

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΓΩΓΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.**



ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 1995



Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ: ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: ΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΑΓΩΓΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.



ΑΡΜΟΔΙΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :

ΚΕΡΜΑΝΙΔΟΥ ΑΘ.

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ :

**ΔΡΙΒΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΔΙΑΜΑΝΤΙΔΗΣ ΣΑΒΒΑΣ**

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 1995

ΑΠΟΜΟΣ	1970
ΕΙΣΑΓΟΓΗΣ	

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων.
Γρηγόρης Μαρκαντωνάτος
2. Νέος Ελληνικός Κανονισμός για τη μελέτη και κατασκευή έργων από σκυρόδεμα
3. Εδαφοτεχνική, Θεμελιώσεις Ι
Αντώνιος Λοΐζος
4. Συμπλήρωμα μαθημάτων οπλισμένου σκυροδέματος
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Θ.Π. Τάσιος
Π.Ι. Γιαννόπουλος
Κ.Γ. Τρέζος
Σ.Γ. Τσουκαντάς
5. Η Μέθοδος Gross - Επιλύσεως Υπερστατικών Φορέων
Παναγιώτης Σπυρόπουλος
6. Εφαρμογές οπλισμένου σκυροδέματος
Απόστολος Κωνσταντινίδης
7. Πλάκες & Τοιχεία
R. Bares
8. Μαθήματα Οπλισμένου Σκυροδέματος
Μιχαήλ Ν. Φαρδης
9. Στοιχεία Κατασκευής Σκυροδέματος Ι & ΙΙ
Θεοφάνης Α. Γεωργόπουλος
10. Σημειώσεις, Ρύπανση - Προστασία Περιβάλλοντος
Κωσταντίνος Πάσχος

**ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΛΥΜΑΤΩΝ
ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ**

Επεξεργασία καθαρισμού των λυμάτων

1 Γενικά

Η επεξεργασία καθαρισμού των λυμάτων αποβλέπει στην απομάκρυνση, εξουδετέρωση ή κατάλληλη τροποποίηση των επιβλαβών χαρακτηριστικών τους, ώστε να εξαλειφθούν ή να ελαττωθούν σε αποδεκτό επίπεδο οι δυσμενείς για τον τελικό αποδέκτη (έδαφος, επιφανειακά νερά κ.λπ.) συνέπειες.

Τα αστικά λύματα, αν δεν περιέχουν μεγάλο ποσοστό βιομηχανικών αποβλήτων, είναι σχετικά σταθερής ποιότητας και μπορούν να υποβληθούν σε τυποποιημένες μεθόδους επεξεργασίας καθαρισμού με δοκιμασμένα ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Αντίθετα τα βιομηχανικά απόβλητα παρουσιάζουν ιδιάζοντα χαρακτήρα και ποικιλία ποιοτήτων. Περιέχουν πολλές φορές δύσκολα βιοαποδομήσιμες ή τοξικές ουσίες, που παρεμποδίζουν την κανονική ανάπτυξη του βιολογικού παράγοντα. Γιαντό είναι πολλές φορές απαραίτητο τα βιομηχανικά απόβλητα, προτού οδηγηθούν στο γενικό δίκτυο συλλογής, να υποστούν μέσα στο εργοστάσιο ειδική προεπεξεργασία για την απομάκρυνση ή εξουδετέρωση των ανεπιθύμητων ειδικών χαρακτηριστικών.

2 Μέθοδοι επεξεργασίας

Οι διάφορες μέθοδοι καθαρισμού των λυμάτων (εκτός από τις καθαρά χημικές) αποτελούν απομίμηση με ελεγχόμενες ευνοϊκές συνθήκες των διαφόρων διεργασιών, που γίνονται στη φύση, όταν διατεθούν υγρά απόβλητα.

Οι πιο συνηθισμένες διαδικασίες καθαρισμού, που εμφανίζονται, είναι:

- Σχάρισμα ή άλεση : για τα χοντρά υλικά
- Αμμοσυλλογή : για τα βαριά, κυρίως αδρανή, υλικά (άμμος, χαλίκια, σπόροι).
- Ξάφρισμα - λιποσυλλογή : για τα επιπλέοντα υλικά (λάδια, λίπη, λεπτά υλικά κλπ.)
- Καθίζηση : για την απομάκρυνση μέρους των αιωρούμενων λεπτών στερεών. Η καθίζηση διακρίνεται συνήθως σε απλή (πρωτοβάθμια), με χημική υποστήριξη (κροκύδωση), μετά από βιολογική επεξεργασία (δευτεροβάθμια).
- Διύλιση : είναι μηχανική κατ' αρχήν επεξεργασία, που εφαρμόζεται σε ορισμένες περιπτώσεις (άρδευση, αμμοδιύλιστήριο) για τα πολύ λεπτά υλικά, αλλά συνδυάζεται **ταυτόχρονα** με βιολογική αποδόμηση των οργανικών με τη βοήθεια του εδαφικού οξυγόνου.
- Κροκύδωση (χημική) : για τα **κolloειδή** υλικά (ανόργανα και οργανικά).
- Βιολογική επεξεργασία : για τα πολύ λεπτά ή διαλυμένα **οργανικά** υλικά.
- Χημική επεξεργασία : για τα διαλυμένα ανόργανα συστατικά (οξέα, άλατα).
- Απολύμανση : για τους παθογόνους παράγοντες.

Διευκρινίζεται ότι σε κάθε περίπτωση καθαρισμού αποβλήτων δεν εφαρμόζονται **ταυτόχρονα** όλες οι πιο πάνω επεξεργασίες, αλλά ο πιο κατάλληλος για την υπόψη περίπτωση **συνδυασμός**, που η εκλογή του γίνεται από τον ειδικό μελετητή με βάση την επαγγελματική του εκτίμηση και ανάλογα με την ποιότητα και ποσότητα των αποβλήτων, την αφομοιωτική ικανότητα και τις επιθυμητές χρήσεις του αποδέκτη της τελικής απορροής, την οικονομικότητα, τις τοπικές συνθήκες και την ακολουθούμενη γενικά τοπική πολιτική για το περιβάλλον κλπ. και πάντα μέσα στα πλαίσια διασφάλισης της δημόσιας υγείας και γενικότερα της προστασίας του περιβάλλοντος και της ποιότητας της ζωής.

Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο

Το στοιχειακό οξυγόνο, που χρειάζεται για τη βιοχημική αποδόμηση των οργανικών ουσιών των λυμάτων από αερόβιους μικροοργανισμούς, ονομάζεται **βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο** (BOA ή αγγλικά BOD) και αποτελεί μέτρο για την εκτίμηση της «πυκνότητας» των λυμάτων από την πλευρά των ενοχλήσεων, που μπορεί να προκαλέσει το οργανικό φόρτιο τους στο περιβάλλον.

Πρώτος ο Frankland το 1868 χρησιμοποίησε ένα είδος BOD ελέγχου στην προσπάθειά του να εκτιμήσει το ρυπαντικό φορτίο του ποταμού Τάμεση, αλλά η κατανάλωση διαλυμένου οξυγόνου από τους μικροοργανισμούς επροτάθηκε αργότερα (Dupré 1884), ενώ η συστηματική χρήση του BOD έγινε το 1912-13 από ειδική Βρετανική Επιτροπή (British Royal Commission on Sewage Disposal).

Ο ρυθμός της βιοχημικής αποδομήσεως εξαρτάται μεταξύ άλλων και από τη θερμοκρασία. Για συνθήκη αστικά λύματα σε 20°C χρειάζεται χρονικό διάστημα αρκετών ημερών (ίσως 70-90) για την πλήρη αποδόμηση. Η οξείδωση αυτή των οργανικών ουσιών γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο αποδομούνται κυρίως οι ενώσεις του άνθρακα, ενώ στο δεύτερο, που αρχίζει γύρω στη 10η μέρα (σε 20°C), όταν έχουν πια αναπτυχθεί αρκετά τα νιτροβακτήρια, οξειδώνονται οι αζωτούχες ενώσεις (νιτροποίηση), που έχουν κυρίως απομείνει παράλληλα με τα υπολείμματα του άνθρακα

Σαν μέτρο χρησιμοποιείται το απαιτούμενο οξυγόνο των πρώτων 5 ημερών σε 20°C BOD₅, που αντιπροσωπεύει τα 2/3 περίπου (68%) του απαιτούμενου συνολικά (τελικό) για την 1η φάση (ενώσεις του άνθρακα) και εκφράζεται, είτε σαν συγκέντρωση (π.χ. σε mg/l = g/m³), είτε σαν φορτίο (π.χ. σε g ή kg ή t/ημ.).

Η μεταβολή του BOD με το χρόνο για το 1ο στάδιο αποδομήσεως εκφράζεται από τον τύπο:

$$y = L_t = L(1 - e^{-kt}) \quad (2.2)$$

$$L_t = L(1 - 10^{-k't}) \quad (2.2')$$

όπου, $y = L_t$ = τιμή του BOD σε χρόνο t (μέρες)

L : ολικό (τελικό) BOD

k : (= 2,303k') = 0,115-0,7/ ημ. ή

k' : (= 0,4343k) = 0,05 -0,30

(μέσες τιμές: $k = 0,39$, $k' = 0,17$)

Για $k = 0,23$ ($k' = 0,10$) οξειδώνονται κάθε μέρα τα 20,6% των οργανικών ουσιών, που απομένουν στα λύματα (σε 20°C).

ΔΡΑΣΤΙΚΗ ΛΑΣΠΗ

1 Περιγραφή

Η μέθοδος της δραστικής λάσπης (activated sludge) αναπτύχθηκε στην Αγγλία το 1914 από τους Arden + Lockett και ονομάστηκε έτσι, λόγω της παραγωγής δραστικής μάζας (λάσπης) από μικροοργανισμούς, που έχει την ικανότητα της αερόβιας σταθεροποίησης των αποβλήτων.

Κατά τη μέθοδο αυτή τα απόβλητα οδηγούνται, μετά την πρωτοβάθμια συνήθως καθίζηση, σε αντιδραστήρα (δεξαμενή), όπου υποβάλλονται σε αερόβια σταθεροποίηση με τη συνεχή παροχή αέρα (οξυγόνου), είτε από αεραντλίες (διάχυση), είτε με μηχανική επιφανειακή ανάδευση (Εικ. 6.10).

Το περιεχόμενο του αντιδραστήρα, που ονομάζεται **μικτό υγρό** (mixed liquor), εμπλουτίζεται με τη δράση κυρίως των βακτηρίων με βιολογικές κροκύδες (Παρ. 5.7), που αποτελούν τους δραστικούς πυρήνες προσροφήσεως, αφομοιώσεως και αποδομήσεως των οργανικών ουσιών. Οι κροκύδες αυτές, που πρέπει να διατηρούνται πάντα σε αιώρηση μέσα στον αντιδραστήρα, με τη βοήθεια των φυσαλλίδων αέρα ή την ανάμιξη διαχωρίζονται και απομακρύνονται από το μικτό υγρό στη δεξαμενή καθιζήσεως, που ακολουθεί τη βιολογική επεξεργασία, προτού η τελική απορροή διατεθεί στον αποδέκτη.

Για την αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος παίζει αποφασιστικό ρόλο η ελεγχόμενη παρουσία των σαπροφυτικών μικροοργανισμών κατά την επεξεργασία. Με την απομάκρυνση της δραστικής λάσπης ελαττώνεται ο μικροβιακός πληθυσμός στον αντιδραστήρα, ενώ τα νεοεισερχόμενα σ' αυτόν λύματα δεν έχουν ακόμη εμπλουτισθεί και ενεργοποιηθεί.

Για τον άμεσο εμβολιασμό των εισερχομένων λυμάτων και την εξασφάλιση του επιθυμητού μικροβιακού πληθυσμού στο μικτό υγρό γίνεται πάντοτε ανακυκλοφορία δραστικής λάσπης, είτε από τη (2η) καθίζηση, είτε από τη γραμμή απορροής της δεξαμενής αερισμού (Εικ. 6.10, α, I και II), με ρυθμό συνήθως 25-50% της παροχής ή και περισσότερο (μέχρι 100 - 150%), ανάλογα με τις συνθήκες που επιδιώκεται να εξασφαλισθούν στη σχέση τροφής (F) και μικροβίων (M) ($U = F/M$, παρ. 5.4). Η περίσσεια λάσπη είτε αφαιρείται μαζί με την 1^η βάρθμια, είτε επαναφέρεται στην 1η καθίζηση (Εικ. 6.10, α, A' και B').

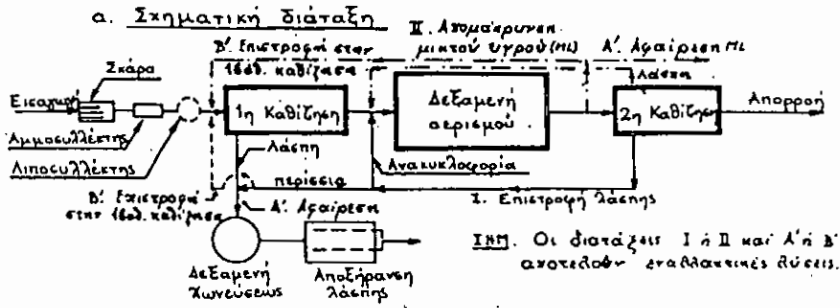
Η ανακυκλοφορία αυξάνει το μέσο χρόνο συγκρατήσεως της δραστικής λάσπης και την αντίστοιχη συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών του μικτού υγρού (MLSS) στον αντιδραστήρα.

Αυτό ισοδυναμεί με αύξηση του μέσου χρόνου παραμονής των μικροβίων ή της ηλικίας της λάσπης (θ_c), που σχετίζεται άμεσα με τη δημιουργία εξωτερικά του κυττάρου ζελατινώδους υμένα και το σχηματισμό βιολογικών κροκύδων. Για τα οικιακά λύματα ο απαιτούμενος χρόνος είναι 3-4 μέρες.

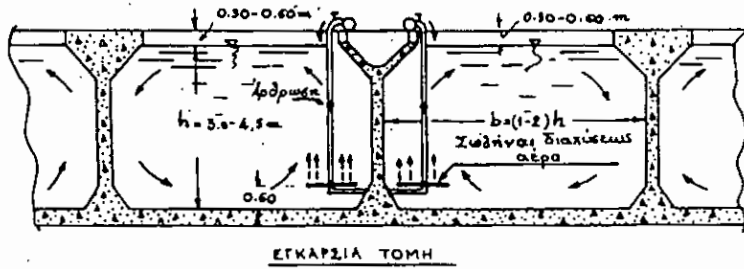
Εκτός από την αποδόμηση των οργανικών ουσιών, που είναι η κύρια επιδίωξη της βιολογικής επεξεργασίας, συχνά είναι επίσης επιθυμητό να σταθεροποιηθούν ορισμένες ανόργανες ενώσεις, όπως π.χ. η αμμωνία και τα νιτρώδη (NH_3 , NO_2), που μπορεί να δεσμεύσουν το διαλυμένο οξυγόνο στον υδάτινο αποδέκτη με τη διαδικασία της νιτροποίησης (παραγωγή NO_3).

Για τη διαδικασία αυτή χρειάζεται πρόσθετο οξυγόνο και επιμήκυνση του χρόνου συγκρατήσεως, γιατί τα νιτροβακτήρια, που είναι υπεύθυνα για αυτή την οξειδωση, είναι αυτότροφα (βλ. εδάφ. 2.2.β) και έχουν πολύ βραδύτερο χρόνο ανάπτυξεως από τα ετερότροφα, που ζουν σε βάρος οργανικών ουσιών. Για οικιακά λύματα, που υποβάλλονται σε επεξεργασία δραστικής λάσπης σε θερμοκρασία 21°-22°C, βρέθηκε ότι απαιτείται μέσος χρόνος παραμονής των μικροβίων τουλάχιστο 10 μέρες (βλ. εδάφ. 2.3.β.1).

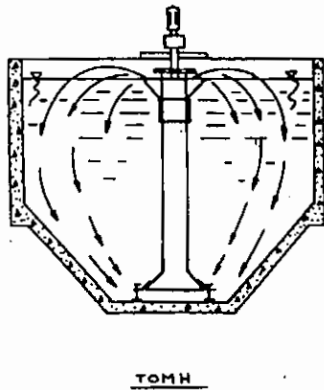
Εικ. 6.10 ΔΡΑΣΤΙΚΗ ΛΑΣΠΗ



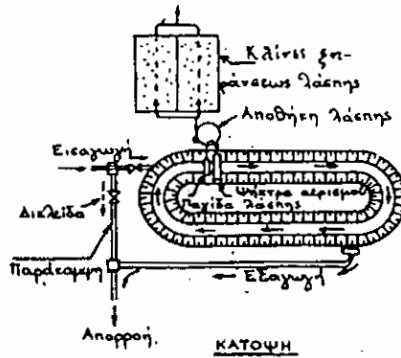
β. Δεξαμενή αερισμού με φυσαλίδες αέρα (συμβατική)



γ. Δεξαμενή με επιφανειακό αναμικτήρα (τύπου Simplex)



δ. Οξειδωτική τάσπος με ψήτρα αερισμού (παρατεταμένος αερισμός)



Τύποι διεργασιών και τροποποιήσεις

Η μέθοδος της δραστικής λάσπης παρουσιάζει μεγάλη ευλυγισία και δυνατότητα προσαρμογής, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη πολλών τύπων διεργασιών και τροποποιήσεων, για την αντιμετώπιση των ποικίλων προβλημάτων της βιολογικής επεξεργασίας των αποβλήτων.

α. Συμβατική μέθοδος (Conventional)

Αποτελείται από τη δεξαμενή αερισμού, τη δεύτερη καθίζηση και τη γραμμή επιστροφής της δραστικής λάσπης, από την οποία ένα μέρος επανακυκλοφορεί συνεχώς στο σύστημα (25-50% της παροχής), ενώ η περίσσια οδηγείται συνήθως στη δεξαμενή χωνεύσεως, γιατί περιέχει ακόμη σημαντική ποσότητα οργανικών (και ανόργανων ασταθών) ουσιών (Εικ. 6.11,α).

Η ροή στη δεξαμενή (αντιδραστήρα) είναι περίπου μορφής βύσματος. Τα λυμάτα (μετά την 1η καθίζηση) και η λάσπη από την ανακυκλοφορία εισάγονται στην αρχή της δεξαμενής, όπου αναμιγνύονται και αερίζονται σταθερά και ομοιόμορφα για 4-8 ώρες, με φυσαλλίδες αέρα ή με αναμικτήρα σ' όλη τη διαδρομή. Κατά την περίοδο αυτή λαβαίνει χώρα βιολογική κροκύδωση, προσφόρηση, αφομοίωση και οξειδωση (αποδόμηση) των οργανικών ουσιών, που απομακρύνονται τελικά με τη μορφή δραστικής λάσπης στη 2η καθίζηση.

Μειονέκτημα της συμβατικής μεθόδου, από άποψη αερισμού, είναι ότι η παροχή αέρα (O_2) είναι σταθερή σ' όλο το μήκος της δεξαμενής, ενώ η ζήτηση από τους οργανισμούς ελαττώνεται, καθώς λιγοστεύει η τροφή (Εικ. 6.11,α, δεξιά).

β. Μειούμενος αερισμός (Tapered-aeration)

Η μέθοδος αυτή είναι τροποποίηση της συμβατικής, με σκοπό να προσαρμόσει τον αερισμό (παροχή O_2) στις ανάγκες της ζήτησεως κατά μήκος της δεξαμενής (Εικ. 6.11, β).

Κατασκευαστικά συνίσταται στην προοδευτική αραιώση του συστήματος αερισμού από την αρχή προς το τέλος της δεξαμενής.

γ. Καθολική ανάμιξη (complete-mix)

Κατά τη μέθοδο αυτή (Εικ. 6.11,γ) επιδιώκεται η ομοιόμορφη εισαγωγή του μίγματος των λυμάτων και της λάσπης σ' όλο το μήκος της δεξαμενής και η αντίστοιχη εκροή τους, αφού υποβληθούν σε σταθερό αερισμό. Με τον τρόπο αυτό το οργανικό φορτίο και η ζήτηση οξυγόνου είναι σταθερά σ' όλο το μήκος της δεξαμενής αντίστοιχα με την παροχή του αέρα (O_2), πράγμα που επιτρέπει το διπλασιασμό σχεδόν του φορτίου έναντι της συμβατικής μεθόδου.

Το μικτό υγρό υφίσταται ομοιόμορφη καθολική ανάμιξη, καθώς κινείται από το κεντρικό αυλάκι εισαγωγής στα αυλάκια εκροής στις δύο πλευρές της δεξαμενής, από το διάχυτο αερισμό ή τους αναμικτήρες.

δ. Τμηματικός αερισμός (Step-aeration)

Η εισαγωγή των λυμάτων, αντί να γίνει στην αρχή της δεξαμενής, διαμοιράζεται σε περισσότερα σημεία (Εικ. 6.11, δ) και έτσι κατανέμεται πιο ομοιόμορφα η ζήτηση οξυγόνου, με αποτέλεσμα να αξιοποιείται καλύτερα η σταθερή προσφορά του από το σύστημα αερισμού.

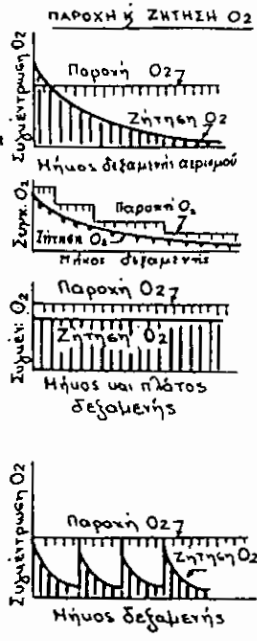
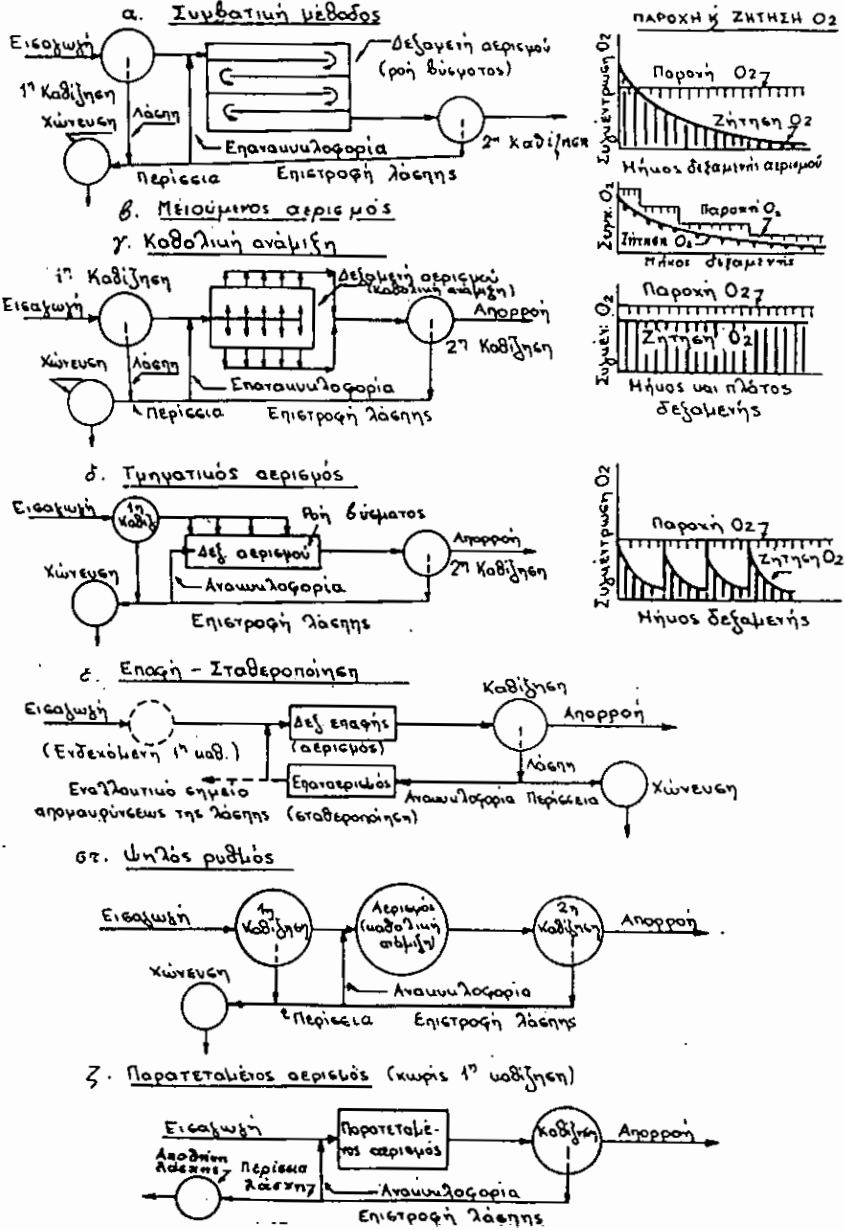
ε. Επαφή - σταθεροποίηση (Contact-stabilization)

Η μέθοδος αυτή αποβλέπει στην εκμετάλλευση της προσροφητικής ικανότητας της δραστικής λάσπης.

Όπως είναι παραδεκτό, η απομάκρυνση του BOD κατά τη μέθοδο της δραστικής λάσπης γίνεται σε δύο στάδια. Κατά το πρώτο, που διαρκεί 20-40 λεπτά, τα περισσότερα από τα λεπτά αιωρούμενα, τα κολλοειδή και τα διαλυμένα οργανικά προσροφώνται από τη δραστική λάσπη, ενώ κατά το δεύτερο στάδιο αφομοιώνονται και οξειδώνονται.

Στη συμβατική μέθοδο τα δύο αυτά στάδια γίνονται στην ίδια δεξαμενή, ενώ

Εικ. 6.11 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΡΟΗΣ ΔΡΑΣΤΙΚΗΣ ΛΑΣΠΗΣ



στην επαφή - σταθεροποίηση οι δύο φάσεις ξεχωρίζονται και γίνεται σε διαφορετικές δεξαμενές (Εικ. 6.11,δ).

Τα λύματα, μετά από ενδεχόμενη 1η καθίζηση, αναμιγνύονται με την επιστρέφουσα λάσπη και αερίζονται σε δεξαμενή επαφής για 30-90 λεπτά. Κατά την περίοδο αυτή τα οργανικά προσροφώνται από τις κροκίδες της λάσπης. Στη συνέχεια η εμπλουτισμένη με οργανικά λάσπη διαχωρίζεται με καθίζηση από τα λύματα και αερίζεται για 3-6 ώρες σε ειδική δεξαμενή σταθεροποίησης. Κατά την περίοδο αυτή τα οργανικά χρησιμοποιούνται από τους οργανισμούς για ενέργεια και παραγωγή νέων κυττάρων. Μέρος της λάσπης (περίσσια) απομακρύνεται για τη διατήρηση σταθερής συγκεντρώσεως πτητικών αιωρούμενων στερεών του μικτού υγρού (ΠΑΣΜΥ, MLVSS) στις δύο δεξαμενές.

Με τη μέθοδο αυτή ο απαιτούμενος όγκος αερισμού είναι περίπου 50% της συμβατικής και είναι δυνατός ο διπλασιασμός της ικανότητας υφιστάμενης μονάδας, εάν μετασκευασθεί σε εγκατάσταση επαφής - σταθεροποίησης με μικρές σχετικά τροποποιήσεις κυρίως στο σύστημα των σωληνώσεων.

Η μέθοδος αυτή έχει αποδειχθεί πολύ ικανοποιητική για αστικά λύματα, προκειμένου όμως για βιομηχανικά απόβλητα πρέπει να προηγηθεί εργαστηριακός έλεγχος. Γενικά η απόδοσή της είναι πολύ περιορισμένη για απόβλητα με διαλυτά κυρίως οργανικά.

