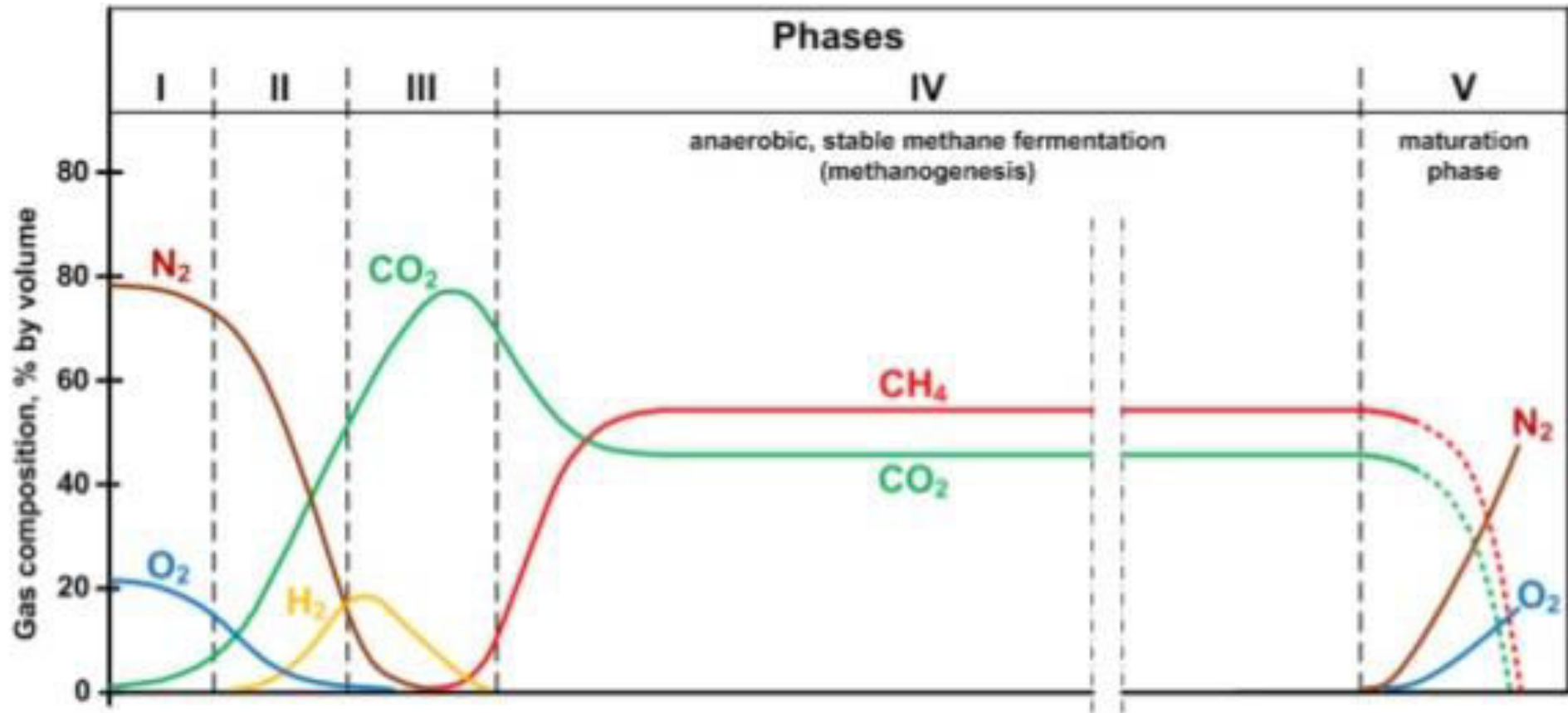


Βιοαέριο ΧΥΤΑ

- Κυρίως CH₄ και CO₂
- Το μεθάνιο εκρήγνυται σε συγκεντρώσεις 5 – 15% (με τον αέρα)
- Δεν υπάρχει πιθανότητα έκρηξης εντός ΧΥΤΑ
- Ίχνη παραγωγής VOCs
- Παραγωγή



Εξέλιξη αερίων ΧΥΤΑ



I = Initial adjustment, aerobic conditions

II = Transition phase, begin of anaerobic decomposition

III = Acid phase, hydrolysis and acidogenesis

IV = Methane fermentation phase, strictly anaerobic, methanogenesis

V = Maturation phase: air intake, methane oxidation to CO_2 and air phase

Φάση I (Φάση καθυστέρησης, Lag phase)

- Περίοδος εγκλιματισμού
- Συσσώρευση υγρασίας και αέρα (οξυγόνου)
- Κυρίαρχα αέρια: N_2 και O_2

Φάση II (Μεταβατική φάση, Transition phase)

- Μετάβαση από τις αερόβιες συνθήκες στις αναερόβιες
- Εντατικότερη δραστηριότητα αναερόβιων βακτηρίων, με επακόλουθη παραγωγή πτητικών λιπαρών οξέων και CO_2 , μείωση pH και αύξηση COD διασταλαγμάτων

Φάση III (Όξινη φάση, Acid phase)

- Αρχική υδρόλυση του εύκολα αποδομήσιμου οργανικού υλικού
- Συνεχόμενη μείωση pH διασταλαγμάτων
- Ανώτατες τιμές COD και BOD στα διασταλάγματα

Φάση IV (Μεθανιογενής φάση, Methane fermentation phase)

- Μέγιστη παραγωγή βιοαερίου (CH_4 και CO_2)
- Αυξημένες τιμές pH στην ουδέτερη περιοχή

Φάση V (Φάση ωρίμανσης, Maturation phase)

- Περιορισμένη παρουσία θρεπτικών, πτώση στην παραγωγή βιοαερίου, σταθεροποίηση του φορτίου των διασταλαγμάτων, αργή αποδόμηση του δύσκολα αποδομήσιμου οργανικού υλικού

Αέρια ΧΥΤΑ

Χαρακτηριστικό	% Ξηρού όγκου*
Μεθάνιο	45-60
Διοξείδιο του άνθρακος	40-60
Άζωτο	2-5
Οξυγόνο	0,1-1
Σουλφίδια, μερκαπτάνες, <i>etc.</i>	0-1
Αμμωνία	0,1-1
Υδρογόνο	0-0.2
Μονοξείδιο του άνθρακος	0-0,2
Ιχνοαέρια	0,01-0.6
θερμοκρασία, °C	38-50
Ειδικό βάρος (ως προς αέρα)	1,02-1,06
Περιεχόμενο υγρασίας	Κεκορεσμένο
θερμογόνο δύναμη, KJ/m ³	14.900-20.500

Πρόβλεψη παραγωγής βιοαερίου

$$G_t = G_e (1 - e^{-k \cdot t})$$

όπου,

G_t = LFG (βιοαέριο) – παραγωγή σε συγκεκριμένο χρόνο (t) [m³/h]

G_e = ολική παραγωγή βιοαερίου [m³/t TS MSW]

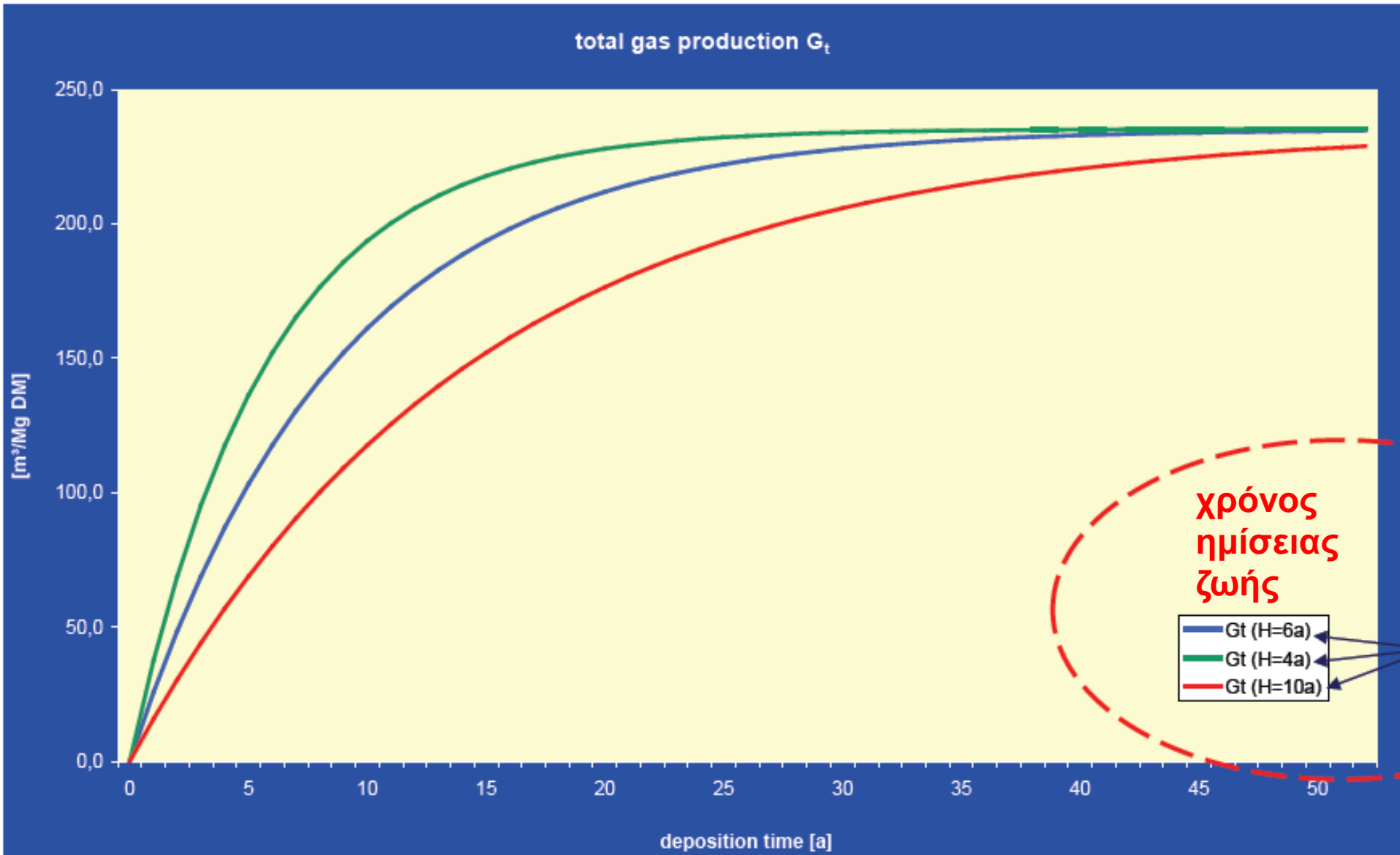
= 1.868 * C_{org} (*biological degradable C*)

