

**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ - ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ»**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ - ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ & ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ - ΕΛΛΗΝΙΚΟ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ**

**ΜΑΘΗΜΑ**

**Ε05: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ**

**ΕΡΓΑΣΙΑ**

***ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ  
ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ - ΕΦΑΡΜΟΓΗ***

Δημήτριος Τσανακτσίδης, Διπλωματούχος Πολιτικός Μηχανικός

Γεώργιος Χαραλάμπους, Διπλωματούχος Πολιτικός Μηχανικός

Επιβλέπων: Χρίστος Πυργίδης, επ. Καθηγητής Α.Π.Θ.

**ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΜΑΙΟΣ 2004**

# Περιεχόμενα

Περιεχόμενα .....	2
-------------------	---

Εισαγωγή .....	3
----------------	---

## Κεφάλαιο 1

Θεωρία περί της χωρητικότητας γραμμής .....	4
---	---

1.1 Βασικοί Ορισμοί .....	4
---------------------------	---

1.2 Η σκοπιμότητα γνώσης της χωρητικότητας γραμμής .....	5
--	---

1.3 Η Μέθοδος U.I.C. ....	9
---------------------------	---

## Κεφάλαιο 2

Εφαρμογές Υπολογισμού Χωρητικότητας Γραμμής Σιδηροδρομικού Δικτύου .....	13
--	----

2.1 Τμήμα Θεσσαλονίκης – Πλατέος.....	13
---------------------------------------	----

2.2 Τμήμα Πλατέος - Σκύδρας .....	28
-----------------------------------	----

## Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια των υποχρεώσεων του Μαθήματος «Σχεδιασμός και Διαχείριση Σιδηροδρομικών Μεταφορών» του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Σχεδιασμός, Οργάνωση και Διαχείριση Συστημάτων Μεταφορών» του Α.Π.Θ. Αντικείμενό της είναι η ενδεικτική εφαρμογή της μεθόδου υπολογισμού χωρητικότητας U.I.C. που χρησιμοποιεί ο Ο.Σ.Ε., σε τμήματα του ελληνικού δικτύου.

Η έννοια της χωρητικότητας μίας σιδηροδρομικής γραμμής συνίσταται στον αριθμό των συρμών που μπορεί να διέλθει από αυτήν σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, αποτελεί, δηλαδή, ένα δείκτη της κυκλοφοριακής ικανότητάς της. Η χρησιμότητά της έγκειται στο ότι δίνει το μέτρο της μεταφορικής ικανότητας ενός δικτύου, υπάρχοντος ή υπό σχεδιασμό, καθώς και στο ότι δίνει τη δυνατότητα για επίλυση άμεσων προβλημάτων διαχείρισης, όπως η δρομολόγηση νέων συρμών.

Η παρούσα εργασία αποτελείται από δύο Κεφάλαια. Στο πρώτο παρατίθενται διάφορα γενικά στοιχεία σχετικά με την έννοια της Χωρητικότητας, τα είδη της, η σκοπιμότητα γνώσης της και οι παράγοντες που την επηρεάζουν. Επίσης, παρατίθενται οι διάφορες μέθοδοι υπολογισμού της, ενώ αναλύεται περαιτέρω η μέθοδος U.I.C., η οποία και εφαρμόζεται παρακάτω. Στο δεύτερο, λοιπόν, Κεφάλαιο εφαρμόζεται αναλυτικά η εν λόγω μέθοδος, για το τμήμα διπλής γραμμής Θεσσαλονίκης - Πλατέος, καθώς και για το τμήμα μονής γραμμής Πλατέος - Σκύδρας. Για τη δεύτερη περίπτωση εφαρμόζεται και ειδικό λογισμικό, που ενσωματώνει τη μέθοδο U.I.C.

# Κεφάλαιο 1

## Θεωρία περί της χωρητικότητας γραμμής

### 1.1 Βασικοί Ορισμοί

#### Χωρητικότητα Σιδηροδρομικής Γραμμής

Με τον όρο *χωρητικότητα σιδηροδρομικής γραμμής C* (κυκλοφοριακή ικανότητα) νοείται ο αριθμός των τρένων που μπορούν να κυκλοφορήσουν μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα σε μία γραμμή, λαμβάνοντας υπόψη:

- Τις ειδικές συνθήκες εκμετάλλευσης και λειτουργίας της γραμμής
- Την τήρηση ορισμένων περιορισμών που εξασφαλίζουν ένα πολύ καλό επίπεδο εξυπηρέτησης

Η χωρητικότητα της γραμμής σαν έννοια μπορεί να διαχωριστεί στην πρακτική χωρητικότητα  $C_{\pi}$  και στη θεωρητική χωρητικότητα γραμμής  $C_{\theta}$ . Η δεύτερη διαφέρει ως προς την πρώτη στο ότι εκφράζει το μέγιστο αριθμό τρένων που μπορούν να κυκλοφορήσουν σε μία σιδηροδρομική γραμμή στις ιδανικές συνθήκες εκμετάλλευσης και λειτουργίας του δικτύου και θεωρείται ότι όλα τα τρένα κυκλοφορούν με τα ελάχιστα χρονικά διαστήματα μεταξύ τους. Η πρακτική χωρητικότητα περιέχει ένα συντελεστή ελαστικότητας  $k$  (περιθώριο διαστολής), ώστε να αποτρέψει αλυσιδωτές καθυστερήσεις των συρμών σε περίπτωση που συμβεί ένα τυχαίο γεγονός, ώστε να υπάρχει καλύτερο επίπεδο εξυπηρέτησης.

$$C_{\pi} = k * C_{\theta}, k \in (0,1)$$

Η χωρητικότητα γραμμής υπολογίζεται στο κρίσιμο υποτμήμα γραμμής (υποτμήμα με το μεγαλύτερο χρόνο διάνυσης) του υπό εξέταση τμήματος γραμμής και εκφράζεται σε αριθμό τρένων ανά χρονικό διάστημα (ώρα, ημέρα, 12ωρο κ.τ.λ.)

- Ως προς τον αριθμό επιτρεπόμενων κατευθύνσεων, η χωρητικότητα διακρίνεται σε:
  - Χωρητικότητα μονής γραμμής
  - Χωρητικότητα διπλής γραμμής
- Ως προς το χρονικό διάστημα αναφοράς διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες:
  - Μέση ωριαία χωρητικότητα γραμμής
  - Ημερήσια χωρητικότητα γραμμής
  - Χωρητικότητα κατά το χρόνο λειτουργίας γραμμής
  - Χωρητικότητα συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος
- Ως προς τις συνθήκες εκμετάλλευσης υπάρχουν οι εξής κατηγορίες:
  - Χωρητικότητα εξαρτώμενη από τη δρομολόγηση των συρμών
  - Χωρητικότητα ανεξάρτητη της δρομολόγησης των συρμών
  - Πρακτική Χωρητικότητα ( $C_{\pi}$ )
  - Θεωρητική Χωρητικότητα ( $C_{\theta}$ )
  - Χωρητικότητα στην ώρα αιχμής (ή ωριαία χωρητικότητα)

*Ποσοστό κορεσμού S* είναι ο λόγος του συνολικού αριθμού των τρένων που έχει προγραμματιστεί να κυκλοφορούν κατά τη διάρκεια μίας χρονικής περιόδου σε ένα τμήμα γραμμής, προς την πρακτική χωρητικότητα του τμήματος. Εκφράζεται σε ποσοστό επί τοις % και μπορεί να λάβει και τιμές μεγαλύτερες του 100%.

## 1.2 Η σκοπιμότητα γνώσης της χωρητικότητας γραμμής

Η γνώση της χωρητικότητας γραμμής μπορεί να αποδειχθεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την διαχείριση διάφορων συνθηκών και αδιεξόδων που έχουν να κάνουν με το σιδηρόδρομο:

- Είναι απαραίτητη για την αντιμετώπιση άμεσων προβλημάτων στην εκμετάλλευση ενός δικτύου, όπως η δρομολόγηση νέων τακτικών, περιοδικών ή έκτακτων αμαξοστοιχιών σε ένα τμήμα γραμμής, η διάρθρωση του ωραρίου των δρομολογίων, η ασφαλής κυκλοφορία των συρμών και η επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού γραμμής για το σκοπό αυτό, η μείωση των καθυστερήσεων κτλ.
- Αποτελεί το πρώτο στάδιο μελέτης σκοπιμότητας κατασκευής μιας νέας γραμμής, (διπλής ή μονής), διπλασιασμού μίας γραμμής, κατάργησης μίας γραμμής, εγκατάστασης συστήματος ηλεκτρικής σηματοδότησης.
- Βοηθά στη λήψη μακροπρόθεσμων μέτρων που αφορούν στην πολιτική σχεδιασμού των μεταφορών σε μία συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή.
- Τέλος, ο υπολογισμός της χωρητικότητας γραμμής είναι το πρώτο βήμα προκειμένου να ληφθούν αποφάσεις από τον διαχειριστή της υποδομής για χορήγηση «διαδρομών» (κατανομή χωρητικότητας) στις διάφορες επιχειρήσεις που επιθυμούν να μεταφέρουν εμπορεύματα στη συγκεκριμένη σιδηροδρομική υποδομή.

Ο ακριβής υπολογισμός της χωρητικότητας σιδηροδρομικής γραμμής είναι πρακτικώς αδύνατος, καθώς οι παράμετροι που την επηρεάζουν είναι πολυποίκιλες και πολυδιάστατες. Τέτοιοι παράμετροι έχουν να κάνουν τόσο με τη σιδηροδρομική υποδομή, όσο και με το τροχαίο υλικό και την εκμετάλλευση.