στ. Ψηλός ρυθμός (high-rate)

Η παραλλαγή αυτή της συμβατικής μεθόδου αποτελεί συνδυασμό μεγάλου υδραυλικού (και οργανικού) φορτίου (περίπου τριπλάσιο του συμβατικού) και ψηλής συγκεντρώσεως αιωρούμενων στερεών στο μικτό υγρό (MLSS). Ο συνδυασμός αυτός επιτρέπει τελικά ψηλές τιμές της σχέσης $U = \frac{F}{M}$ (0,4 - 1,5) με μεγάλο διάστημα παραμονής των μικροβίων (ηλικία λάσπης) και περιορισμένο χρόνο συγκρατήσεως των υγρών (0,5 - 2,0 ώρες), ώστε να μην αυξάνει πολύ ο όγκος της δεξαμενής αερισμού (Εικ. 6.11, στ.).

Η μέθοδος απαιτεί έντονη ανάμιξη στον αντιδραστήρα για τη μεταφορά του οξυγόνου και τον έλεγχο του μεγέθους των κροκίδων. Πάντως το μικτό υγρό βρίσκεται σε φάση αυξήσεως των μικροβίων (Εικ. 5.4) και ο ρυθμός καθιζήσεως είναι περιορισμένος.

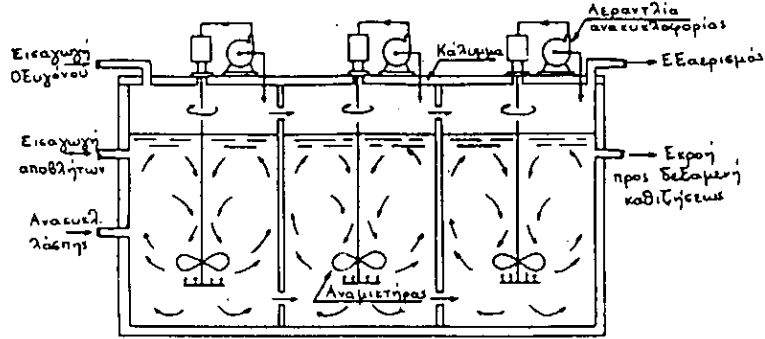
ζ. Παρατεταμένος αερισμός (Extended aeration)

Κατά τη μέθοδο αυτή γίνεται πολύωρος αερισμός (24 ώρες και περισσότερο), με αποτέλεσμα η διαδικασία αναπτύξεως να βρίσκεται στην ενδογενή φάση (Εικ. 5.4) και η τελική λάσπη να είναι σε σημαντικό βαθμό οξειδωμένη, ώστε να μη χρειάζεται άλλη επεξεργασία σταθεροποίησης. Για το λόγο αυτό παραλείπεται η πρωτοβάθμια καθίζηση, ώστε να μην υπάρχει ανάγκη και για δεξαμενή χωνεύσεως (Εικ. 6.11, ζ). Η σταθεροποιημένη λάσπη μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να διατεθεί μαζί με την τελική απορροή, αν τα περίσσια στερεά δεν δημιουργούν προβλήματα στον αποδέκτη. Επίσης μπορεί η πλεονάζουσα λάσπη να μην αφαιρείται συνεχώς από το σύστημα αερισμού, αλλά να συγκεντρώνεται εκεί σε σημαντική ποσότητα (ίσως μέχρι $MLSS = 10.000 \text{ mg/l}$) και να αφαιρείται περιοδικά. Με κανονικές συνθήκες τα αιωρούμενα στερεά του μικτού υγρού (MLSS) αυξάνουν με ρυθμό 40-60 mg/l.ημ για αστικά λύματα.

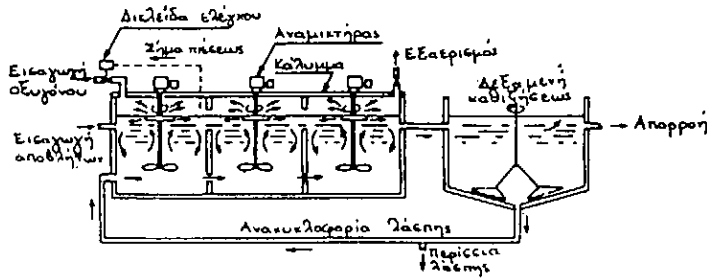
Το σύστημα του παρατεταμένου αερισμού μπορεί να δέχεται περιοδικά (κατά διαστήματα) τα φορτία χωρίς να αστοχεί. Προσφέρεται ιδιαίτερα για μικρές μονάδες (μέχρι 4000 $\text{m}^3/\text{ημ}$) και κυκλοφορεί ευρύτατα σε τυποποιημένους συμπυκνείς εμπορικούς τύπους (ευρεσιτεχνίες).

Εικ. 6.12 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΡΑΣΤΙΚΗΣ ΛΑΣΠΗΣ ΜΕ ΚΑΘΑΡΟ ΟΞΥΓΟΝΟ

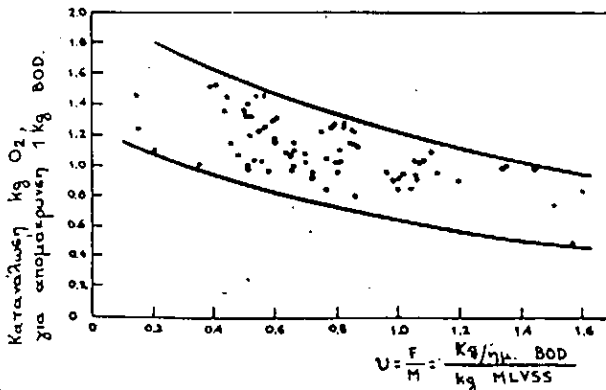
Α. Σχηματική διάταξη δεξαμενής οξυγόνωσης με διάχυση



Β. Σχηματική διάταξη εκκαταστάσεως με επιφανειακή ανάμιξη



Γ. Σχέση καταναλώσεως O_2 για απομάκρυνση του BOD, με το λόγο τροφής προς μικρόβια, σε σύστημα καθαρού οξυγόνου*



* ΠΗΓΗ Oxygen Activated Sludge Wastewater Treatment Systems, Environmental Protection Agency, Technology Transfer, Aug. 1973.

Η οξειδωτική τάφρος (oxidation ditch) αποτελεί εφαρμογή του παρατεταμένου αερισμού για μικρούς οικισμούς και ιδρύματα και έχει σημαντική εφαρμογή στην Ευρώπη και στις Η.Π.Α.

Στην απλούστερη μορφή της (Εικ. 6.10,δ) αποτελείται από ελλειψοειδή σε κάτοψη τάφρο με τραπεζοειδή διατομή, στην οποία γίνεται ανάμιξη και συνεχής περιφορά των λυμάτων ($U = 0,30-0,60$ m/sec), με τη βοήθεια ψήκτρας, που περιστρέφεται γύρω σε εγκάρσιο οριζόντιο άξονα.

Η λειτουργία της οξειδωτικής τάφρου του πιο πάνω σχήματος είναι διαλείπουσα, μπορεί όμως με ορισμένες τροποποιήσεις να γίνει συνεχής. Στη διαλείπουσα λειτουργία ο κύκλος περιλαμβάνει:

- α) Κλείσιμο της δικλείδας εισαγωγής και αερισμός των λυμάτων, πράγμα που προϋποθέτει ορισμένη ικανότητα αποθηκείσεως των νέων αποβλήτων μέσα στο δίκτυο ή σε δεξαμενή αντλήσεως.
- β) Σταμάτημα της ψήκτρας και καθίζηση της λάσπης.
- γ) Άνοιγμα των δικλείδων εισαγωγής και εξαγωγής, οπότε τα εισερχόμενα απόβλητα εκτοπίζουν ίσο ποσό επεξεργασμένων λυμάτων.

Η λάσπη, που είναι σταθεροποιημένη, αφαιρείται περιοδικά και αποθηκεύεται για επιτόπια αποξήρανση ή αποκομιδή με βυτιοφόρο σε εγκεκριμένη θέση.

η. Συστήματα καθαρού οξυγόνου (Pure-oxygen systems)

Βασικό χαρακτηριστικό αυτής της διαδικασίας είναι η χρησιμοποίηση σχεδόν καθαρού οξυγόνου (high purity oxygen) αντί ατμοσφαιρικού αέρα (περίπου 21% O_2), που πρέπει να παράγεται επί τόπου για οικονομικούς λόγους, είτε με τη μέθοδο της υγροποίησης και κλασματικής αποστάξεως του αέρα είτε με χρήση ειδικών ουσιών προσροφήσεως (για μικρές μονάδες).

Η δεξαμενή αερισμού είναι χωρισμένη σε διαμερίσματα και καλυμμένη στεγανά. Το οξυγόνο εισάγεται στον ελεύθερο χώρο πάνω από τα λύματα και είτε οδηγείται με ανακυκλοφορία μέσα στο μικτό υγρό, που αναμιγνύεται μηχανικά, είτε απορροφάται με την έντονη ανατάραξη, που δημιουργούν επιφανειακοί αναμικτήρες (Εικ. 6.12,α και β αντίστοιχα).

Επειδή το O_2 καταναλίσκεται από τους μικροοργανισμούς και ελευθερώνεται CO_2 , πρέπει να προστίθεται συνεχώς οξυγόνο στην αρχή και να γίνεται εξαερισμός στο τέλος (με 10 - 20% O_2).

Σύμφωνα με το νόμο του Henry, αν η μέση μερική πίεση του οξυγόνου πάνω από το υγρό είναι περίπου 0,8 της ατμοσφαιρικής (δηλ. 80% O_2 , έναντι 21% στον αέρα), τότε το ποσό του O_2 , που μπορεί να διαλυθεί στο υγρό, είναι περίπου 4πλάσιο σε σύγκριση με τις κανονικές συνθήκες.

Η χρήση καθαρού οξυγόνου έχει πολλά πλεονεκτήματα. Αυξάνει την απόδοση του συστήματος με την ψηλή συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών στο μικτό υγρό, που επιτρέπει ($MLSS = 4.000-8.000$ mg/l). Το διαλυμένο οξυγόνο στο μικτό υγρό ανέρχεται σε 3-9 mg/l με αποτέλεσμα την αξιοποίηση του οξυγόνου κατά 90% περίπου. Οι οσμές πρακτικά εξαλείφονται, λόγω του έντονου αερόβιου περιβάλλοντος, που επικρατεί. Ο χρόνος αερισμού συντομεύεται σημαντικά (1-3 ώρ.) και η απόδοση είναι υψηλή (ελάττωση BOD κατά 85-95%).

Στοιχεία υπολογισμού

Βασικά στοιχεία για τη σχεδίαση μιας μονάδας δραστικής λάσπης είναι ο υπολογισμός του όγκου της δεξαμενής αερισμού και της απαιτήσεως του συστήματος σε οξυγόνο. Τα στοιχεία αυτά εκτιμώνται με βάση την ποιότητα και ποσότητα των αποβλήτων, την επιτρεπτή φόρτιση του συστήματος και τον επιθυμητό βαθμό καθαρισμού ανάλογα με τις συνθήκες του τελικού αποδέκτη.

Συμπληρωματικά εξετάζονται τα απαιτούμενα θρεπτικά υλικά και η επιστρέφουσα λάσπη.

ΜΕΛΕΤΗ

**ΜΟΝΑΔΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΩΝ
ΚΤΙΡΙΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ
ΑΓΩΓΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ**

ΝΟΤΙΟΣ ΤΟΜΕΑΣ ΕΛΕΥΣΙΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. - ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. - ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΑΔΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. - ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΑΣΠΗΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. - ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. - ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μελέτη αυτή αναφέρεται στην εγκατάσταση μονάδας βιολογικής επεξεργασίας των λυμάτων των Κτηρίων Λειτουργίας και Συντήρησης του Συστήματος Φυσικού Αερίου του Νότιου Τομέα.

Η εγκατάσταση που προτείνουμε είναι σύμφωνη με τις απαιτήσεις του ιδιοκτήτη.

Στα επόμενα κεφάλαια αναλύονται τα βασικά χαρακτηριστικά και μεγέθη της μονάδας, γίνεται δε πλήρης περιγραφή της λειτουργίας της. Παρακάτω δίνονται ορισμένες παραδοχές που λήφθηκαν υπόψη κατά τη μελέτη της μονάδας.

- α. Η διάταξη θα πρέπει να προσαρμόζεται αισθητικά στον περιβάλλοντα χώρο.
- β. Η εγκατάσταση δεν θα επηρεάζεται από μικρές διακοπές του ηλεκτρικού ρεύματος και σε περίπτωση μακροχρόνιων διακοπών θα λειτουργεί σαν σηπτικός βόθρος.
- γ. Η ποσότητα λάσπης που προορίζεται για αποκομιδή υπολογίστηκε με βάση 0.5 kg ξέρης λάσπης ανά 1 kg BOD5 και περιεκτικότητα συμπυκνωμένης λάσπης 3%.

2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Για τον υπολογισμό της εγκατάστασης λάβαμε υπ' όψη τις απαιτήσεις του έργου και τα αναφερόμενα στα τεύχη της σχετικής νομοθεσίας. Από την παράθεση και απλή επεξεργασία τους προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας:

Πρωτογενή απόβλητα

- Ατομα (Εξυπηρετούμενα/ημέρα)	250
- Βιολογικό φορτίο ανά άτομο (BOD5)	40 gr/άτ./ημέρ.
- Υδραυλική παροχή ανά άτομο	40 lt/ημ/ατ.
- Υδραυλική παροχή (AVE)	10 m ³ /ημέρα
- Υδραυλική παροχή (MAX)	1.25 m ³ /ώρα
- Βιολογικό φορτίο (BOD5)	10 kg/ημ.
- Ωρες λειτουργίας	16 h/ημέρα

Επεξεργασμένα απόβλητα

- Συγκέντρωση BOD5	30 PPM
- Αιωρούμενα στερεά	40 PPM

3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Για την μέθοδο επεξεργασίας που εξετάζουμε, διαλέξαμε την μέθοδο της ενεργού λάσπης (ACTIVATED SLUDGE) και πιο συγκεκριμένα, την κατηγορία της ενεργού λάσπης με παρατεταμένο αερισμό (EXTENDED AERATION).

Αυτή η μέθοδος - όπως όλες οι βιολογικές μέθοδοι - βασίζεται στην γρηγορότερη και πληρέστερη αποικοδόμηση των οργανικών ουσιών των αποβλήτων. Τα πλεονεκτήματά της αναφέρονται στο τέλος αυτού του κεφαλαίου. Η αποικοδόμηση γίνεται με τα βιοσυστήματα που αναπτύσσονται στα συσσωματώματα της ενεργού λάσπης που περιέχουν κυρίως βακτηρίδια και πρωτόζωα. Στην πορεία αυτής της μεθόδου διακρίνονται τα ακόλουθα στάδια:

- α. Μικρή ταχύτητα αντίδρασης που οφείλεται στην προσπάθεια των μικροοργανισμών να προσαρμοσθούν στην συγκεκριμένη ποιότητα των αποβλήτων που προορίζονται για επεξεργασία.
- β. Μεγάλη ταχύτητα αντίδρασης και μεγάλη μείωση του BOD λόγω της προσαρμογής και της ύπαρξης άφθονου οργανικού υποστρώματος.
- γ. Μείωση ταχύτητας βιοσυστημάτων μέχρις οριακής τιμής λόγω κορεσμού.
- δ. Μείωση του αριθμού των μικροοργανισμών λόγω της μείωσης του οργανικού υποστρώματος από την αποικοδόμηση που γίνεται. Οι μικροοργανισμοί τρέφονται πια με την οργανική ύλη των συσσωμάτων της ενεργού λάσπης και ο θάνατός τους έρχεται όταν εξαντληθεί όλη η ποσότητα της οργανικής ύλης.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΜΕΘΟΔΟΥ

- Μεγάλος χρόνος αερισμού με αποτέλεσμα μεγάλο βαθμό απόδοσης.
- Πλήρης αποικοδόμηση του οργανικού φορτίου με αποτέλεσμα την μείωση στο ελάχιστο της λάσπης που περισσεύει.
- Μικρός χώρος εγκατάστασης επειδή δεν είναι απαραίτητο να κατασκευασθεί σύστημα επεξεργασίας - διάθεσης λάσπης.
- Εντατικές αερόβιες συνθήκες που διασφαλίζουν το σύστημα από οσμές, παρουσία εντόμων, κ.α.
- Απλή λειτουργία και συντήρηση που δεν απαιτεί ειδικευμένο προσωπικό.

4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΑΔΑΣ

Η μονάδα επεξεργασίας που εξετάζουμε περιλαμβάνει τα παρακάτω βασικά τμήματα.

- Φρεάτιο εσχάρωσης
- Δεξαμενή αμμοσυλλογής
- Δεξαμενή αερισμού
- Δεξαμενή καθίζησης
- Δεξαμενή χλωρίωσης
- Δεξαμενή συλλογής επεξεργασμένων λυμάτων
- Φυσητήρας (BLOWER)
- Διάταξη χλωρίωσης
- Διάταξη μεταφοράς και διανομής αέρα
- Διάταξη ανακυκλοφορίας λάσπης
- Υπερχειλιστές, διαφράγματα
- Υδραυλική εγκατάσταση
- Ηλεκτρική εγκατάσταση

Τα υγρά απόβλητα, στο συνολό τους, καταλήγουν με φυσική ροή στο κεντρικό φρεάτιο συλλογής.

Για την εύρυθμη λειτουργία της μονάδας του βιολογικού καθαρισμού, που ακολουθεί, θα πρέπει προληπτικά να τηρούνται τα παρακάτω.

- Τα λύματα και τα απόνερα δεν χρειάζονται καμμία προεργασία, θα πρέπει όμως να μη περιέχουν μεγάλες ποσότητες χημικών (ιδιαίτερα αντισηπτικών, χλωρίνης), που είναι δυνατόν να θανατώνουν τους αερόβιους μικροοργανισμούς στη Μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού.

- Τα απόνερα από τις κουζίνες θα πρέπει να περνούν από σωστά σχεδιασμένους λιποσυλλέκτες, ώστε να καθαρίζονται τα λίπη, τα οποία καμμία Μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού δεν μπορεί να διασπάσει.

- Τα απόβλητα δεν πρέπει να περιέχουν χημικές ουσίες, τοξικές ουσίες ή μεγάλες ποσότητες οξέων ή βάσεων, που είναι δυνατόν να αλλοιώσουν το ΡΗ της Μονάδας. Τα απόνερα εισέρχονται στο φρεάτιο εσχάρωσης όπου απομακρύνονται τα ογκώδη στερεά. Στη συνέχεια περνούν στην δεξαμενή εξάμωσης και έπειτα ρέουν στην δεξαμενή αερισμού. Ο αέρας που προέρχεται από το φυσητήρα διανέμεται με κατάλληλη διάταξη διαχυτών αέρα (DIFFUSERS), μέσα στην μάζα των αποβλήτων, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται πλήρης ανάμιξη και αερισμός τους, παράλληλα δε στην δεξαμενή αερισμού, με την βοήθεια κατάλληλης διάταξης ανακυκλοφορίας, μεταφέρεται η λάσπη από την δεξαμενή καθίζησης και αναμιγνύεται με τα πρωτογενή απόβλητα για να εξασφαλιστεί έτσι η ομαλή λειτουργία του συστήματος (ενεργοποίηση, αποικοδόμηση).

Υστερα τα απόβλητα προχωρούν στην δεξαμενή καθίζησης, όπου, με την βοήθεια διαφράγματος για την εξασφάλιση αδιατάρακτης ροής γίνεται η ταχύτερη καθίζηση των αιωρούμενων καθιζανόντων στερεών και η πληρέστερη διαύγαση του υπερκείμενου υγρού. Η δεξαμενή καθίζησης έχει τετραγωνική διατομή και κεκλιμένα πλευρικά τοιχώματα για να διευκολύνεται η συγκέντρωση και η ανακυκλοφορία της λάσπης που καθιζάνει. Αυτή η λάσπη οδηγείται με σύστημα αεραντλίας στη δεξαμενή αερισμού.

Επίσης τα επιπλέοντα στερεά με παρόμοιο σύστημα οδηγούνται και αυτά στην δεξαμενή αερισμού.

Θα κατασκευαστεί μηχανοστάσιο διαστάσεων 2.0 m X 3.0 m όπου θα τοποθετηθεί ο φυσητήρας, το σύστημα παροχής χλωρίου, ο ηλεκτρικός πίνακας και θα υπάρχει χώρος για αποθήκευση βοηθητικών υλικών.

Από την δεξαμενή καθίζησης δια μέσου κατάλληλου υπερχειλιστή, τα καθαρά και διαυγή υγρά ρέουν για απολύμανση στην δεξαμενή χλωρίωσης που είναι κατάλληλα διαμορφωμένη για να πραγματοποιείται μαιανδρική ροή και να αποφεύγονται τα υδραυλικά βραχυκυκλώματα. Η επαφή χλωρίου με τα επεξεργασμένα απόβλητα εξασφαλίζεται για χρόνο μεγαλύτερο από 20 min. Η διάταξη χλωρίωσης είναι δυνατό να ρυθμίζεται χειροκίνητα για να γίνεται η προσαρμογή της ποσότητας του απολυμαντικού μέσου που προστίθεται προς τον όγκο των επεξεργασμένων λυμάτων.

Από εκεί τα επεξεργασμένα και απολυμανθέντα απόβλητα συγκεντρώνονται σύμφωνα με τις συγκεκριμένες απαιτήσεις στην δεξαμενή συλλογής επεξεργασμένων λυμάτων. Από την δεξαμενή αυτή με κατάλληλο αντλητικό συγκρότημα οδεύουν προς διάθεση.

Για την διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων επιλέγεται η μέθοδος της άρδευσης. Θεωρούμε ότι το έδαφος έχει μέση υδροπερατότητα και θα καλυφθεί με κατάλληλη βλάστηση όπως θάμνους, δενδρύλια, χλοοτάπητας κ.λ.π.

Λαμβάνουμε μέγιστη υδραυλική φόρτιση εδάφους 2 cm/ημ και ενδεικτική φόρτιση εδάφους (λόγω εξατμισοδιαπνοής και απορρόφησης από το υπέδαφος) 100 cm/έτος.

Τέλος δεχόμαστε επιτρεπτό οργανικό φορτίο εδάφους 3 kg/m²/έτος και αιωρούμενων στερεών 3 kg/m²/έτος.

Το ημερήσιο υδραυλικό φορτίο ανέρχεται σε 10 m³/ημ.

Το βιολογικό φορτίο των επεξεργασμένων λυμάτων ανέρχεται σε 300gr/ημ και το φορτίο των αιωρούμενων στερεών σε 400 gr/ημ. ή 109.5 kg/έτος και 146 kg/έτος αντίστοιχα.

Η απαιτούμενη επιφάνεια για άρδευση κατόπιν των ανωτέρω είναι: 10 m³/ημ X 365 ημ./έτος = 3.650 m³/έτος.

3.650 m³/έτος: 1 m/έτος = 3.650 m²/έτος

Επίσης οι απαιτήσεις για το βιολογικό φορτίο και τα αιωρούμενα είναι:

109.5 kg BOD₅/έτος : 3 kg/m²/έτος = 36 m²

140 kg/έτος : 3 kg/m²/έτος = 47 m² αντίστοιχα.

Από τις παραπάνω απαιτούμενες εκτάσεις η μεγαλύτερη απαίτηση είναι αυτή των 3.650 m²/έτος λόγω υδραυλικού φορτίου. Η παραπάνω έκταση είναι πολύ μικρότερη της διατιθέμενης.

5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

5.1 Δεξαμενή εξάμωσης

Βάσει των ισχυόντων συντελεστών οι υπολογισμοί καταλήγουν σε πολύ μικρή δεξαμενή. Έτσι για λόγους κατασκευαστικούς και λειτουργικούς επιλέγονται διαστάσεις (μήκος/πλάτος/ύψος) 1.5 m X 0.5 m X 0.5 m.

5.2 Δεξαμενή αερισμού

Για την δεξαμενή αερισμού, σε εφαρμογή της μεθόδου του παρατεταμένου αερισμού (EXTENDED AERATION) που προτείνεται, δεχτήκαμε φορτίο 40 gr BOD5/άτομο/ημ. οπότε με ολικό βιολογικό φορτίο 10 kg BOD5/ημ. και φόρτιση 0.25 kg BOD5/m³ Δ.Α. ημ, οπότε ο όγκος της δεξαμενής αερισμού υπολογίζεται σε 10/0.25 = 40 m³. Με σκοπό την τοποθέτηση μιάς σειράς AIR HEADER και DIFFUSERS επιλέγονται διαστάσεις (μήκος/πλάτος/ύψος) 4.0 m X 4.0 m X 3.0 m.

5.3 Δεξαμενή καθίζησης

Για την δεξαμενή καθίζησης και για τις συνθήκες της μέγιστης παροχής, δεχτήκαμε επιφανειακή φόρτιση 0.7 m³/m²/h, οπότε με αιχμή 1.25 m³/h η επιφάνεια της δεξαμενής καθίζησης υπολογίζεται σε 1.25/0.7 = 1.78 m³ και ο όγκος σε 3.12 m³. Επιλέγονται για την συμμετρία της κατασκευής διαστάσεις (μήκος/πλάτος/ύψος) 2.0 m X 2.0 m X 3.0 m .

5.4 Δεξαμενή χλωρίωσης

Για την δεξαμενή χλωρίωσης δεχτήκαμε χρόνο επαφής αποβλήτων - χλωρίου 30 min οπότε με παροχή αιχμής 1.25 m³/h, ο όγκος της δεξαμενής υπολογίζεται 1.25/2 = 0.62 m³. Επιλέγονται για την συμμετρία της κατασκευής διαστάσεις (μήκος/πλάτος/ύψος) 1.0 m X 2.0 m X 1.0 m.

5.5 Παροχή αέρα - BLOWER

Για τον υπολογισμό του αέρα δεχτήκαμε 200 m³ αέρα/kg BOD5, οπότε για βιολογικό φορτίο 10.0 kg/ημ, ο όγκος του αέρα υπολογίζεται σε 2.000 m³/ημ ή 84 m³/h.

5.6 Υποχλωριώδες νάτριο - Δοσιμετρική αντλία

Για την τελική απολύμανση των αποβλήτων θα χρησιμοποιηθεί υποχλωριώδες νάτριο 14% σε ποσότητα ισοδύναμου χλωρίου. Απαιτούνται 8 g χλωρίου για κάθε kg

BOD5 αποβλήτων. Άρα για 10 kg BOD5/ημέρα απαιτούνται $8 \times 10 \times 100/14 = 571.4$ ml διαλύματος NaClO 14% ανά ημέρα ή 24 ml/h.

Επιλέγονται δοσιμετρικές αντλίες (η μία εφεδρική) μέγιστης παροχής 4 l/h, με περιοχή ρύθμισης 0.0 - 4.0 l/h.

5.7 Δεξαμενή συλλογής επεξεργασμένων αποβλήτων

Τα επεξεργασμένα απόβλητα οδηγούνται με βαρύτητα μετά την δεξαμενή χλωρίωσης σε δεξαμενή αποθήκευσης όγκου περίπου 20 m^3 , διαστάσεων (μήκος X πλάτος X ύψος) 3.0 m X 2.0 m X 3.5 m.

6. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΑΣΠΗΣ

Η παραγωγή λάσπης στο σύστημα που προτείνουμε υπολογίζεται σε 0.5 kg ξερής λάσπης (DRY MATER) ανά 1 kg BOD5.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση δεχόμαστε $10 \times 0.5 = 5.0$ kg ξερής ουσίας ανά ημέρα ή για περιεκτικότητα συμπυκνωμένης λάσπης 3%, $100 \times 5.0/3 = 167$ l/ημ. ή 0.167 m³/ημ.

7. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ

7.1 Φρεάτιο Εσχάρας

Αριθμός τεμαχίων	1
Διαστάσεις	0.5 m X 0.5 m X 0.5 m

7.2 Δεξαμενή εξάμμοσης

Αριθμός τεμαχίων	1
Διαστάσεις	1.0 m X 0.5 m X 0.5 m

7.3 Δεξαμενή αερισμού

Αριθμός τεμαχίων	1
Βαθμός φόρτισης	0.25 kg BOD5/m ³
Όγκος	48 m ³
Χρόνος παραμονής (min)	38 h
Μήκος	4.0 m
Πλάτος	4.0 m
Υψος	3.0/3.5 m

7.4 Δεξαμενή καθίζησης

Αριθμός τεμαχίων	1
Επιφανειακή φόρτιση (MAX)	0.7 m ³ /m ² /h
Απαιτούμενη επιφάνεια	1.78 m ²
Όγκος	11.1 m ³
Χρόνος παραμονής (MIN)	8.9 h
Μήκος	2.0 m
Πλάτος	2.0 m
Υψος (ΩΦ/ΟΛ)	3.0/3.5 m

7.5 Δεξαμενή χλωρίωσης

Αριθμός τεμαχίων	1
Χρόνος επαφής	30 min
Όγκος	2.0 m ³
Μήκος	2.0 m
Πλάτος	1.0 m
Υψος (ΩΦ/ΟΛ)	1.0/2.0 m

7.6 Δεξαμενή συλλογής επεξεργασμένων λυμάτων

Αριθμός τεμαχίων	1
Όγκος	21 m ³
Μήκος	3.0 m
Πλάτος	2.0 m
Υψος	3.5 m

8. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ Η-Μ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

8.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

8.1.1 Κεντρικός διανομέας αέρα (AIR HEADER)

Ο κεντρικός διανομέας αέρα κατασκευάζεται από ελατό χάλυβα τετραγωνικής διατομής και είναι εξοπλισμένος με μερικές διατάξεις διανομής αέρα έτσι ώστε να είναι δυνατή η ομοιόμορφη παροχή στην μάζα των λυμάτων της μεγαλύτερης δυνατής ποσότητας αέρα.

Ο κεντρικός διανομέας αέρα έχει επαρκές μήκος από την μία άκρη της δεξαμενής αερισμού έως την άλλη με μικρό διάκενο ασφαλείας. Δεξαμενές μεγαλύτερες από 3.70m έχουν συνήθως δύο AIRHEADER συνδεδεμένα αξονικά με σύνδεσμο. Η στερέωση του κεντρικού διανομέα αέρα γίνεται με καταλληλή διάταξη, επιφανειακά δε προστατεύεται με εποξειδική βαφή.

8.1.2 Μερικοί διανομείς και διαχυτές αέρα (DROP PIPES AND DIFFUSERS)

Κάθε μερικός διανομέας αέρα αποτελείται από γαλβανισμένο σωλήνα διαμέτρου 1" και συνδέεται κατά το ένα άκρο στον κεντρικό διανομέα αέρα, ενώ στο άλλο άκρο ο αέρας από κάθε διαχυτή διανέμεται στην μάζα των αποβλήτων ομοιόμορφα, δημιουργώντας τις πιο κατάλληλες συνθήκες οξυγόνωσης. Ο διαχυτής αέρα επίσης είναι σχεδιασμένος για απρόσκοπτη λειτουργία, δεδομένου ότι είναι ανοικτού τύπου και από υλικό ανθεκτικό στην διάβρωση και επίδραση χημικών. Παράλληλα η εργασία για έλεγχο και συντήρηση είναι πολύ απλή. Τέλος η απόδοση των διαχυτών αέρα είναι τέτοια ώστε να διασφαλίζουν την επιφάνεια του οξυγόνου που απαιτείται για την επεξεργασία του βιολογικού φορτίου που σχεδιάστηκε η μονάδα.

8.1.3 Φυσητήρας (BLOWER)

Η παροχή αέρα στην μονάδα γίνεται με φυσητήρα τύπου ROOT ή φυγοκεντρικό.

8.1.4. Κινητήρας και κίνηση

Ο φυσητήρας (BLOWER) κινείται μέσω ενός συστήματος τροχαλιών - ιμάντων, από ένα κατάλληλο αερόψυκτο κινητήρα με ισχύ 20% τουλάχιστον μεγαλύτερη από την μέγιστη απορροφούμενη. Με αλλαγή των τροχαλιών είναι δυνατή η προσαρμογή του παρεχόμενου αέρα σε μικρότερα βιολογικά φορτία.

8.1.5 Σωληνώσεις και βαλβίδες

Το σύστημα παροχής αέρα από τον φυσητήρα περιλαμβάνει την κατάλληλη κατά περίπτωση διάταξη σωληνώσεων.

8.1.6 Πίνακας λειτουργίας και ελέγχου

Ο πίνακας ελέγχου είναι στεγανός και περιέχεται σε ένα κιβώτιο από λαμαρίνα κατάλληλα βαμμένη και ψημένη, είναι δε κατάλληλος για απ' ευθείας σε σειρά λειτουργία και είναι εφοδιασμένος με τον ακόλουθο εξοπλισμό.

- Μπροστινή πόρτα ασφαλείας με κλειδαριά και στεγανή προσαρμογή
- Κύριες ασφάλειες υψηλής ικανότητας διακοπής (HCR)
- Τριφασικό ρελέ για προστασία από θερμική υπερφόρτιση
- Τριφασική διάταξη με προστασία ελλείψεως (τάσης)
- Περιστροφικούς διακόπτες επιλογής που επιτρέπουν την αυτόματη επανεκκίνηση σε περίπτωση διακοπής ρεύματος.

Στην πράξη, ο αυτόματος εκκινητής εξασφαλίζει την συνεχή παροχή αέρα, απαραίτητου για την επεξεργασία των λυμάτων.

8.1.7 Διάφραγμα ηρεμίας

Το διάφραγμα ηρεμίας τοποθετείται στην άκρη της δεξαμενής καθίζησης και σκοπό έχει να εξασφαλίσει συνθήκες απόλυτης ηρεμίας στο χώρο της καθίζησης. Κατασκευάζεται από ανοξείδωτο έλασμα πάχους 2mm, έχει διαστάσεις 0.7 m X 0.5 m X 0.1 m.

8.1.8 Οδοντωτός υπερχειλιστής

Ο οδοντωτός υπερχειλιστής κατασκευάζεται από ανοξείδωτο έλασμα πάχους 2mm τοποθετείται κατά το πλάτος της δεξαμενής καθίζησης και μεταφέρει τα διαυγή υπερχειλίζοντα υγρά στην δεξαμενή χλωρίωσης.

8.1.9 Αεραντλίες ανακυκλοφορίας λάσπης και αποκομιδής επιπλεόντων στερεών (AIR LIFT SKIMMER)

Οι αεραντλίες ανακυκλοφορίας λάσπης και αποκομιδής επιπλεόντων στερεών κατασκευάζονται από PVC και λειτουργούν με αέρα που παρέχεται από τον φυσητήρα (BLOWER). Η παροχή αέρα και κατά συνέπεια η ρύθμιση της δυνατότητας των αεραντλιών ελέγχεται από δικλείδες που τοποθετούνται στο κύκλωμα του αέρα.

8.1.10 Διάταξη χλωρίωσης

Η διάταξη χλωρίωσης περιλαμβάνει το δοχείο του υποχλωριώδους νατρίου και δύο δοσιμετρικές αντλίες με τον εξοπλισμό τους ήτοι φίλτρο αναρρόφησης, JET παροχής, κ.α. (εγκατεστημένη εφεδρεία 100%)

Η παροχή των δοσιμετρικών αντλιών ρυθμίζεται στην επιθυμητή, κατά περίπτωση προσθήκη υποχλωριώδους νατρίου.

8.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

8.2.1. Κεντρικός διανομέας αέρα (AIRHEADER)

Αριθμός τεμαχίων	1
Μήκος	2.0 m X 2.0 m = 4.0 m
Διατομή	70 mm X 70 mm
Βαφή	Εποξειδική

8.2.2. Μερικοί διανομείς και διαχυτές αέρα (DROP PIPES AND DIFFUSERS)

Αριθμός τεμαχίων	2 X 4 = 8
Διάμετρος διανομέων	1"
Υλικό διανομέων	σωλήνας γαλβανιζέ
Υλικό διαχυτών αέρα	πολυβουταδιένιο

8.2.3. Φυσητήρας

Αριθμός τεμαχίων	1
Παροχή αέρα	85 m ³ /ωρ.

8.2.4. Διάφραγμα ηρεμίας

Αριθμός τεμαχίων	1
Κατασκευή	Ανοξείδωτη
Διαστάσεις	0.7 m X 1.5 m X 0.2 cm

8.2.5 Οδοντωτός υπερχειλιστής

Αριθμός τεμαχίων	1
Κατασκευή	Ανοξείδωτη
Μήκος	2.5 m

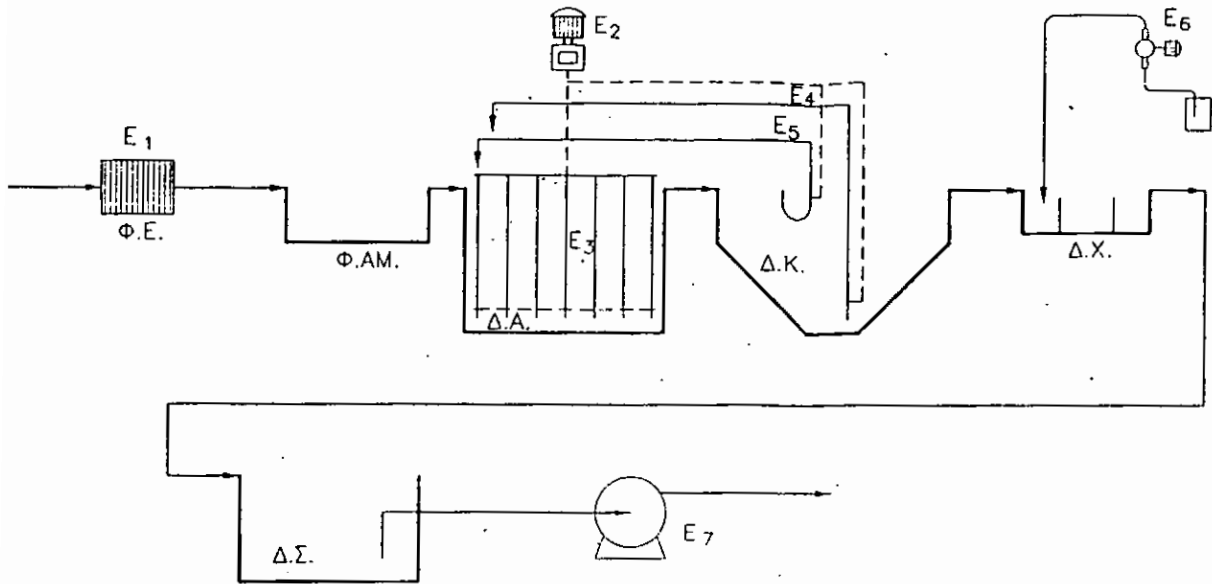
8.2.6 Αεραντλίες ανακυκλοφορίας λάσπης (AIRLIFT PUMPS) και αποκομιδής επιπλέοντων στερεών (AIRLIFT SKIMMER)

Αριθμός τεμαχίων	2
Κατασκευή	PVC
Παροχή (MAX)	2.0 m ³ /h
Διάμετρος αγωγών	Φ75

8.2.7. Δοσιμετρικές αντλίες χλωρίωσης

Αριθμός τεμαχίων	1
Τύπος	Δοσιμετρική
Περιοχή ρύθμισης	0.0 - 4 l/h

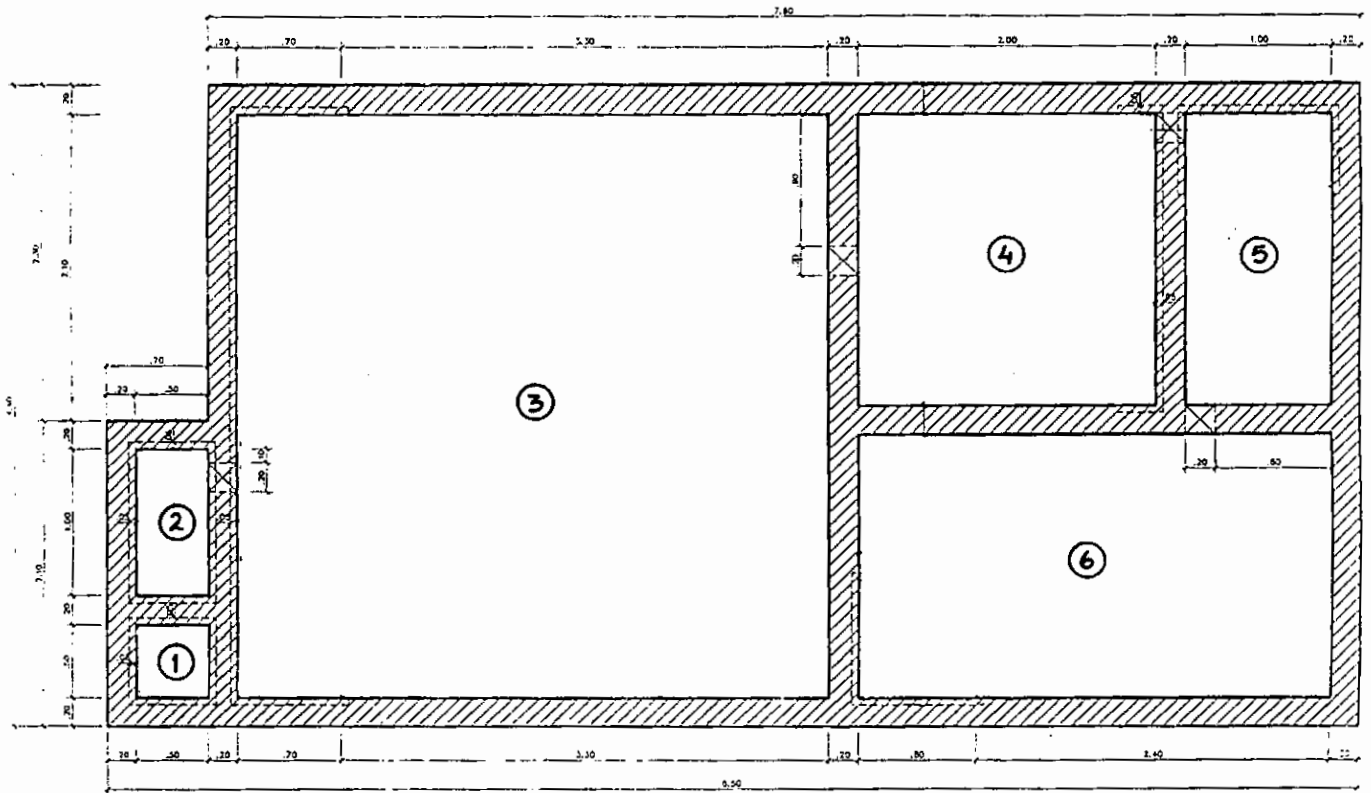
9.0 ΣΧΕΔΙΑ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Φ.Ε. : ΦΡΕΑΤΙΟ ΕΣΧΑΡΑΙ
- Φ.ΑΜ. : ΦΡΕΑΤΙΟ ΑΜΜΟΣΥΛΛΕΤΗ
- Δ.Α. : ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ
- Δ.Κ. : ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ
- Δ.Χ. : ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΧΛΩΡΙΩΣΗΣ
- Δ.Σ. : ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΣΗΚΛΩΤΙΚΗΣ ΡΑΒΔΟ
- Ε₁ : ΕΣΧΑΡΑ
- Ε₂ : ΦΥΣΗΘΡΑΣ
- Ε₃ : ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΑΕΡΑ
- Ε₄ : ΑΝΑΚΛΙΝΟΜΕΝΗ ΚΑΘΙΖΗΣΗ
- Ε₅ : ΑΝΑΚΛΙΝΟΜΕΝΗ ΕΠΙΠΛΗΞΗ
- Ε₆ : ΔΙΑΤΗΡΗ ΧΛΩΡΙΩΣΗΣ
- Ε₇ : ΑΝΤΛΙΑ ΔΙΑΘΕΣΗΣ ΝΥΜΑΤΩΝ



ΕΥΛΟΥΤΥΠΟΣ

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ① ΦΡΕΑΤΙΟ ΕΣΧΑΡΑΣ
- ② ΦΡΕΑΤΙΟ ΑΜΜΟΣΥΛΛΕΚΤΗ
- ③ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΕΡΙΣΜΟΥ
- ④ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΘΙΣΤΗΣΗΣ
- ⑤ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΧΛΟΡΙΩΣΗΣ
- ⑥ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΘΑΡΩ:

**ΣΤΑΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ
ΓΙΑ ΤΟΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟ**

ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Η δεξαμενή βιολογικού καθαρισμού κατασκευάζεται εντός του εδάφους. Τα χρησιμοποιούμενα υλικά είναι: Σκυρόδεμα C20/25, Χάλυβας S400.

Για τον στατικό υπολογισμό της πλάκας της οροφής χρησιμοποιείται η μέθοδος Czerny. Για τον πυθμένα, υπολογίστηκαν λωρίδες πλάτους 1 m κατα τις δύο διευθύνσεις. Όσες από αυτές ήταν υπερστατικές λύθηκαν με την μέθοδο Cross.

Για τον υπολογισμό των τοιχείων της δεξαμενής υπολογίστηκαν οι δύο παρακάτω δυσμενέστερες περιπτώσεις:

- α. Ωθήσεις γαιών
- β. Ωθησης νερού της δεξαμενής

Κατά τον υπολογισμό των τοιχείων δεν ελήφθη υπόψη ο σεισμός γιατί η δεξαμενή βρίσκεται εντός του εδάφους και είναι κιβωτιοειδούς μορφής.

Η διαστασιολόγηση των στοιχείων (πλάκες-τοιχεία) της δεξαμενής έγινε με τη μέθοδο της συνολικής αντοχής.

Η επίλυση της οροφής της δεξαμενής του βιολογικού καθαρισμού έγινε και με τον υπολογιστή με το πρόγραμμα CEDRUS-3. Ο υπολογιστής λύνει με πεπερασμένα στοιχεία, με τη χρήση των οποίων αναλύουμε ακριβέστερα το υπό εξέταση στοιχείο.

Επειδή η υπό εξέταση κατασκευή είναι δεξαμενή νερού για την αποφυγή τυχόν διαρροών έγινε έλεγχος ρηγματώσεως της κατασκευής σύμφωνα με τον Ελλ. Κανονισμό Οπλισμένου Σκυροδέματος.

Χρησιμοποιήθηκε ο Νέος Ελληνικός Κανονισμός για τη μελέτη και κατασκευή έργων από σκυρόδεμα.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

ΥΛΙΚΑ : Σκυρόδεμα : C20/25
Χάλυβας : S400

ΜΟΝΙΜΑ ΦΟΡΤΙΑ : Ίδιο βάρος : $1.00 \times 0.20 \times 25 = 5.00 \text{ KN/m}^2$

ΚΙΝΗΤΑ ΦΟΡΤΙΑ : Υπηρεσιακό φορτίο οροφής : $= 1.50 \text{ KN/m}^2$

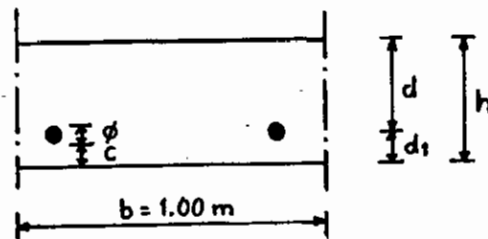
Βάρος χιονιού : $= 1.25 \text{ KN/m}^2$

ΔΡΑΣΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ : $S_d = 1.35 \times 5.00 + 1.50 \times 1.50 + 1.50 \times 0.6 \times 1.25 = 10.13 \text{ KN/m}^2$

όπου : 1.35 = συντελεστής μόνιμων φορτίων

1.50 = συντελεστής κινητών φορτίων

0.60 = συντελεστής βραχυχρόνιων φορτίων



$$d_1 = c + \phi/2 = 4 + 1.00/2 = 4.5 \text{ cm}$$

$$d = h - d_1 = 20 - 4.5 = 15.5 \text{ cm}$$

ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΣ : $A_s \text{ min (1.5 ‰)}$

$$A_s \text{ min} = 0.0015 \times 100 \times 15.5 = 2.33 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow \phi 8/20 (=2.51 \text{ cm}^2)$$

**ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ ΡΩΓΜΩΝ
(ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΝΕΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟ)**

ΕΛΕΓΧΟΣ : Ο απλοποιητικός έλεγχος συνίσταται στον περιορισμό συνάρτησε των τάσεων του οπλισμού, είτε της διαμέτρου, είτε των αποστάσεων μεταξύ των ράβδων του οπλισμού.

1. Μέγιστες διαμέτροι ραβδών οπλισμού

Τάση χάλυβα σ_s (MPa)	160	200	240	280	350	400	450
Κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος 1, 2	36	36	28	25	16	10	6
Κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος 3, 4	28	20	16	12	8	5	3
Για λείες ράβδους οι τιμές των διαμέτρων διαιρούνται διά 2. Ενδιάμεσες τιμές προσδιορίζονται με γραμμική παρεμβολή. Για πάχη δομικών στοιχείων $h > 300\text{mm}$ επιτρέπεται αύξηση των μεγίστων διαμέτρων κατά $h(\text{mm})/300$.							

2. Μέγιστες αποστάσεις ράβδων οπλισμού

Τάση χάλυβα σ_s (MPa)	160	200	240	280	350
Κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος 1 ή 2	*	*	250	200	150
Κατηγορίες συνθηκών περιβάλλοντος 3 ή 4	250	200	150	100	70
* Σε αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να χρησιμοποιηθεί ο Πίνακας 15.1 Για λείες ράβδους οι τιμές των αποστάσεων διαιρούνται διά 2.					

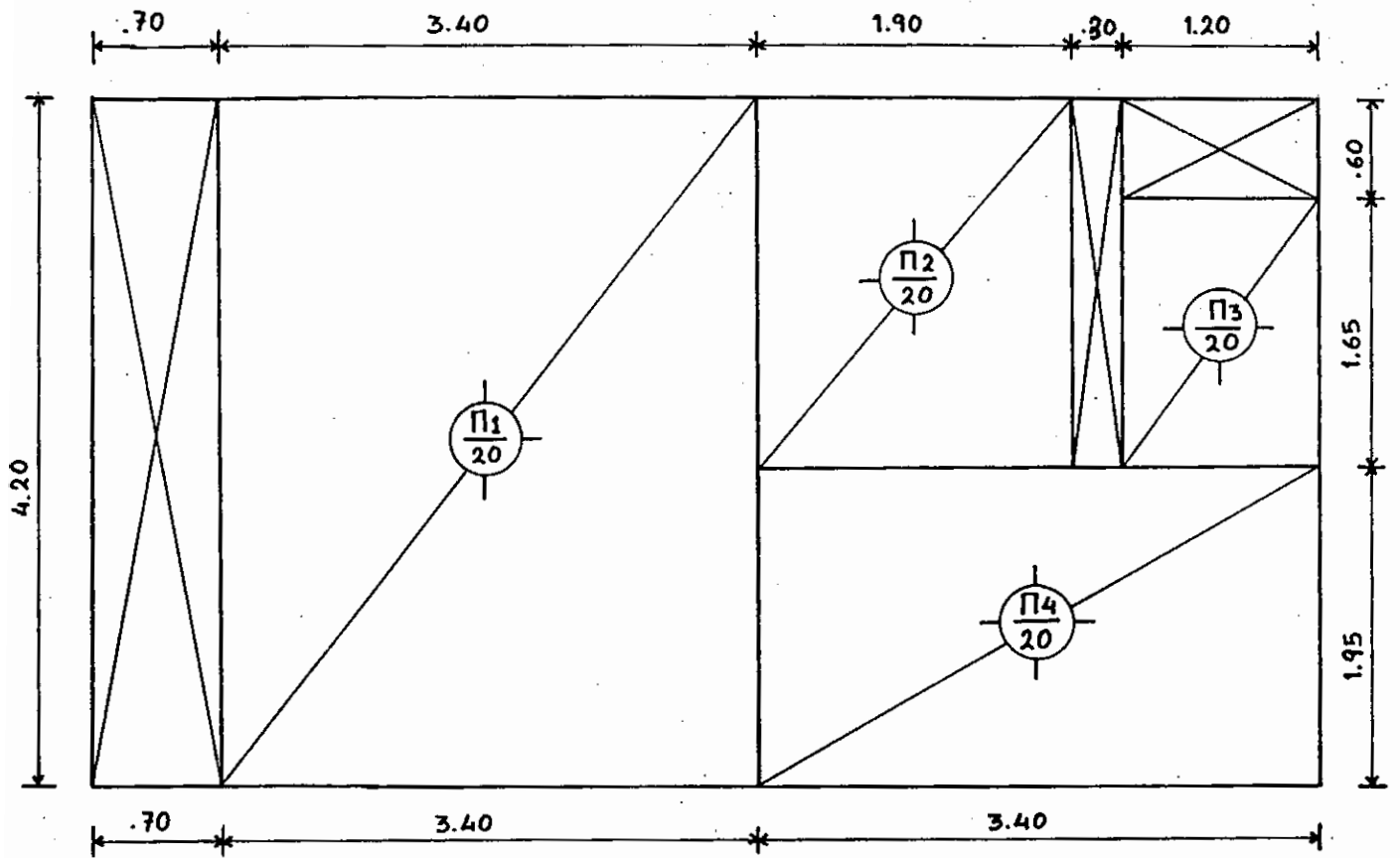
Τάση χάλυβα $\sigma_s = 0.7 \cdot f_{yk}$

Για S400 $\sigma_s = 0.7 \cdot 400 = 280 \text{ MPa}$

και για κατηγορία συνθηκών περιβάλλοντος 2 (Μετρίως διαβρωτικό περιβάλλον) θα έχω :