= 120-150 m³/t TS MSW $\Rightarrow$ 65 – 80 kg Carbon (*biodegradable*)

k = σταθερά βιοαποδόμησης: $-\ln(0.5)/T_{0.5}$

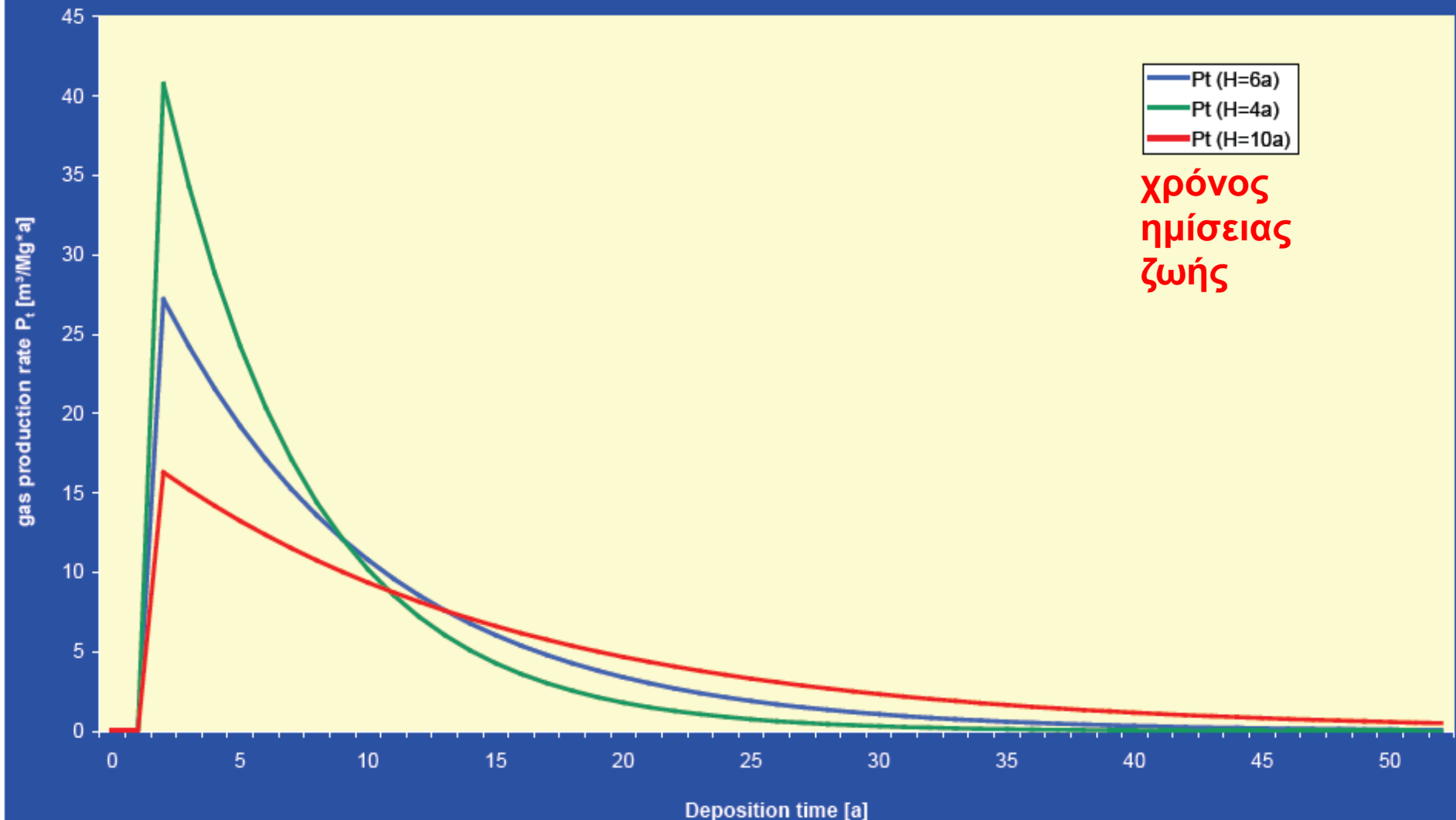
$T_{0.5}$ = χρόνος ημίσειας ζωής (χρόνος όπου παράγεται το 50% του συνολικού βιοαερίου; 4-7 χρόνια, ανάλογα με τη σύσταση των ΑΣΑ, λειτουργία ΧΥΤΑ και κλίμα περιοχής)

Πρόβλεψη παραγωγής βιοαερίου

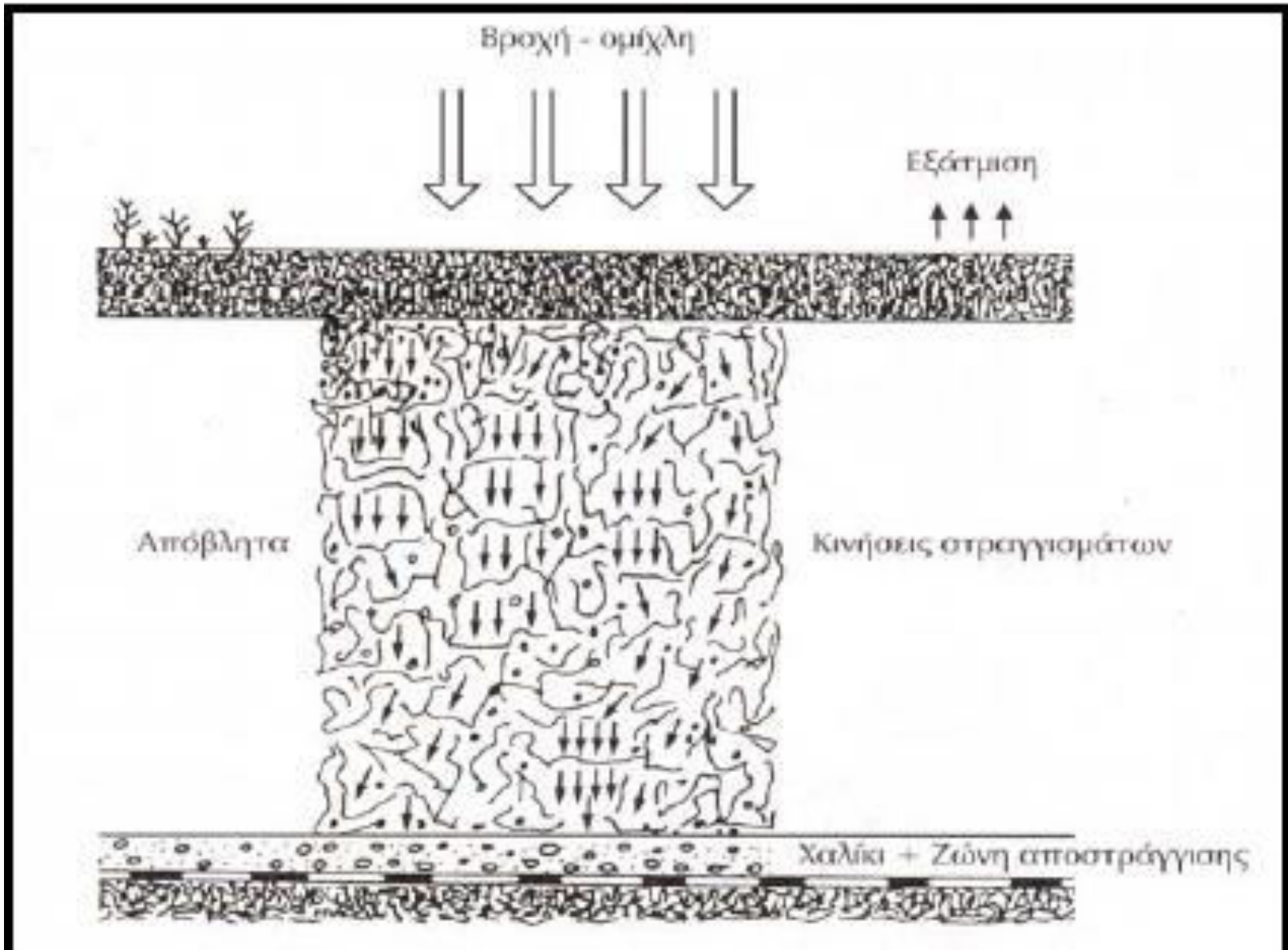


Πρόβλεψη παραγωγής βιοαερίου

Gas production rate (after single-time placement)



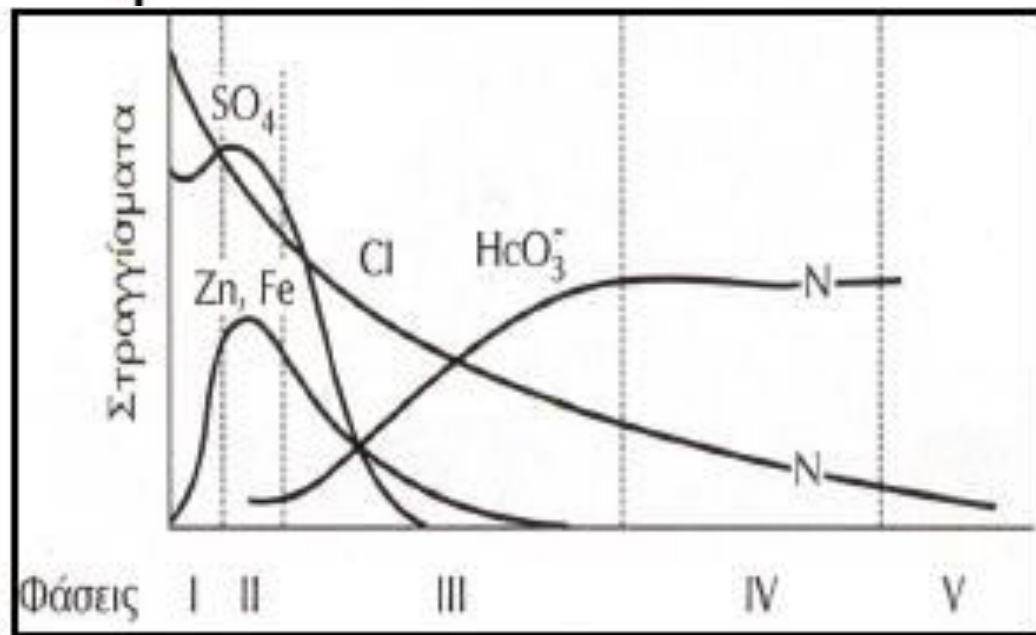
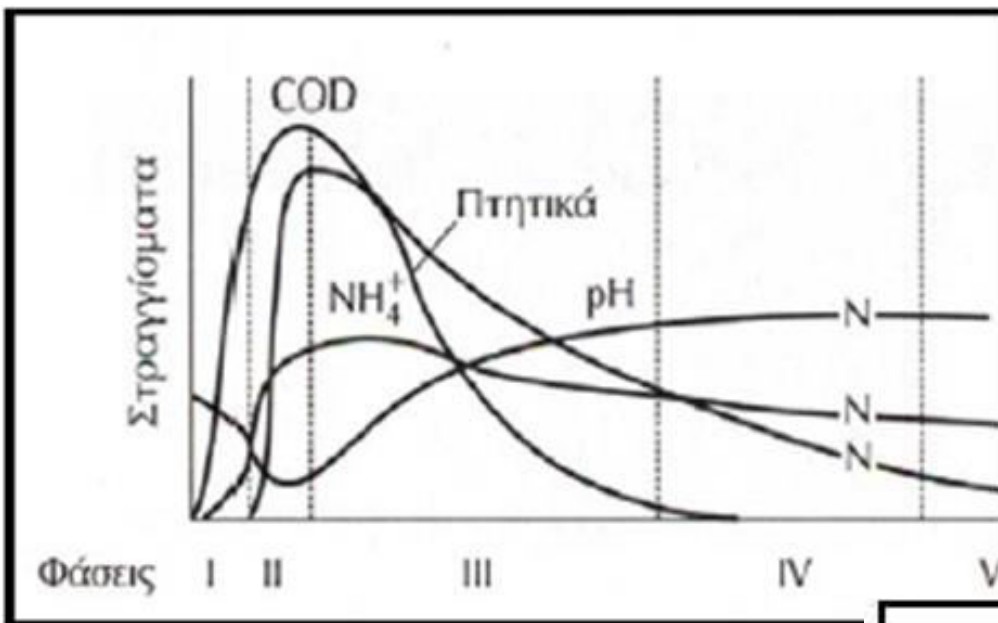
Διασταλλάγματα ΧΥΤΑ