- Όσον αφορά στη Σιδηροδρομική Υποδομή, επηρεάζουν:
  - Ο αριθμός τροχιοσειρών
  - Η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα που επιβάλλεται από τη γραμμή
  - Οι απαιτήσεις για τη συντήρηση της γραμμής
- Όσον αφορά στο Τροχαίο Υλικό, οι παράγοντες που επηρεάζουν είναι:
  - Τα κινηματικά χαρακτηριστικά συρμών
  - Τα ελκτικά στοιχεία κινητήριων μονάδων
  - Το μήκος συρμών
- Όσον αφορά στην Εκμετάλλευση της γραμμής, οι παράγοντες που επηρεάζουν είναι:
  - Ο βαθμός ομοιογένειας της κυκλοφορίας όσον αφορά στην ταχύτητα
  - Ο τρόπος διαδοχής όσον αφορά στις κατηγορίες συρμών
  - Ο αριθμός προβλεπόμενων στάσεων
  - Η ικανότητα υποδοχής και απορρόφησης της κυκλοφορίας στους ενδιάμεσους και στους τερματικούς σταθμούς
  - Το επιθυμητό επίπεδο εξυπηρέτησης όσον αφορά στην τήρηση των ωραρίων

Εξαιτίας των δυσκολιών αυτών, για να γίνει εφικτός ο υπολογισμός της χωρητικότητας μιας συγκεκριμένης σιδηροδρομικής γραμμής γίνονται διάφορες λειτουργικές παραδοχές και μαθητικές απλοποιήσεις, ώστε να υπολογιστεί προσεγγιστικά με τη βοήθεια μαθηματικών μοντέλων. Τα μοντέλα στηρίζονται σε διαφορετικές παραδοχές και υποθέσεις και αναφέρονται σε διαφορετικές

περιπτώσεις εκμετάλλευσης της γραμμής, π.χ. κυκλοφορία κατά μία μόνο κατεύθυνση ή κατά τις δύο κατευθύνσεις. Η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων που παρέχονται από τα μοντέλα έχει άμεση σχέση με τα λειτουργικά στοιχεία και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του εκάστοτε δικτύου. Έτσι, ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε δικτύου εφαρμόζονται οι κατάλληλες μέθοδοι. Οι μέθοδοι αυτές μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

- *Αναλυτικές σχέσεις:* Πρόκειται για μαθηματικές σχέσεις που υπολογίζουν το ελάχιστο χρονικό διάστημα  $t_f$  μεταξύ διαδοχικών τρένων διαφόρων κατηγοριών. Διαφοροποιούνται μεταξύ τους ως προς τις μεθόδους υπολογισμού του  $t_f$  και ως προς τα διαφορετικά περιθώρια διαστολής που επιλέγονται σύμφωνα με το επιθυμητό επίπεδο εξυπηρέτησης.
- *Σχέσεις βασισμένες στη θεωρία των πιθανοτήτων :* Πρόκειται για σχέσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν δεν είναι διαθέσιμο ένα ακριβές γράφημα δρομολογίων. Εκτιμούν πιθανολογικά την κατανομή των τρένων και υιοθετούν υποθέσεις όσον αφορά στην κατανομή της κυκλοφορίας.
- *Μέθοδοι δόμησης γραφήματος δρομολογίων:* Μπορούν να χωρισθούν σε δύο κατηγορίες, α) Μέθοδοι των οποίων σκοπός είναι ο η εκτίμηση του ποσοστού κορεσμού μιας γραμμής. Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων πρέπει να γίνουν συγκεκριμένες παραδοχές. β) μέθοδοι που εκτιμούν τον αριθμό των διαδρομών που μπορούν να σχεδιαστούν σε μία γραμμή (ή να προστεθούν σε ένα υπάρχον γράφημα δρομολογίων) ενώ δεν μπορούν να υπολογίσουν το ποσοστό κορεσμού. Οι μέθοδοι αυτές είτε μπορούν εφαρμοστούν χωρίς τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή, είτε όχι. Το κόστος στις μεθόδους δόμησης γραφήματος δρομολογίων εξαρτάται από το επίπεδο ακρίβειας που επιθυμείται και από το αν η εφαρμογή αφορά συγκεκριμένη γραμμή ή και όμορες γραμμές.
- *Μοντέλα Προσομοίωσης:* Είναι λογισμικά που προσομοιώνουν τις συνθήκες κυκλοφορίας. Η κυκλοφορία συντίθεται από διάφορες γνωστές κατηγορίες τρένων και διαφορετικά συμβάντα που τυχάνουν στο δίκτυο. Μπορούν να εντοπίσουν τα προβληματικά σημεία ενός δικτύου και μπορούν να καθορίσουν βέλτιστες λύσεις μεταξύ πολλαπλών σχεδιαστικών επιλογών. Απαιτούν λεπτομερή δεδομένα που αφορούν τη γραμμή και τα ωράρια δρομολόγησης. Το κόστος των μεθόδων αυτών συγκριτικά με τις άλλες είναι κατά πολύ μεγαλύτερο.

Χαρακτηριστικός είναι ο πίνακας που δείχνει τις διαφορετικές μεθόδους υπολογισμού της χωρητικότητας. Οι κυριότερες από τις μεθόδους αυτές είναι η μέθοδος U.I.C. για γραμμή μιας κατεύθυνσης κυκλοφορίας και η μέθοδος Haker για γραμμές διπλής κατεύθυνσης κυκλοφορίας. Χαρακτηριστικό είναι πως οι Ελληνικοί Σιδηρόδρομοι ακολουθούν την πρώτη μέθοδο για τον υπολογισμό της χωρητικότητας των γραμμών.

**Πίνακας 1.** Μέθοδοι υπολογισμού / αξιολόγησης κυκλοφοριακής ικανότητας γραμμής

Αναλυτικές σχέσεις	Σχέσεις βασισμένες στη θεωρία των πιθανοτήτων	Μέθοδοι δόμησης γραφήματος δρομολογίων	Μοντέλα προσομοίωσης
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μέθοδος U.I.C</li> <li>• Μέθοδος Ιταλικών Σιδηροδρόμων (FS)</li> <li>• Μέθοδος Ολλανδικών Σιδηροδρόμων (NS)</li> <li>• Μέθοδος Ελβετικών Σιδηροδρόμων (CFF)</li> <li>• Μέθοδος Σουηδικών Σιδηροδρόμων (Simon)</li> <li>• Μέθοδος Haker</li> <li>• Μέθοδος Hiller</li> <li>• Μέθοδος Ιαπωνικών Σιδηροδρόμων (JNR)</li> <li>• Μέθοδος Αμερικάνικων Σιδηροδρόμων (AREA)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μέθοδος Γερμανικών Σιδηροδρόμων (DB)</li> <li>• Μέθοδος Ελβετικών Σιδηροδρόμων (DGCFE)</li> <li>• Μέθοδος Schwanhauser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μέθοδος συμπίεσης γραφήματος δρομολογίων</li> <li>• Μέθοδος κορεσμού γραφήματος δρομολογίων</li> <li>• Μέθοδος «τυπικής» διαδρομής (standard path)</li> <li>• Μέθοδος CAPRES</li> <li>• Μέθοδος DONS</li> <li>• Μέθοδος SCAN</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μοντέλο προσομοίωσης χωρητικότητας γραμμής που λειτουργεί υπό κανονικές συνθήκες εκμετάλλευσης</li> <li>• Μοντέλο προσομοίωσης χωρητικότητας γραμμής που η ομαλή λειτουργία της έχει διαταραχτεί</li> <li>• Μοντέλο CHAO/SOFTIME</li> <li>• Μοντέλο FASTA</li> <li>• Μοντέλο RAILISM</li> <li>• Μοντέλο SERGOB</li> <li>• Μοντέλο SIMON</li> <li>• Μοντέλο SISYFE</li> <li>• Μοντέλο SLS</li> <li>• Μοντέλο Ux- SIMU</li> <li>• Μοντέλο VISION</li> <li>• Μοντέλο RAILCAP</li> </ul>





### 1.3 Η Μέθοδος U.I.C.

Ο υπολογισμός της χωρητικότητας ενός τμήματος γραμμής γίνεται με βάση τις σχετικές συνθήκες που ισχύουν στο κρίσιμο υποτομήμα της γραμμής, στις οποίες όμως προστίθεται και ένας διορθωτικός όρος που εκφράζει την επιρροή του συνολικού τμήματος της γραμμής. Ως υποτομήμα γραμμής νοείται το κομμάτι που ενώνει δύο γειτονικούς σταθμούς υπέρβασης ή διασταύρωσης και ένα σταθμό υπέρβασης ή σταθμό διασταύρωσης με μία διακλάδωση.

Το κρίσιμο υποτομήμα της γραμμής είναι γενικά το κομμάτι εκείνο όπου συναντούμε τους πιο υψηλούς χρόνους διαδρομής και όπου παρατηρούμε τις πιο μεγάλες τιμές του ελάχιστου μέσου χρόνου διαδοχής αμαξοστοιχιών  $t_{fm}$ .

Όλοι οι υπολογισμοί αναφέρονται στην εμπρόσθια πλευρά (κεφαλή) του τρένου.

Η χωρητικότητα ενός τμήματος γραμμής δίδεται από την ακόλουθη σχέση :

$$L = \frac{T}{t_{fm} + t_r + t_{zu}} \quad (\text{τρένα / χρονική περίοδος αναφοράς})$$

Όπου:

L = χωρητικότητα τμήματος γραμμής (σε αριθμό τρένων)

T = χρονική περίοδος αναφοράς (σε min)

$t_{fm}$  = ελάχιστος μέσος χρόνος διαδοχής αμαξοστοιχιών (σε min)

$t_r$  = περιθώριο διαστολής (σε min)

$t_{zu}$  = πρόσθετος χρόνος (σε min)

Η διαδικασία υπολογισμού έγκειται στο να βρεθούν αυτοί οι ελάχιστοι επιτρεπόμενοι χρόνοι που απαιτούνται, και οι οποίοι εξαρτώνται από τις διάφορες παραδοχές που γίνονται λόγω των υπαρχόντων συνθηκών της γραμμής.

#### 1.3.1. Χρονική περίοδος αναφοράς T

Εφόσον δεν υπάρχει κάποιος περιορισμός ή ειδική ανάγκη, η χωρητικότητα εκφράζεται για μία ολόκληρη ημέρα (1440 min)

#### 1.3.2. Ελάχιστος μέσος χρόνος διαδοχής των αμαξοστοιχιών ( $t_{fm}$ )

Ο ελάχιστος χρόνος διαδοχής των αμαξοστοιχιών  $t_f$  είναι η χρονική διάρκεια που πρέπει απαραίτητα να χωρίζει δύο διαδοχικά τρένα. Ο ελάχιστος μέσος χρόνος διαδοχής αμαξοστοιχιών  $t_{fm}$  είναι ο μέσος όρος των ελαχίστων χρόνων διαδοχής των τρένων, για όλες τις περιπτώσεις διαδοχής αμαξοστοιχιών που παρουσιάζονται σε ένα τμήμα γραμμής. Για τον καθορισμό των περιπτώσεων διαδοχής των αμαξοστοιχιών η χρησιμοποιούμενη μέθοδος μπορεί να εξαρτάται ή όχι από το ισχύον ωράριο δρομολόγησης.