- α) Μέγιστη διάμετρο ραβδών οπλισμού 25 mm
- β) Μέγιστη απόσταση ράβδων 200 mm

ΟΡΟΦΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

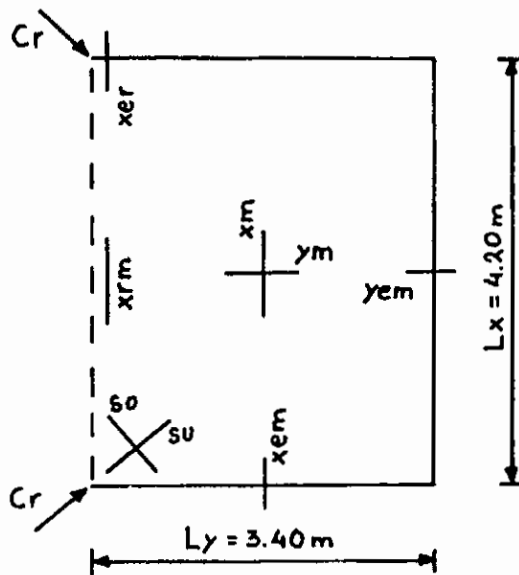


ΠΛΑΚΑ Π₁

Υπολογισμός ροπών κάμψεως

$$\varepsilon = \frac{L_y}{L_x} = \frac{3.40}{4.20} = 0.80$$

$$k = p \cdot L_x \cdot L_y = 10.13 \cdot 4.20 \cdot 3.40 = 144.65 \text{ KN}$$



α. Τριέριστη πλάκα, ελεύθερα εδραζόμενη

$$M_{x_r} = \frac{k}{m_{x_r}} = \frac{144.65}{9.15} = 15.80 \text{ KNm}$$

$$M_{x_m} = \frac{k}{m_{x_m}} = \frac{144.65}{13.80} = 10.48 \text{ KNm}$$

$$M_{y_m} = \frac{k}{m_{y_m}} = \frac{144.65}{31.50} = 4.59 \text{ KNm}$$

β. Τριέριστη πλάκα, πακτωμένη στις 3 πλευρές

$$M_{x_r} = \frac{k}{m_{x_r}} = \frac{144.65}{20.90} = 6.92 \text{ KNm}$$

$$M_{xm} = \frac{k}{m_{xm}} = \frac{144.65}{34.20} = 4.22 \text{ KNm}$$

$$M_{ym} = \frac{k}{m_{ym}} = \frac{144.65}{91.70} = 1.57 \text{ KNm}$$

$$M_{er} = \frac{k}{m_{er}} = \frac{144.65}{-9.27} = -15.60 \text{ KNm}$$

$$M_{xem} = \frac{k}{m_{xcm}} = \frac{144.65}{-14.30} = -10.11 \text{ KNm}$$

$$M_{yem} = \frac{k}{m_{ycm}} = \frac{144.65}{-14.20} = -10.18 \text{ KNm}$$

γ. Τριέριστη πλάκα, με πάκτωση απέναντι στην ελεύθερη πλευρά

$$M_{xr} = \frac{k}{m_{xr}} = \frac{144.65}{12} = 12.05 \text{ KNm}$$

$$M_{xm} = \frac{k}{m_{xm}} = \frac{144.65}{23.40} = 6.18 \text{ KNm}$$

$$M_{yem} = \frac{k}{m_{ycm}} = \frac{144.65}{-7.45} = -19.41 \text{ KNm}$$

δ. Τριέριστη πλάκα, με πάκτωση σε μία πλευρά κάθετη στην ελεύθερη

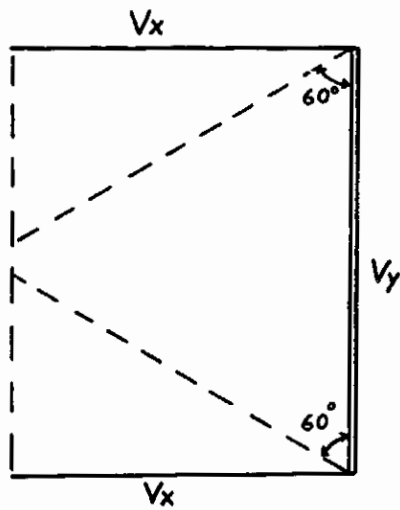
$$M_{er} = \frac{k}{m_{er}} = \frac{144.65}{-6.06} = -23.86 \text{ KNm}$$

$$M_{xem} = \frac{k}{m_{xcm}} = \frac{144.65}{-8.26} = -17.51 \text{ KNm}$$

Υπολογισμός τεμνουσων δυνάμεων

$$V_x = \frac{E \cdot q}{L_x} = \frac{3.23 \cdot 10.13}{3.40} = 9.62 \text{ KN/m}$$

$$V_y = \frac{E \cdot q}{L_y} = \frac{7.65 \cdot 10.13}{4.20} = 18.45 \text{ KN/m}$$



Υπολογισμός δυνάμεων και ροπών συστροφής

$$C_r = k/R_r = 144.65/20.10 = 7.19 \text{ KN}$$

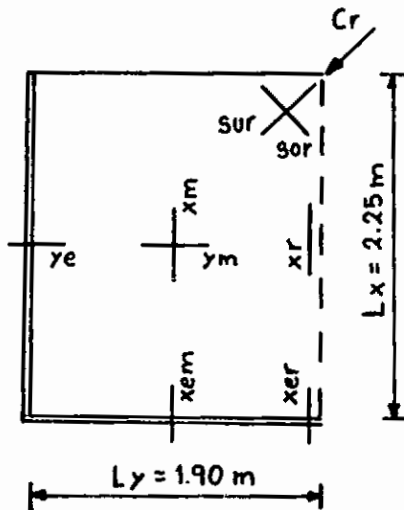
$$M_{su} = 0.5 \cdot C_r = 0.5 \cdot 7.19 = 3.59 \text{ KNm}$$

$$M_{so} = -0.5 \cdot C_r = -0.5 \cdot 7.19 = -3.59 \text{ KNm}$$

ΠΛΑΚΑ Π2

Υπολογισμός ροπών κάμψεως

α. Τριέριστη πλάκα πακτωμένη σε 2 συναντώμενες πλευρές



$$\varepsilon = \frac{L_y}{L_x} = \frac{1.90}{2.25} = 0.84$$

$$k = p \cdot L_x \cdot L_y = 10.13 \cdot 2.25 \cdot 1.90 = 43.30 \text{ KN}$$

$$M_{xr} = \frac{k}{m_{xr}} = \frac{43.30}{15.10} = 2.86 \text{ KNm}$$

$$M_{xm} = \frac{k}{m_{xm}} = \frac{43.30}{26.7} = 1.62 \text{ KNm}$$

$$M_{ym} = \frac{k}{m_{ym}} = \frac{43.30}{75.4} = 0.57 \text{ KNm}$$

$$M_{xer} = \frac{k}{m_{xer}} = \frac{43.30}{-6.54} = -6.62 \text{ KNm}$$

$$M_{xem} = \frac{k}{m_{xem}} = \frac{43.30}{-11.30} = -3.83 \text{ KNm}$$

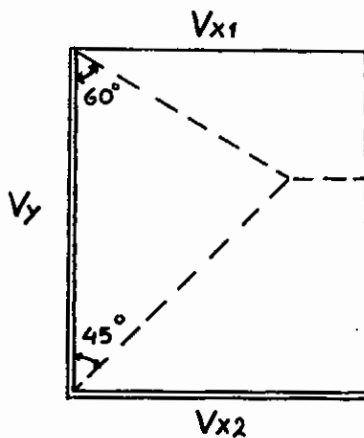
$$M_{ye} = \frac{k}{m_{ye}} = \frac{43.30}{-9.78} = -4.42 \text{ KNm}$$

Υπολογισμός τεμνουσών δυνάμεων

$$V_{x1} = \frac{E \cdot q}{Lx} = \frac{0.96 \cdot 10.13}{1.90} = 5.11 \text{ KN/m}$$

$$V_{x2} = \frac{E \cdot q}{Lx} = \frac{1.74 \cdot 10.13}{1.90} = 9.27 \text{ KN/m}$$

$$V_y = \frac{E \cdot q}{Ly} = \frac{1.57 \cdot 10.13}{2.25} = 7.09 \text{ KN/m}$$



Υπολογισμός δυνάμεων και ροπών συστροφής

$$C_r = k/R_r = 43.30/34 = 1.27 \text{ KN}$$

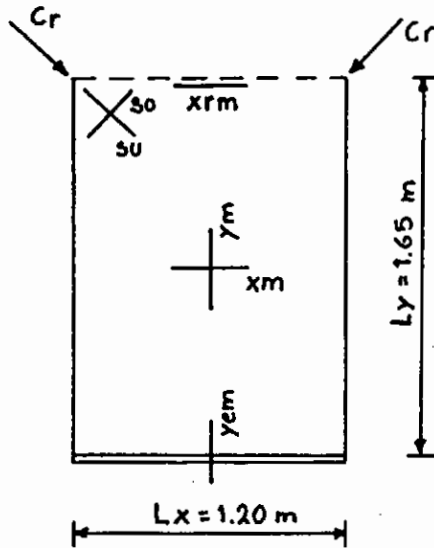
$$M_{sur} = 0.5 \cdot C_r = 0.5 \cdot 1.27 = 0.63 \text{ KNm}$$

$$M_{sor} = -0.5 \cdot C_r = -0.5 \cdot 1.27 = -0.63 \text{ KNm}$$

ΠΛΑΚΑ Π3

Υπολογισμός ροπών κάμψεως

α. Τριέριστη πλάκα με πάκτωση απέναντι στην ελεύθερη πλευρά



$$\varepsilon = \frac{Ly}{Lx} = \frac{1.65}{1.20} = 1.38 \approx 1.40$$

$$k = p \cdot Lx \cdot Ly = 10.13 \cdot 1.20 \cdot 1.65 = 20 \text{ KN}$$

$$M_{xrm} = \frac{k}{m_{xrm}} = \frac{20}{12.5} = 1.6 \text{ KNm}$$

$$M_{xlm} = \frac{k}{m_{xlm}} = \frac{20}{18.1} = 1.10 \text{ KNm}$$

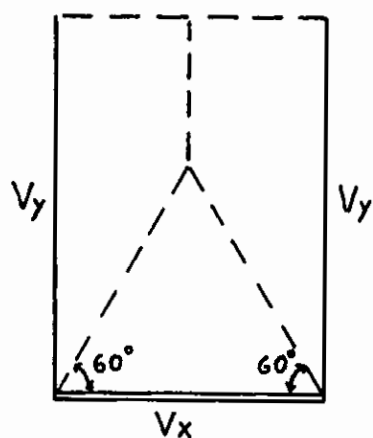
$$M_{ylm} = \frac{k}{m_{ylm}} = \frac{20}{79} = 0.25 \text{ KNm}$$

$$M_{yrm} = \frac{k}{m_{yrm}} = \frac{20}{-11.3} = -1.76 \text{ KNm}$$

Υπολογισμός τεμνουσών δυνάμεων

$$V_x = \frac{E \cdot q}{L_x} = \frac{0.63 \cdot 10.13}{1.20} = 5.31 \text{ KN/m}$$

$$V_y = \frac{E \cdot q}{L_y} = \frac{0.67 \cdot 10.13}{1.65} = 4.11 \text{ KN/m}$$



Υπολογισμός δυνάμεων και ροπών αστροφής

$$C_r = k/R_r = 20/97.8 = 0.20 \text{ KN}$$

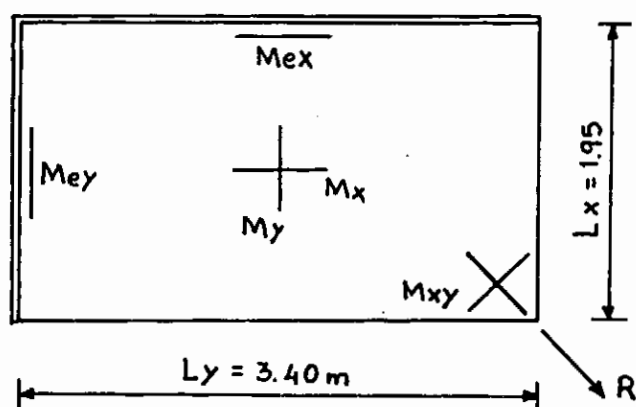
$$M_{su} = 0.5 \cdot C_r = 0.5 \cdot 0.20 = 0.10 \text{ KNm}$$

$$M_{so} = -0.5 \cdot C_r = -0.5 \cdot 0.20 = -0.10 \text{ KNm}$$

ΠΛΑΚΑ Π4

Υπολογισμός ροπών κάμψεως

α. Τετραέριστη πλάκα με πάκτωση κατά δύο συνεχόμενες πλευρές



$$\varepsilon = \frac{L_y}{L_x} = \frac{3.40}{1.95} = 1.74 \approx 1.80$$

$$k = p \cdot L_x \cdot L_y = 10.13 \cdot 3.40 \cdot 1.95 = 67.16 \text{ KN}$$

$$M_x = \frac{k}{m_x} = \frac{67.16}{34.8} = 1.92 \text{ KNm}$$

$$M_y = \frac{k}{m_y} = \frac{67.16}{114} = 0.58 \text{ KNm}$$

$$M_{ex} = \frac{k}{m_{ex}} = \frac{67.16}{-16} = -4.19 \text{ KNm}$$

$$M_{ey} = \frac{k}{m_{ey}} = \frac{67.16}{-21.8} = -3.08 \text{ KNm}$$

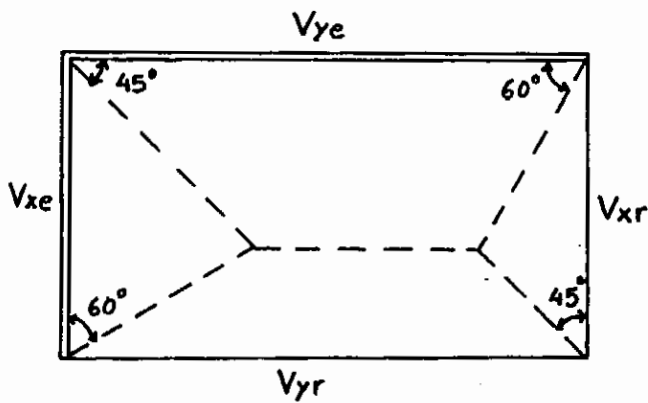
Υπολογισμός τεμνουσών δυνάμεων

$$V_{xe} = \xi_{xe} \cdot q \cdot Lx/2 = 1.08 \cdot 10.13 \cdot 1.95/2 = 10.66 \text{ KN/m}$$

$$V_{xr} = \xi_{xr} \cdot q \cdot Lx/2 = 0.57 \cdot 10.13 \cdot 1.95/2 = 5.62 \text{ KN/m}$$

$$V_{ye} = \xi_{ye} \cdot q \cdot Lx/2 = 1.25 \cdot 10.13 \cdot 1.95/2 = 12.34 \text{ KN/m}$$

$$V_{yr} = \xi_{yr} \cdot q \cdot Lx/2 = 0.72 \cdot 10.13 \cdot 1.95/2 = 7.11 \text{ KN/m}$$



Υπολογισμός δυνάμεων και ροπών συστρόφής

$$R = k/17.55 = 67.16/17.55 = 3.82 \text{ KN}$$

$$M_{xy} = k/35.10 = 67.16/35.10 = 1.91 \text{ KNm}$$

ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΙΣΗ ΡΟΠΩΝ

- α. Εξισορρόπηση ροπών στηρίζεως πλακών Π1 και Π2
Δείκτης αντιστάσεως πλακών:

$$\text{Για πλάκα Π1 } \varepsilon = \frac{Ly}{Lx} = \frac{4.20}{3.40} = 1.23 > 1.0$$

Αρα $k = Ed^3p / Lx$, εμείς παίρνουμε $k = p / Lx$ διότι οι πλάκες Π1 και Π2 έχουν το ίδιο πάχος.

$$k = p / Lx1 = 1.68 / 3.40 = 0.49$$

$$\text{Για πλάκα Π2 } \varepsilon = \frac{Ly}{Lx} = \frac{2.25}{1.90} = 1.18 > 1.0$$

$$k = p / Lx2 = 1.68 / 1.90 = 0.88$$

$$M_{\Pi1\Pi2} = \frac{-0.88 \cdot 19.41 - 0.49 \cdot 4.42}{0.88 + 0.49} = \frac{-17.08 - 2.16}{1.37} = \frac{-19.24}{1.37} = -14 \text{ KNm}$$

$$\Delta M = 19.41 - 14 = 5.41$$

Εξισορροπιμένη ροπή κάμψεως για πλάκα Π1

- $M_{xr} = 15.80 \text{ KNm}$
 $M_{xm} = 12.05 \text{ KNm}$
 $\Delta M_{xr} = 15.80 - 12.05 = 3.75$
 $M_{xr} = 12.05 + (5.41/19.41) \cdot 3.75 = 12.05 + 1.04 = 13.09 \text{ KNm}$
- $M_{xm} = 10.48 \text{ KNm}$
 $M_{xm} = 6.18 \text{ KNm}$
 $\Delta M_{xm} = 10.48 - 6.18 = 4.30$
 $M_{xm} = 6.18 + (5.41/19.41) \cdot 4.30 = 6.18 + 1.9 = 7.37 \text{ KNm}$

- β. Εξισορρόπηση ροπών στηρίζεως πλακών Π2 και Π4

$$M_{\Pi2\Pi4} = -\frac{3.83 + 4.19}{2} = -4.01 \text{ KNm}$$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΙΧΕΙΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

1) Εξωτερικό Τοιχείο

α. Υπολογισμός τοιχείου με ωθήσεις γαιών

Για το λόγο ότι δεν έχει γίνει γεωτεχνική μελέτη θεωρώ έδαφος με γωνία εσωτερικής τριβής $\varphi=30^\circ$

Συντελεστής ενεργούς ώθησης $K_A = \text{tg}^2(45-\varphi/2) \Rightarrow K_A = 0.334$

Ωθηση γαιών $\Omega_E = K_A \cdot \gamma \cdot H = 0.334 \cdot 18 \cdot 3.90 = 23.44 \text{ KN/m}^2$

Ωθηση γαιών από κατακόρυφα φορτία $\Omega_{E'} = K_A \cdot q$

όπου:

q = κατακόρυφα φορτία : κινητό φορτίο 1.5 KN/m^2
βάρος χιονιού 1.25 KN/m^2

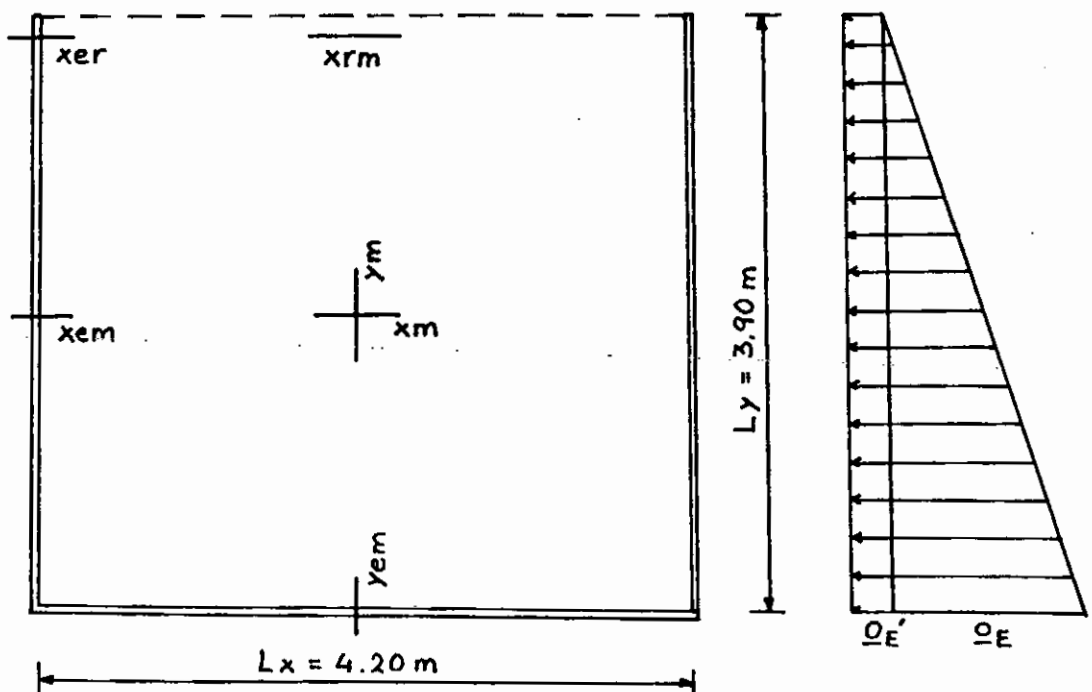
$q = 1.5 \cdot 1.5 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot 1.25 = 3.38 \text{ KN/m}^2$

όπου :

1.5 = συντελεστής κινητού φορτίου

0.6 = συντελεστής βραχυχρόνιου φορτίου

Αρα $\Omega_{E'} = K_A \cdot q = 0.334 \cdot 3.38 = 1.12 \text{ KN/m}^2$



Τριέριστη πλάκα με πάκτωση στις 3 πλευρές

$$\varepsilon = \frac{Ly}{Lx} = \frac{3.90}{4.20} \approx 0.90$$

$$k_1 = p_1 \cdot Lx \cdot Ly/2 = 23.44 \cdot 3.90 \cdot 4.20/2 = 191.97 \text{ KN (για τριγωνικό φορτίο)}$$

$$k_2 = p_2 \cdot Lx \cdot Ly = 1.12 \cdot 3.90 \cdot 4.20 = 18.34 \text{ KN (για ορθογωνικό φορτίο)}$$

$$M_{xr} = \frac{k_1}{m_{xr}} + \frac{k_2}{m_{xr}} = \frac{191.97}{47} + \frac{18.34}{22.4} = 4.90 \text{ KNm}$$

$$M_{xm} = \frac{k_1}{m_{xm}} + \frac{k_2}{m_{xm}} = \frac{191.97}{43.9} + \frac{18.34}{34} = 4.91 \text{ KNm}$$

$$M_{ym} = \frac{k_1}{m_{ym}} + \frac{k_2}{m_{ym}} = \frac{191.97}{63.7} + \frac{18.34}{99.5} = 3.19 \text{ KNm}$$

$$M_{xer} = \frac{k_1}{m_{xer}} + \frac{k_2}{m_{xer}} = \frac{191.97}{-30.2} + \frac{18.34}{-10.4} = -8.12 \text{ KNm}$$

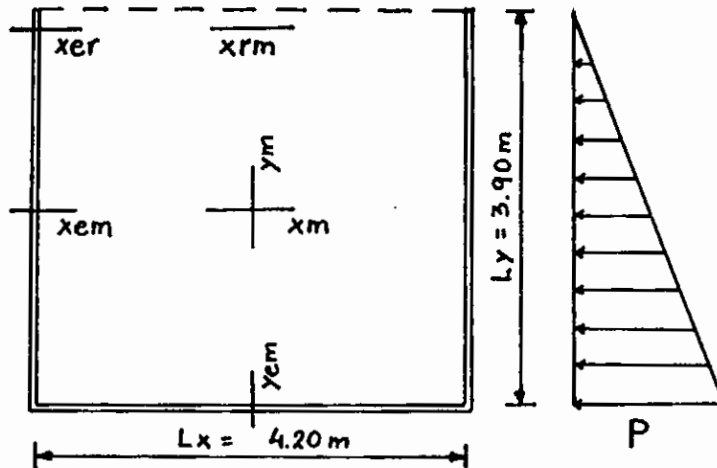
$$M_{xem} = \frac{k_1}{m_{xem}} + \frac{k_2}{m_{xem}} = \frac{191.97}{-16.5} + \frac{18.34}{-14.5} = -12.89 \text{ KNm}$$

$$M_{yem} = \frac{k_1}{m_{yem}} + \frac{k_2}{m_{yem}} = \frac{191.97}{-13.5} + \frac{18.34}{-15.9} = -15.37 \text{ KNm}$$

β. Υπολογισμός τοιχείου με ωθήσεις νερού της δεξαμενής

$$\text{Ωθησης νερού : } P = p \cdot g \cdot h = 1000 \cdot 9.81 \cdot 3.90 \Rightarrow P = 38259 \text{ Pa} = 38.25 \text{ KN/m}^2$$

Τριέρειστη πλάκα με πάκτωση στις 3 πλευρές



$$\varepsilon = \frac{Ly}{Lx} = \frac{3.90}{4.20} \approx 0.90$$

$$k = p \cdot Lx \cdot Ly/2 = 38.25 \cdot 3.90 \cdot 4.20/2 = 313.26 \text{ KN}$$

$$M_{xr} = \frac{k}{m_x} = \frac{313.26}{47} = 6.66 \text{ KNm}$$

$$M_{xm} = \frac{k}{m_{xm}} = \frac{313.26}{43.9} = 7.13 \text{ KNm}$$

$$M_{ym} = \frac{k}{m_{ym}} = \frac{313.26}{63.7} = 4.91 \text{ KNm}$$

$$M_{er} = \frac{k}{m_{\alpha}} = \frac{313.26}{-30.2} = -10.37 \text{ KNm}$$

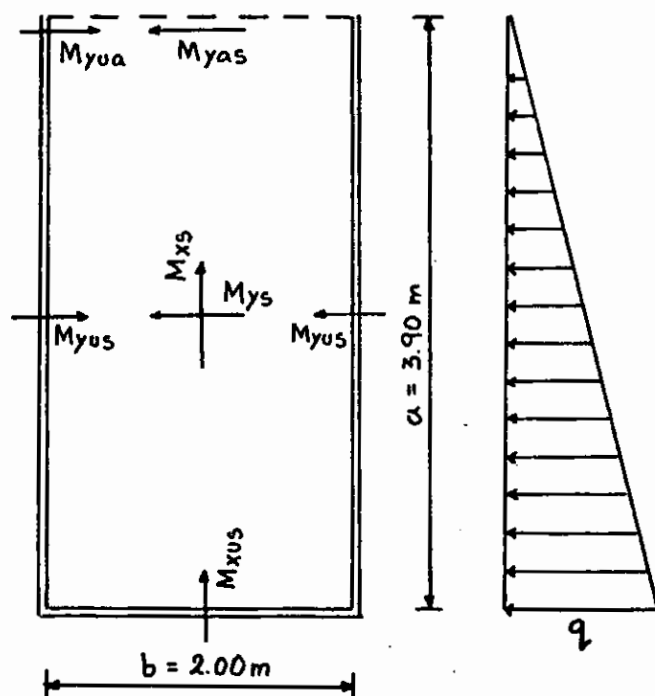
$$M_{xem} = \frac{k}{m_{xem}} = \frac{313.26}{-16.5} = -18.98 \text{ KNm}$$

$$M_{yem} = \frac{k}{m_{yem}} = \frac{313.26}{-13.5} = -23.20 \text{ KNm}$$

2) Εσωτερικό Τοιχείο

Υπολογισμός του τοιχείου με ώθηση του νερού από την μία πλευρά του τοιχείου.