Διασταλλάγματα ΧΥΤΑ



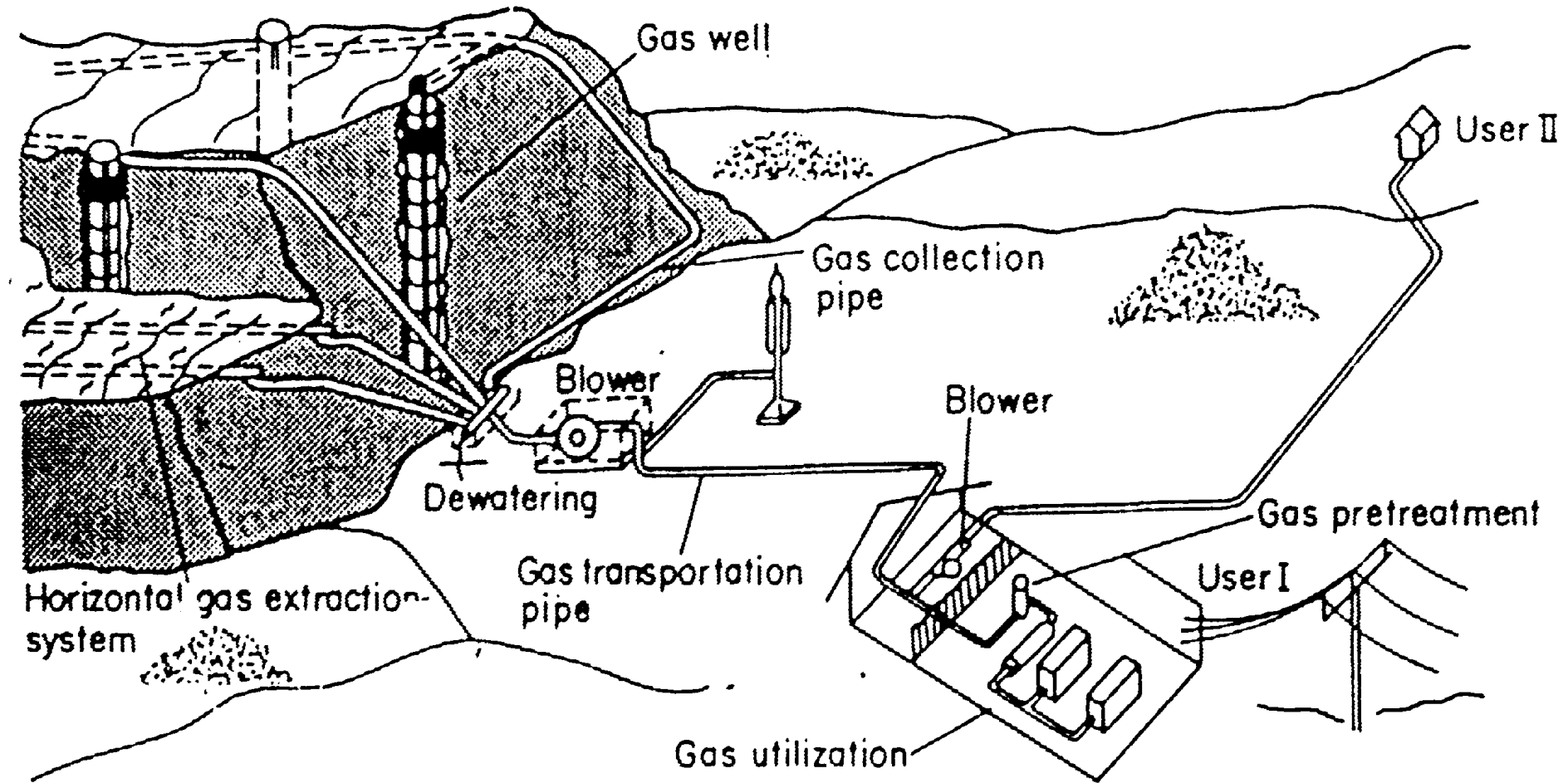
Εξέλιξη διασταλλαγμάτων ΧΥΤΑ



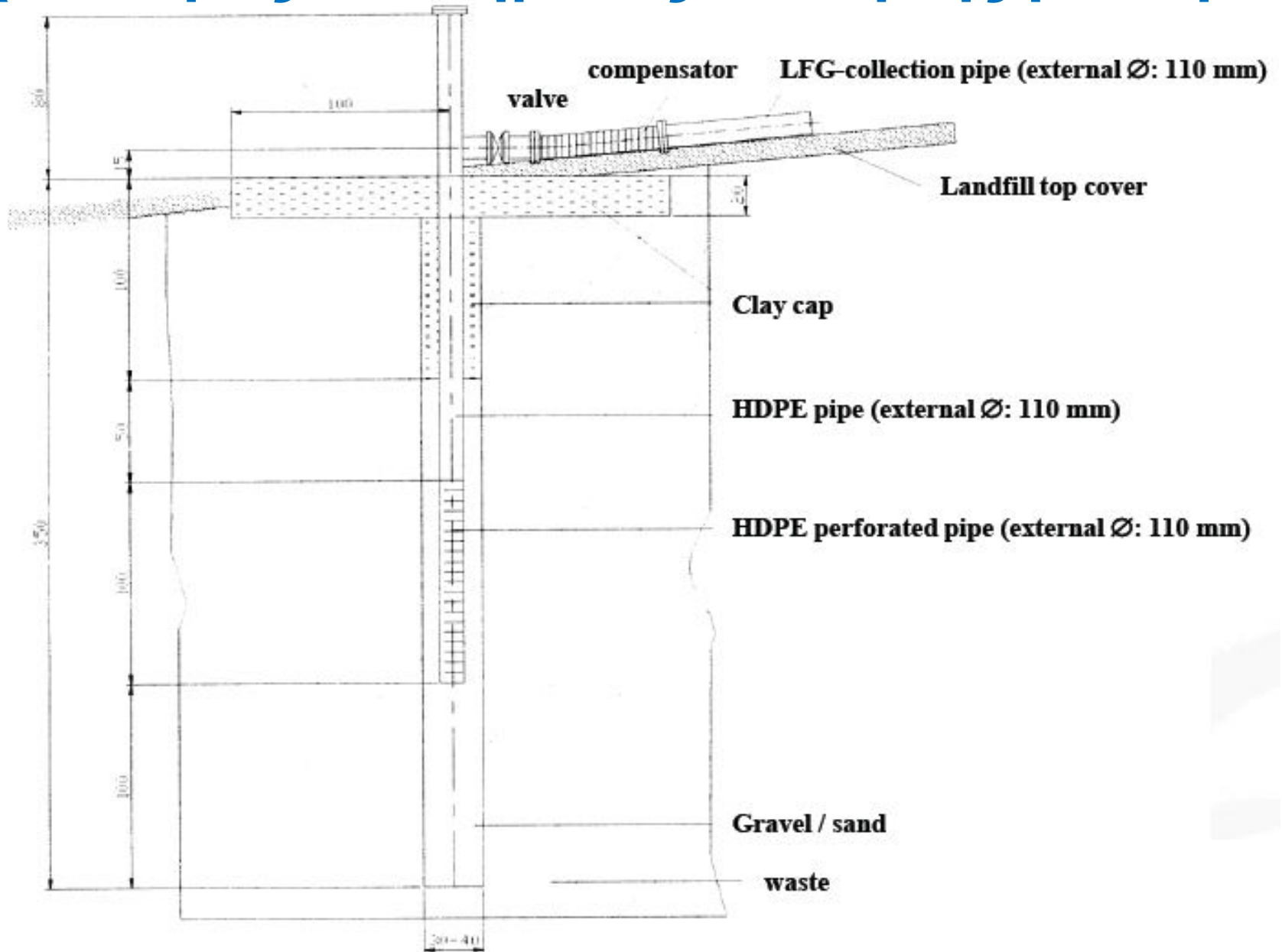
Παράμετροι	Τιμές (mg/L)		
	Νέοι ΧΥΤΑ (ηλικίας<2 ετών)		Ωριμοί ΧΥΤΑ (ηλικίας>10 ετών)
	Διακύμανση ¹	Τυπική τιμή ²	Διακύμανση
BOD ₅	2.000-30.000	10.000	100-200
TOC	1.500-20.000	6.000	80-160
COD	3.000-60.000	18.000	100-500
TSS	200-2.000	500	100-400
Οργανικό άζωτο	10-800	200	80-120
Αμμωνιακό άζωτο	10-800	200	20-40
νιτρικά	5-40	25	5-10
Ολικός φώσφορος	5-100	30	5-10
Ορθοφωσφορικά	4-80	20	4-8
Αλκαλικότητα- CaCO ₃	1.000-10.000	3.000	20-1.000
PH ³	4,5-7,5	6	6,6-7,5
Ολική σκληρότητα - CaCO ₃	300-10.000	3.500	200-500
Ασβέστιο	200-3.000	1.000	100-400
Μαγνήσιο	50-1.500	250	50-200
Κάλιο	200-1.000	300	50-400
Νάτριο	200-2.500	500	100-200
Χλώριο	200-3.000	500	100-400
Θεικά άλατα	50-1.000	300	20-50
Ολικός Σίδηρος	50-1.200	60	20-200

**Τιμές
χαρακτηριστικών
παραμέτρων των
διασταλλαγμάτων**

Συλλογή και χρήση βιοαερίου



Σχεδιασμός συστήματος άντλησης βιοαερίου



Πηγάδια άντλησης βιοαερίου



Πηγάδι βιοαερίου με φίλτρο

Διάτρητη σωλήνα ΡΕ (συμβατικό πηγάδι)



Σύστημα καύσης βιοαερίου



Υδατικό ισοζύγιο (διασταλλάγματα)

- Διασταλλάγματα:



Οι ποσότητες ύδατος που εισέρχονται στο ΧΥΤΑ, και διαλυτοποιούν (ή συμπαρασύρουν) τα στερεά σωματίδια.

- HELP model

(Hydrologic Evaluation of Landfill Performance)

- Υπολογίζει την παραγωγή διασταλλαγμάτων
- Για την επεξεργασία των διασταλλαγμάτων
- Για συμβατικούς ΧΥΤΑ και βιοαντιδραστήρες
- Βασίζεται σε υδατικά ισοζύγια



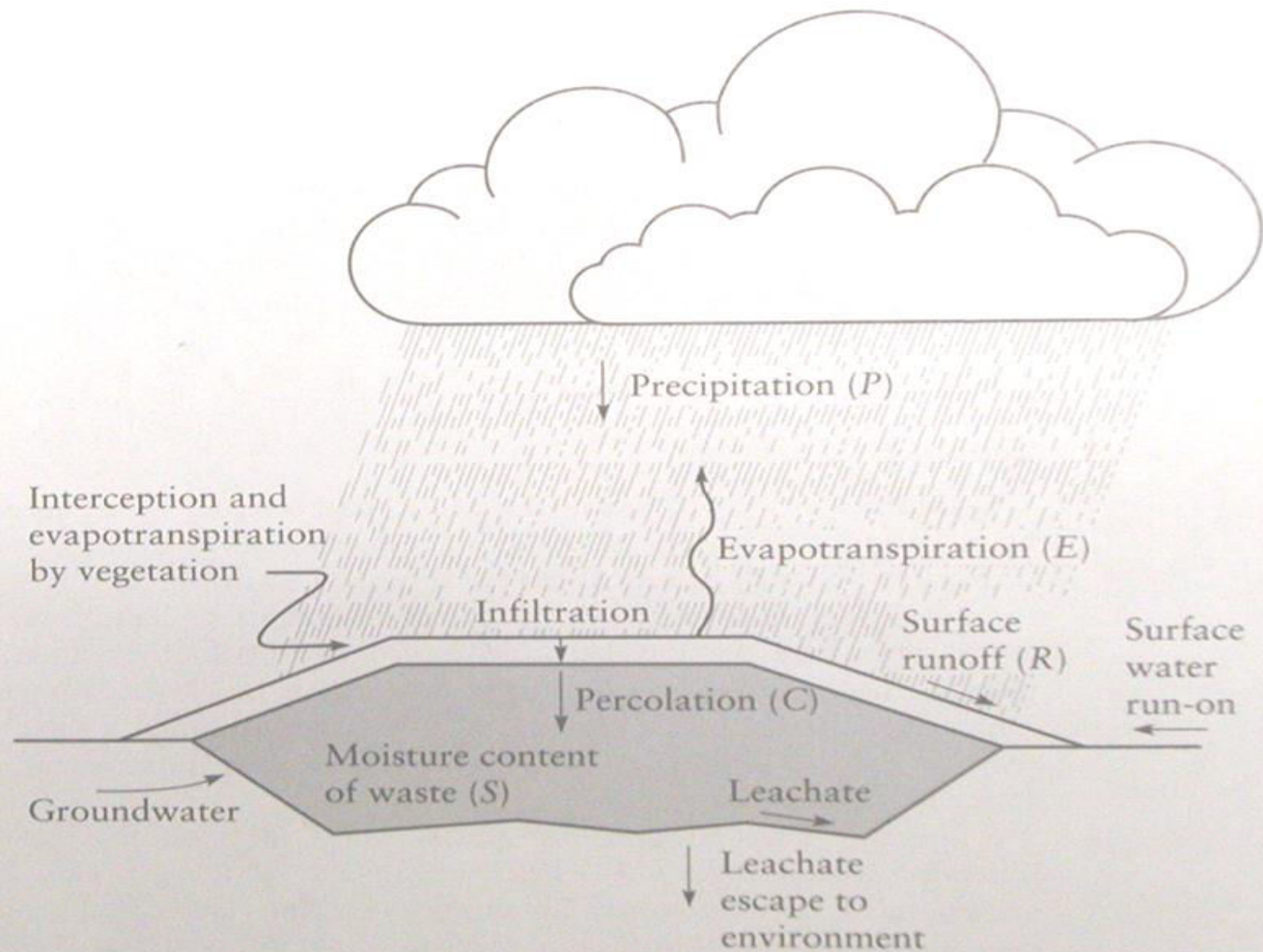


Figure 4-4 Schematic of components of water balance within a landfill.