##### *1.3.2.1 Μέθοδος εξαρτώμενη από το ωράριο δρομολόγησης*

Στην περίπτωση αυτή ο ελάχιστος μέσος όρος από όλους τους εμφανιζόμενους χρόνους διαδοχής των τρένων εξαρτάται από την ακριβή διαδοχή τους.

-Περίπτωση εκμετάλλευσης της γραμμής κατά μία μόνο διεύθυνση:

$$t_{fm} = \frac{\sum (n_{ij} t_{fij})}{\sum n_{ij}} \text{ (min/τρένο)}$$

όπου :

$n_{ij}$  = αριθμός περιπτώσεων διαδοχής τρένων

$t_{fij}$  = ελάχιστος χρόνος διαδοχής τρένων μεταξύ δύο κατηγοριών χρόνων διαδρομής

-Περίπτωση εκμετάλλευσης γραμμής κατά τις δύο διευθύνσεις:

$$t_{fm} = \frac{\sum [n_{ij(aa)} t_{fijaa}] + \sum [n_{ij(ab)} t_{fij(ab)}] + \sum [n_{ij(bb)} t_{fij(bb)}] + \sum [n_{ij(ba)} t_{fij(ba)}]}{\sum n_{ij}} \text{ (min/λεπτό)}$$

- Καθορισμός των περιπτώσεων διαδοχής τρένων:

Για να απλοποιηθούν οι υπολογισμοί, τα τρένα που έχουν χρόνους διαδρομής περίπου ίδιους ομαδοποιούνται σε κατηγορίες χρόνων διαδρομής, έτσι ώστε να προκύπτουν, όσο το δυνατόν, από δύο μέχρι τέσσερις κατηγορίες χρόνων διαδρομής. Στην περίπτωση ενός υφιστάμενου ωραρίου δρομολόγησης, ο αριθμός των περιπτώσεων διαδοχής τρένων υπολογίζεται ξεχωριστά για κάθε κατηγορία χρόνου διαδρομής και τοποθετείται στο τετράγωνο ενός πίνακα και με των τρόπο αυτόν δημιουργούνται κατάλληλα μητρώα που δείχνουν τις κινήσεις των τρένων. Ανάλογος πίνακας θα φανεί στην εκτέλεση των εφαρμογών.

- Υπολογισμός του ελάχιστου χρόνου διαδοχής στην περίπτωση εκμετάλλευσης γραμμής κατά μία διεύθυνση:

Για τον υπολογισμό των διαφόρων ελαχίστων χρόνων διαδοχής τρένων  $t_i$  βασιζόμαστε στους χρόνους διαδρομής  $t_i$  και στα μήκη των διαφόρων τρένων  $L_z$  των διαφόρων κατηγοριών τρένων που κυκλοφορούν στο κρίσιμο υποτομήμα της υπόψη γραμμής. Στις τιμές των χρόνων διαδρομής συμπεριλαμβάνονται οι χρόνοι στάθμευσης που προβλέπονται από το ωράριο δρομολόγησης. Στους υπολογισμούς υπεισέρχονται οι ακόλουθοι παράμετροι:

- ο χρόνος διανύσεως της απόστασης από το σημείο ορατότητας του προσήματος μέχρι του σημείου μέτρησης των χρόνων =  $t_s$
- ο χρόνος διαδρομής μεταξύ δύο διαδοχικών μετρήσεων στο υποτομήμα της γραμμής =  $t_i$
- ο χρόνος διανύσεως της περιοχής απελευθέρωσης (απόσταση ασφαλείας μπροστά από το φωτισήμα + μήκος τρένου) =  $t_r$
- ο χρόνος σχηματισμού και αποδέσμευσης δρομολογίων =  $t_b$
- ο χρόνος επίδοσης και αντίληψης σήματος (μόνο σε περιπτώσεις τρένων που σταματούν στον πρώτο σταθμό) =  $t_a$

Στην συνέχεια υπάρχουν διάφοροι τύποι που εκφράζουν τον χρόνο  $t_i$  ανάλογα με τις λειτουργικές και κατασκευαστικές συνθήκες της γραμμής, αλλά και

από το αν κάποιο τρένο σταματά στους σταθμούς του κρίσιμου υποτμήματος. Οι χρόνοι αυτοί υπολογίζονται συναρτήσει των παραπάνω χρόνων.

### 1.3.2.2 Μέθοδος μη εξαρτώμενη από το ωράριο δρομολόγησης

Εάν δεν υπάρχει συγκεκριμένο ωράριο που να εκφράζει τις συνθήκες εκμετάλλευσης και λειτουργίας του δικτύου, κάνουμε την παραδοχή ότι οι διάφορες περιπτώσεις διαδοχής αμαξοστοιχιών παρουσιάζονται κατά τυχαίο τρόπο. Αρκεί λοιπόν να γνωρίζουμε για κάθε κατηγορία χρόνων διαδρομής τον ακριβή αριθμό των τρένων.

$$t_f = \frac{\sum n_i n_j t_{fij}}{\sum n_i n_j} \quad (\text{min/τρένο})$$

i = προηγούμενο τρένο

j = επόμενο τρένο

$n_i, n_j$  = αριθμός τρένων ανά κατηγορία χρόνων διαδρομής

$t_{fij}$  = ελάχιστος χρόνος διαδοχής τρένων των διαφόρων κατηγοριών χρόνων διαδρομής.

### 1.3.3. Περιθώριο διαστολής ( $t_r$ )

Το περιθώριο διαστολής  $t_r$  είναι ένας πρόσθετος χρόνος που προβλέπεται μετά από κάθε ελάχιστο χρόνο διαδοχής τρένων και αποσκοπεί στο να μειώσει τον κίνδυνο εμφάνισης διαδοχικών καθυστερήσεων. Η τιμή του περιθωρίου διαστολής επηρεάζει κατά συνέπεια σημαντικά την ποιότητα του επιπέδου εξυπηρέτησης. Από την άλλη μεριά, η χωρητικότητα μιας γραμμής μειώνεται αισθητά όταν η τιμή του περιθωρίου αυτού είναι μεγάλη. Για να λάβουμε υπόψη όχι μόνο το μήκος του κρίσιμου υποτμήματος, αλλά και τις επιμέρους τιμές των ταχυτήτων των διερχομένων αμαξοστοιχιών, χρησιμοποιούμε μία τιμή περιθωρίου διαστολής που μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τον ελάχιστο χρόνο διαδοχής των τρένων. Η τιμή του περιθωρίου διαστολής για την περίπτωση μέγιστης επιτρεπόμενης κατάληψης του κρίσιμου υποτμήματος  $N=60\%$ , λαμβάνεται ίση με:

$$t_r = 0,67 t_{fm} \quad (\text{min/τρένο})$$

Στην περίπτωση υπολογισμού της ωριαίας χωρητικότητας δεχόμαστε ότι η μέγιστη επιτρεπόμενη κατάληψη του κρίσιμου υποτμήματος ανέρχεται σε  $N = 75\%$ . Για τις συγκεκριμένες αυτές συνθήκες λαμβάνεται μία μειωμένη τιμή περιθωρίου διαστολής :

$$t_r = 0,33 t_{fm} \quad (\text{min/τρένο})$$

### 1.3.4. Πρόσθετος χρόνος ( $t_{zu}$ )

Έρευνες που έγιναν σε πάνω από 40 τμήματα γραμμής σιδηροδρομικών δικτύων έδειξαν ότι η αύξηση του αριθμού των υποτμημάτων μειώνει την τιμή της χωρητικότητας που υπολογίζεται με τις ισχύουσες συνθήκες αποκλειστικά στο κρίσιμο υποτμήμα. Για το λόγο αυτό υπεισέρχεται στους υπολογισμούς

πρόσθετος χρόνος  $t_{zu}$  που αποσκοπεί στο να εξασφαλίζεται το επιθυμητό επίπεδο εξυπηρέτησης στα υπόλοιπα (εκτός του κρισίμου) υποτμήματα και στο να δώσει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα.

Από μετρήσεις προέκυψε η παρακάτω τιμή:

$$t_{zu} = \alpha * 0,25 \quad (\text{min/τρένο})$$

όπου  $\alpha$  = αριθμός των υποτμημάτων γραμμής

## Κεφάλαιο 2

### Εφαρμογές Υπολογισμού Χωρητικότητας Γραμμής Σιδηροδρομικού Δικτύου

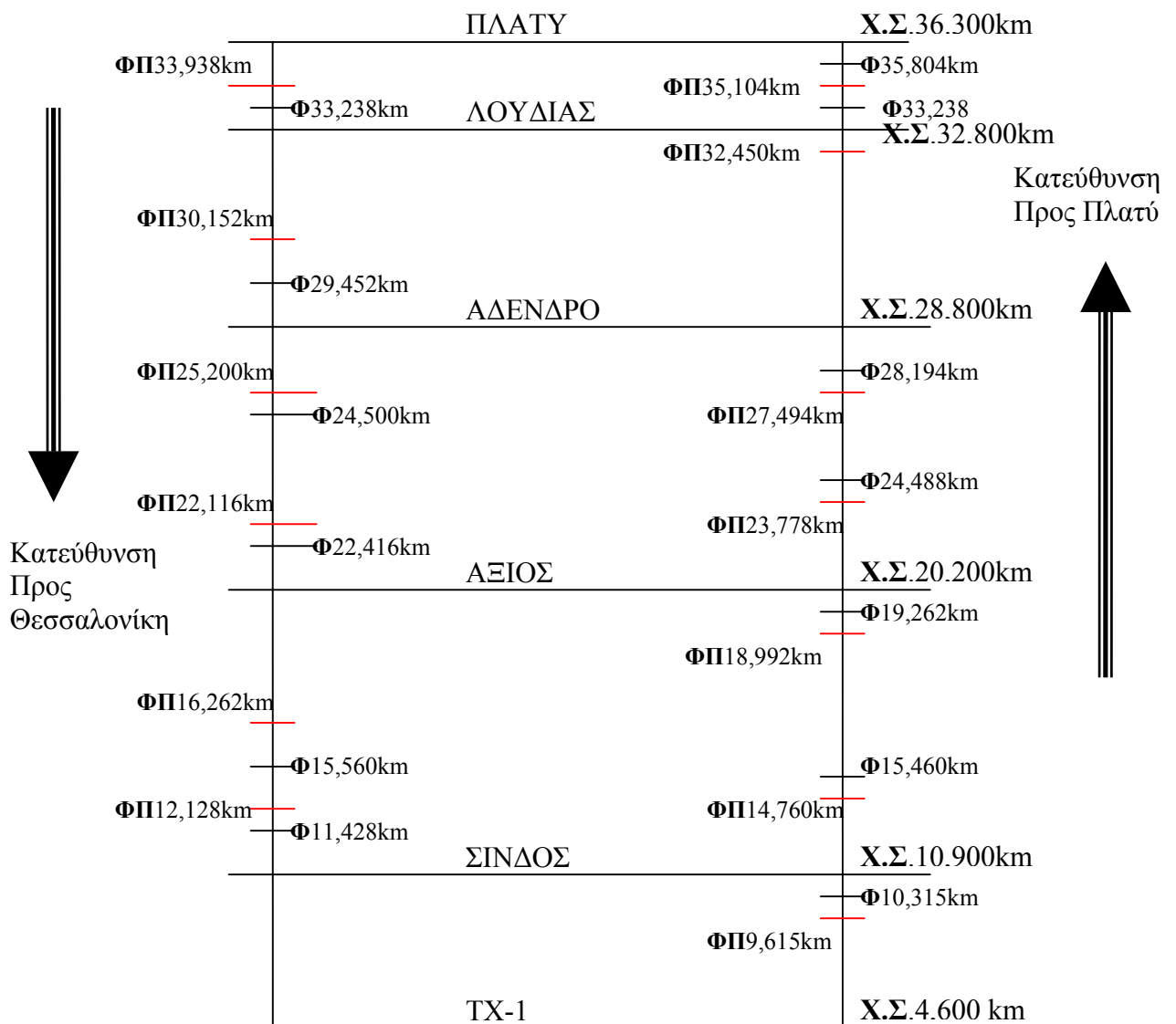
#### 2.1 Τμήμα Θεσσαλονίκης – Πλατέος

Ο σιδηροδρομικός διάδρομος Θεσσαλονίκης – Πλατέος χαρακτηρίζεται ως μία διπλή γραμμή με εκμετάλλευση της κάθε γραμμής μόνο προς μία κατεύθυνση.

Καθώς πρόκειται για διπλή γραμμή, η χωρητικότητα θα υπολογιστεί ξεχωριστά για την γραμμή με κατεύθυνση προς Θεσσαλονίκη και ξεχωριστά για την γραμμή με κατεύθυνση προς Πλατύ.

Ο προσδιορισμός του κρίσιμου υποτμήματος έγινε και για τις δύο κατευθύνσεις. Για τον υπολογισμό της γραμμής θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος U.I.C.

#### Πλάνο Σηματοδότησης Τμήματος Θεσσαλονίκης – Πλατέος:



## Υπολογισμός Χωρητικότητας Γραμμής με κατεύθυνση Θεσσαλονίκη-Πλατύ

Κρίσιμο υποτμήμα για αμαξοστοιχίες που κινούνται προς Θεσσαλονίκη: ΑΞΙΟΣ – ΣΙΝΔΟΣ

Κρίσιμο υποτμήμα για αμαξοστοιχίες που κινούνται προς Πλατύ: ΣΙΝΔΟΣ – ΑΞΙΟΣ

Το συγκεκριμένο υποτμήμα είναι το μεγαλύτερο σε μήκος υποτμήμα του διαδρόμου Θεσσαλονίκης – Πλατέος

**Χαρακτηρισμός γραμμής:** διπλή γραμμή

**Μήκος τμήματος:** 31,7km

**Αριθμός υποτμημάτων:** 5

**Αριθμός διερχόμενων αμαξοστοιχιών:** 33 ανά γραμμή κυκλοφορίας

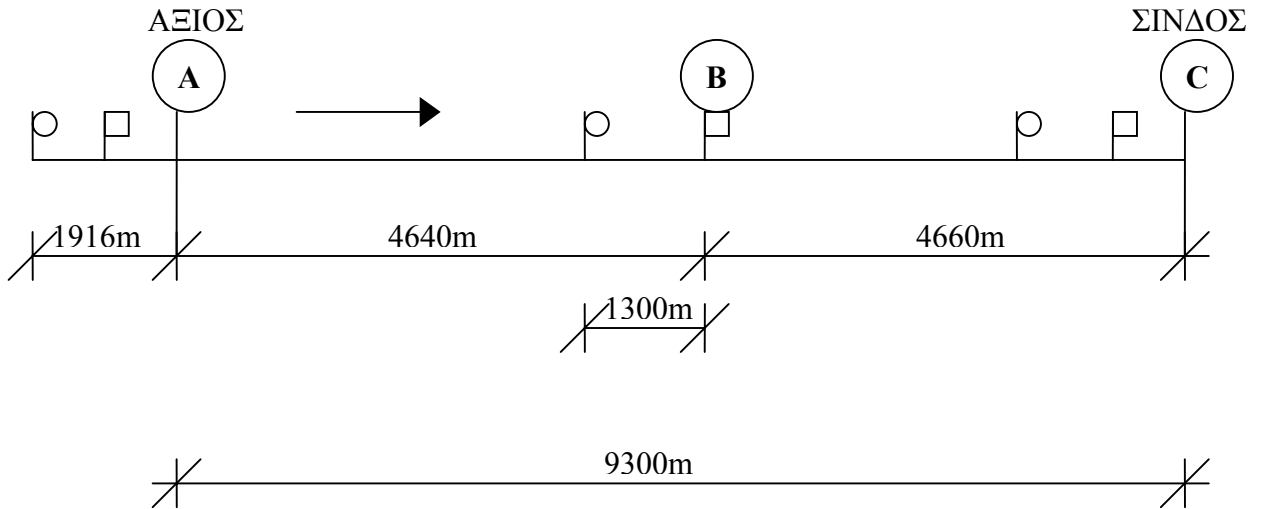
**Κρίσιμο υποτμήμα:** ΑΞΙΟΣ – ΣΙΝΔΟΣ και κατά τις δύο κατευθύνσεις

**Μήκος κρίσιμου υποτμήματος:** 9,3 km

Πίνακας 2: ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΛΑΤΥ – ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ			
Πίνακας διαδοχής αμαξοστοιχιών εντός του υποτμήματος 'ΑΞΙΟΣ – ΣΙΝΔΟΣ'			
α/α	Ονομασία αμαξοστοιχίας	Ώρα αναχώρησης από Αξίο	Χρόνος διαδρομής (λεπτά)
1	23500		12'
2	604	4.09	8'
3	506	4.27	8'
4	210	5.24	7'
5	1741	6.18	8'
6	334	6.27	7'
7	54594	7.45	14'
8	711	8.15	8'
9	57741	9.46	8'
10	57743	10.23	8'
11	721	11.10	8'
12	1590	11.36	10'
13	500	12.40	8'
14	723	13.13	8'
15	57711	14.19	9'
16	57745	15.38	8'
17	713	16.35	8'
18	1592	16.58	9'
19	290	17.11	6'
20	23508	17.24	9'
21	23713	18.12	9'
22	715	18.20	8'
23	502	18.49	7'
24	1508	18.56	6'
25	1745	19.35	8'
26	23715	20.14	9'
27	1594	20.20	9'
28	717	20.56	7'
29	602	21.56	7'
30	57747	22.08	8'
31	504	22.18	8'
32	57717	22.53	9'
33	23502, όμως δεν διέρχεται από το κρίσιμο υποτμήμα	23.53	

### Κρίσιμο Υπομήμα

ΑΞΙΟΣ (A) – ΣΙΝΔΟΣ (C)



Η χωρητικότητα θα υπολογιστεί για  $T = 1440$  λεπτά (24 ώρες)

Χωρίζονται οι χρόνοι διαδοχής τρένων σε κατηγορίες χρόνων οι οποίοι φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Θα πρέπει να γίνεται η ομαδοποίηση με τέτοιο τρόπο ώστε το άθροισμα της στήλης 'χρόνος διαδρομής' και αυτό της στήλης να είναι περίπου ίσα. Στην προκειμένη περίπτωση προκύπτουν ακριβώς ίσα. Επίσης δεν έχουμε κανένα τρένο να σταματά στον σταθμό A και συνεπώς θα χρησιμοποιηθούν οι ανάλογοι τύποι. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι αυτή που εξαρτάται από το ωράριο δρομολόγησης.

**Πίνακας 3.** Χρόνοι διαδρομής τρένων

Χρόνος Διαδρομής	Κατηγορία χρόνων διαδρομής	Χρόνος Διαδρομής	Κατηγορία χρόνων διαδρομής
12'	14'	8'	8'
8'	8'	8'	8'
8'	8'	6'	6'
7'	6'	9'	9,5'
8'	8'	9'	9,5'
7'	6'	8'	8'
14'	14'	7'	6'
8'	8'	6'	6'
8'	8'	8'	8'
8'	8'	9'	9,5'
8'	8'	9'	9,5'
10'	9,5'	7'	6'
8'	8'	7'	6'
8'	8'	8'	8'
9'	9,5'	8'	8'
8'	8'	9'	9,5'
Σύνολο (min)		266	266

**Πίνακας 4.** Μητρώα περιπτώσεων διαδοχής τρένων n

$t_i$ (min)	Επόμενο τρένο				$\Sigma$
	6 στάση διέλευση Σταθμός A	8 στάση διέλευση Σταθμός A	9,5 στάση διέλευση Σταθμός A	14 στάση διέλευση Σταθμός A	
Προηγούμενο τρένο 6	-	2	-	1	7
8	-	4	-	4	16
9,5	-	1	-	2	7
14	-	-	-	-	2
<b>Σύνολο</b>					<b>32</b>

**Υπολογισμός χρόνων διαδρομής στο τμήμα αποκλεισμού**

Μήκος υποτμήματος γραμμής Σταθμός A – Σταθμός C : 9,300km  
Μήκος τμήματος αποκλεισμού Σταθμός A – Φωτοσήμα B : 4,640km

**Πίνακας 5.** Χρόνοι διαδρομής στο τμήμα αποκλεισμού

$t_{l(\overline{AC})}$	6	8	9,5	14	min
$t_{l(\overline{AB})}$	2,99	3,79	4,74	6,98	min

**Υπολογισμός χρόνων διαδρομής  $t_{ls(A)}$  :**

Σημείο ορατότητας: Απόσταση μεταξύ του σημείου αρχής των μετρήσεων και του Σταθμός A προσήματος εξόδου : 1,916 km