Τριέριστη πλάκα με πάκτωση στις 3 πλευρές



Ωθηση νερού:

$$q = p \cdot g \cdot h = 1000 \cdot 9.81 \cdot 3.90 \Rightarrow q = 38259 \text{ Pa} = 38.25 \text{ KN/m}$$

$$\gamma = a/b = 3.90/2.00 = 1.95 \approx 2.00$$

$$M_{xs} = 0.0012 \cdot q \cdot a^2 = 0.0012 \cdot 38.25 \cdot 3.90^2 = 0.69 \text{ KNm}$$

$$M_{xus} = -0.0112 \cdot q \cdot a^2 = -0.0112 \cdot 38.25 \cdot 3.90^2 = -6.51 \text{ KNm}$$

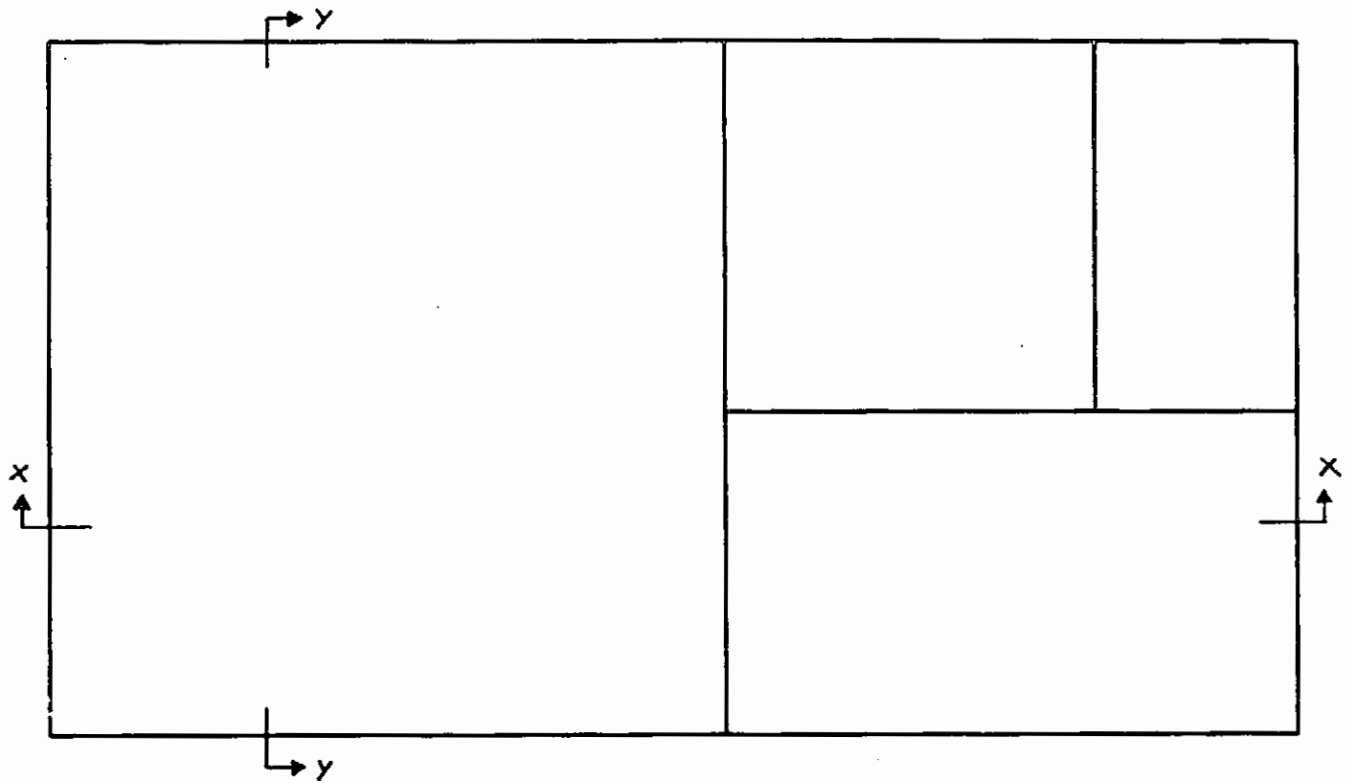
$$M_{ys} = 0.0191 \cdot q \cdot b^2 = 0.0191 \cdot 38.25 \cdot 2.0^2 = 2.92 \text{ KNm}$$

$$M_{yus} = -0.0412 \cdot q \cdot b^2 = -0.0412 \cdot 38.25 \cdot 2.0^2 = -6.30 \text{ KNm}$$

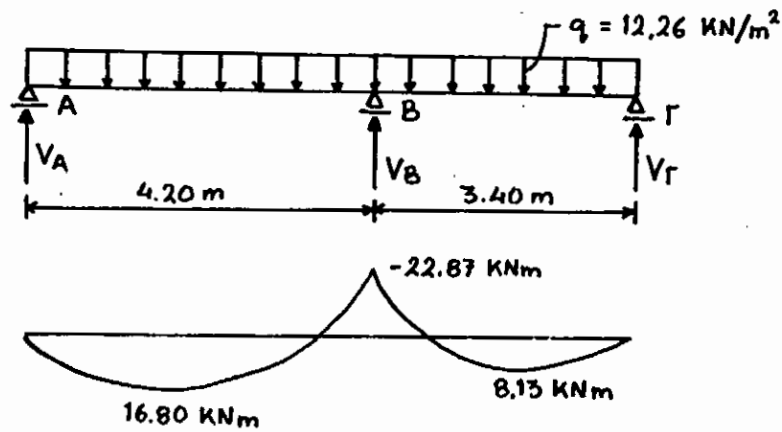
$$M_{yas} = 0.0041 \cdot q \cdot b^2 = 0.0041 \cdot 38.25 \cdot 2.0^2 = 0.62 \text{ KNm}$$

$$M_{yua} = -0.0046 \cdot q \cdot b^2 = -0.0046 \cdot 38.25 \cdot 2.0^2 = -0.70 \text{ KNm}$$

ΠΥΘΜΕΝΑΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ



ΤΟΜΗ Χ-Χ



$$V_A = 3.90 \cdot 0.20 \cdot 25 = 19.5 \text{ KN}$$

$$V_B = 19.5 + 29.11 = 48.61 \text{ KN}$$

$$V_\Gamma = 19.5 + 5.62 = 25.12 \text{ KN}$$

όπου: 29.11 KN τέμνουσα δύναμη από πλάκες Π1 και Π4
 5.62 KN τέμνουσα δύναμη από πλάκα Π4
 25 KN/m³ ειδικό βάρος σκυροδέματος

$$q = (V_A + V_B + V_\Gamma) / 7.6 = 12.26 \text{ KN/m}^2$$

ΡΟΠΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ : $J = b \cdot h^3 / 12 = 100 \cdot 20^3 / 12 = 66666.66 \text{ cm}^4$

ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ : $D_1 = J/L = 66666.66 / 420 = 158.73$
 $D_2 = J/L = 66666.66 / 340 = 196.07$

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ : $K_{B1} = D_1 / \Sigma D = 158.73 / 354.80 = 0.447$
 $K_{B2} = D_2 / \Sigma D = 196.07 / 354.80 = 0.553$

ΡΟΠΕΣ ΠΑΚΤΩΣΕΩΣ : $M_{AB} = 0$
 $M_{BA} = -q \cdot L^2 / 8 = -27.03 \text{ KNm}$
 $M_{\Gamma B} = 0$
 $M_{B\Gamma} = q \cdot L^2 / 8 = 17.71 \text{ KNm}$

B	
AB	BΓ
0.447	0.553
-27.03	17.71
4.16	5.16
-22.87	22.87

ΤΕΜΝΟΥΣΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ :

$$\Sigma M_B = 0 \Rightarrow Q_A^{\delta\epsilon\zeta} \cdot 4.20 - 12.26 \cdot 4.20 \cdot \frac{4.20}{2} + M_B = 0$$

$$\Rightarrow Q_A^{\delta\epsilon\zeta} = 12.26 \cdot \frac{4.20}{2} - \frac{22.87}{4.20} = 20.30 \text{ KN}$$

$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow Q_B^{ap} \cdot 4.20 - 12.26 \cdot 4.20 \cdot \frac{4.20}{2} - M_B = 0$$

$$\Rightarrow Q_B^{ap} = 12.26 \cdot \frac{4.20}{2} + \frac{22.87}{4.20} = 31.19 \text{ KN}$$

$$\Sigma M_\Gamma = 0 \Rightarrow Q_B^{\delta\epsilon\zeta} \cdot 3.40 - 12.26 \cdot 3.40 \cdot \frac{3.40}{2} - M_B = 0$$

$$\Rightarrow Q_B^{\delta\epsilon\zeta} = 12.26 \cdot \frac{3.40}{2} + \frac{22.87}{3.40} = 27.57 \text{ KN}$$

$$\Sigma M_B = 0 \Rightarrow Q_\Gamma^{ap} \cdot 3.40 - 12.26 \cdot 3.40 \cdot \frac{3.40}{2} + M_B = 0$$

$$\Rightarrow Q_\Gamma^{ap} = 12.26 \cdot \frac{3.40}{2} - \frac{22.87}{3.40} = 14.12 \text{ KN}$$

ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ :

$$V_A = Q_A^{\delta\epsilon\zeta} = 20.30 \text{ KN}$$

$$V_B = Q_B^{ap} + Q_B^{\delta\epsilon\zeta} = 31.19 + 27.57 = 58.76 \text{ KN}$$

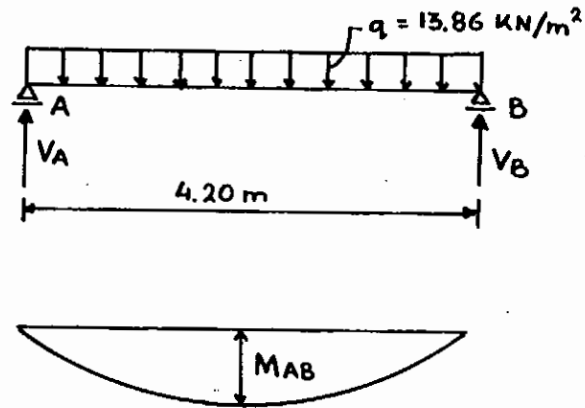
$$V_\Gamma = Q_\Gamma^{ap} = 14.12 \text{ KN}$$

ΡΟΠΕΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ :

$$\max M_{AB} = (Q_A^{sc})^2 / 2 \cdot q = 20.30^2 / 24.52 = 16.80 \text{ KNm}$$

$$\max M_{BC} = (Q_r^{op})^2 / 2 \cdot q = 14.12^2 / 24.52 = 8.13 \text{ KNm}$$

ΤΟΜΗ Y - Y



$$V_A = V_B = 9.62 + 3.90 \cdot 0.20 \cdot 25 = 29.12 \text{ KN}$$

όπου: 9.62 KN τέμνουσα δύναμη από πλάκα Π1
25 KN/m³ ειδικό βάρος σκυροδέματος

$$q = (V_A + V_B) / 4.20 = (29.12 + 29.12) / 4.20 = 13.86 \text{ KN/m}^2$$

$$M_{AB} = q \cdot L^2 / 8 = 13.86 \cdot 4.20^2 / 8 = 30.56 \text{ KNm}$$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

Ο υπολογισμός του οπλισμού της δεξαμενής γίνεται με πίνακες Ε.Μ.Π., όπου το ποσοστό οπλισμού ρ_1 δίνεται απευθείας για διάφορες τιμές της M_{sd}/bd^2 [MPa].

Τα εμβαδά του αναγκαίου εφελκυσμένου (A_{S1}) και θλιβόμενου (A_{S2}) οπλισμού δίνονται από τις σχέσεις:

$$A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$$

$$A_{S2} = \rho_2 \cdot b \cdot d$$

1. Υπολογισμός οπλισμού της πλάκας οροφής

α. Πλάκα Π1

$$\begin{aligned} M_{xlm} / b \cdot d^2 &= 7.37/1.0 \cdot 0.155^2 = 307 \text{ KPa} = 0.30 \text{ MPa} \\ \text{από πίνακα ΕΜΠ, } \rho_1 &= 0.089\% \text{ άρα } A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d \\ &= (0.089/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 1.38 \text{ cm}^2 \text{ Fe.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{xlr} / b \cdot d^2 &= 13.09/1.0 \cdot 0.155^2 = 545 \text{ KPa} = 0.54 \text{ MPa} \\ \text{από πίνακα ΕΜΠ, } \rho_1 &= 0.131\% \text{ άρα } A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d \\ &= (0.131/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 2.03 \text{ cm}^2 \text{ Fe.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ym} / b \cdot d^2 &= 4.59/1.0 \cdot 0.155^2 = 191 \text{ KPa} = 0.19 \text{ MPa} \\ \text{από πίνακα ΕΜΠ, } \rho_1 &= 0.056\% \text{ άρα } A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d \\ &= (0.056/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 0.86 \text{ cm}^2 \text{ Fe.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ροπή στήριξης } M_{xem} &= -17.51 \text{ KNm, Ροπή παρεias } 0.9 \cdot M_{xem} = \\ &= -0.9 \cdot 17.51 = -15.75 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{xem} / b \cdot d^2 &= 15.75/1.0 \cdot 0.155^2 = 655 \text{ KPa} = 0.65 \text{ MPa} \\ \text{από πίνακα ΕΜΠ, } \rho_1 &= 0.195\% \text{ άρα } A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d \\ &= (0.195/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 3.02 \text{ cm}^2 \text{ Fe.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ροπή στήριξης } M_{er} &= -23.86 \text{ KNm, Ροπή παρεias } 0.9 \cdot M_{er} = \\ &= -0.9 \cdot 23.86 = -21.47 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{er} / b \cdot d^2 &= 21.47/1.0 \cdot 0.155^2 = 893 \text{ KPa} = 0.89 \text{ MPa} \\ \text{από πίνακα ΕΜΠ, } \rho_1 &= 0.269\% \text{ άρα } A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d \\ &= (0.269/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 4.18 \text{ cm}^2 \text{ Fe.} \end{aligned}$$

$$M_{su} / b \cdot d^2 = 3.59 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 149 \text{ KPa} = 0.14 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.041\%$ άρα $A_{s1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.041/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 0.63 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

β. Πλάκα Π2

$$M_{xr} / b \cdot d^2 = 2.86 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 119 \text{ KPa} = 0.12 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.032\%$ άρα $A_{s1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.032/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 0.49 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

$$M_{xm} / b \cdot d^2 = 1.62 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 67.4 \text{ KPa} = 0.06 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.029\%$ άρα $A_{s1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.029/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 0.44 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

$$M_{ym} / b \cdot d^2 = 0.57 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 23.7 \text{ KPa} = 0.02 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.029\%$ άρα $A_{s1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.029/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 0.44 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

Ροπή στήριξης $M_{xer} = -6.62 \text{ KNm}$, Ροπή παρεias $0.9 \cdot M_{xem} =$
 $-0.9 \cdot 6.62 = -5.95 \text{ KNm}$

$$M_{xer} / b \cdot d^2 = 5.95 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 247 \text{ KPa} = 0.24 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.071\%$ άρα $A_{s1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.071/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 1.10 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

$$M_{sur} / b \cdot d^2 = 0.63 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 26.2 \text{ KPa} = 0.02 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.029\%$ άρα $A_{s1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.029/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 0.44 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

γ. Πλάκα Π3

$$M_{xm} / b \cdot d^2 = 1.10 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 45.7 \text{ KPa} = 0.04 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.029\%$ άρα $A_{s1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.029/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 0.44 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

$$M_{xrm} / b \cdot d^2 = 1.60 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 66.5 \text{ KPa} = 0.06 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.029\%$ άρα $A_{s1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.029/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 0.44 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

$$M_{ym} / b \cdot d^2 = 0.25/1.0 \cdot 0.155^2 = 10.40 \text{ KPa} = 0.01 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.029\%$ άρα $A_{s1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.029/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 0.44 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

$$M_{su} / b \cdot d^2 = 0.10/1.0 \cdot 0.155^2 = 4.16 \text{ KPa} = 0.004 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.029\%$ άρα $A_{s1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.029/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 0.44 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

δ. Πλάκα Π4

$$M_x / b \cdot d^2 = 1.92/1.0 \cdot 0.155^2 = 79.9 \text{ KPa} = 0.07 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.029\%$ άρα $A_{s1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.029/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 0.44 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

$$M_y / b \cdot d^2 = 0.58/1.0 \cdot 0.155^2 = 24.1 \text{ KPa} = 0.02 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.029\%$ άρα $A_{s1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.029/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 0.44 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

$$M_{xy} / b \cdot d^2 = 1.91/1.0 \cdot 0.155^2 = 79.5 \text{ KPa} = 0.07 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.029\%$ άρα $A_{s1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.029/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 0.44 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

ε. Υπολογισμός οπλισμού κοινής στήριξης

Ροπή κοινής στήριξης $M_{\Pi_1\Pi_2} = -14 \text{ KNm}$, Ροπή παρεias $0.9 \cdot M_{\Pi_1\Pi_2}$
 $= -0.9 \cdot 14 = -12.6 \text{ KNm}$

$$M_{\Pi_1\Pi_2} / b \cdot d^2 = 12.6/1.0 \cdot 0.155^2 = 524 \text{ KPa} = 0.52 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.155\%$ άρα $A_{s1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.155/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 2.4 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

Ροπή κοινής στήριξης $M_{\Pi_2\Pi_4} = -4.01 \text{ KNm}$, Ροπή παρεias $0.9 \cdot M_{\Pi_2\Pi_4}$
 $M_{\Pi_2\Pi_4} = -0.9 \cdot 4.01 = -3.6 \text{ KNm}$

$$M_{\Pi_2\Pi_4} / b \cdot d^2 = 3.6/1.0 \cdot 0.155^2 = 150 \text{ KPa} = 0.15 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.044\%$ άρα $A_{s1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.044/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 0.68 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

2. Υπολογισμός οπλισμού των τοιχείων

α. Εξωτερικό τοιχείο με ωθήσεις γαιών

$$M_{xT} / b \cdot d^2 = 4.90 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 203 \text{ KPa} = 0.20 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.059\%$ άρα $A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.059/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 0.91 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

$$M_{xM} / b \cdot d^2 = 4.91 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 204 \text{ KPa} = 0.20 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.059\%$ άρα $A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.059/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 0.91 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

$$M_{yM} / b \cdot d^2 = 3.19 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 132 \text{ KPa} = 0.13 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.038\%$ άρα $A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.038/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 0.58 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

Ροπή στήριξης $M_{xer} = -8.12 \text{ KNm}$, Ροπή παρειας $0.9 \cdot M_{xer} =$
 $-0.9 \cdot 8.12 = -7.30 \text{ KNm}$

$$M_{xer} / b \cdot d^2 = 7.30 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 303 \text{ KPa} = 0.30 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.089\%$ άρα $A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.089/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 1.37 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

Ροπή στήριξης $M_{xem} = -12.89 \text{ KNm}$, Ροπή παρειας $0.9 \cdot M_{xem} =$
 $-0.9 \cdot 12.89 = -11.60 \text{ KNm}$

$$M_{xem} / b \cdot d^2 = 11.60 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 482 \text{ KPa} = 0.48 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.143\%$ άρα $A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.143/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 2.21 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

Ροπή στήριξης $M_{yem} = -15.37 \text{ KNm}$, Ροπή παρειας $0.9 \cdot M_{yem} =$
 $-0.9 \cdot 15.37 = -13.83 \text{ KNm}$

$$M_{yem} / b \cdot d^2 = 13.83 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 575 \text{ KPa} = 0.57 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.170\%$ άρα $A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.170/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 2.63 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

β. Εξωτερικό τοιχείο με ωθήση νερού

$$M_{xT} / b \cdot d^2 = 6.66 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 277 \text{ KPa} = 0.27 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.08\%$ άρα $A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.08/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 1.24 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

$$M_{xM} / b \cdot d^2 = 7.13 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 296 \text{ KPa} = 0.29 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.086\%$ άρα $A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.086/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 1.33 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

$$M_{yM} / b \cdot d^2 = 4.91 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 204 \text{ KPa} = 0.20 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.059\%$ άρα $A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.059/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 0.91 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

Ροπή στήριξης $M_{eT} = -10.37 \text{ KNm}$, Ροπή παρεias $0.9 \cdot M_{eT} =$
 $-0.9 \cdot 10.37 = -9.33 \text{ KNm}$

$$M_{eT} / b \cdot d^2 = 9.33 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 388 \text{ KPa} = 0.38 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.113\%$ άρα $A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.113/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 1.75 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

Ροπή στήριξης $M_{xeM} = -18.98 \text{ KNm}$, Ροπή παρεias $0.9 \cdot M_{xeM} =$
 $-0.9 \cdot 18.98 = -17.08 \text{ KNm}$

$$M_{xeM} / b \cdot d^2 = 17.08 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 710 \text{ KPa} = 0.71 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.213\%$ άρα $A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.213/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 3.30 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

Ροπή στήριξης $M_{yeM} = -23.20 \text{ KNm}$, Ροπή παρεias $0.9 \cdot M_{yeM} =$
 $-0.9 \cdot 23.20 = -20.88 \text{ KNm}$

$$M_{yeM} / b \cdot d^2 = 20.88 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 869 \text{ KPa} = 0.86 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.260\%$ άρα $A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.260/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 4.03 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

γ. Εσωτερικό τοιχείο με ωθήση νερού

$$M_{xS} / b \cdot d^2 = 0.69 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 28.7 \text{ KPa} = 0.02 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.029\%$ άρα $A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.029/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 0.44 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

$$M_{yS} / b \cdot d^2 = 2.92 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 121 \text{ KPa} = 0.12 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.035\%$ άρα $A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.035/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 0.54 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

$$M_{yAS} / b \cdot d^2 = 0.62 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 25.8 \text{ KPa} = 0.02 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.029\%$ άρα $A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.029/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 0.44 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

Ροπή στήριξης $M_{xUS} = -6.51 \text{ KNm}$, Ροπή παρειας $0.9 \cdot M_{xUS} =$
 $-0.9 \cdot 6.51 = -5.85 \text{ KNm}$

$$M_{xUS} / b \cdot d^2 = 5.85 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 243 \text{ KPa} = 0.24 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.071\%$ άρα $A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.071/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 1.10 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

Ροπή στήριξης $M_{yUS} = -6.30 \text{ KNm}$, Ροπή παρειας $0.9 \cdot M_{yUS} =$
 $-0.9 \cdot 6.30 = -5.67 \text{ KNm}$

$$M_{yUS} / b \cdot d^2 = 5.67 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 236 \text{ KPa} = 0.23 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.068\%$ άρα $A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.068/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 1.05 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

Ροπή στήριξης $M_{yUA} = -0.70 \text{ KNm}$, Ροπή παρειας $0.9 \cdot M_{yUA} =$
 $-0.9 \cdot 0.70 = -0.63 \text{ KNm}$

$$M_{yUA} / b \cdot d^2 = 0.63 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 26 \text{ KPa} = 0.02 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.029\%$ άρα $A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.029/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 0.44 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

3. Υπολογισμός οπλισμού του πυθμένα

α. Τομή X-X

$$M_{AB} / b \cdot d^2 = 16.80 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 699 \text{ KPa} = 0.69 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.207\%$ άρα $A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.207/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 3.20 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

$$M_{BG} / b \cdot d^2 = 8.13 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 338 \text{ KPa} = 0.33 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.098\%$ άρα $A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.098/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 1.51 \text{ cm}^2 \text{ Fe.}$

Ροπή στήριξης $M_B = -22.87 \text{ KNm}$, Ροπή παρειας $0.9 \cdot M_B = -0.9 \cdot 22.87 = -20.58 \text{ KNm}$

$$M_B / b \cdot d^2 = 20.58 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 856 \text{ KPa} = 0.85 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.257\%$ άρα $A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.257/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 3.98 \text{ cm}^2 \text{ Fe}$.

β. Τομή Υ-Υ

$$M_{AB} / b \cdot d^2 = 30.56 / 1.0 \cdot 0.155^2 = 1272 \text{ KPa} = 1.27 \text{ MPa}$$

από πίνακα ΕΜΠ, $\rho_1 = 0.391\%$ άρα $A_{S1} = \rho_1 \cdot b \cdot d$
 $= (0.391/100) \cdot 100 \cdot 15.5 = 6.06 \text{ cm}^2 \text{ Fe}$.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Ελάχιστος Οπλισμός $A_{s \text{ min}}$ (1.5‰)

$$A_{s \text{ min}} = 0.0015 \cdot 100 \cdot 15.5 = 2.33 \text{ cm}^2$$

ΑΠΟΦΥΓΗ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΡΩΓΜΩΝ

Δίνεται ένα στοιχείο δεξαμενής με απαιτήσεις σε στεγανότητα ιδιαίτερα μεγάλες, με τα μεγέθη:

$d = 20 \text{ cm}$, $b = 100 \text{ cm}$, $M = 14 \text{ KNm} = 1.4 \text{ Mpm}$, $N = -25 \text{ KN} = -2.5 \text{ Mp}$
Bn 250, Bst 42/50 (C20, S400)

Ελεγχος στην ισοδύναμη εφελκυστική τάση

α. Κάμψη

$$M_e = M - N \cdot e, \quad e = h - d/2 = 0.155 - 0.20/2 = 0.055 \text{ m}$$

$$M_e = 1.4 + 2.5 \cdot 0.055 = 1.53 \text{ Mp}\cdot\text{m/m}$$

$$kh = h / \sqrt{\frac{M_e}{b}} = 20 / \sqrt{\frac{1.53}{1}} = 16.2 > kh^* = 5.44$$

$$k_x = 0.13, \quad k_e = 0.44$$

$$F_e = (M_e/h) \cdot k_e + \frac{N}{\sigma_{eu}/\nu} = (1.53/0.155) \cdot 0.44 - 2.5/2.4 = 3.30 \text{ cm}^2/\text{m}$$

β. Περιορισμός εύρους ρηγματώσεως

$$\mu_z = \frac{\mu}{1 - k_x}, \quad \mu = 100 \cdot \frac{F_e}{b \cdot h}$$

$$\mu_z = \frac{100 \cdot 3.30}{100 \cdot 20(1 - 0.13)} = \frac{3.30}{1740} = 0.18 \leq 0.3\%$$

Αρα δεν απαιτείται έλεγχος.