$$C = P(1 - R) - S - E$$

where C = total percolation into the top soil layer, mm/yr

P = precipitation, mm/yr

R = runoff coefficient

S = storage within the soil or waste, mm/yr

E = evapotranspiration, mm/yr

Προετοιμασία του χώρου για εγκατάσταση ΧΥΤΑ

- Διαμόρφωση πρανών και κλίσεων για μεταβολή επιφανειακών απορροών από τη περιοχή του ΧΥΤΑ.
- Κατασκευή δρόμων, εγκαταστάσεων (πχ. γεφυροπλάστιγγα). Περίφραξη της περιοχής.
- Ο χώρος του ΧΥΤΑ εκσκάπτεται και προετοιμάζεται για τα συστήματα μόνωσης.
- Διαμόρφωση κλίσεων της βάσης και τοποθέτηση των συστημάτων μόνωσης και συλλογής διασταλλαγμάτων.
- Καθορισμός φρεατίων συλλογής και χώρων αποθήκευσης διασταλλαγμάτων στην επιφάνεια του ΧΥΤΑ



Σύστημα μόνωσης ΧΥΤΑ: Οδηγίες σχεδιασμού

- Συνήθως αποτελείται από ένα σύστημα πολλαπλών στρωμάτων (πάνω από ένα στρώμα) που μονώνουν το ΧΥΤΑ
- Οι διαρροές από τα συστήματα μόνωσης είναι πολύ χαμηλές με σωστό μηχανικό σχεδιασμό και κατασκευή

Στρώματα μόνωσης ΧΥΤΑ

- Αργιλικό στρώμα (clay liner)
- Συνθετικό στρώμα (synthetic liner)
- Γεω-μεμβράνες (geomembranes – Flexible Membrane Linings – FML)
- Γεω-ύφασμα (geo-textile)
- Γεω-πλέγμα (geo-grid)
- Διαπερατότητα = $10^{-7} \sim 10^{-9}$ m/s (υδραυλική αγωγιμότητα)

Γεω-μεμβράνες

- FML: Flexible Membrane Linings (φτιάχνονται από πλαστικά, λάστιχο και άσφαλτο)
- Ωριμη τεχνολογία κατασκευής των γεω-μεμβρανών
- Η επιλογή γεω-μεμβράνης, σχεδιασμός, εγκατάσταση και επιθεώρηση είναι εξίσου σημαντικά
- Πάχος (0.25 ~ 10 mm)



Γεω-μεμβράνες

- Πλαστικές γεω-μεμβράνες
 - Polyvinyl chloride (PVC)
 - High-density polyethylene (HDPE)
 - Chlorinated polyethylene (CPE)
- Λαστιχένιες γεω-μεμβράνες
 - Chlorosulfonated polyethylene (CSPE)
 - Ethylene propylene diene monomer (EPDM)
- Χημική συμβατότητα με τα διασταλλάγματα

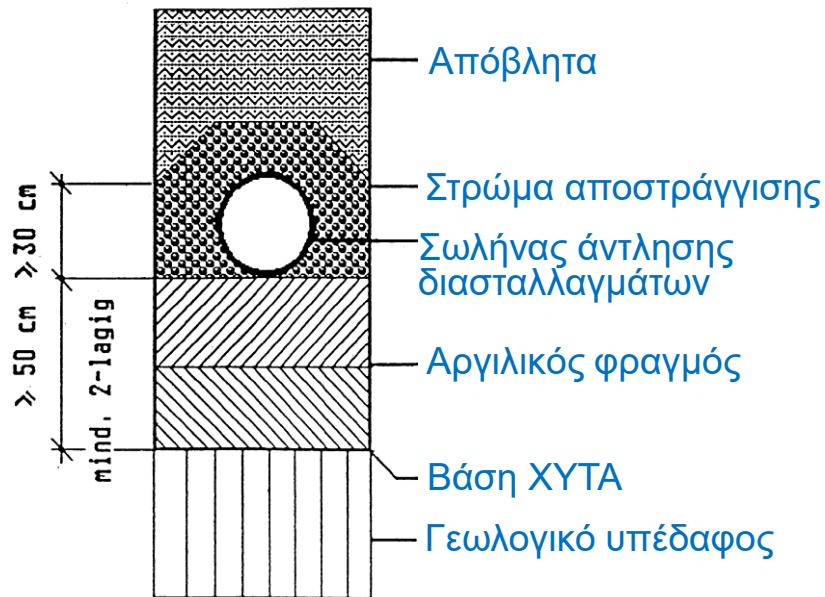
Γεω-υφάσματα

- Διαπερατά
- Ιδιότητες
 - Κατακρατούν τα στερεά
 - Επιτρέπουν το νερό να περάσει
 - Δεν μπλοκάρουν με τον χρόνο
- Προστατεύουν το σύστημα συλλογής άντλησης διασταλλαγμάτων χωρίς να φράζει.

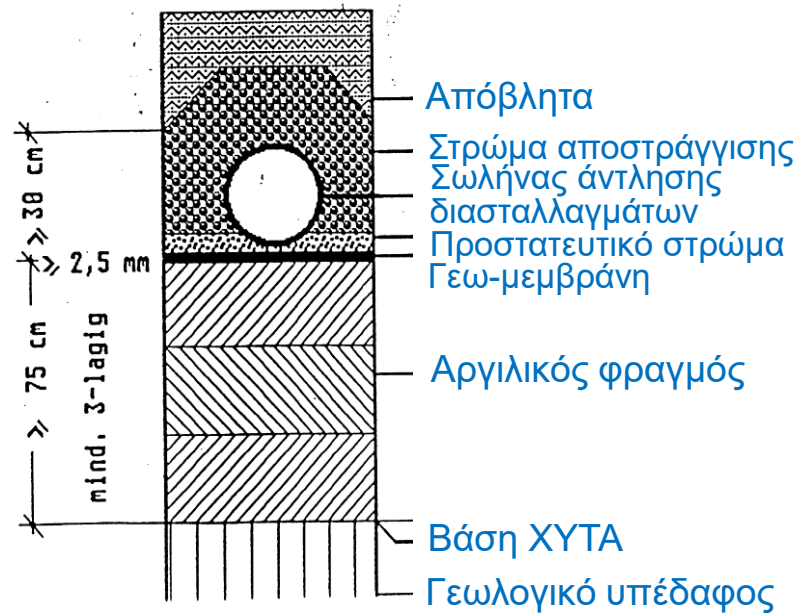


Μόνωση ΧΥΤΑ

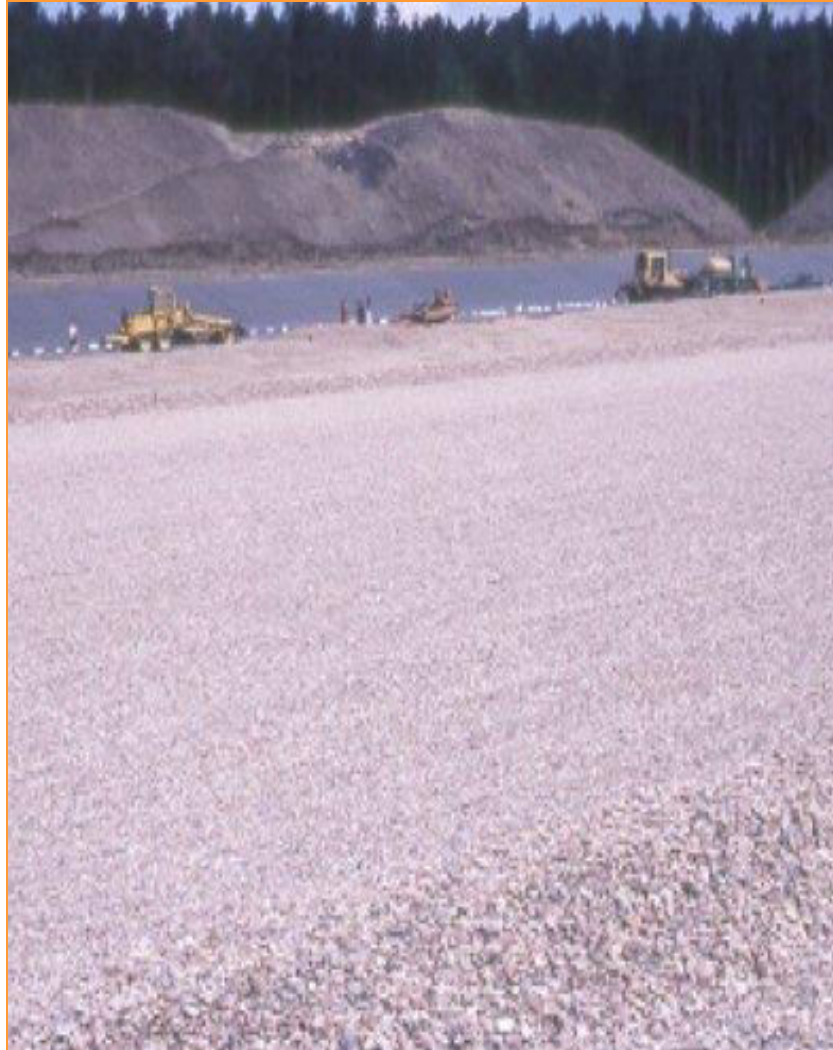
ΧΥΤΑ class I (Αδρανή)



ΧΥΤΑ class II (ΑΣΑ)



Στρώματα μόνωσης ΧΥΤΑ



CURRENT FLUID RESISTANCE GUIDELINES

KEY:
A: Fluid has little or no effect
B: Fluid has minor to moderate effect
C: Fluid has severe effect
T: No data – likely to be acceptable
X: No data – not likely to be acceptable

EXPOSURE	RATING	EXPOSURE	RATING
Acetic Acid (5%)	B	Kerosene	A
Acetic Acid (50%)	C	Magnesium Chloride	T
Ammonium Phosphate	T	Magnesium Hydroxide	T
Ammonium Sulfate	T	Methyl Alcohol	A
Antifreeze (ethylene glycol)	A	Methyl Ethyl Ketone	X
Animal Oil	A	Mineral Spirits	A
Aqua Regia	X	Naphtha	A
ASTM Fuel A	A	Nitric Acid (5%)	B
ASTM Oil #2	A	Nitric Acid (50%)	C
Benzene	X	Perchloroethylene	C
Calcium Chloride Solutions	T	Phenol	X
Calcium Hydroxide	T	Phenol Formaldehyde	B
20% Chlorine Solution	A	Phosphoric Acid (50%)	A
Clorox	A	Phosphoric Acid (100%)	C
Conc. Ammonium Hydroxide	A	Phthalate Plasticizer	C
Corn Oil	A	Potassium Chloride	T
Crude Oil	A	Potassium Sulphate	T
Diesel Fuel	A	Raw Linseed Oil	A
Ethyl Acetate	C	SAE-30 Oil	A
Ethyl Alcohol	A	Salt Water (25%)	B
Fertilizer Solution	A	Sea Water	A
#2 Fuel Oil	A	Sodium Acetate Solutions	T
#6 Fuel Oil	A	Sodium Bisulfite Solution	T
Furfural	X	Sodium Hydroxide (60%)	A
Gasoline	B	Sodium Phosphate	T
Glycerin	A	Sulphuric Acid (50%)	A

The data shown are the result of laboratory tests and are intended to serve only as a guide. No performance warranty is intended or implied. Ratings were arrived at by visual and physical examination of the black-only coated fabric samples after their immersion in the test fluid for 28 days at room temperature. Results represent the ability of the material to retain its performance properties when in contact with the indicated fluid. When considering XR-5 for a specific application it is important to study other requirements such as permeability, service temperature, concentration, size to be contained, etc. A sample of XR-5 should be tested in actual service before specification. When impractical, tests should be devised which simulate actual service conditions as closely as possible. The Seaman Corporation Technical Department should be consulted for further recommendation. This table is presented and accepted at user's risk.