$l_z$  = Απόσταση ορατότητας του προσήματος εξόδου

$$\text{για } t_l = 6\text{min} : 500\text{m} \quad \left( V = \frac{9,3}{(6/60)} = 93\text{km/h} > 80\text{km/h} \right)$$

$$t_l = 8\text{min} : 200\text{m} \quad \left( V = \frac{9,3}{(8/60)} = 69,75\text{km/h} < 80\text{km/h} \right)$$

$$t_l = 9,5\text{min} : 200\text{m} \quad \left( V = \frac{9,3}{(9/60)} = 62,00\text{km/h} < 80\text{km/h} \right)$$

$$t_l = 14\text{min} : 200\text{m} \quad \left( V = \frac{9,3}{(12/60)} = 46,5\text{km/h} < 80\text{km/h} \right)$$

**Πίνακας 6.** Χρόνοι διαδρομής  $t_{ls(A)}$  :

$t_l$	6	8	9,5	14	min
$t_{ls}$	1,56	1,82	2,16	3,19	min



### Υπολογισμός χρόνων διαδρομής $t_{Is(B)}$ :

Σημείο ορατότητας: Απόσταση μεταξύ του σημείου αρχής των μετρήσεων και του Σταθμός B προσήματος εξόδου :  $1,300 \text{ km}$

$l_z$  = Απόσταση ορατότητας του προσήματος εξόδου

$$\text{για } t_l = 6 \text{ min} : 500\text{m} \quad (V = \frac{9,3}{(6/60)} = 93\text{km/h} > 80\text{km/h})$$

$$t_l = 8 \text{ min} : 200\text{m} \quad (V = \frac{9,3}{(8/60)} = 69,75\text{km/h} < 80\text{km/h})$$

$$t_l = 9,5 \text{ min} : 200\text{m} \quad (V = \frac{9,3}{(9/60)} = 62,00\text{km/h} < 80\text{km/h})$$

$$t_l = 14 \text{ min} : 200\text{m} \quad (V = \frac{9,3}{(12/60)} = 45,6\text{km/h} < 80\text{km/h})$$

**Πίνακας 7.** Χρόνοι διαδρομής  $t_{Is(B)}$  :

$t_l$	6	8	9,5	14	min
$t_{Is}$	1,16	1,29	1,53	2,26	min

### Υπολογισμός χρόνων διαδρομής $t_{IR(B)}$

Περιοχή απελευθέρωσης θέση B : απόσταση ασφαλείας :200m

Μήκος τρένων

Για

$$\text{για } t_l = 6 \text{ min} : 400\text{m} \quad (V = \frac{9,3}{(6/60)} = 93\text{km/h} > 80\text{km/h})$$

$$t_l = 8 \text{ min} : 700\text{m} \quad (V = \frac{9,3}{(8/60)} = 69,75\text{km/h} < 80\text{km/h})$$

$$t_l = 9,5 \text{ min} : 700\text{m} \quad (V = \frac{9,3}{(9,5/60)} = 58,73\text{km/h} < 80\text{km/h})$$

$$t_l = 14 \text{ min} : 700\text{m} \quad (V = \frac{9,3}{(14/60)} = 39,86\text{km/h} < 80\text{km/h})$$

**Πίνακας 8.** Χρόνοι διαδρομής  $t_{IR(B)}$  :

$t_l$	6	8	9,5	14	min
$t_{IR}$	0,39	0,77	0,92	1,35	min

Απαραίτητος χρόνος για το σχηματισμό και την αποδέσμευση του δρομολογίου από το σταθμό A και εξυπηρέτησης της θέσης B, όπως αυτός προκύπτει από το σχετικό πίνακα, είναι :  $t_b = 1\text{min}$

Απαραίτητος χρόνος για την επίδοση και την αντίληψη της διαταγής αναχώρησης  $t_a = 0,5\text{min}$

Στη συνέχεια θα καταρτιστεί ο βοηθητικός πίνακας για τον υπολογισμό του  $t_{fi}$

**Πίνακας 9.** Βοηθητικός πίνακας

$t_i$	6	8	9,5	14
I: $t_{I(\overline{AB})} + t_{IR(B)} + t_b + t_a$	4,88	6,27	7,16	9,84
II: $t_{I(\overline{AB})} + t_{IR(B)} + t_b$	4,38	5,77	6,66	9,34
III: $t_{Is(A)}$	1,56	1,82	2,16	3,19
IV: $t_{I(\overline{AC})} + t_b$	7	9	10,5	15
V: $t_{I(\overline{AB})} - t_{Is(B)}$	1,88	2,70	3,21	4,73

Στον πίνακα 9 έχουμε :

I: Χρόνος διαδρομής ενός τρένου που κινείται στο τμήμα αποκλεισμού : Σταθμός A – φωτοσήμα B, ο οποίος περιλαμβάνει και τον απαραίτητο χρόνο για να δοθεί το σήμα αναχώρησης στο επόμενο τρένο που σταματά στον σταθμό A.

II + III: Χρόνος διαδρομής ενός τρένου που κινείται στο τμήμα αποκλεισμού : σταθμό A – φωτοσήμα B, στον οποίο περιλαμβάνεται και οι χρόνος του επόμενου τρένου στο τμήμα μεταξύ του σημείου ορατότητας του προσήματος εξόδου και του σημείου αρχής μέτρησης του σημείου A.

IV – V: Χρόνος διαδρομής ενός τρένου που κινείται στο τμήμα αποκλεισμού : σταθμός A - σταθμός C μείον του χρόνου διαδρομής του επόμενου τρένου στο διάστημα μεταξύ του σταθμού A και του σημείου ορατότητας του ενδιάμεσου φωτοσήματος B.

Με βάση αυτές τις τιμές μπορούμε να υπολογίσουμε για το σταθμό A τους ελάχιστους χρόνους διαδοχής των τρένων (πίνακας 10), λαμβάνοντας υπόψη την ύπαρξη του φωτοσήματος B.

**Πίνακας 10.** Ελάχιστοι χρόνοι διαδοχής τρένων

$t_i$ (min)	Επόμενο τρένο											
	6 στάση διέλ. θέση A A A			8 στάση διέλ. θέση A A A			9,5 στάση διέλ. θέση A A A			14 στάση διέλ. θέση A A A		
Προηγούμενο τρένο 6 8 9,5 14	-	<u>5,94</u>	5,17	-	<u>6,20</u>	4,30	-	<u>6,54</u>	3,79	-	<u>7,57</u>	2,27
	-	<u>7,32</u>	7,17	-	<u>7,59</u>	6,30	-	<u>7,93</u>	5,79	-	<u>8,95</u>	4,27
	-	<u>8,22</u>	<u>8,67</u>	-	<u>8,48</u>	7,80	-	<u>8,82</u>	7,29	-	<u>9,84</u>	5,77
	-	10,90	<u>13,17</u>	-	11,16	<u>12,30</u>	-	11,50	<u>11,79</u>	-	<u>12,53</u>	10,27

Κάθε μία από τις υπογραμμισμένες τιμές αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο ελάχιστο χρόνο διαδοχής των τρένων που λαμβάνονται σαν βάση για τους παραπέρα υπολογισμούς (πίνακας 11) έτσι ώστε το επόμενο τρένο να μπορεί να περιμένει στο σημείο ορατότητας του φωτισήματος Β, την ένδειξη «γραμμή ελεύθερη» του φωτισήματος.

**Πίνακας 11.** Ελάχιστοι χρόνοι διαδοχής τρένων  $t_{fi}$

$t_i$ (min)	Επόμενο τρένο							
	6 στάση διέλευση Σταθμός Α	8 στάση διέλευση Σταθμός Α	9,5 στάση διέλευση Σταθμός Α	14 στάση διέλευση Σταθμός Α				
Προηγούμενο τρένο 6	-	5,94	-	6,20	-	6,54	-	7,57
8	-	7,32	-	7,59	-	7,93	-	8,95
9,5	-	8,67	-	8,48	-	8,82	-	9,84
14	-	13,17	-	12,30	-	11,79	-	12,53

➤ **Υπολογισμός του ελαχίστου χρόνου διαδοχής των τρένων  $t_{fm}$**

Πολλαπλασιάζοντας τους ελαχίστους χρόνους διαδοχής των τρένων  $t_{fi}$  (πίνακας 11) με τις αντίστοιχες περιπτώσεις διαδοχής  $n_i$  (πίνακας 4) καθορίζουμε τους χρόνους κατάληψης για τις υφιστάμενες περιπτώσεις τρένων. Ο πίνακας 12 δίδει τον ολικό χρόνο κατάληψης του κρίσιμου υποτομήματος κατά την εξεταζόμενη περίοδο.

**Πίνακας 12.** Μήτρα χρόνων κατάληψης

$t_i$ (min)	Επόμενο τρένο							
	6 στάση διέλευση Σταθμός Α	8 στάση διέλευση Σταθμός Α	9,5 στάση διέλευση Σταθμός Α	14 στάση διέλευση Σταθμός Α				
Προηγούμενο τρένο 6	-	11,88	-	18,60	-	6,54	-	7,57
8	-	29,28	-	60,72	-	31,72	-	-
9,5	-	8,67	-	25,44	-	17,64	-	9,84
14	-	-	-	24,60	-	-	-	-
<b>Σύνολο</b>								<b>252,5</b>

$$t_{fm} = 252,5/32 = 7,89 \text{ min/τρένο}$$

## Υπολογισμός Χωρητικότητας

$$L = 1440 / (t_{fm} + t_r + t_{zu})$$

$$t_{zu} = 0,25 * 5 = 1,25 \quad (\text{min/τρένο})$$

$$t_{fm} = 7,89 \quad (\text{min/τρένο})$$

$$t_r = 0,67 * 7,89 = 5,29 \quad (\text{min/τρένο})$$

$$L = 1440 / (7,89 + 1,25 + 5,29) = 99,79 \text{ τρένα /ημέρα} = \mathbf{100 \text{ τρένα/ημέρα}}$$

## Υπολογισμός Χωρητικότητας Γραμμής με κατεύθυνση Θεσσαλονίκη-Πλατύ

Κρίσιμο υποτμήμα για αμαξοστοιχίες που κινούνται προς Πλατύ ΣΙΝΔΟΣ – ΑΞΙΟΣ. Τα αρχικά στοιχεία είναι κοινά με την αντίθετη κατεύθυνση και είναι τα εξής:

**Χαρακτηρισμός γραμμής :** διπλή γραμμή

**Μήκος τμήματος :** 31,7km

**Αριθμός υποτμημάτων :** 5

**Αριθμός διερχόμενων αμαξοστοιχιών :** 33 ανά γραμμή κυκλοφορίας

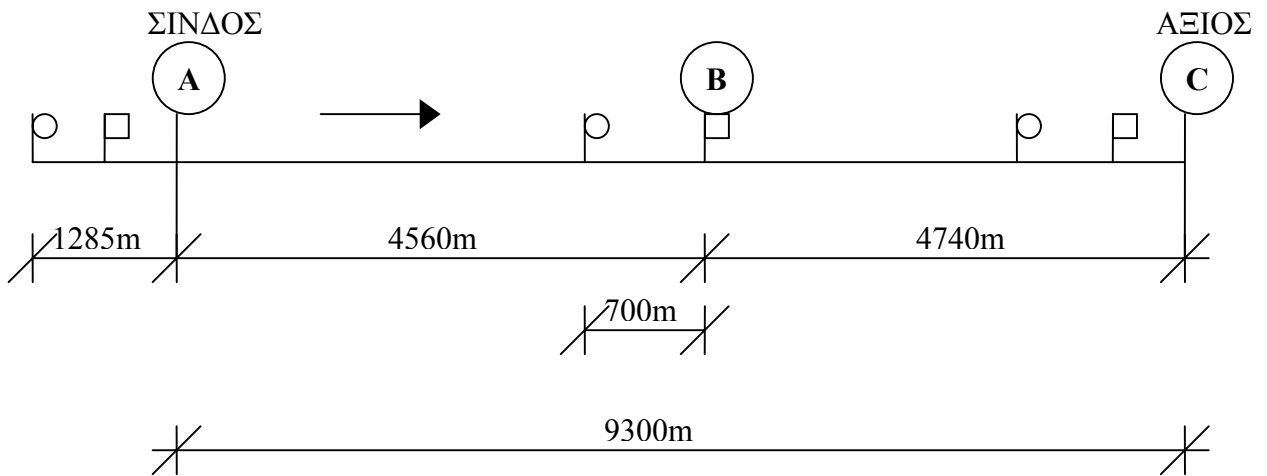
**Κρίσιμο υποτμήμα :** ΑΞΙΟΣ – ΣΙΝΔΟΣ και κατά τις δύο κατευθύνσεις

**Μήκος κρίσιμου υποτμήματος :** 9,3 km

Πίνακας 13: ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ - ΠΛΑΤΥ			
Πίνακας διαδοχής αμαξοστοιχιών εντός του υποτμήματος 'ΣΙΝΔΟΣ – ΑΞΙΟΣ'			
α/α	Ονομασία αμαξοστοιχίας	Ώρα αναχώρησης από Αξιό	Χρόνος διαδρομής (λεπτά)
1	211	00.07	7'
2	<u>23710</u>	<u>3.30</u>	<u>9'</u>
3	<u>57712</u>	<u>3.51</u>	<u>8'</u>
4	<u>57740</u>	<u>4.25</u>	<u>8'</u>
5	<u>57742</u>	<u>5.20</u>	<u>8'</u>
6	720	6.19	<u>8'</u>
7	23714	6.54	8'
8	1591	7.30	9'
9	710	7.54	8'
10	501	8.13	6'
11	603	8.32	7'
12	712	10.09	8'
13	<u>57744</u>	<u>10.33</u>	<u>8'</u>
14	23507	11.20	9'
15	291	12.17	6'
16	<u>54595</u>	<u>12.26</u>	<u>13'</u>
17	<u>57716</u>	<u>13.01</u>	<u>8'</u>
18	503	13.12	7'
19	714	13.21	8'
20	1593	13.53	9'
21	<u>57746</u>	14.10	<u>8'</u>
22	1742	14.29	8'
23	1502	14.42	7'
24	722	16.00	7'
25	505	17.13	6'
26	716	17.53	7'
27	1599	18.20	11'
28	<u>23501</u>	19.30	<u>11'</u>
29	605	21.12	7'
30	1744	21.19	7'
31	335	22.02	7'
32	501	23.12	7'
33	41937, όμως δεν διέρχεται από το κρίσιμο υποτμήμα		

Κρίσιμο Υποτιμήμα

ΑΞΙΟΣ (Α) – ΣΙΝΔΟΣ (C)



Η χωρητικότητα θα υπολογιστεί για T = 1440 λεπτά (24 ώρες)

Οι χρόνοι κατανέμονται ως εξής:

**Πίνακας 14.** Χρόνοι διαδρομής τρένων

Χρόνος Διαδρομής	Κατηγορία χρόνων διαδρομής	Χρόνος Διαδρομής	Κατηγορία χρόνων διαδρομής
7'	6,5'	8'	8,5'
9'	8,5'	7'	8,5'
8'	8,5'	8'	6,5'
8'	8,5'	9'	8,5'
8'	8,5'	8'	8,5'
8'	8,5'	8'	8,5'
9'	8,5'	7'	6,5'
8'	8,5'	7'	6,5'
6'	6,5'	6'	6,5'
7'	6,5'	7'	6,5'
8'	8,5'	11'	11,5'
8'	8,5'	11'	11,5'
8'	8,5'	7'	6,5'
9'	8,5'	7'	6,5'
6'	6,5'	7'	6,5'
13'	11,5'	7'	6,5'
Σύνολο (min)		255	255

Σύνολο 32 τρένα

Υπογραμμίζονται τα τρένα που σταματούν στο σταθμό Α.

**Πίνακας 15.** Μήτρα περιπτώσεων διαδοχής τρένων n

$t_i$ (min)	Επόμενο τρένο						$\Sigma$
	6,5 στάση διέλευση Σταθμός A		8,5 στάση διέλευση Σταθμός A		11,5 στάση διέλευση Σταθμός A		
Προηγούμενο τρένο							
6,5	-	8	1	2	1	1	13
8,5	1	3	4	8	-	-	16
11,5	-	1	-	1	1	-	3
Σύνολο							32

### Υπολογισμός χρόνων διαδρομής στο τμήμα αποκλεισμού

Μήκος υποτομήματος γραμμής Σταθμός A – Σταθμός C : 9,300km  
 Μήκος τμήματος αποκλεισμού Σταθμός A – Φωτοσήμα B : 4,560km

**Πίνακας 16.** Χρόνοι διαδρομής στο τμήμα αποκλεισμού

$t_{l(\overline{AC})}$	6,5	8,5	11,5	min
$t_{l(\overline{AB})}$	3,19	4,17	5,64	min

### Υπολογισμός χρόνων διαδρομής $t_{ls(A)}$ :

Σημείο ορατότητας: Απόσταση μεταξύ του σημείου αρχής των μετρήσεων και του Σταθμός A προσήματος εξόδου : 1,285 km

$l_z$  = Απόσταση ορατότητας του προσήματος εξόδου

$$t_l = 6,5 \text{ min} : 500 \text{ m} \quad \left( V = \frac{9,3}{(6/60)} = 93 \text{ km/h} > 80 \text{ km/h} \right)$$

$$t_l = 8,5 \text{ min} : 200 \text{ m} \quad \left( V = \frac{9,3}{(8/60)} = 69,75 \text{ km/h} < 80 \text{ km/h} \right)$$

$$t_l = 11,5 \text{ min} : 200 \text{ m} \quad \left( V = \frac{9,3}{(11/60)} = 50,73 \text{ km/h} < 80 \text{ km/h} \right)$$

**Πίνακας 17.** Χρόνοι διαδρομής  $t_{ls(A)}$  :

$t_l$	6,5	8,5	11,5	min
$t_{ls}$	1,25	1,36	1,84	min

### Υπολογισμός χρόνων διαδρομής $t_{is(B)}$ :

Σημείο ορατότητας: Απόσταση μεταξύ του σημείου αρχής των μετρήσεων και του Σταθμός Β προσήματος εξόδου :  $0,700 \text{ km}$

$l_z$  = Απόσταση ορατότητας του προσήματος εξόδου

$$\text{για } t_l = 6,5 \text{ min} : 500 \text{ m} \quad \left( V = \frac{9,3}{(6/60)} = 93 \text{ km/h} > 80 \text{ km/h} \right)$$

$$t_l = 8,5 \text{ min} : 200 \text{ m} \quad \left( V = \frac{9,3}{(8/60)} = 69,75 \text{ km/h} < 80 \text{ km/h} \right)$$

$$t_l = 11,5 \text{ min} : 200 \text{ m} \quad \left( V = \frac{9,3}{(11/60)} = 50,73 \text{ km/h} < 80 \text{ km/h} \right)$$

**Πίνακας 18.** Χρόνοι διαδρομής  $t_{is(B)}$  :

$t_l$	6,5	8,5	11,5	min
$t_{is}$	1,26	1,36	1,84	min

### Υπολογισμός χρόνων διαδρομής $t_{iR(B)}$

Περιοχή απελευθέρωσης θέση Β : απόσταση ασφαλείας :  $200 \text{ m}$

Μήκος τρένων

Για

$$\text{για } t_l = 6,5 \text{ min} : 400 \text{ m} \quad \left( V = \frac{9,3}{(6/60)} = 93 \text{ km/h} > 80 \text{ km/h} \right)$$

$$t_l = 8,5 \text{ min} : 700 \text{ m} \quad \left( V = \frac{9,3}{(8/60)} = 69,75 \text{ km/h} < 80 \text{ km/h} \right)$$

$$t_l = 11,5 \text{ min} : 700 \text{ m} \quad \left( V = \frac{9,3}{(11/60)} = 50,73 \text{ km/h} < 80 \text{ km/h} \right)$$

**Πίνακας 19.** Χρόνοι διαδρομής  $t_{iR(B)}$  :

$t_l$	6,5	8,5	11,5	min
$t_{iR}$	0,42	0,82	1,11	min



Απαραίτητος χρόνος για το σχηματισμό και την αποδέσμευση του δρομολογίου από το σταθμό A και εξυπηρέτησης της θέσης B όπως αυτός προκύπτει από τον σχετικό πίνακα είναι :  $t_b = 1\text{min}$

Απαραίτητος χρόνος για την επίδοση και την αντίληψη της διαταγής αναχώρησης  $t_a = 0,5\text{min}$

Στη συνέχεια θα καταρτιστεί ο βοηθητικός πίνακας για τον υπολογισμό του  $t_{fi}$

**Πίνακας 20.** Βοηθητικός πίνακας

$t_i$	6,5	8,5	11,5
I: $t_{l(\overline{AB})} + t_{lR(B)} + t_b + t_a$	5,11	6,49	8,25
II: $t_{l(\overline{AB})} + t_{lR(B)} + t_b$	4,61	5,99	7,75
III: $t_{ls(A)}$	1,25	1,36	1,84
IV: $t_{l(\overline{AC})} + t_b$	7,5	9,5	12,5
V: $t_{l(\overline{AB})} - t_{ls(B)}$	1,93	2,80	3,78

Στον πίνακα 20 έχουμε :

I: Χρόνος διαδρομής ενός τρένου που κινείται στο τμήμα αποκλεισμού : Σταθμός A – φωτοσήμα B, ο οποίος περιλαμβάνει και τον απαραίτητο χρόνο για να δοθεί το σήμα αναχώρησης στο επόμενο τρένο που σταματά στον σταθμό A.