Επειδή όμως είναι δεξαμενή και έχουμε ιδιαίτερες απαιτήσεις σε στεγανότητα, γιαυτό ελέγχουμε και την ισοδύναμη εφελκυστική τάση στην κατάσταση I.

$$\sigma_N = \frac{-N}{F} = \frac{-2500}{100 \cdot 20} = -1.25 \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_M = \frac{M}{W} = \frac{140000 \cdot 6}{100 \cdot 20^2} = 21 \text{ kp/cm}^2$$

$$d_i = d \cdot (1 + \sigma_N / \sigma_M) = 20 \cdot (1 - 1.25/21) = 18.80 \text{ cm}$$

όπου σ_N = μερίδιο τάσεως από ορθές δυνάμεις
 σ_M = μερίδιο τάσεων από ροπές
 f = συντελεστής εξαρτώμενος από το ιδεατό πάχος στοιχείου
 σ_v = ισοδύναμη εφελκυστική τάση

$$\text{επιτρ. } \sigma_v = 0.75 \cdot \sqrt[3]{\beta_{wN}^2} = 0.75 \cdot \sqrt[3]{250^2} = 30 \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_v = f \cdot (\sigma_N + \sigma_M) = 1.24 \cdot (-1.25 + 21) = 24.49 \text{ kp/cm}^2 < 30 \text{ kp/cm}^2$$

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΜΠ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΟΜΩΝ
ΥΠΟ ΚΑΜΨΗ ΜΕ Η ΧΩΡΙΣ ΟΡΘΗ ΔΥΝΑΜΗ (S400 & C20)

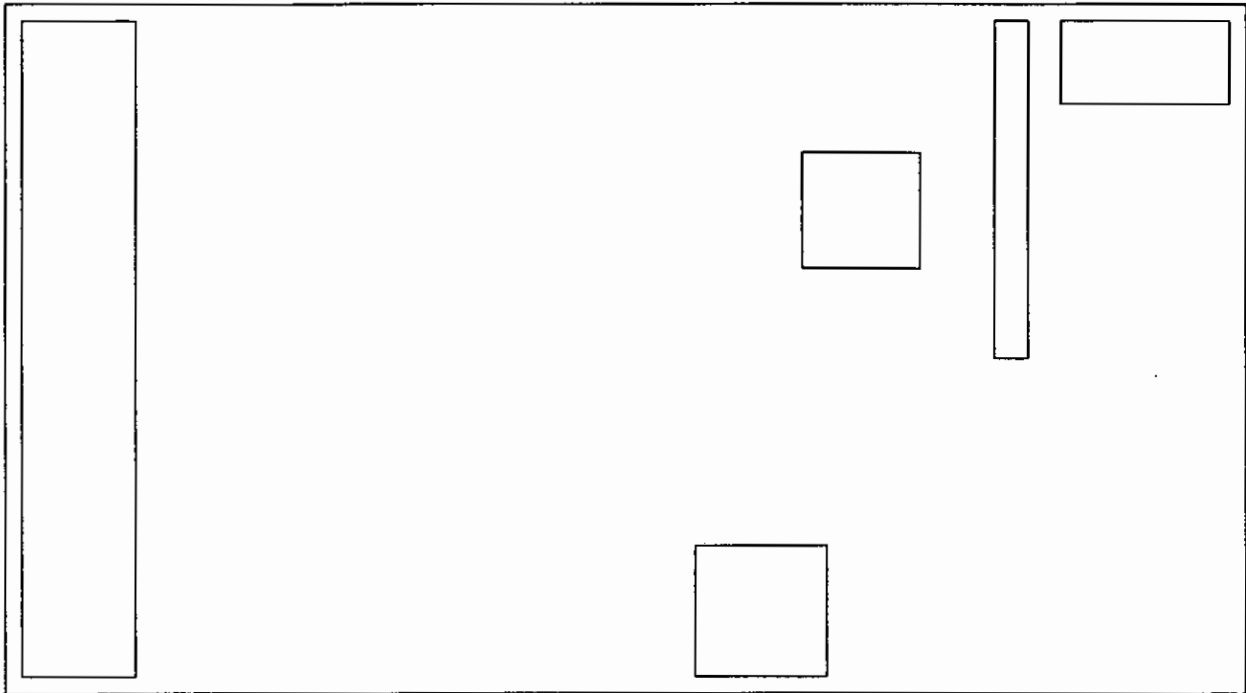
$\frac{M_{sd}}{bd^2}$ [MPa]	$\frac{d_2}{d} = 0.05$		$\frac{d_2}{d} = 0.10$		$\frac{d_2}{d} = 0.15$		$\frac{d_2}{d} = 0.20$	
	$\rho_1 \%$	$\rho_2 \%$	$\rho_1 \%$	$\rho_2 \%$	$\rho_1 \%$	$\rho_2 \%$	$\rho_1 \%$	$\rho_2 \%$
.1	.029		.029		.029		.029	
.2	.059		.059		.059		.059	
.3	.089		.089		.089		.089	
.4	.119		.119		.119		.119	
.5	.149		.149		.149		.149	
.6	.180		.180		.180		.180	
.7	.210		.210		.210		.210	
.8	.241		.241		.241		.241	
.9	.273		.273		.273		.273	
1.0	.304		.304		.304		.304	
1.1	.336		.336		.336		.336	
1.2	.368		.368		.368		.368	
1.3	.401		.401		.401		.401	
1.4	.434		.434		.434		.434	
1.5	.467		.467		.467		.467	
1.6	.501		.501		.501		.501	
1.7	.535		.535		.535		.535	
1.8	.569		.569		.569		.569	
1.9	.604		.604		.604		.604	
2.0	.640		.640		.640		.640	
2.1	.676		.676		.676		.676	
2.2	.713		.713		.713		.713	
2.3	.750		.750		.750		.750	
2.4	.788		.788		.788		.788	
2.5	.826		.826		.826		.826	
2.6	.866		.866		.866		.866	
2.7	.906		.906		.906		.906	
2.8	.946		.946		.946		.946	
2.9	.988		.988		.988		.988	
3.0	1.030		1.030		1.030		1.030	
3.1	1.073		1.073		1.073		1.073	
3.2	1.117		1.117		1.117		1.117	
3.3	1.162		1.162		1.162		1.162	
3.4	1.207		1.207		1.207		1.207	
3.5	1.254		1.254		1.254		1.254	
3.6	1.303		1.303		1.303		1.303	
3.7	1.352		1.352		1.352		1.352	
3.8	1.403		1.403		1.403		1.403	
3.9	1.455		1.455		1.455		1.455	
4.0	1.509		1.509		1.509		1.509	
4.1	1.565		1.565		1.565		1.565	
4.2	1.623		1.623		1.623		1.623	
4.3	1.674	.009	1.683		1.683		1.683	
4.4	1.704	.039	1.745	.031	1.745		1.745	
4.5	1.734	.070	1.777	.053	1.787	.025	1.789	.027
4.6	1.764	.100	1.809	.065	1.821	.059	1.825	.053
4.7	1.795	.130	1.840	.097	1.855	.093	1.861	.099
4.8	1.825	.160	1.872	.129	1.889	.127	1.897	.134
4.9	1.855	.191	1.904	.161	1.922	.160	1.932	.170
5.0	1.885	.221	1.936	.192	1.956	.194	1.963	.206
5.1	1.916	.251	1.968	.224	1.990	.228	2.004	.242
5.2	1.946	.281	2.000	.256	2.024	.262	2.040	.278
5.3	1.976	.312	2.032	.288	2.058	.296	2.076	.314
5.4	2.007	.342	2.064	.320	2.092	.329	2.112	.350
5.5	2.037	.372	2.096	.352	2.125	.363	2.148	.366
5.6	2.067	.403	2.128	.384	2.159	.397	2.184	.422
5.7	2.097	.433	2.160	.416	2.193	.431	2.220	.458
5.8	2.128	.463	2.192	.448	2.227	.465	2.256	.494
5.9	2.158	.493	2.224	.480	2.261	.499	2.292	.530
6.0	2.188	.524	2.256	.512	2.295	.532	2.328	.566
6.1	2.218	.554	2.288	.544	2.328	.566	2.364	.602
6.2	2.249	.584	2.320	.576	2.362	.600	2.400	.638
6.3	2.279	.614	2.352	.608	2.396	.634	2.435	.674
6.4	2.309	.645	2.384	.640	2.430	.668	2.472	.709
6.5	2.339	.675	2.415	.672	2.464	.702	2.507	.745

Συνδυασμός Οπλισμών Πλακών											
Αποστάσεις σε cm	διάμετρος ράβδων σε mm										τεμάχια ανά m
	6	8	10	12	14	16	18	20	25	32	
6.0	4.71	8.38	13.09	18.85	25.66	33.52	42.41	52.36	81.83	134.04	16.7
6.5	4.35	7.73	12.08	17.40	23.68	30.95	39.15	48.33	75.54	123.69	15.4
7.0	4.04	7.18	11.22	16.16	21.99	28.73	36.36	44.87	70.14	114.86	14.3
7.5	3.77	6.70	10.47	15.08	20.52	26.81	33.93	41.88	65.47	107.20	13.4
8.0	3.53	6.28	9.82	14.14	19.24	25.14	31.81	39.26	61.38	100.50	12.5
8.5	3.33	5.91	9.24	13.31	18.11	23.66	29.94	36.95	57.76	94.59	11.8
9.0	3.14	5.59	8.73	12.57	17.10	22.34	28.28	34.90	54.56	89.33	11.1
9.5	2.98	5.29	8.27	11.90	16.20	21.17	26.79	33.06	51.68	84.63	10.5
10.0	2.83	5.00	7.85	11.31	15.39	20.11	25.45	31.41	49.10	80.40	10.0
10.5	2.69	4.79	7.48	10.77	14.66	19.15	24.24	29.91	46.76	76.57	9.5
11.0	2.57	4.57	7.14	10.28	13.99	18.28	23.14	28.55	44.64	73.09	9.1
11.5	2.46	4.37	6.83	9.84	13.39	17.49	22.13	27.31	42.70	69.91	8.7
12.0	2.36	4.19	6.54	9.42	12.83	16.76	21.21	26.17	40.92	67.00	8.3
12.5	2.26	4.02	6.28	9.05	12.32	16.09	20.36	25.13	39.28	64.32	8.0
13.0	2.17	3.87	6.04	8.70	11.84	15.47	19.58	24.16	37.77	61.85	7.7
13.5	2.09	3.72	5.82	8.38	11.40	14.90	18.85	23.27	36.37	59.56	7.4
14.0	2.02	3.59	5.61	8.08	11.00	14.36	18.18	22.44	35.07	57.43	7.1
14.5	1.95	3.47	5.42	7.80	10.62	13.87	17.55	21.66	33.86	55.45	6.9
15.0	1.89	3.35	5.24	7.54	10.26	13.41	16.97	20.94	32.73	53.60	6.7
15.5	1.82	3.24	5.07	7.30	9.93	12.97	16.42	20.27	31.68	51.87	6.5
16.0	1.77	3.14	4.91	7.07	9.62	12.57	15.90	19.64	30.69	50.25	6.3
16.5	1.71	3.05	4.76	6.85	9.33	12.19	15.42	19.04	29.76	48.73	6.1
17.0	1.66	2.96	4.62	6.65	9.05	11.83	14.97	18.48	28.88	47.29	5.9
17.5	1.62	2.87	4.49	6.46	8.79	11.49	14.54	17.95	28.06	45.94	5.7
18.0	1.57	2.79	4.36	6.28	8.55	11.17	14.14	17.46	27.28	44.67	5.6
18.5	1.53	2.72	4.25	6.11	8.32	10.87	13.76	16.94	26.54	43.46	5.4
19.0	1.49	2.65	4.13	5.95	8.10	10.58	13.39	16.54	25.84	42.32	5.3
19.5	1.45	2.58	4.03	5.80	7.89	10.31	13.05	16.11	25.18	41.23	5.1
20.0	1.41	2.51	3.93	5.65	7.69	10.05	12.72	15.71	24.55	40.20	5.0

**ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΡΟΦΗΣ
ΤΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΤΟΥ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ
ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ Η/Υ**

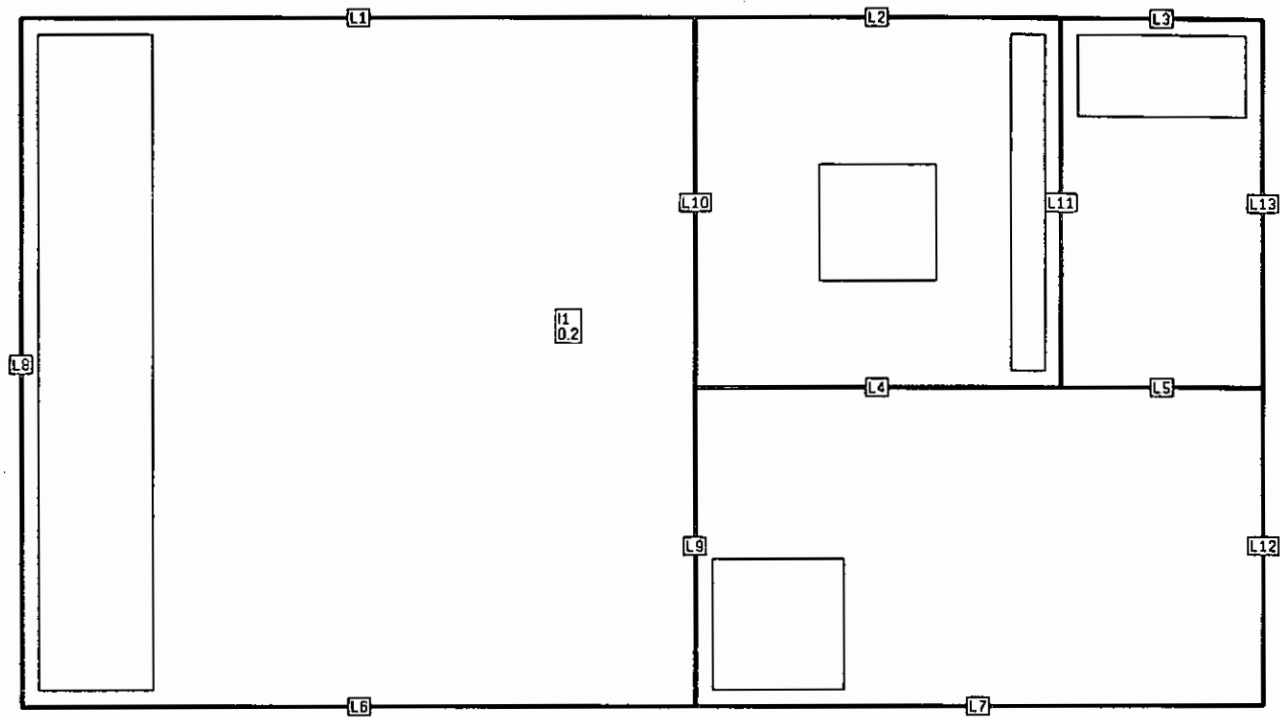
ROOF SLAB
WASTE WATER TREATMENT PLANT

Scale 1 : 46.2
Geometry (ID=A)



ROOF SLAB
WASTE WATER TREATMENT PLANT

Scale 1 : 46.2
Geometry (ID=A)
- Point- and LineSupport
- MaterialZones-ID and thicken in[m]

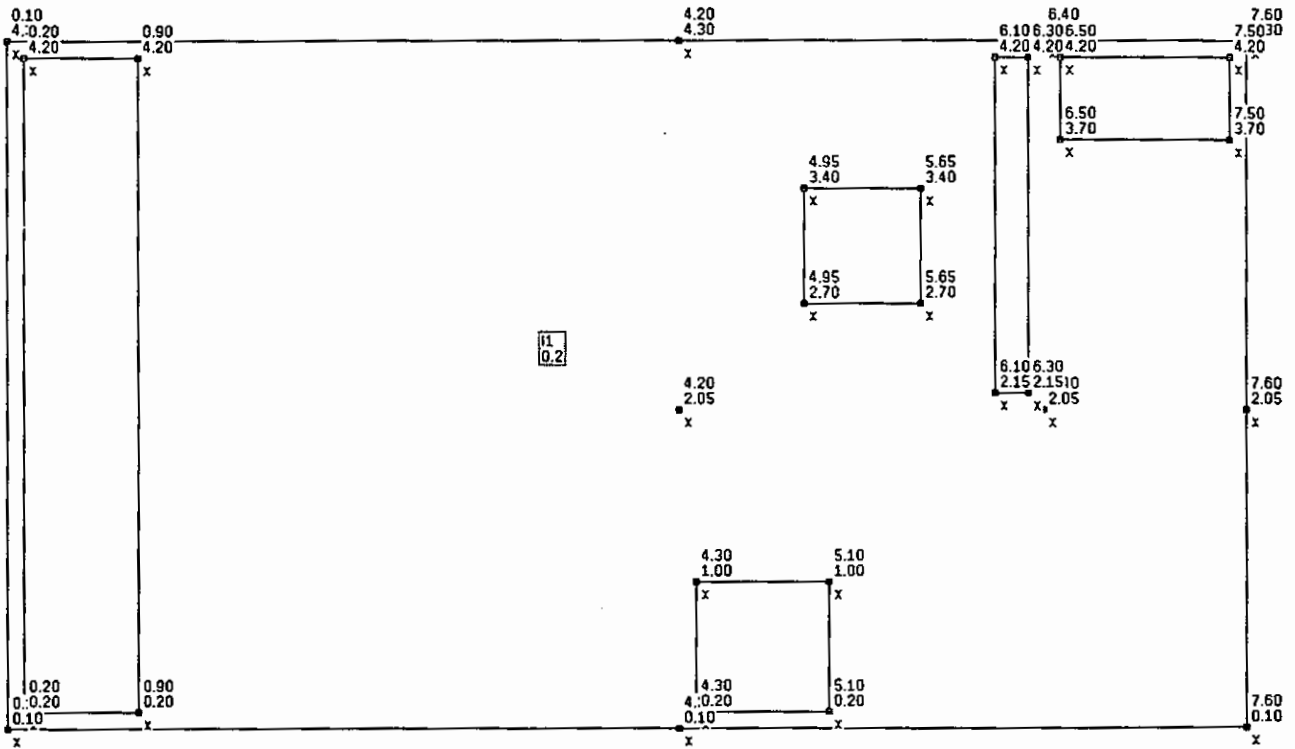


ROOF SLAB
WASTE WATER TREATMENT PLANT

Scale 1 : 46.2

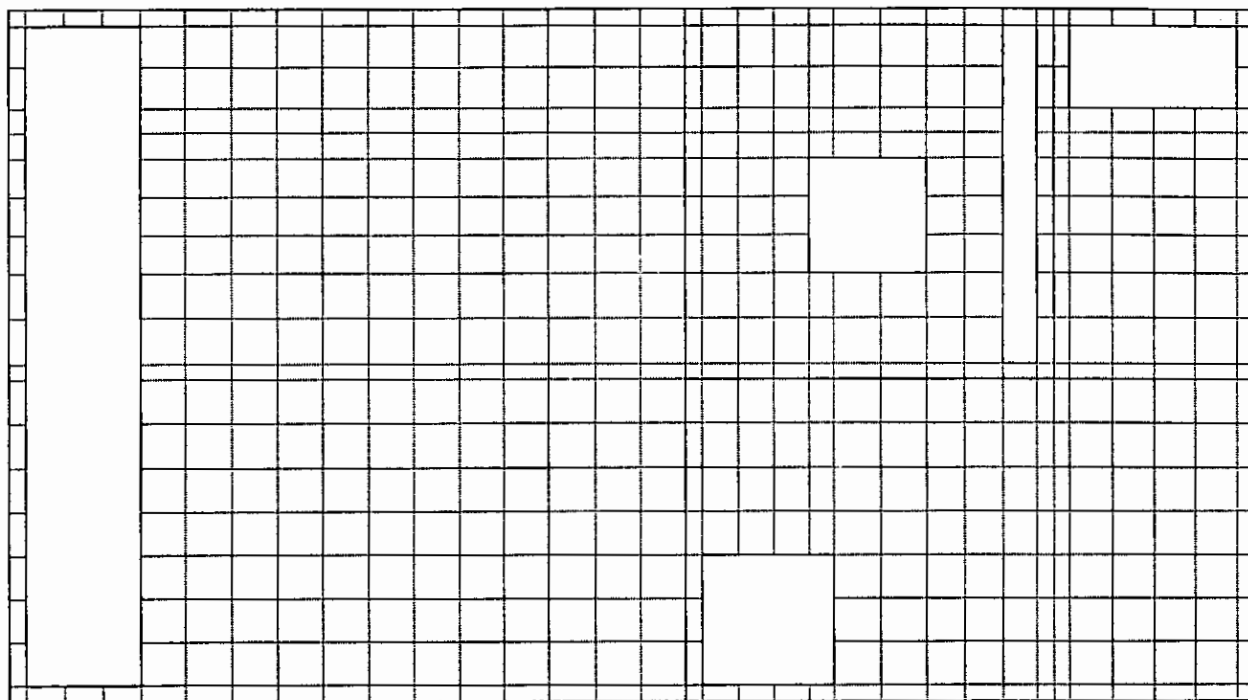
Geometry (ID=A)

- AuxIPoints
- MaterialZones-ID and thikcn in[m]
- AuxIPoint coordinates in [m]



ROOF SLAB
WASTE WATER TREATMENT PLANT

Scale 1 : 45.9
Mesh (ID=A)



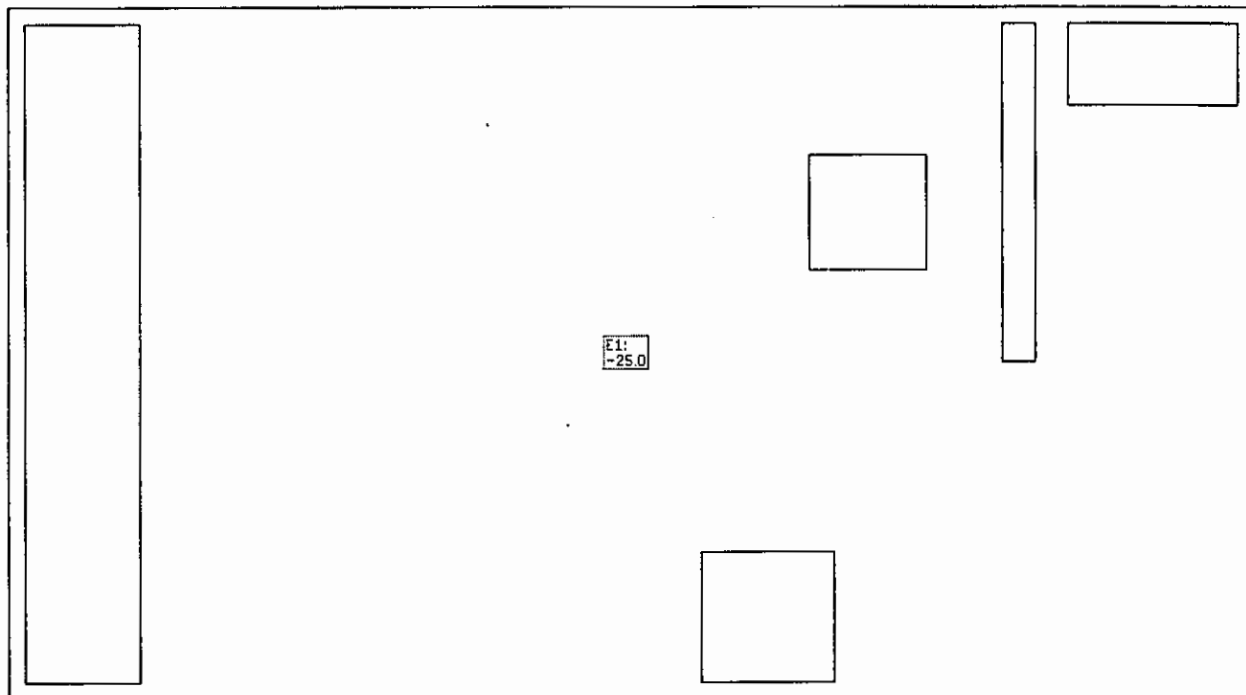
ROOF SLAB
WASTE WATER TREATMENT PLANT

Scale 1 : 45.9

Loading 001: "DL SELF WEIGHT" (LoadSum = -133.30 kN)

- Area Loads values : E = Self Weight [kN/m3]

V=Distr.Load [kN/m2], K=Curvatur [m-1]



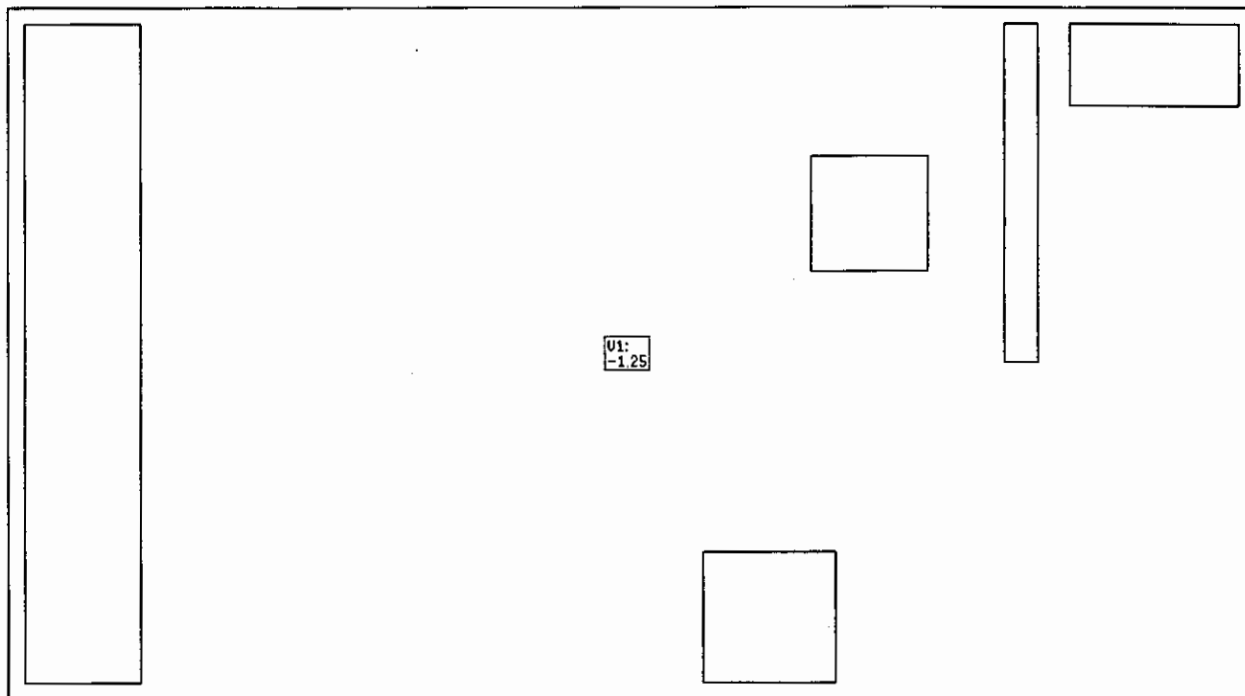
ROOF SLAB
WASTE WATER TREATMENT PLANT

Scale 1 : 45.9

Loading 002: "LL1 SNOW" (LoadSum = -33.33 kN)

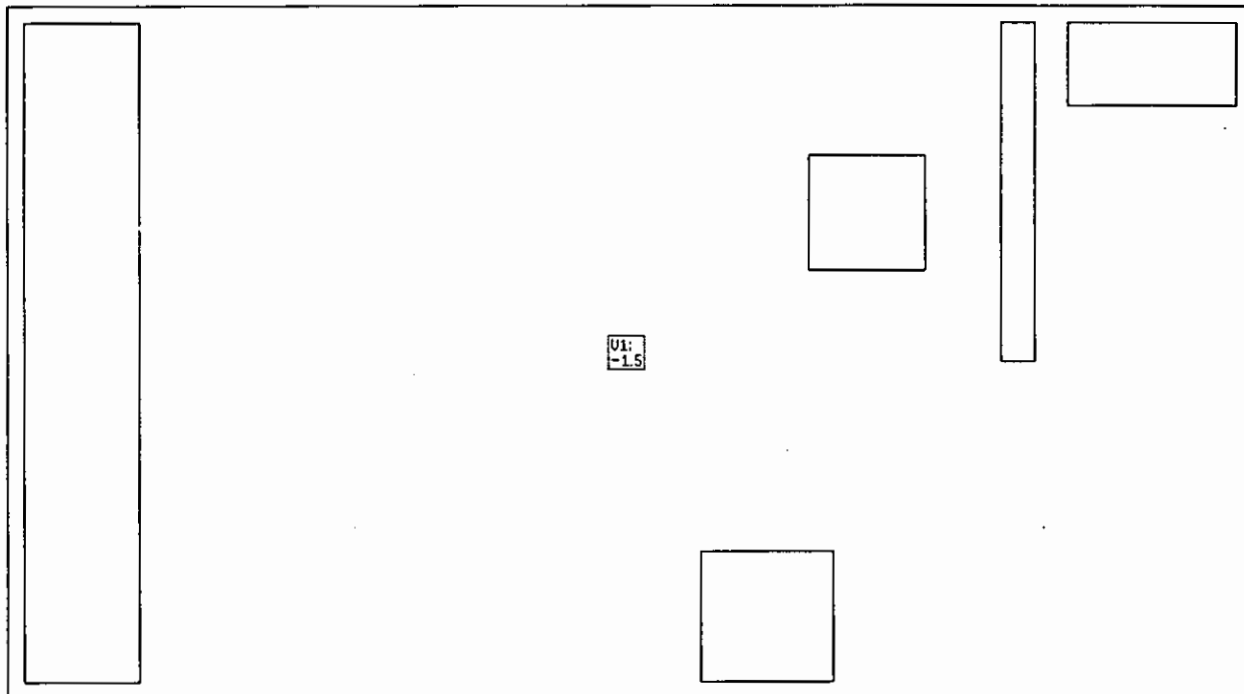
- Area Loads values : E = Self Weight [kN/m3]

V=Distr.Load [kN/m2], K=Curvatur [m-1]