THE XR-5 FABRICS
 ARE STANDARD SEAMAN
 CORPORATION PRODUCTS.
 THE XR-5 POLYMER COATING

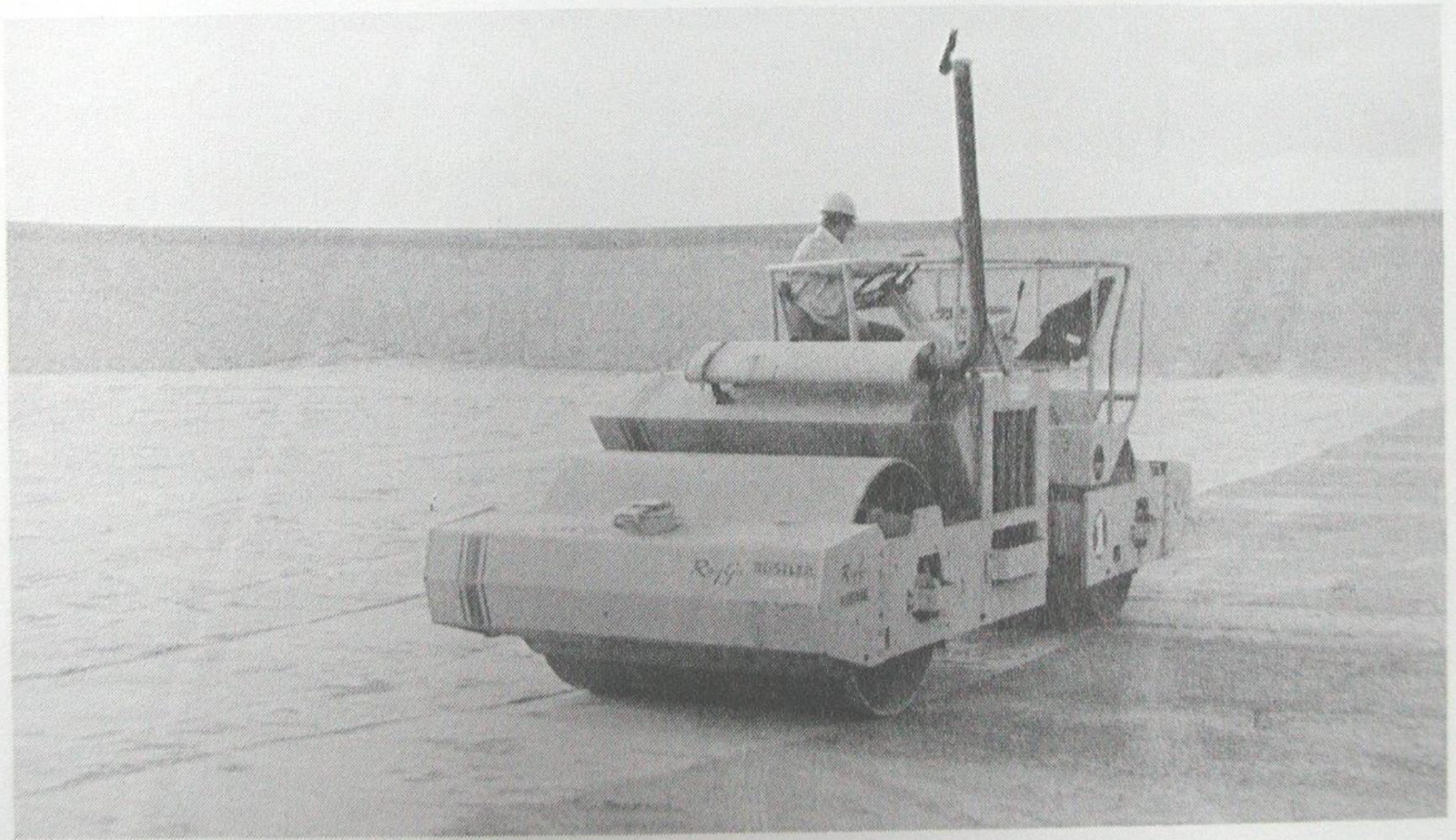


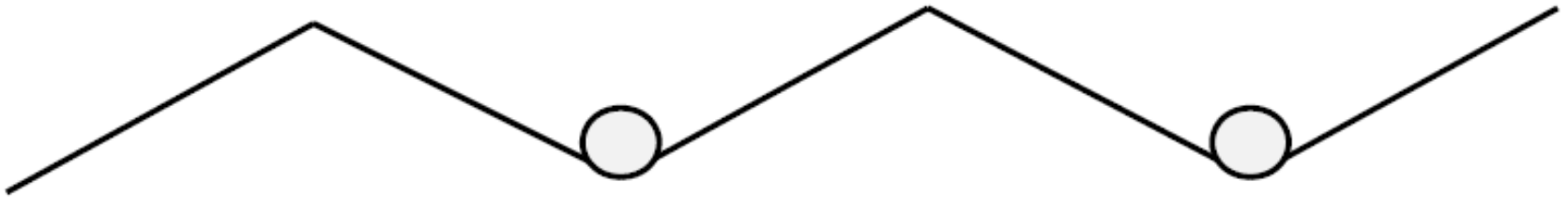
FIG. 10.2.2 Preparation of earth subgrade. (*Hovater Engineers*)



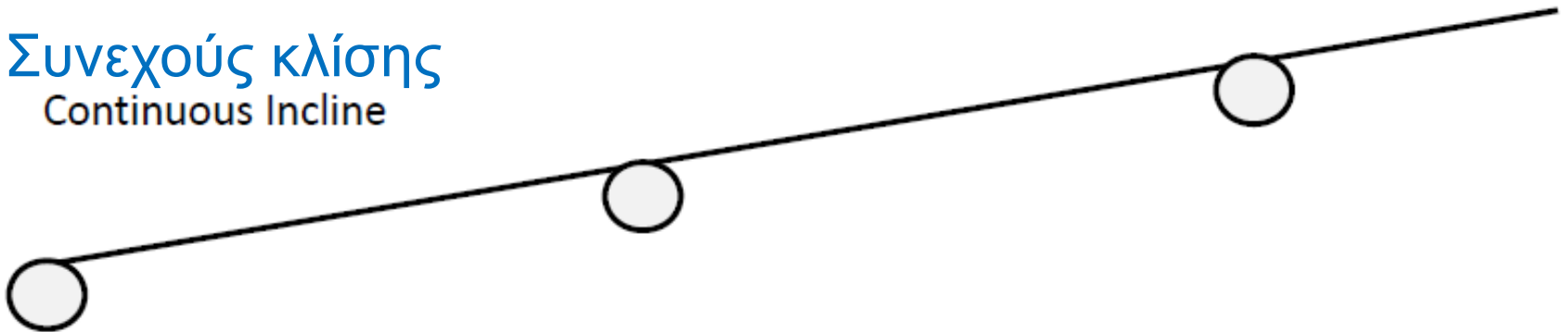
FIG. 10.2.3 Installation of an FML sheet