II + III: Χρόνος διαδρομής ενός τρένου που κινείται στο τμήμα αποκλεισμού : σταθμό A – φωτοσήμα B, στον οποίο περιλαμβάνεται και οι χρόνος του επόμενου τρένου στο τμήμα μεταξύ του σημείου ορατότητας του προσήματος εξόδου και του σημείου αρχής μέτρησης του σημείου A.

IV – V: Χρόνος διαδρομής ενός τρένου που κινείται στο τμήμα αποκλεισμού : σταθμός A - σταθμός C μείον του χρόνου διαδρομής του επόμενου τρένου στο διάστημα μεταξύ του σταθμού A και του σημείου ορατότητας του ενδιάμεσου φωτοσήματος B.

Με βάση αυτές τις τιμές μπορούμε να υπολογίσουμε για το σταθμό A, τους ελαχίστους χρόνους διαδρομής των τρένων (πίνακας 21) λαμβάνοντας υπόψη την ύπαρξη του φωτοσήματος B.

**Πίνακας 21.** Ελάχιστοι χρόνοι διαδοχής τρένων

$t_i$ (min)	Επόμενο τρένο								
	στάση A	6,5 διέλ. A	θέση A	στάση A	8,5 διέλ. A	θέση A	στάση A	11,5 διέλ. A	θέση A
6,5	-	<u>5,85</u>	5,57	6,49	<u>5,96</u>	4,70	8,25	<u>6,44</u>	3,72
8,5	<u>5,11</u>	7,24	<u>7,57</u>	<u>6,49</u>	<u>7,35</u>	6,70	-	<u>7,83</u>	5,72
11,5	-	9,00	<u>10,57</u>	-	9,11	<u>9,70</u>	<u>8,25</u>	<u>9,59</u>	8,72

Κάθε μία από τις υπογραμμισμένες τιμές αντιστοιχεί στον μεγαλύτερο ελάχιστο χρόνο διαδοχής των τρένων που λαμβάνονται σαν βάση για τους παραπάνω υπολογισμούς (πίνακας 22) έτσι ώστε το επόμενο τρένο να μπορεί να περιμένει στο σημείο ορατότητας του φωτισήματος Β, την ένδειξη «γραμμή ελεύθερη» του φωτισήματος.

**Πίνακας 22.** Ελάχιστοι χρόνοι διαδοχής τρένων  $t_{fi}$

$t_i$ (min)	Επόμενο τρένο					
	6,5		8,5		11,5	
Προηγούμενο τρένο	στάση	διέλευση	στάση	διέλευση	στάση	διέλευση
	Σταθμός Α		Σταθμός Α		Σταθμός Α	
6	-	5,85	5,11	5,96	5,11	6,44
8	6,49	7,57	6,49	7,35	-	7,83
9,5	-	10,57	-	9,70	8,25	9,59

➤ **Υπολογισμός του ελαχίστου χρόνου διαδοχής των τρένων  $t_{fm}$**

Πολλαπλασιάζοντας τους ελαχίστους χρόνους διαδοχής των τρένων  $t_{fi}$  (πίνακας 22) με τις αντίστοιχες περιπτώσεις διαδοχής  $n_i$  καθορίζουμε τους χρόνους κατάληψης για τις υφιστάμενες περιπτώσεις τρένων. Ο πίνακας 23 δίδει τον ολικό χρόνο κατάληψης του κρίσιμου υποσημήματος κατά την εξεταζόμενη περίοδο.

**Πίνακας 23.** Μήτρα χρόνων κατάληψης

$t_i$ (min)	Επόμενο τρένο					
	6,5		8,5		11,5	
Προηγούμενο τρένο	στάση	διέλευση	στάση	διέλευση	στάση	διέλευση
	Σταθμός Α		Σταθμός Α		Σταθμός Α	
6,5	-	46,80	5,11	11,92	5,11	6,44
8,5	6,49	22,71	25,96	58,80	-	-
11,5	-	10,57	-	9,70	8,25	-
Σύνολο					217,86	

$$t_{fm} = 217,86/32 = 6,80 \text{ min/τρένο}$$

## Υπολογισμός Χωρητικότητας

$$L = 1440 / (t_{fm} + t_r + t_{zu})$$

$$t_{zu} = 0,25 * 5 = 1,25 \quad (\text{min/τρένο})$$

$$t_{fm} = 6,80 \quad (\text{min/τρένο})$$

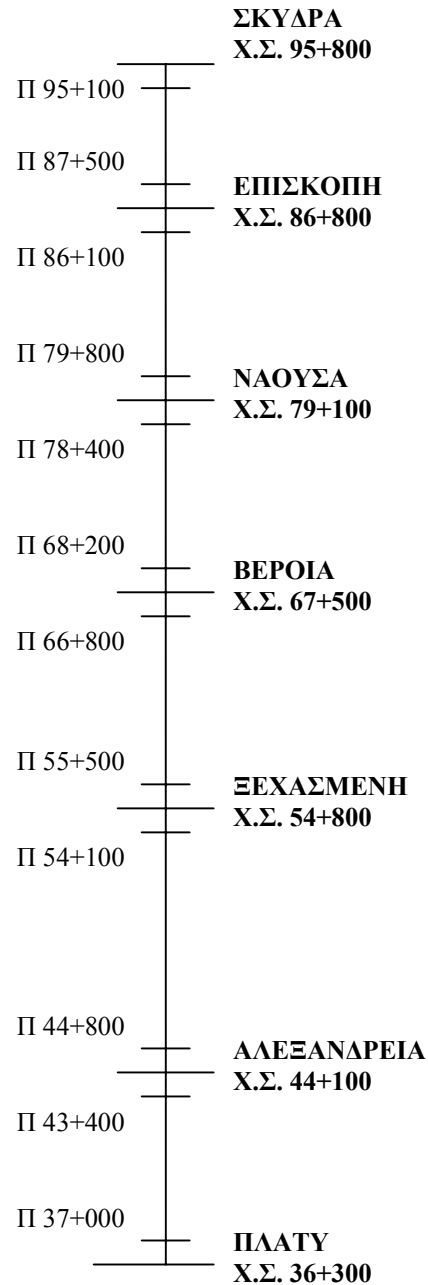
$$t_r = 0,67 * 6,80 = 4,55 \quad (\text{min/τρένο})$$

$$L = 1440 / (6,80 + 1,25 + 4,55) = 114,29 \text{ τρένα /ημέρα} = \mathbf{114 \text{ τρένα/ημέρα}}$$

*Παρατήρηση:* Έχουμε διαφορά 13 τρένα με την αντίθετη κατεύθυνση, γεγονός που οφείλεται στο ότι τα τρένα της αντίθετης κατεύθυνσης εισέρχονται στον σταθμό Θεσσαλονίκης. Αυτό έχει σαν συνέπεια την ύπαρξη μεγαλύτερων χρόνων διαδρομής εξαιτίας των καθυστερήσεων στην είσοδο του σταθμού.

## 2.2 Τμήμα Πλατέος - Σκύδρας

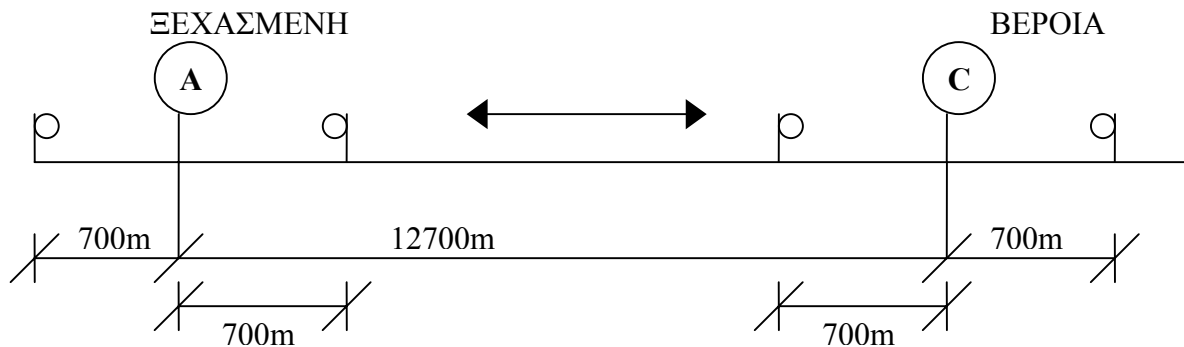
Το τμήμα γραμμής Πλατύ – Σκύδρα χαρακτηρίζεται ως γραμμή με εκμετάλλευση κατά τις δύο διευθύνσεις και το πλάνο σηματοδότησης του τμήματος έχει την παρακάτω μορφή.



Καθότι στην παρούσα φάση δεν εκτελούνται κανονικά δρομολόγια εμπορικών αμαξοστοιχιών, υπολογίζεται η χωρητικότητα μόνο για τις επιβατικές αμαξοστοιχίες.

### Κρίσιμο Υποτμήμα

ΞΕΧΑΣΜΕΝΗ (A) – ΒΕΡΟΙΑ (C)



### **Υπολογισμός Χωρητικότητας Γραμμής Πλατέος - Σκύδρας αναλυτικά**

Κρίσιμο υποτμήμα για αμαξοστοιχίες που κινούνται από και προς Πλατύ είναι το ΞΕΧΑΣΜΕΝΗ – ΒΕΡΟΙΑ .