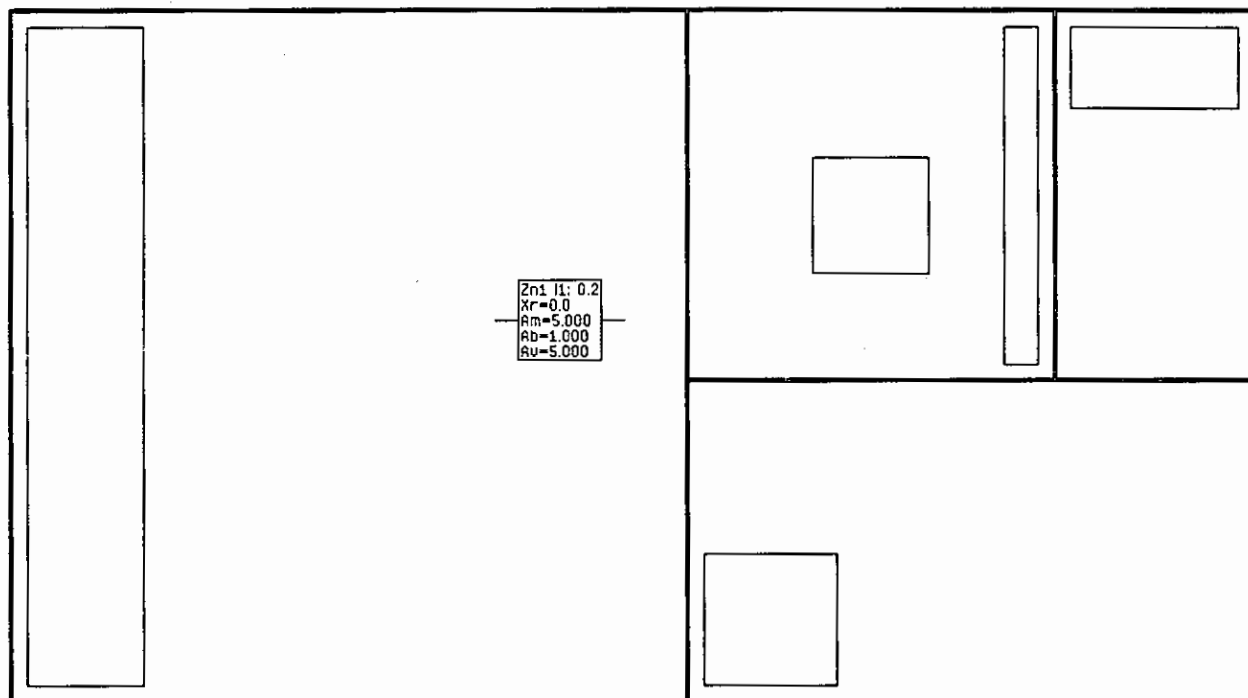
ROOF SLAB
WASTE WATER TREATMENT PLANT

Scale 1 : 45.9
Loading 003: "LL2 MOVABLE" (LoadSum = -39.99 kN)
- Area Loads values : E = Self Weight [kN/m3]
V=Distr.Load [kN/m2], K=Curvatur [m-1]



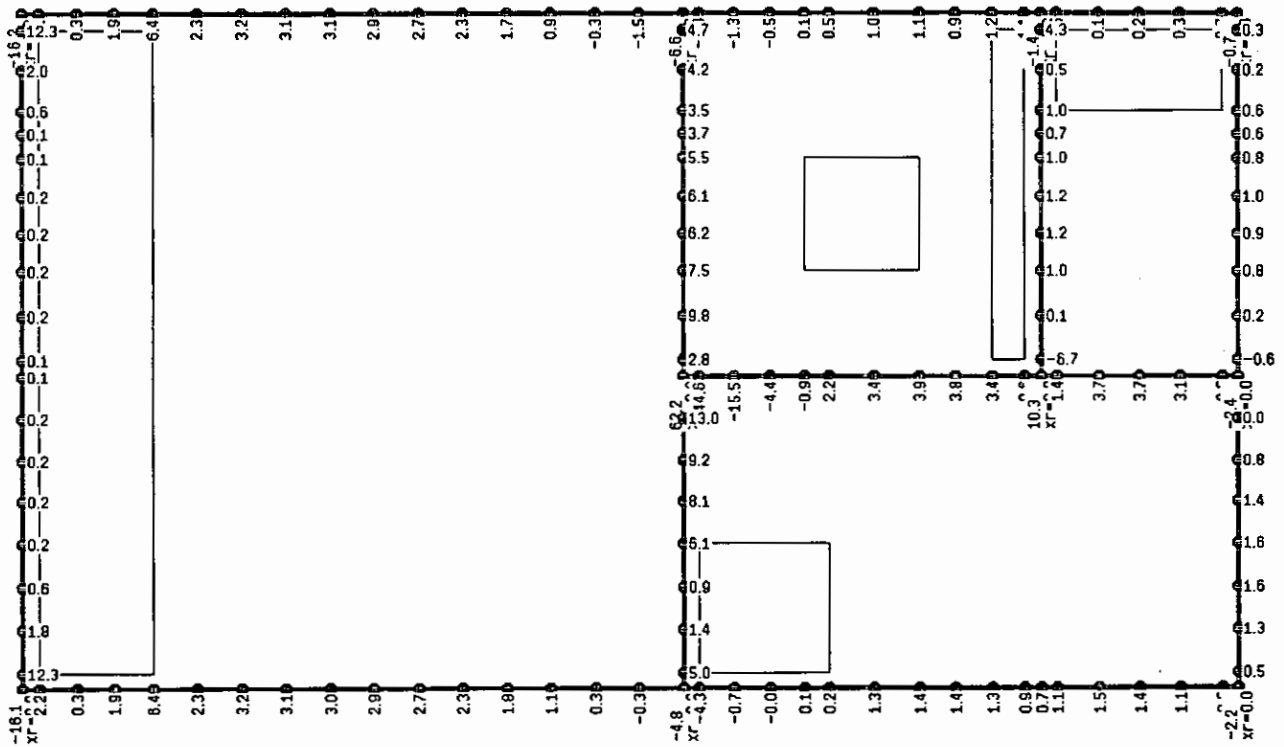
ROOF SLAB
WASTE WATER TREATMENT PLANT

Scale 1 : 45.9
Output zones (A02)
- Point- and LineSupport
- Output Zones Xr= X-dir. [Deg.]
Am= Equidist.-Prescr.Contours - Moments
Ab= Equidist.-Prescr.Contours - Reinf.
Aq= Equidist.-Prescr.Contours - Shears



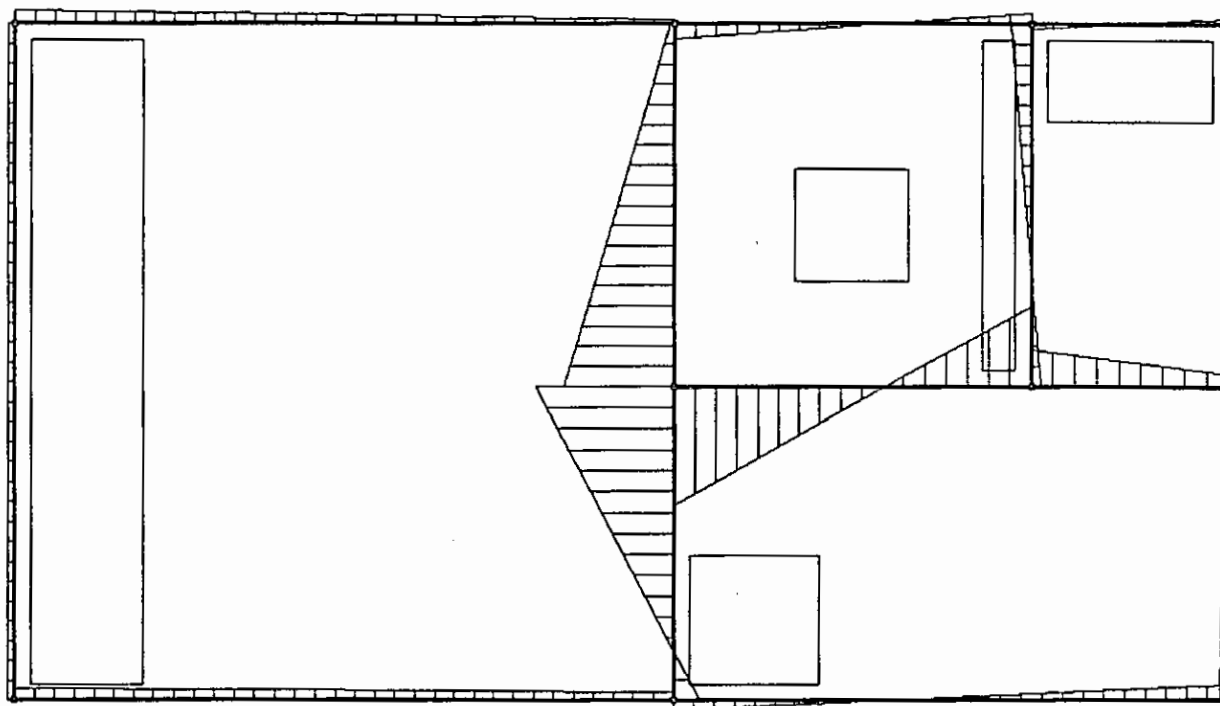
ROOF SLAB
WASTE WATER TREATMENT PLANT

Scale 1 : 47.1
SUPPORT REACTIONS (A02)
No-Comb: 1 2 3
Point- and LineSupport
Reactions FZ in Joints [kN]



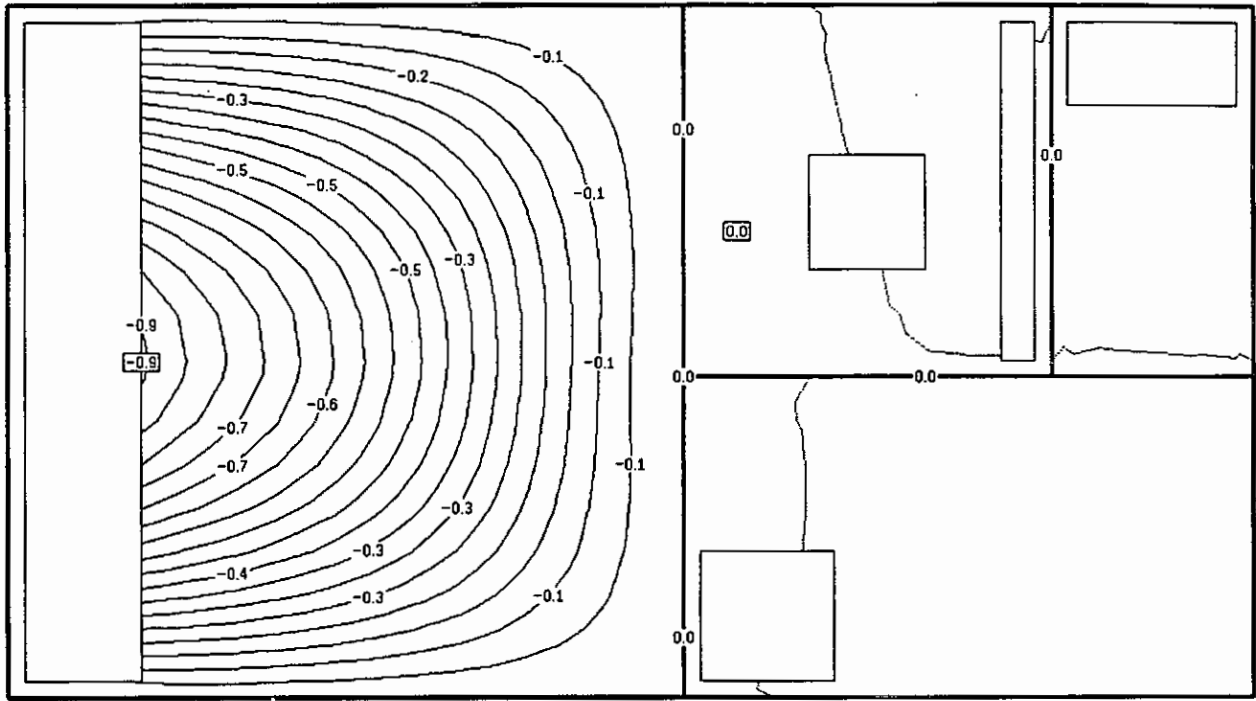
ROOF SLAB
WASTE WATER TREATMENT PLANT

Scale 1 : 47.1
SUPPORT REACTIONS (A02)
-o-Comb: 1 2 3
- Point- and LineSupport
- Reactions FZ , linearised

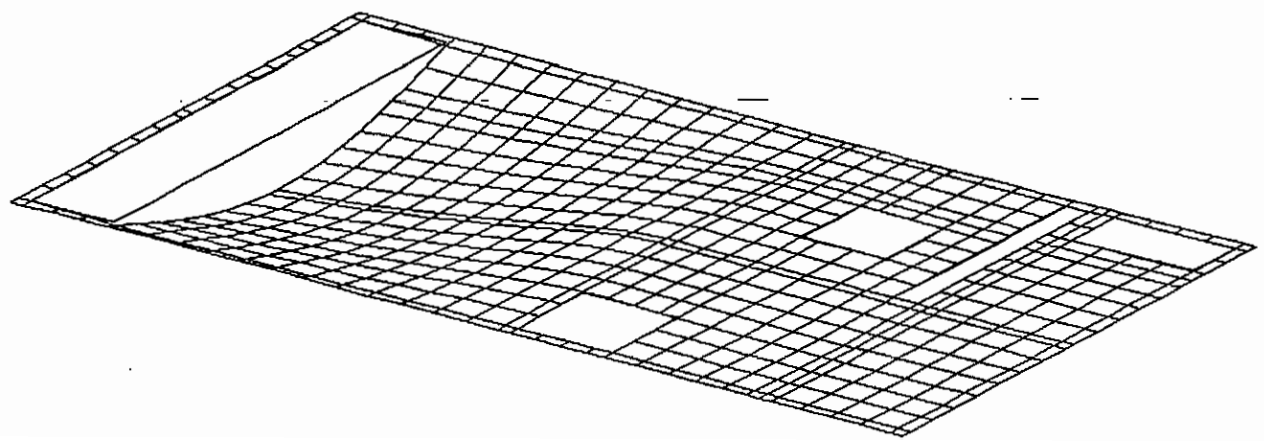


ROOF SLAB
WASTE WATER TREATMENT PLANT

Scale 1 : 45.9
DISPLACEMENTS [mm] (A02)
Lo-Comb: 1 2 3
- Point- and LineSupport
- Displacements DZ, Equidist= 0.050 [mm]



Scale 1 : 52.3
DISPLACEMENTS (A02)
Lo-Comb: 1 2 3
- displaced position, scale= 484.0, xp=-0.7 yp=1.0 zp=-0.5
- Plan of non-displaced posit.



ROOF SLAB
WASTE WATER TREATMENT PLANT

Scale 1 : 45.9

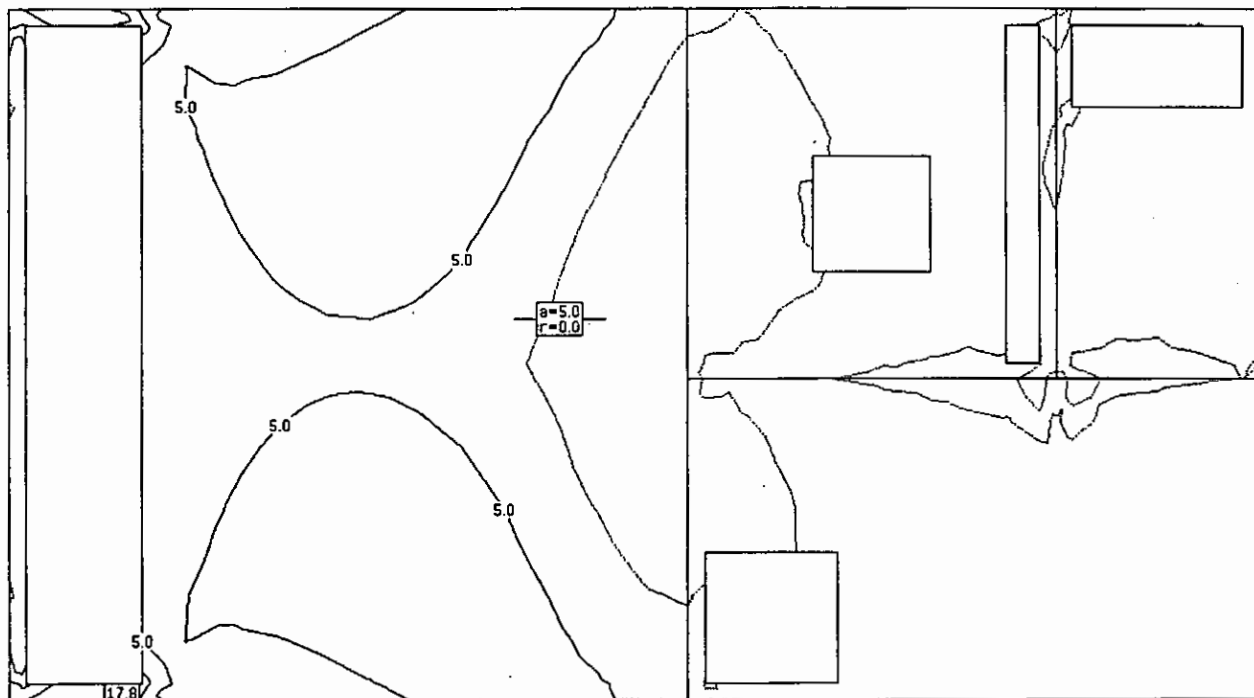
Reinforcem.Moments [kNm/m] (A02)

Loading : S1 1.35 U2 1.5 U3 1.5

- Reinforcem.Moments MX+ [kNm/m], X-Dir.= 0.00 Deg.

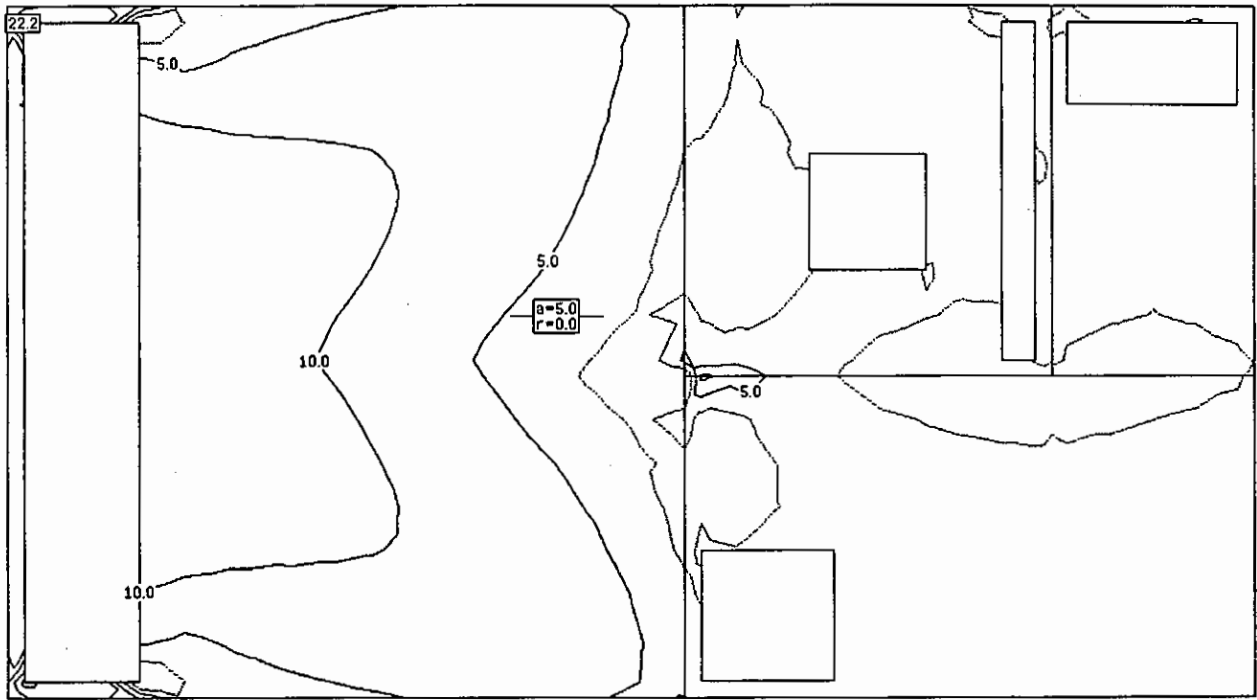
- Refer.values for Reinforcem.Moments [kNm/m]

a=Equidistance, r=Refer.Line, f=Contours prescr. file



ROOF SLAB
WASTE WATER TREATMENT PLANT

Scale 1 : 45.9
Reinforcem.Moments [kNm/m] (A02)
Loading : S1 1.35 U2 1.5 U3 1.5
- Reinforcem.Moments MY+ [kNm/m], X-Dir.= 0.00 Deg.
- Refer.values for Reinforcem.Moments [kNm/m]
a=Equidistance, r=Refer.Line, f=Contours prescr. file



ROOF SLAB
WASTE WATER TREATMENT PLANT

Scale 1 : 45.9

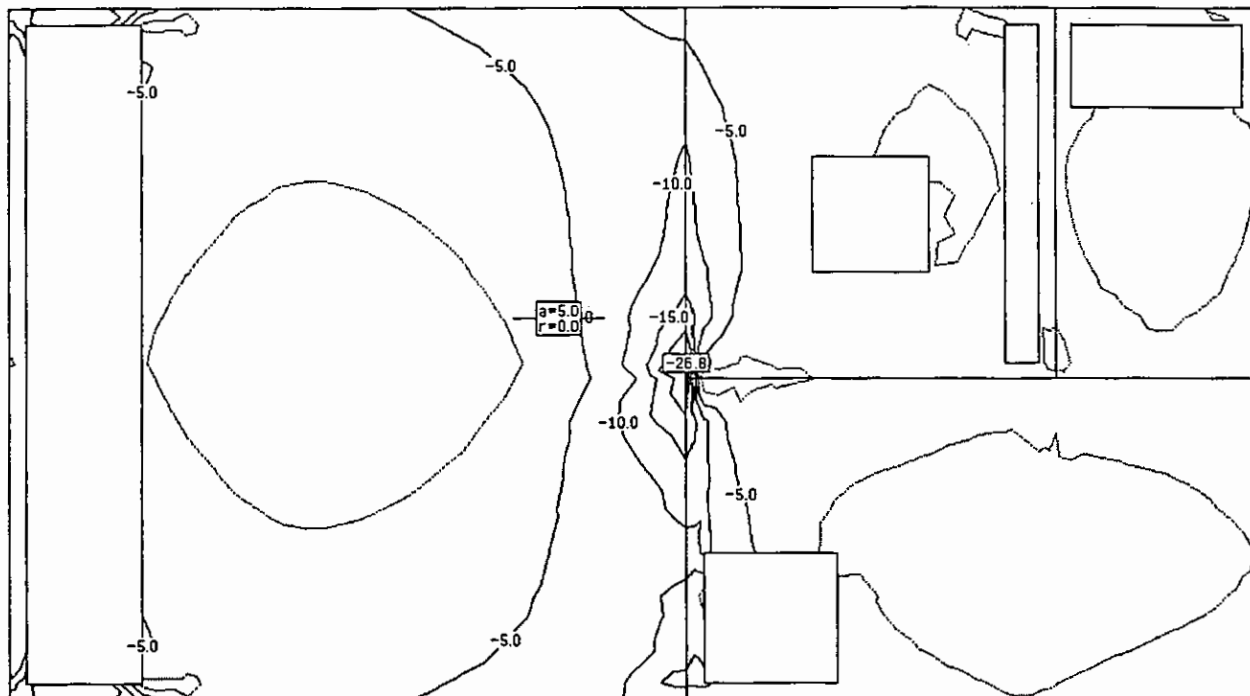
Reinforcem.Moments [kNm/m] (A02)

Loading : S1 1.35 U2 1.5 U3 1.5

- Reinforcem.Moments MX- [kNm/m], X-Dir.= 0.00 Deg.

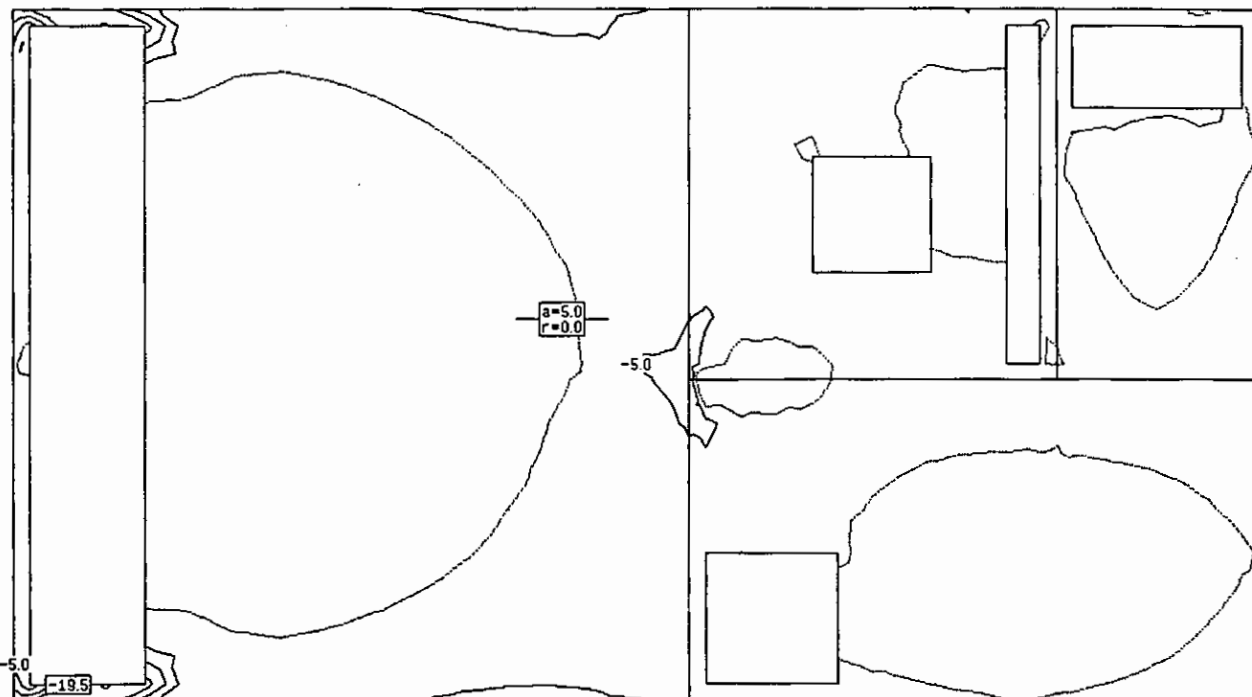
- Refer.values for Reinforcem.Moments [kNm/m]

a=Equidistance, r=Refer.Line, f=Contours prescr. file



ROOF SLAB
WASTE WATER TREATMENT PLANT

Scale 1 : 45.9
Reinforcem.Moments [kNm/m] (A02)
Loading : S1 1.35 U2 1.5 U3 1.5
Reinforcem.Moments MY- [kNm/m], X-Dir.= 0.00 Deg.
Refer.values for Reinforcem.Moments [kNm/m]
a=Equidistance, r=Refer.Line, f=Contours prescr. file



ROOF SLAB
WASTE WATER TREATMENT PLANT

Scale 1 : 45.9

Reinforcem. [cm²/m] (A02)

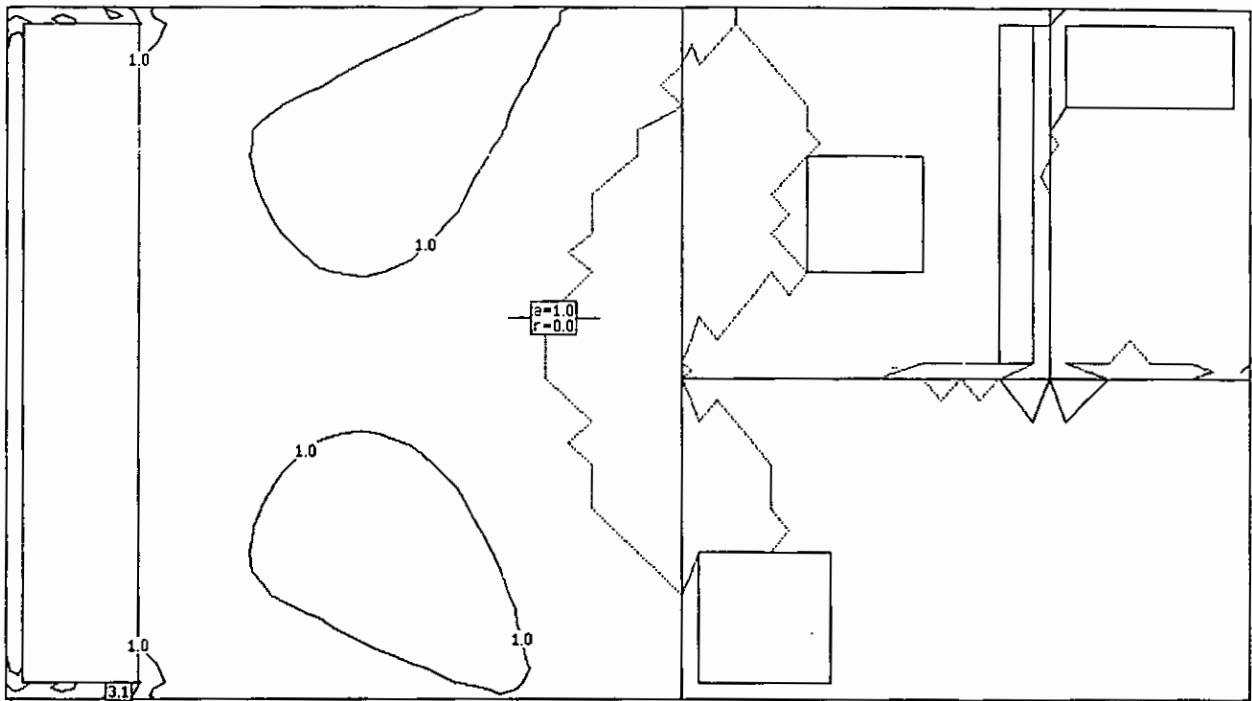
Loading : S1 1.35 U2 1.5 U3 1.5

EH-Design: Concr=C20/25, Steel=S400

- Reinforcem. AsX+ [cm²/m], cover= 3.00 cm, X-Dir.= 0.00 Deg.