Συστήματα συλλογής διασταλλαγμάτων

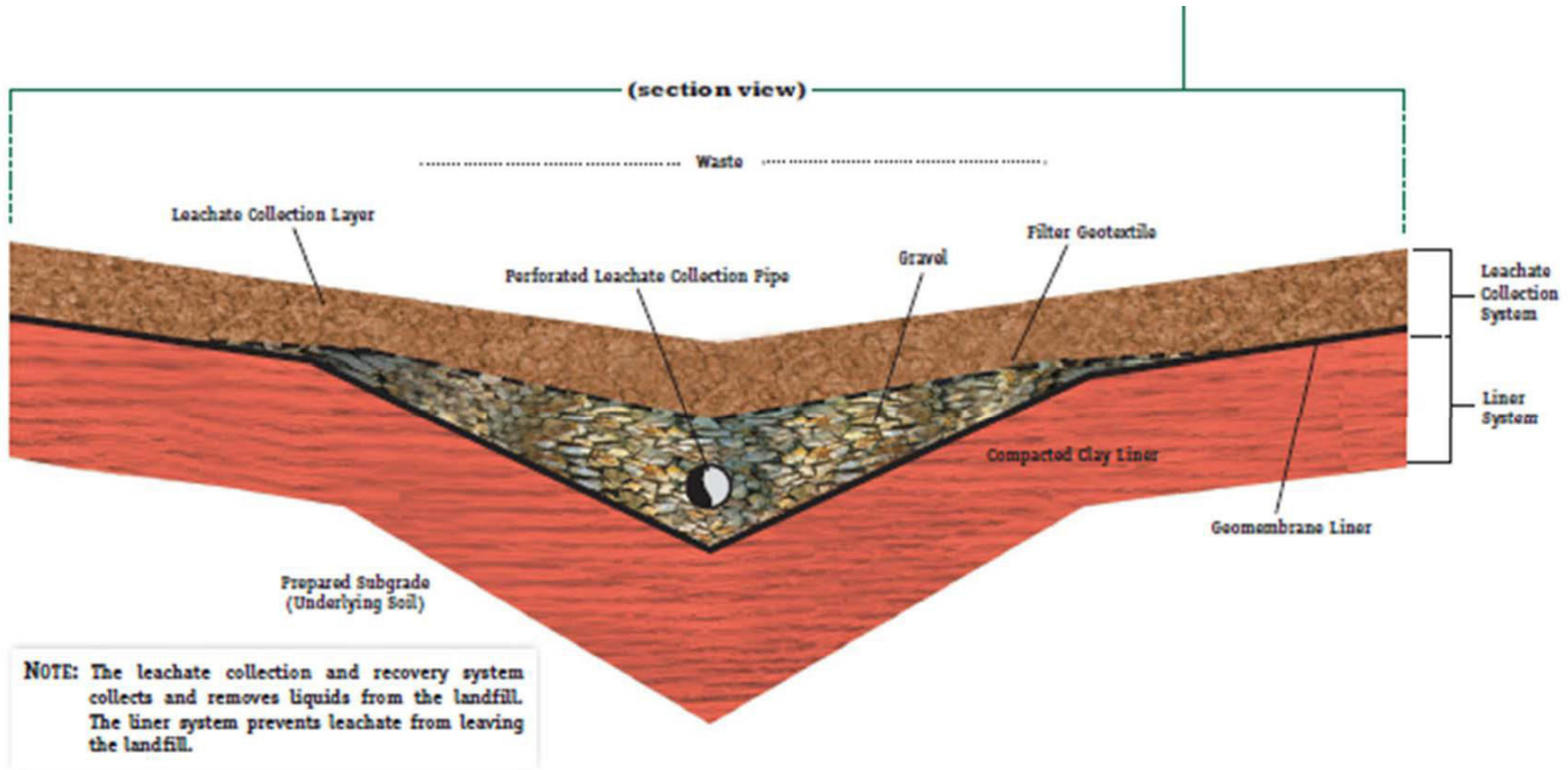
πριονωτό
Sawtooth



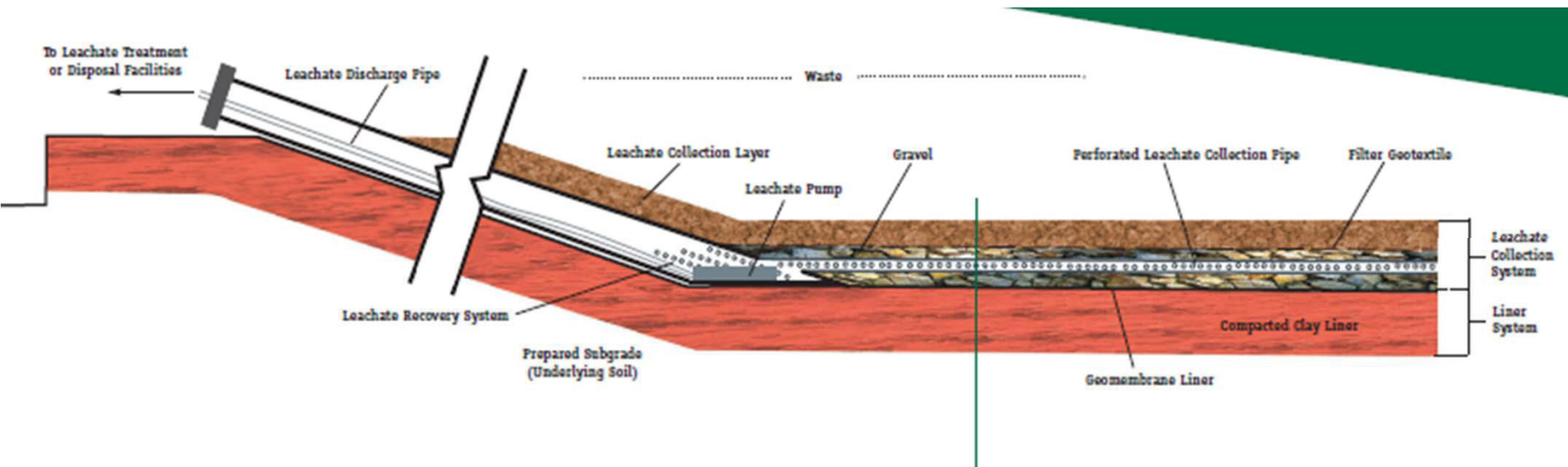
Συνεχούς κλίσης
Continuous Incline



Συστήματα συλλογής διασταλαγμάτων

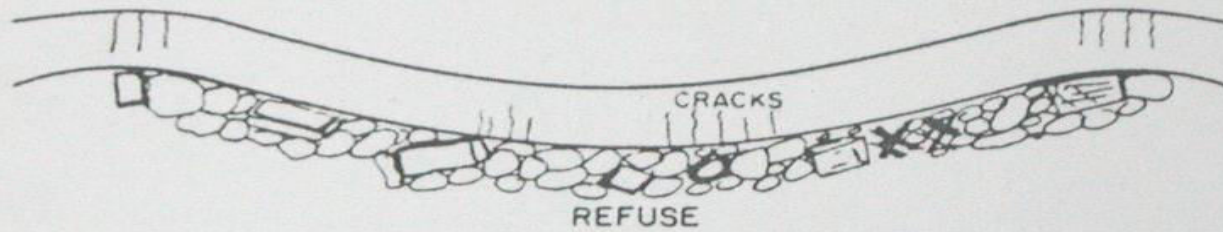


Συστήματα συλλογής διασταλλαγμάτων

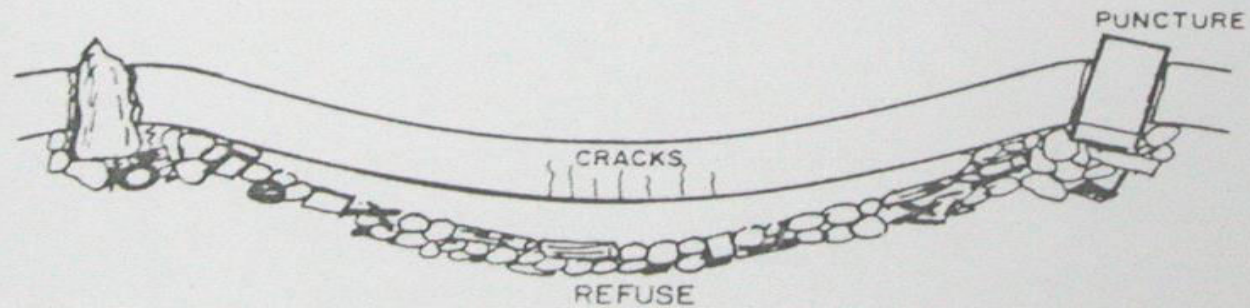


Αστοχίες στρωμάτων μόνωσης ΧΥΤΑ

- Σχίσσιμο
- Αστάθεια κλίσης
- Καθίζηση
- Σωληνώσεις
- Διαπερατά στρώματα
- Κατολίσθηση
- Σεισμός
- Σφάλματα σχεδιαστικά και κατασκευαστικά
- Έκθεση σε οργανικά χημικά



a. DISTORTION WITHOUT LOSS OF SUPPORT



b. LOSS OF SUPPORT AND/OR PUNCTURING

FIGURE 2

Probable Effects of Differential Settlements on Barrier Integrity

Συστήματα περιβαλλοντικής προστασίας

- Έλεγχος στραγγισμάτων (στρώμα μόνωσης)
 - 1×10^{-7} cm/sec (χρειάζονται 31.7 χρόνια για να περάσει 1 m)
- Έλεγχος βιοαερίου (LFG)
 - Αποδόμηση οργανικών ενώσεων $\rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$
 - CH_4 (αέριο θερμοκηπίου, εύφλεκτο, εκρηκτικό)
- Έλεγχος επιφανειακών απορροών

Εγκαταστάσεις παρακολούθησης

- Έλεγχος ακόρεστης ζώνης
- Έλεγχος υπογείων υδάτων
- Έλεγχος επιφανειακών υδάτων
- Έλεγχος βιοαερίου

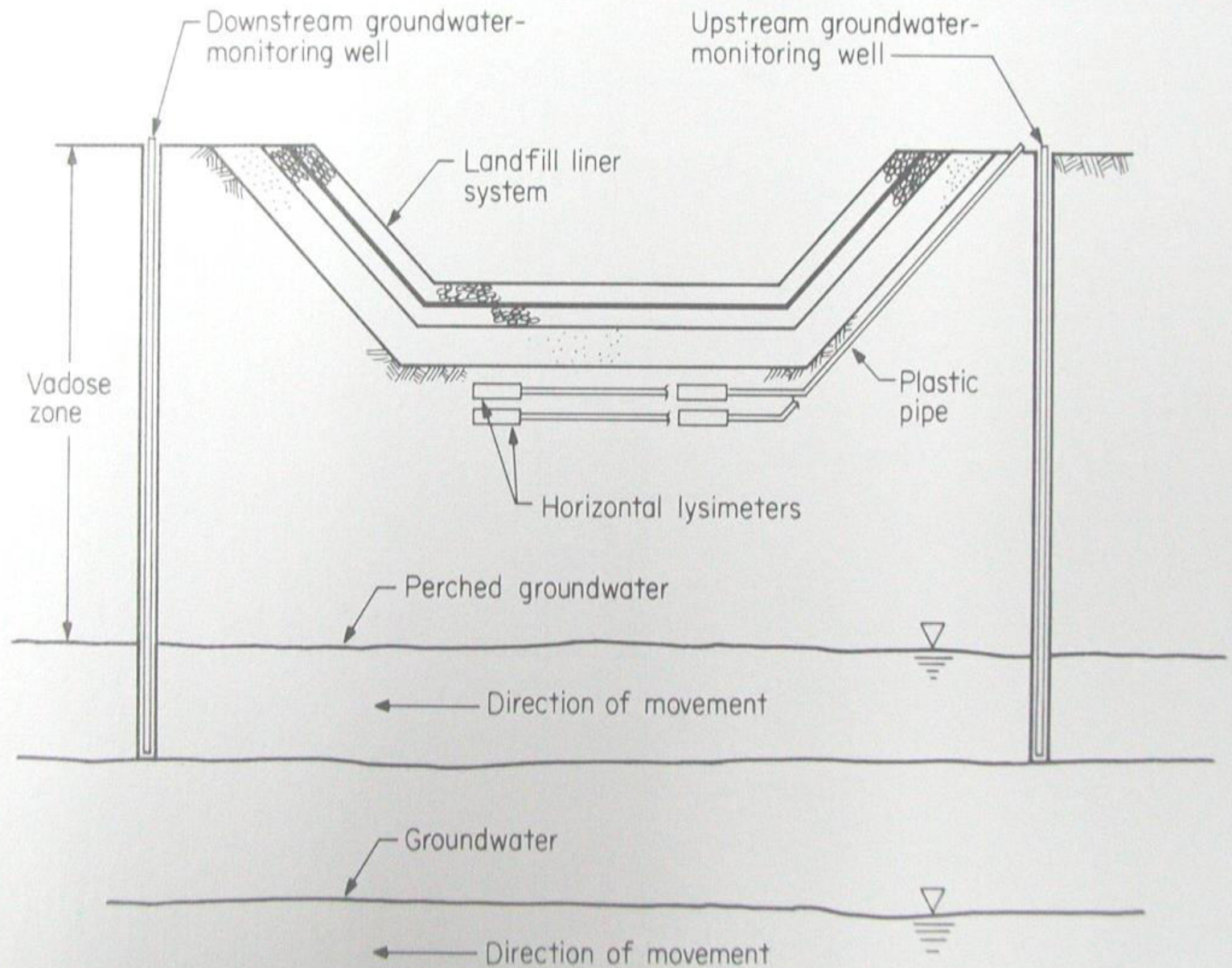


FIG. 10.1.9 Conceptual layout of system for vadose-zone and groundwater-monitoring.

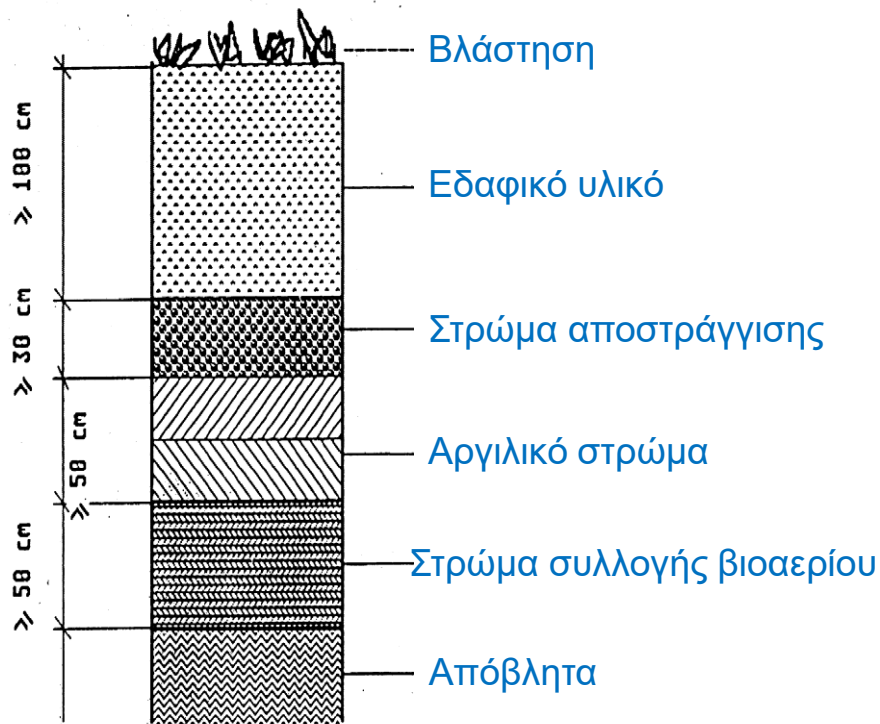
Τελική κάλυψη ΧΥΤΑ

Το στρώμα κάλυψης ΧΥΤΑ:

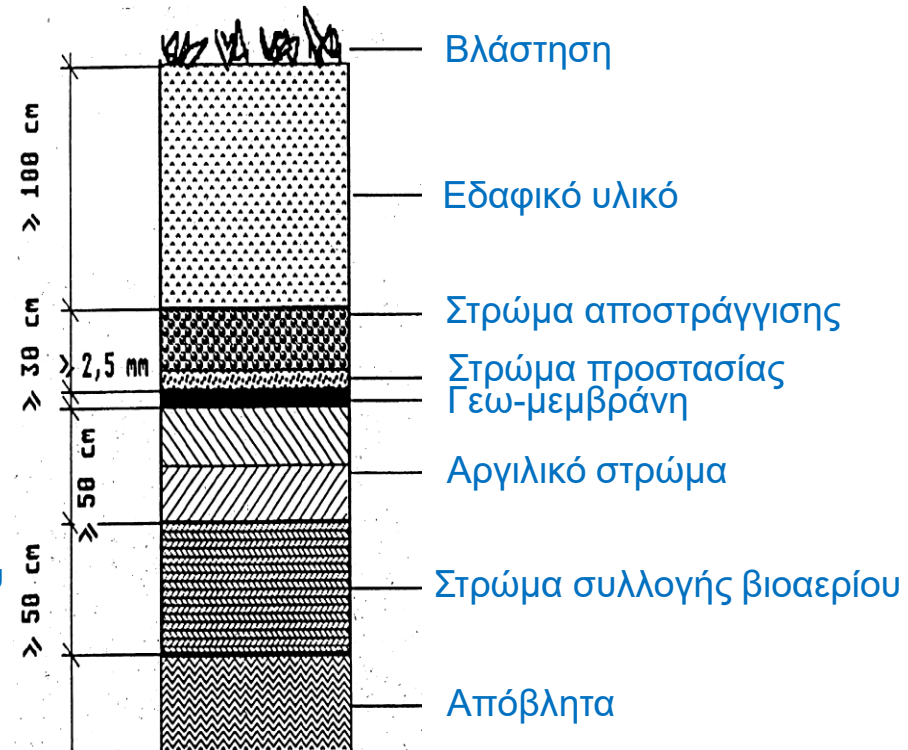
- Περιορίζει την μακροπρόθεσμη εισροή υδάτων στη μάζα των αποβλήτων
- Σχεδιάζεται για ελάχιστη συντήρηση
- Ελαχιστοποιεί την διάβρωση των στρωμάτων κάλυψης
- Επιτρέπει (κάποια) καθίζηση έτσι ώστε να διατηρηθεί η ακεραιότητά του

Στρώματα κάλυψης ΧΥΤΑ

ΧΥΤΑ class I (Αδρανή)



ΧΥΤΑ class II (ΑΣΑ)



Στρώματα κάλυψης ΧΥΤΑ



Σχεδιασμός ΧΥΤΑ (σύνοψη)

- Σημαντικοί παράγοντες:
 - ✓ Πρόσβαση (δρόμοι, παράδρομοι)
 - ✓ Έκταση περιοχής (αρκετά μεγάλη για 10-25 χρόνια)
 - ✓ Μέθοδοι εκσκαφής (υπέργειος, ημιυπόγειος, υπόγειος)
 - ✓ Κάλυψη ΧΥΤΑ (κλίση τελικής κάλυψης: 3-6%)
 - ✓ Διαμόρφωση επιφανειακών κλίσεων (μεταβολή επιφανειακών απορροών από τη περιοχή του ΧΥΤΑ)
 - ✓ Ημερήσια κάλυψη απορριμμάτων (10-20%)
 - ✓ Στρώμα κάλυψης (σχεδιασμών πολλαπλών στρωμάτων)
 - ✓ Στρώμα μόνωσης (σχεδιασμών πολλαπλών στρωμάτων, συλλογή διασταλλαγμάτων)

Σχεδιασμός ΧΥΤΑ (σύνοψη)

- ✓ Προστασία υπογείων υδάτων (μεταβολή ροής)
- ✓ Διαχείριση βιοαερίου (συστήματα ενεργητικής ή παθητικής άντλησης)
- ✓ Συλλογή διασταλλαγμάτων (υπολογισμός παροχής Q_{max} και μέγεθος αγωγών)
- ✓ Εγκαταστάσεις παρακολούθησης
- ✓ Σύστημα πυροπροστασίας

Διάθεση απορριμμάτων



Μεταφροντίδα



Golf Course on a Landfill (Los Angeles)



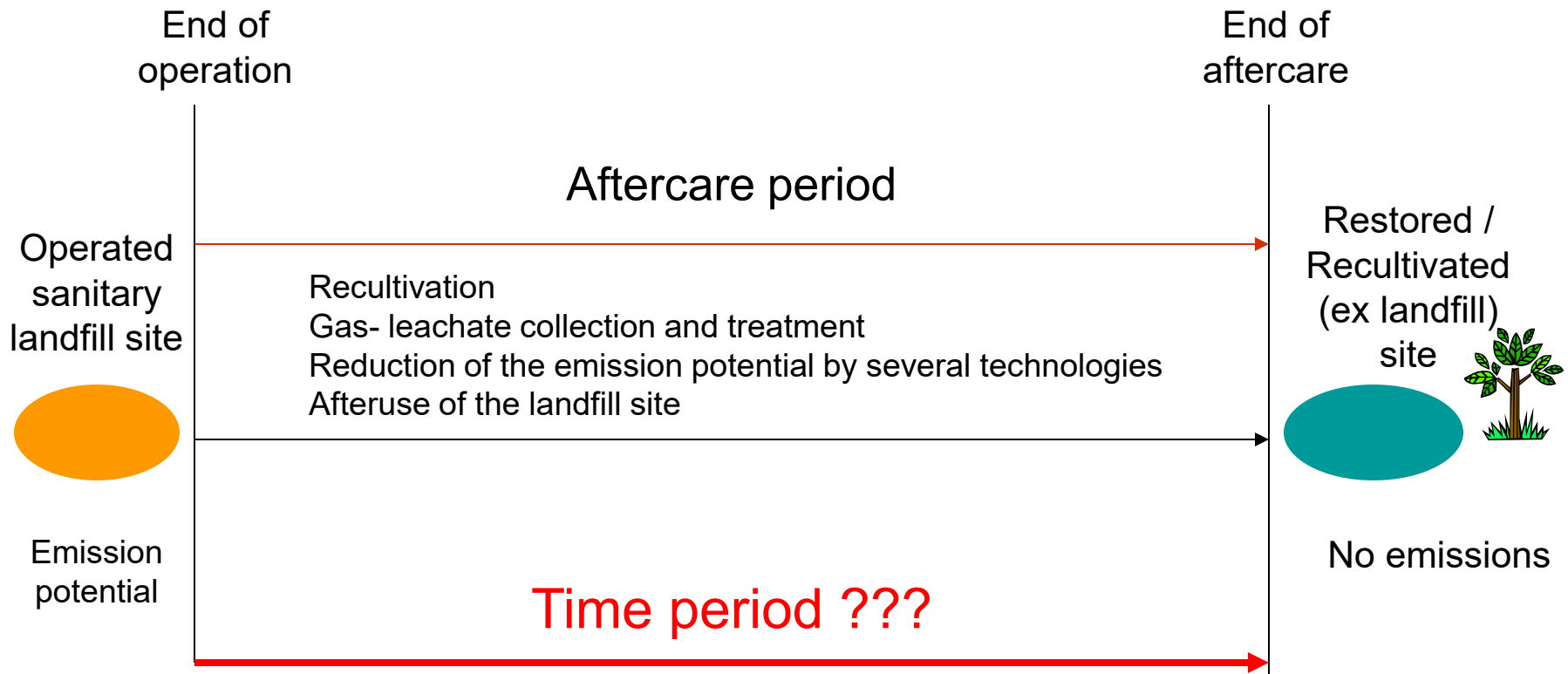
Landfill turned into a Park (Berlin)



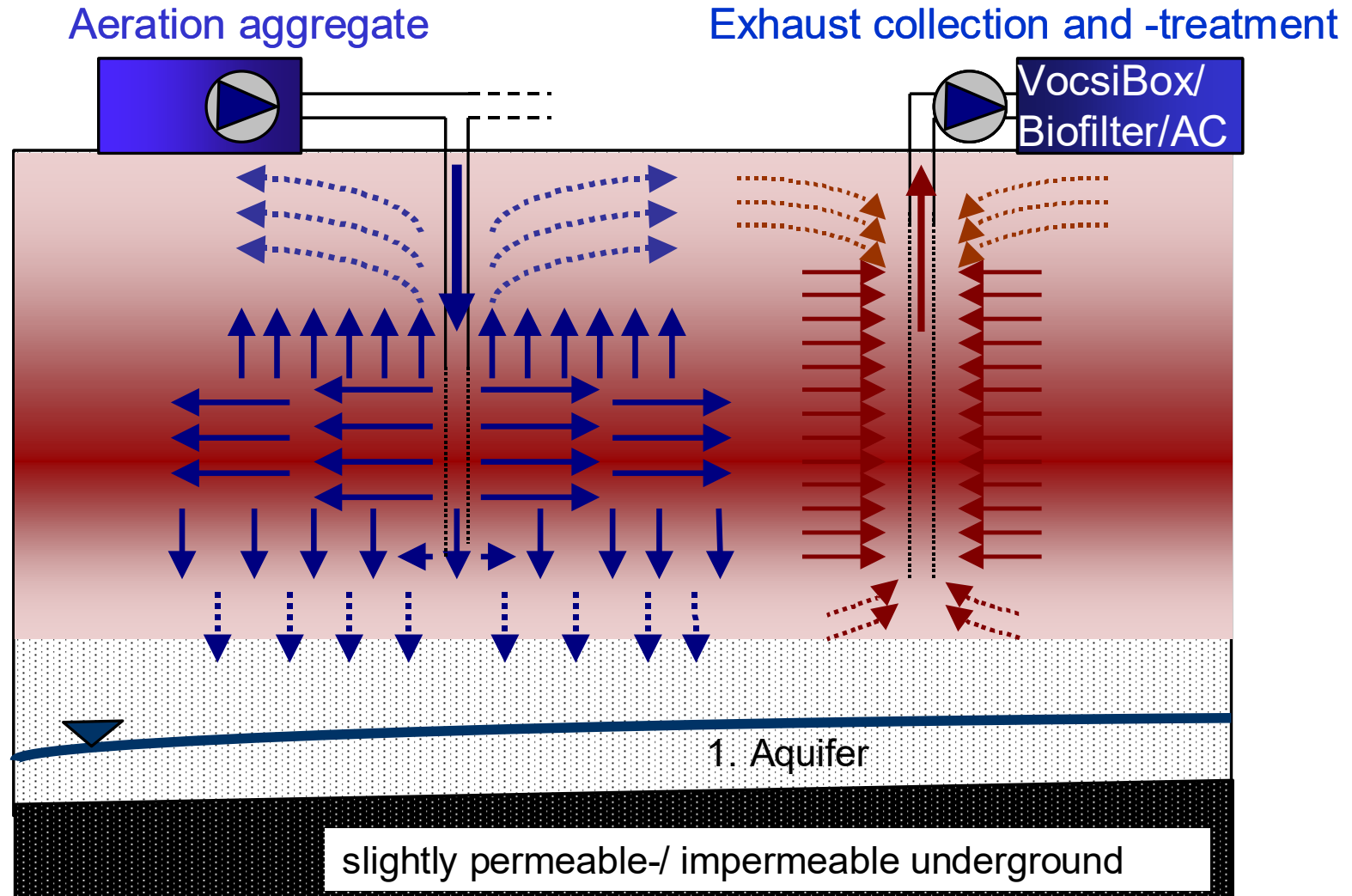
Example: Utilisation of a Closed Landfill