- Refer.values for Reinforcem. [cm²/m]

a=Equidistance, r=Refer.Line, f=Contours prescr. file



ROOF SLAB
WASTE WATER TREATMENT PLANT

Scale 1 : 45.9

Reinforcem. [cm²/m] (A02)

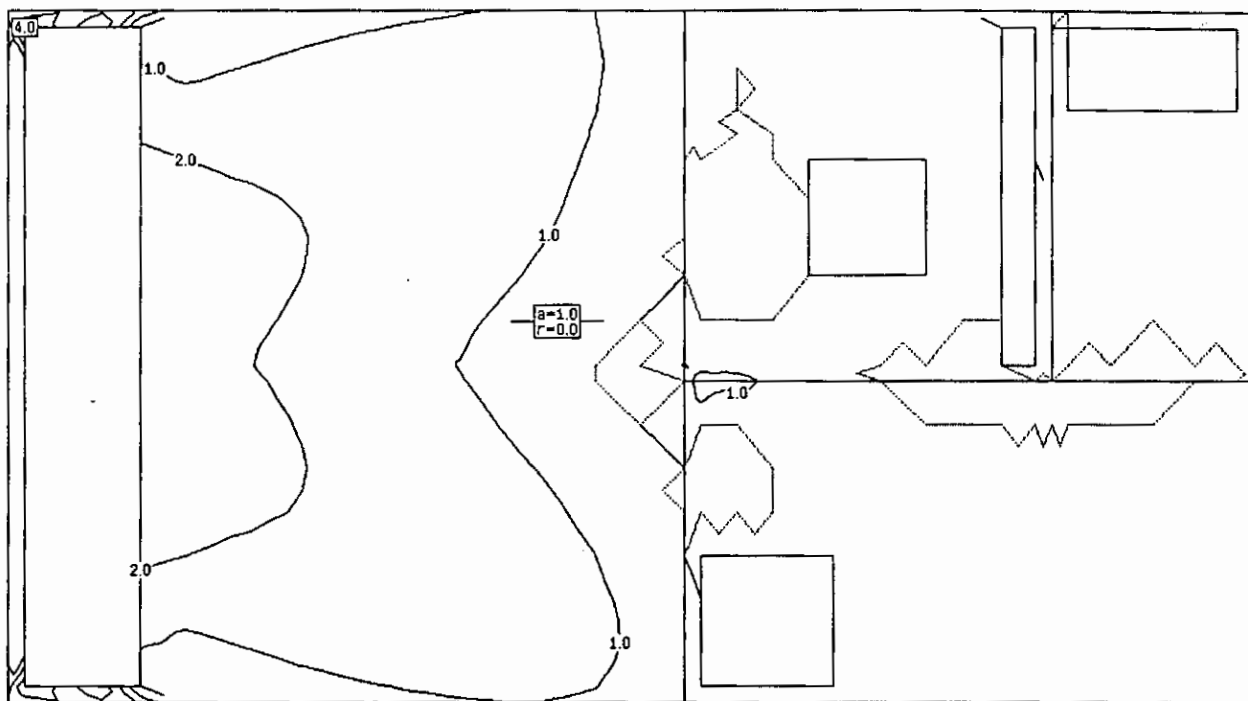
Loading : S1 1.35 U2 1.5 U3 1.5

EH-Design: Concr=C20/25, Steel=S400

- Reinforcem. AsY+ [cm²/m], cover= 3.00 cm, X-Dir.= 0.00 Deg.

- Refer.values for Reinforcem. [cm²/m]

a=Equidistance, r=Refer.Line, f=Contours prescr. file



ROOF SLAB
WASTE WATER TREATMENT PLANT

Scale 1 : 45.9

Reinforcem. [cm²/m] (A02)

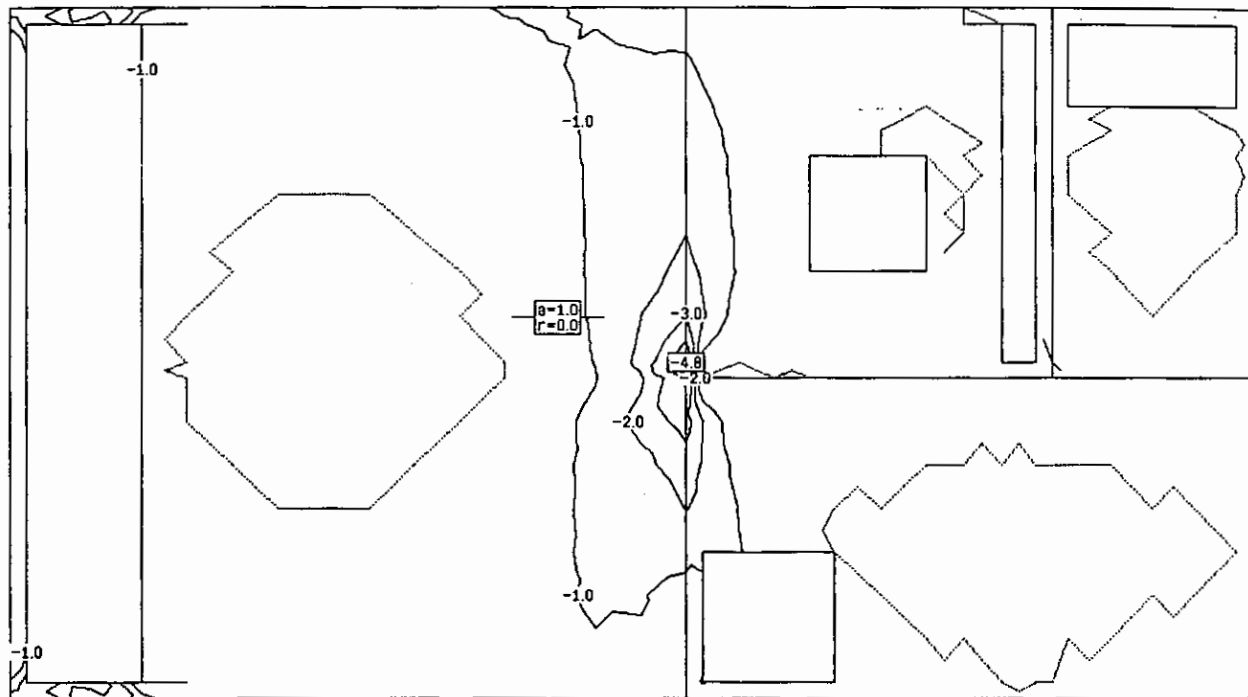
Loading : S1 1.35 U2 1.5 U3 1.5

EH-Design: Concr=C20/25, Steel=S400

- Reinforcem. AsX- [cm²/m], cover= 3.00 cm, X-Dir.= 0.00 Deg.

- Refer.values for Reinforcem. [cm²/m]

a=Equidistance, r=Refer.Line, f=Contours prescr. file



ROOF SLAB
WASTE WATER TREATMENT PLANT

Scale 1 : 45.9

Reinforcem. [cm²/m] (A02)

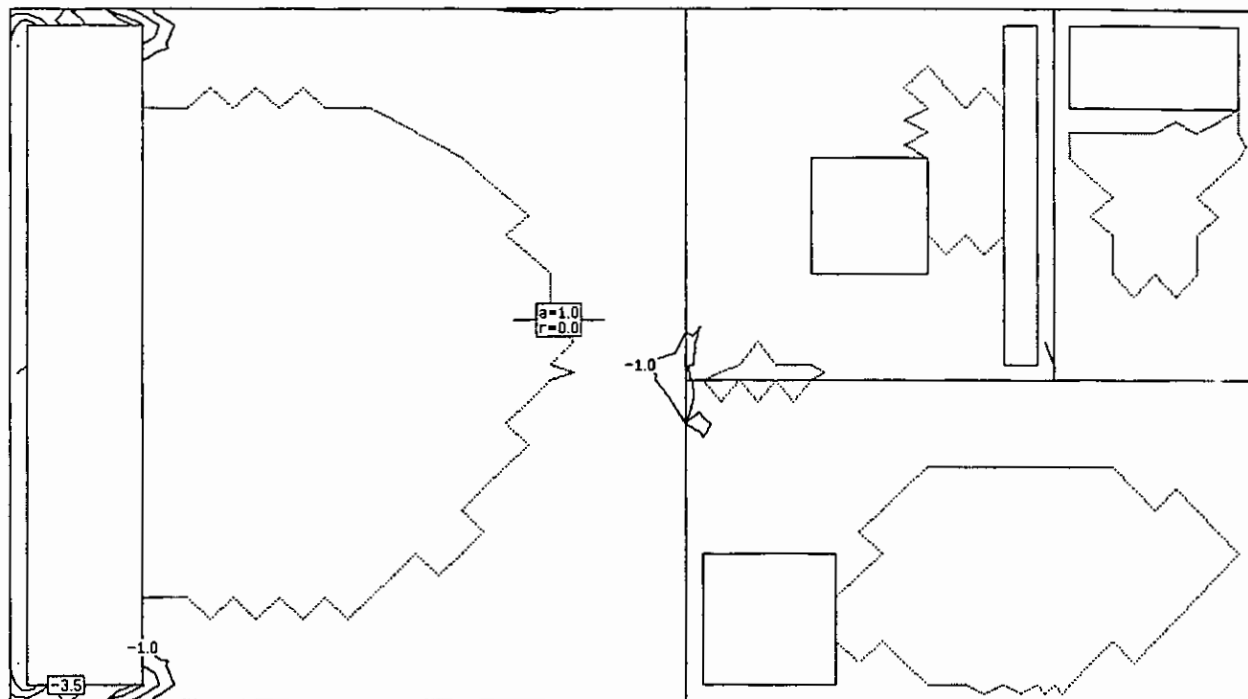
Loading : S1 1.35 U2 1.5 U3 1.5

EH-Design: Concr=C20/25, Steel=S400

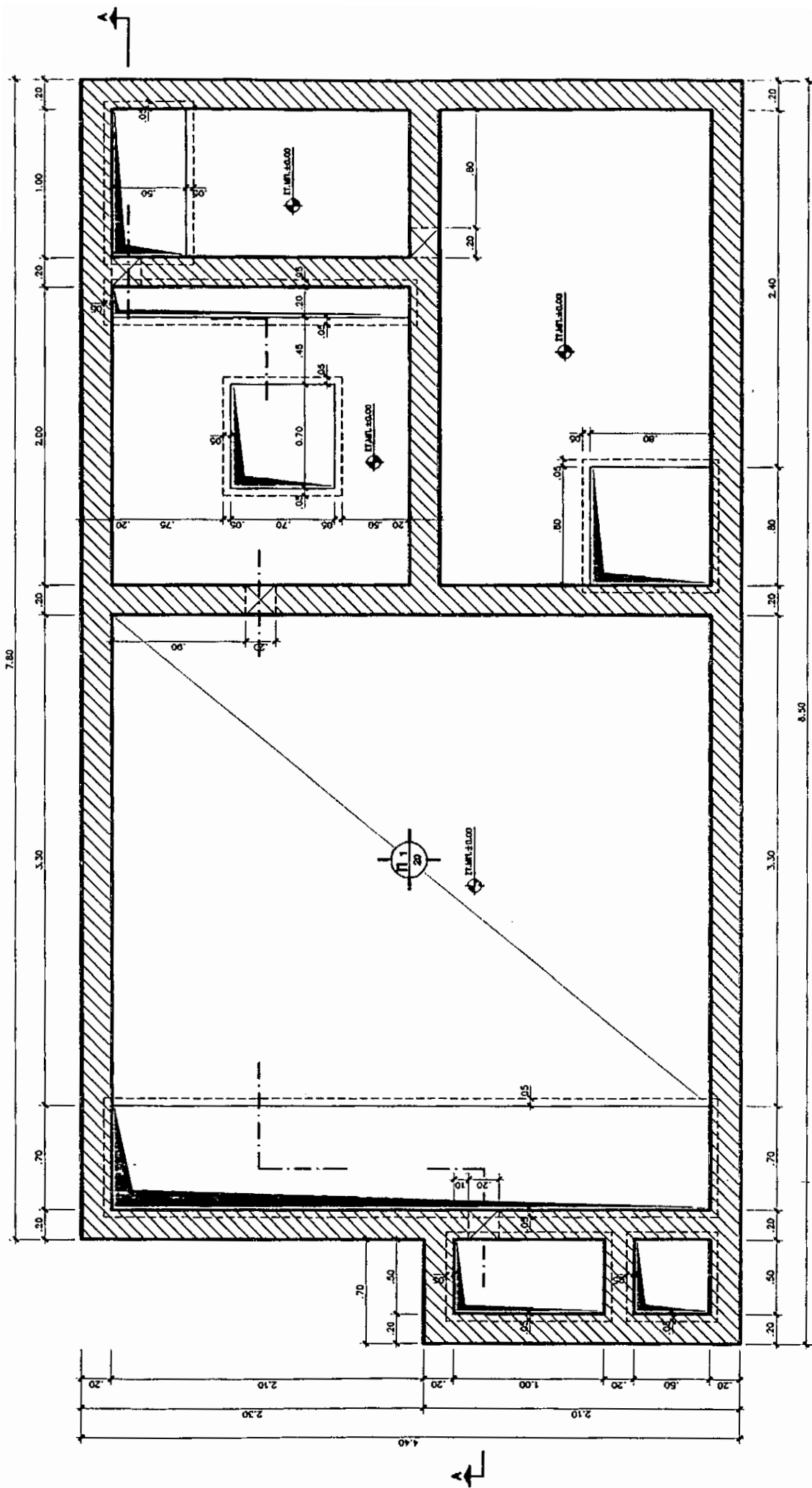
- Reinforcem. AsY- [cm²/m], cover= 3.00 cm, X-Dir.= 0.00 Deg.

- Refer.values for Reinforcem. [cm²/m]

a=Equidistance, r=Refer.Line, f=Contours prescr. file

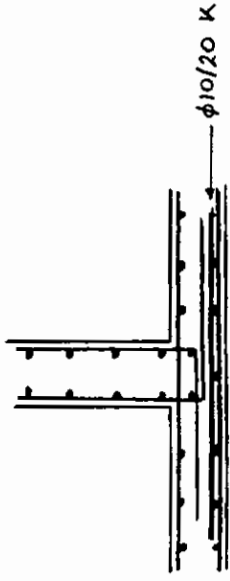


**ΣΧΕΔΙΑ ΤΟΥ
ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ**

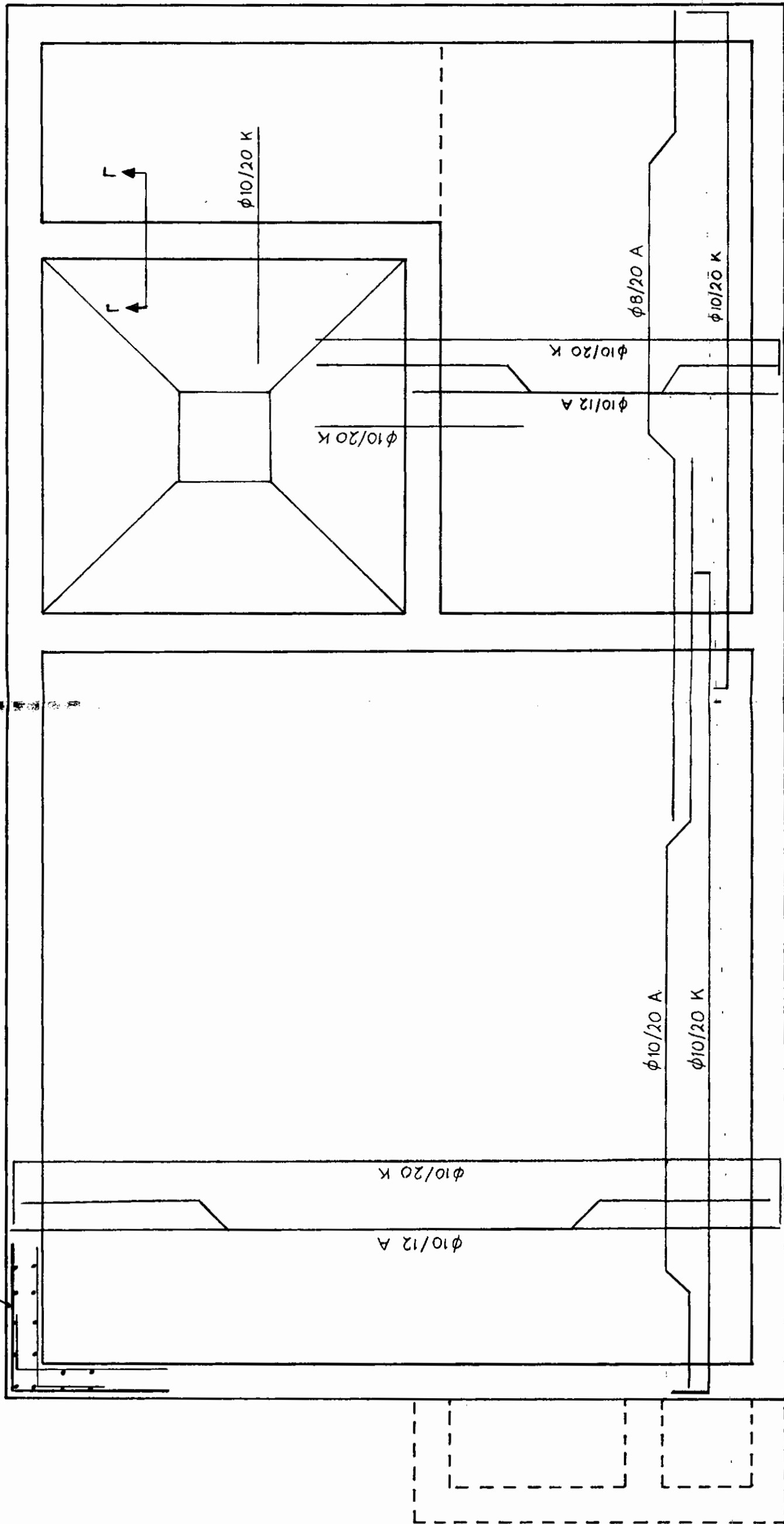


ROOF FRAMING PLAN
ΕΥΛΟΤΥΠΟΣ ΟΡΟΦΗΣ

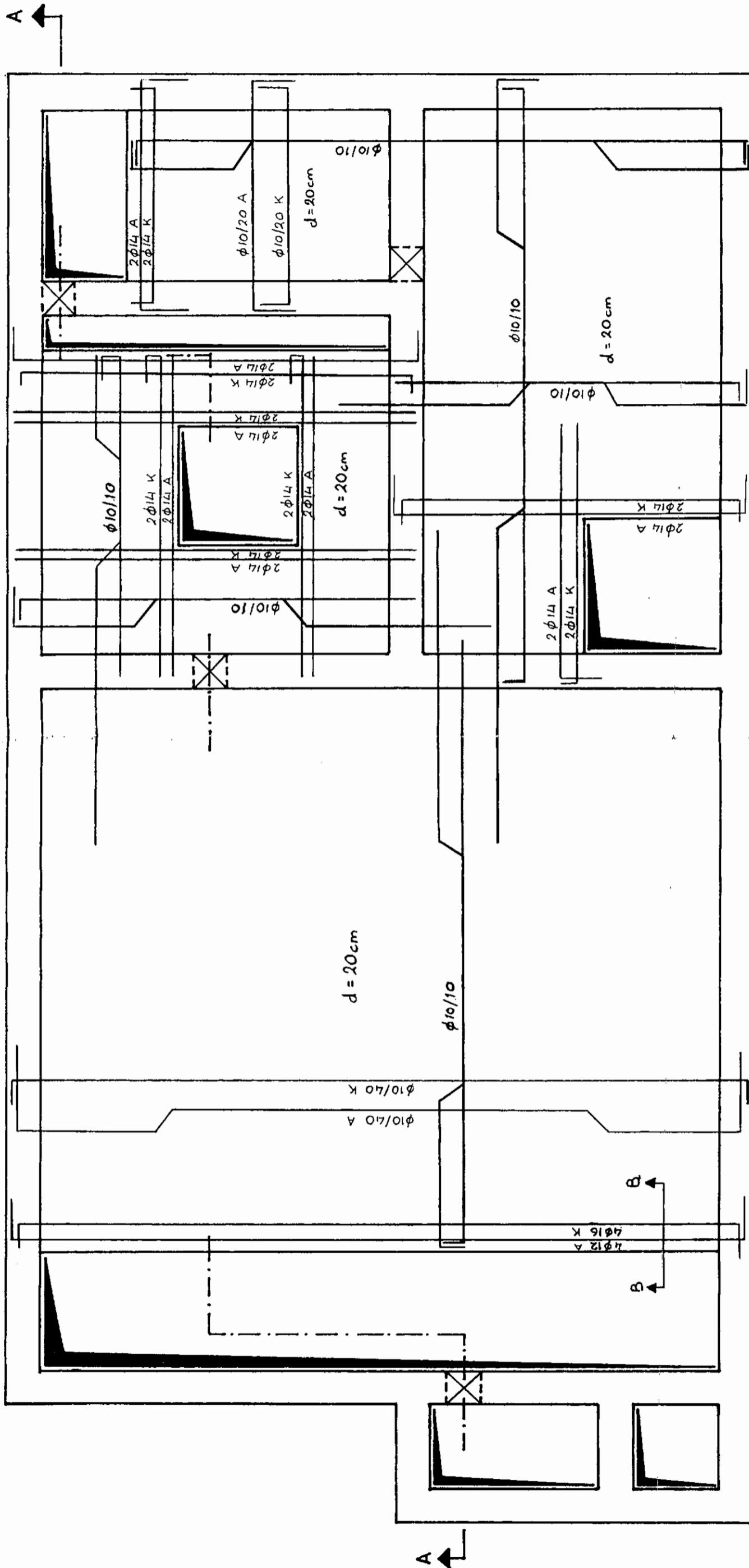
ΤΟΜΗ Γ-Γ



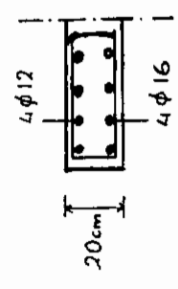
προσθέτος οπλισμός
στην ένωση τοιχείων
δυνείας $\phi 10/40$



ΟΠΛΙΣΜΟΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΣ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:25

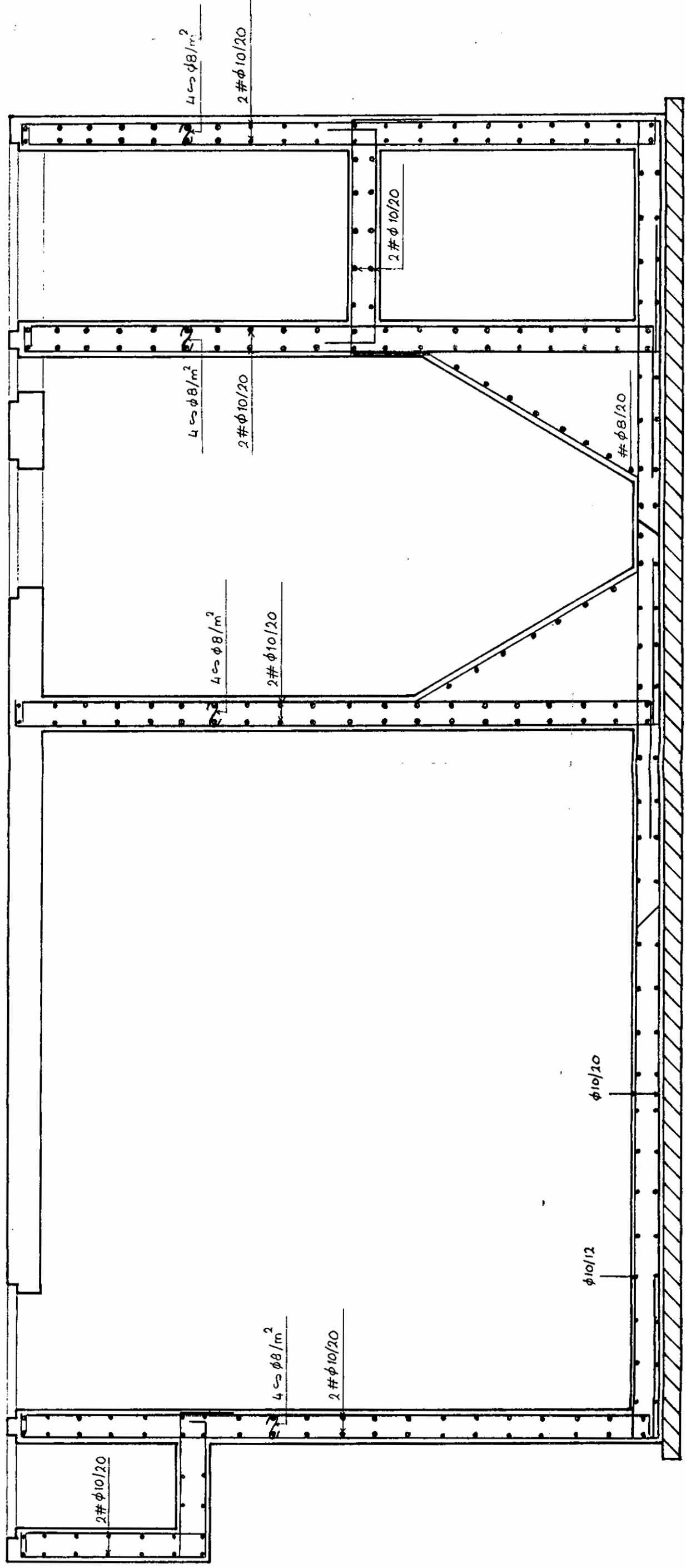


προσθετος οπλισμος στα ελεύθερα άκρα των πλάκων
 φουρκετες $\phi 8/30$



ΟΠΛΙΣΜΟΙ ΟΡΟΦΗΣ
 ΚΛΙΜΑΚΑ 1:25

ΤΟΜΗ Β-Β
 ΚΡΥΦΟΔΟΚΟΣ



ΤΟΜΗ Α-Α
 ΚΑΙΜΑΚΑ 1:25