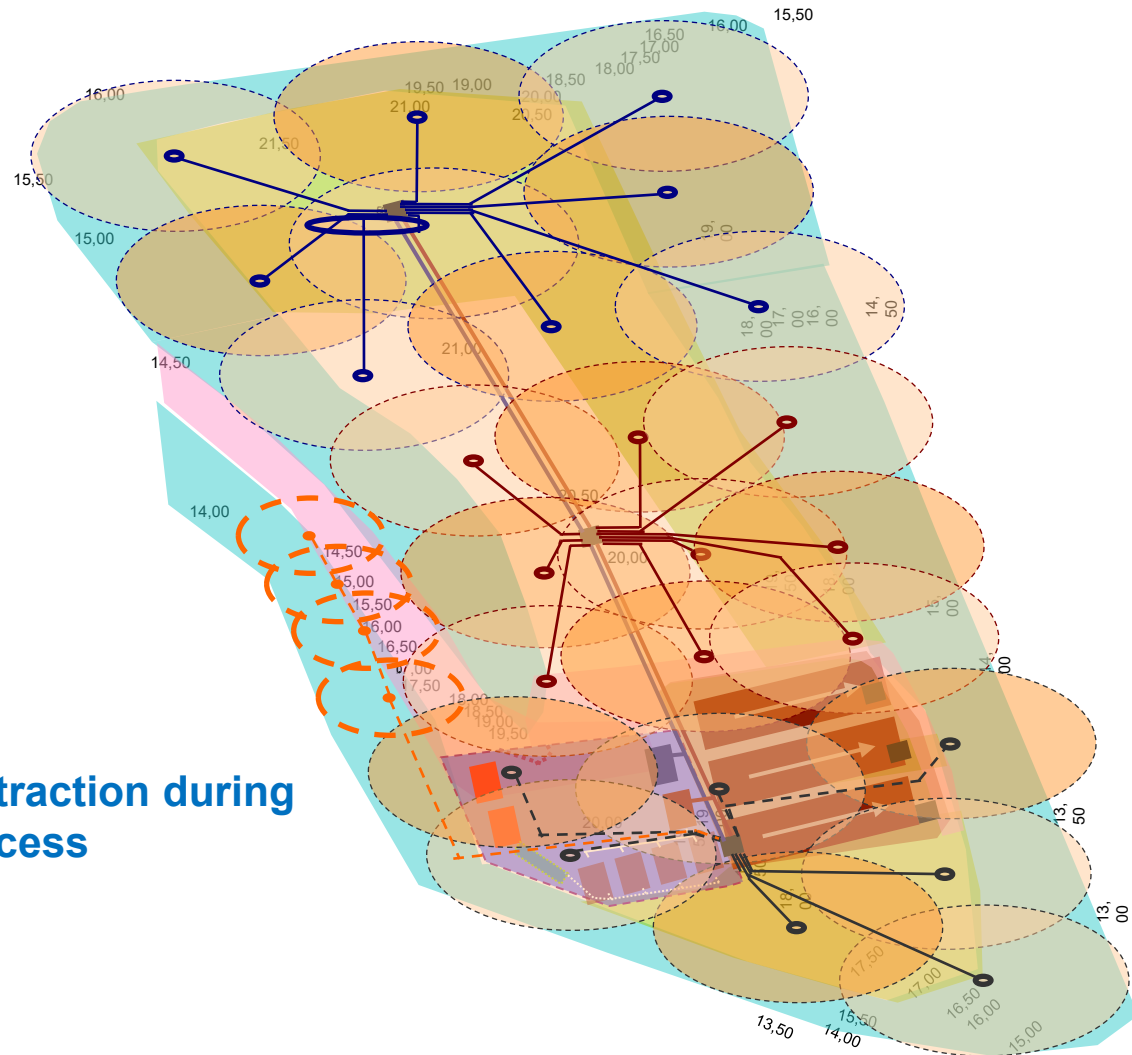
Περίοδος μεταφροντίδας



Αποκατάσταση ΧΥΤΑ – Αερισμός



Σύστημα βιο-αερισμού



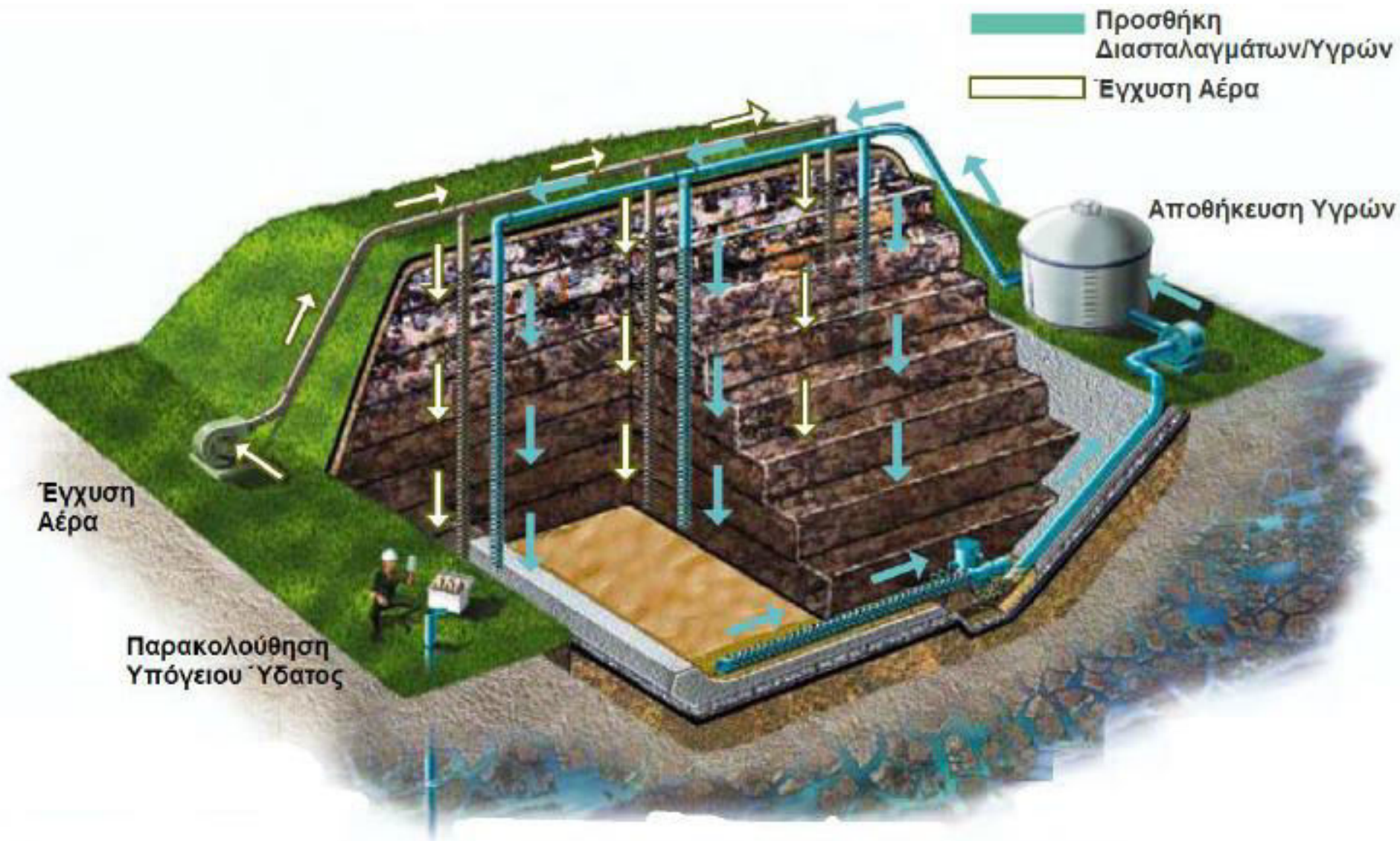
aeration and gas extraction during
the remediation process

- $\text{CH}_4 < 2 \text{ Vol.-%}$
- $\text{O}_2 < 12 \text{ Vol.-%}$

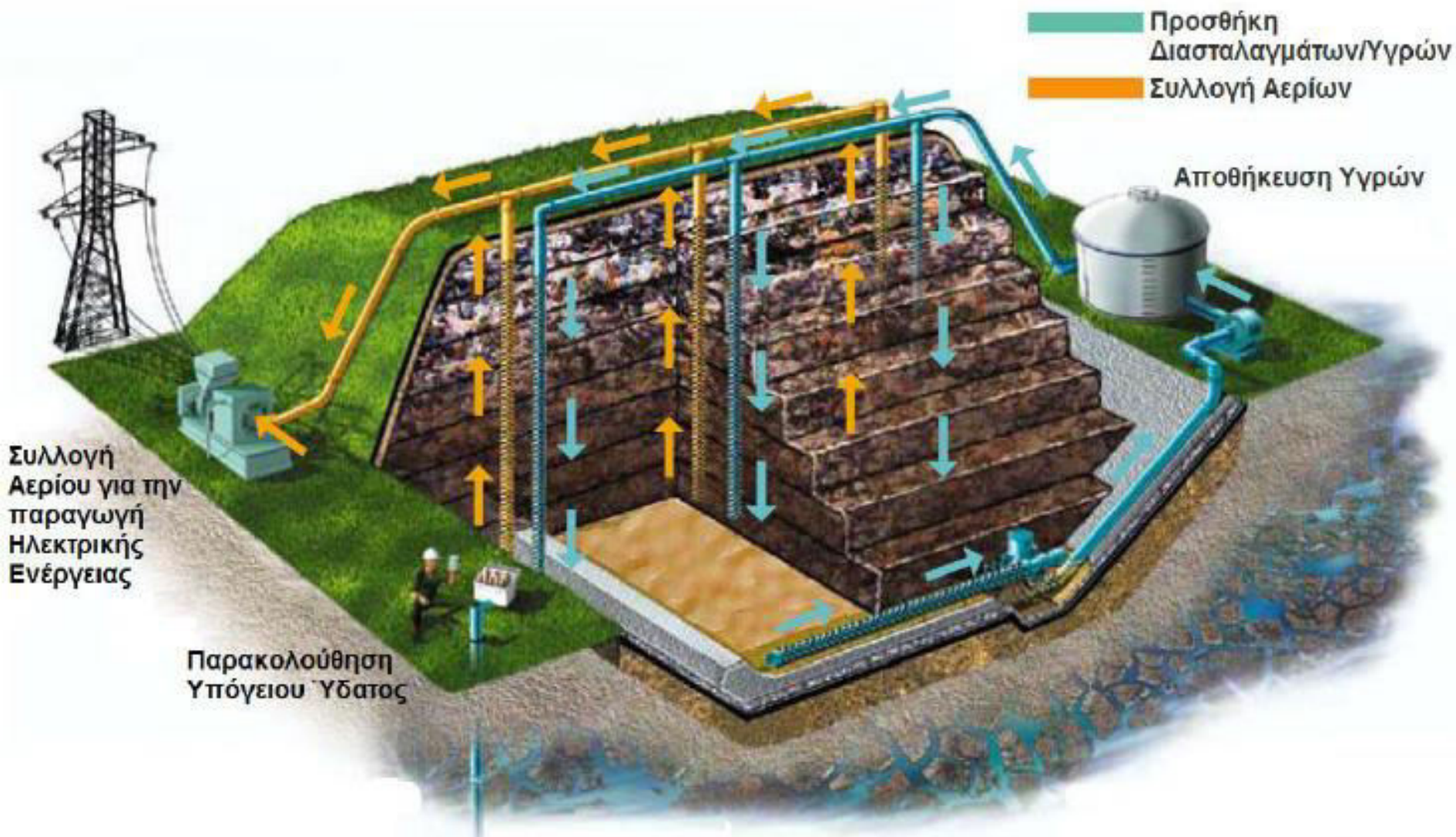
Ο ΧΥΤΑ ως βιοαντιδραστήρας

- Σύνθετο σύστημα με περίπλοκες βιοχημικές αντιδράσεις
- Οργανικό κλάσμα ΑΣΑ + νερό → Σταθεροποιημένο κόμποστ + βιοαέριο + διασταλλάγματα
- Εξόρυξη ΧΥΤΑ

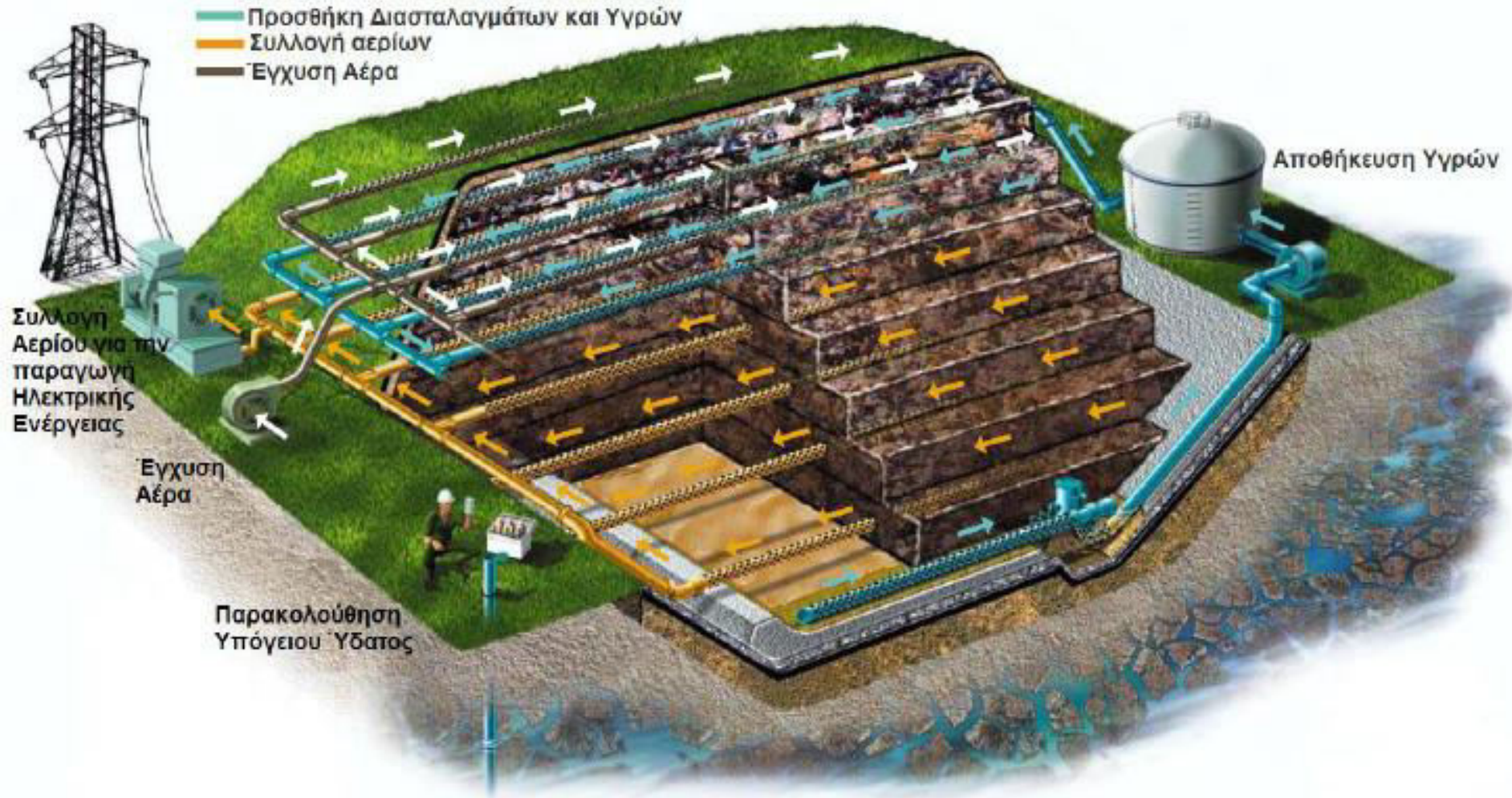
Αερόβιοι βιοαντιδραστήρες ΧΥΤΑ



Αναερόβιοι βιοαντιδραστήρες ΧΥΤΑ



Υβριδικοί βιοαντιδραστήρες ΧΥΤΑ



Εξόρυξη ΧΥΤΑ









































Questions & Answers