**Χαρακτηρισμός γραμμής :** μονή γραμμή

**Μήκος τμήματος :** 59,500km

**Αριθμός υποτμημάτων:** 6

**Αριθμός διερχόμενων αμαξοστοιχιών :** 26 κατά τις δύο κατευθύνσεις

**Κρίσιμο υποτμήμα :** ΞΕΧΑΣΜΕΝΗ – ΒΕΡΟΙΑ

**Μήκος κρίσιμου υποτμήματος :** 12,700 km

### **Υπολογισμός του ελάχιστου μέσου χρόνου διαδοχής τρένων $t_{fm}$**

*Μέθοδος εξαρτώμενη από το ωράριο δρομολόγησης*

#### **Βήμα 1<sup>ο</sup> Καθορισμός των περιπτώσεων διαδοχής των τρένων**

Με βάση το ωράριο δρομολόγησης καταστρώνεται η λίστα των τρένων που κυκλοφορούν στο κρίσιμο υποτμήμα της γραμμής, μαζί με τους χρόνους διαδρομής τους και με την χρονολογική τους σειρά. Οι χρόνοι διαδρομής των τρένων κατά την διεύθυνση Πλατέος - Σκύδρας θα χαρακτηρίζονται με "+" και αυτοί της αντίθετης κατεύθυνσης θα χαρακτηρίζονται με "-". Στη συνέχεια ομαδοποιούνται οι χρόνοι διαδρομής σε τρεις κατηγορίες, οι οποίες τελικώς συμπίπτουν με τους ήδη υπάρχοντες χρόνους, αφού έχουμε μόνο τρεις κατηγορίες χρόνων για τις επιβατικές αμαξοστοιχίες.

**Πίνακας 24: Δρομολόγηση τρένων για όλο το 24ωρο**

Χρόνος διαδρομής	Κατηγορία διαδρομής
-11'	-11'
+12'	+12'
-12'	-12'
+11'	+11'
+7'	+7'
-11'	-11'
-7'	-7'
+12'	+12'
-12'	-12'
+12'	+12'
-11'	-11'
+11'	+11'
+12'	+12'
-12'	-12'
-11'	-11'
+12'	+12'
-12'	-12'
+11'	+11'
+11'	+11'
-11'	-11'
+12'	+12'
-12'	-12'
-11'	-11'
+11'	+11'
-11'	-11'
+11'	+11'
<b>Σύνολο</b>	<b>26 επιβατικά τρένα</b>

Οι υπογραμμισμένοι χρόνοι διαδρομής υποδεικνύουν πως το τρένο σταματά στο σταθμό εισόδου του κρίσιμου υπομημήματος (τα τρένα με "+" σταματούν στη Ξεχασμένη και αυτά με "-" στη Βέροια.

Από την λίστα των τρένων δημιουργούμε την τη μήτρα με τις περιπτώσεις διαδοχής τρένων. Σημειώνεται πως το πρώτο εγγεγραμμένο τρένο αποτελεί με το τελευταίο μία περίπτωση διαδοχής.

**Πίνακας 25: Μήτρα περιπτώσεων διαδοχής τρένων n**

5/0	1/0	-	+12	Προηγούμενο τρένο	-	-	-	6
-	3/0	-	+11		0/1	1/0	1/0	6
-	1/0	-	+7		-	-	-	1
Επόμενο τρένο				$t_i$ (min)				
-12	-11	-7	-7	Προηγούμενο τρένο	+7	+11	+12	
-	-	-	-11		-	-	1/0	1
-	-	0/1	-12		-	3/0	3/0	7
-	2/0	-	-12	-	2/0	1/0	5	
<b>Σύνολο</b>								<b>26</b>

2/1 Ο αριθμός μπροστά από την πλάγια γραμμή δηλώνει ότι τα επόμενα τρένα σταματούν στο σταθμό εισόδου του υπομημήματος γραμμής .

Ο αριθμός μετά την πλάγια γραμμή δηλώνει ότι τα επόμενα τρένα διέρχονται χωρίς στάση από το σταθμό εισόδου του υπομημήματος της γραμμής.

## Βήμα 2<sup>ο</sup> Υπολογισμός των επιμέρους ελαχίστων χρόνων διαδοχής των τρένων $t_{fi}$ :

Στην περίπτωση εκμετάλλευσης της γραμμής κατά δύο διευθύνσεις πρέπει να υπολογιστούν τέσσερα διαφορετικά είδη ελαχίστων χρόνων διαδοχής των τρένων ( $t_{f(aa)}$ ,  $t_{f(ab)}$ ,  $t_{f(ba)}$ ,  $t_{f(bb)}$ )

**Υπολογισμός του  $t_{f(aa)}$ :** Ο υπολογισμός βασίζεται στις ακόλουθες τιμές που είναι χαρακτηριστικές για τη γραμμή

Μήκος υποτομήματος γραμμής:  $l_z = 12,700\text{km}$

Σημείο ορατότητας Σταθμού ΞΕΧΑΣΜΕΝΗΣ: Απόσταση μεταξύ του σημείου αρχής (έννοια "+") μέτρησης και του προσήματος 700m

Απόσταση μεταξύ του σημείου ορατότητας και του προσήματος:

$l_z$  = Απόσταση ορατότητας του προσήματος εξόδου

$$\text{για } t_l = +7\text{min} : 500\text{m} \quad \left( V = \frac{12,700}{(7/60)} = 108,85\text{km/h} > 80\text{km/h} \right)$$

$$t_l = +11\text{min} : 200\text{m} \quad \left( V = \frac{12,700}{(11/60)} = 69,27\text{km/h} < 80\text{km/h} \right)$$

$$t_l = +12\text{min} : 200\text{m} \quad \left( V = \frac{9,3}{(12/60)} = 63,5\text{km/h} < 80\text{km/h} \right)$$

**Πίνακας 26.** Χρόνοι διαδρομής  $t_{is(A)}$ :

$t_l$	7	11	12	min
$t_{ls}$	0,66	0,78	0,85	min

Απαραίτητος χρόνος για αποδέσμευση του δρομολογίου  $t_b = 1,00\text{ min}$

Απαραίτητος χρόνος για την επίδοση και την αντίληψη του σήματος αναχώρησης  $t_a = 0,50\text{ min}$

Με την βοήθεια των τιμών και σύμφωνα με τις σχέσεις

i)  $t_f = t_{l(\overline{AC})} + t_a + t_b$  για την περίπτωση που τα επόμενα τρένα σταθμεύουν στον Α σταθμό

ii)  $t_f = t_{l(\overline{AC})} + t_a + t_{ls(A)}$  για την περίπτωση που τα επόμενα τρένα διέρχονται από Α σταθμό χωρίς στάση

**Πίνακας 27.** Ελάχιστοι χρόνοι διαδοχής τρένων  $t_{f(aa)i}$

$t_i$ (min)	Επόμενο τρένο					
	+7 στάση Σταθμός Α		+11 στάση Σταθμός Α		+12 στάση Σταθμός Α	
Προηγούμενο τρένο	στάση	διέλευση	στάση	διέλευση	στάση	διέλευση
+7	-	-	-	-	-	-
+11	-	12,78	12,50	-	12,50	-
+12	-	-	-	-	-	-

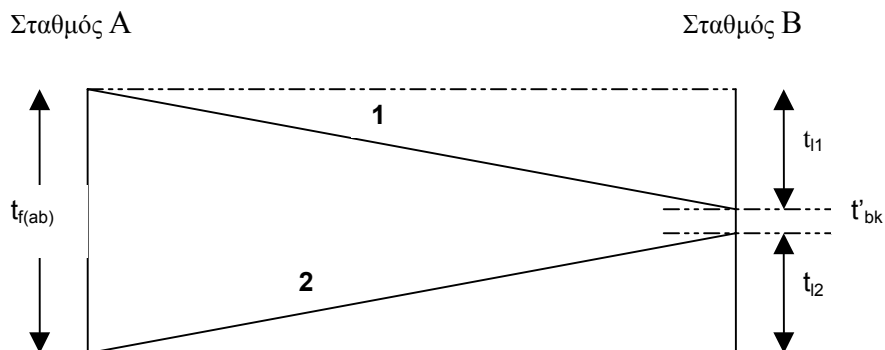
**Υπολογισμός του  $t_{f(ab)i}$  :**

Μια και όλα τα τρένα της έννοιας “-“ σταματούν στο σταθμό στο σταθμό της Βέροιας εφαρμόζονται οι σχέσεις

i)  $t_{f(ab)} = t_{i1} + t'_{bk} + t_{i2}$

ii)  $t'_{bk} = t_b + t_a$  οι τιμές των  $t_b$ ,  $t_a$  είναι οι ίδιες με παραπάνω

οι οποίες σχηματικά μπορούν να παρασταθούν ως εξής :



$t_i$  = χρόνου διαδρομής ενός τρένου

$t'_{bk}$  = χρόνος διαδικασίας διασταύρωσης στο σταθμό Β

**Πίνακας 28.** Ελάχιστοι χρόνοι διαδοχής τρένων  $t_{f(aa)i}$

$t_i$ (min)	Επόμενο τρένο		
	-7 Σταθμός Α	-11 Σταθμός Α	-12 Σταθμός Α
Προηγούμενο τρένο			
+7	15,5	19,5	20,5
+11	19,5	23,5	24,5
+12	20,5	24,5	25,5

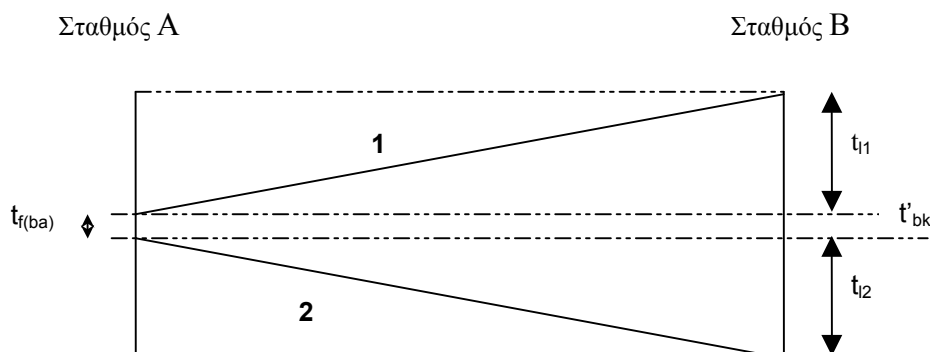


### Υπολογισμός του $t_{f(ba)ii}$ :

Για τον υπολογισμό του ελάχιστου χρόνου διαδοχής των τρένων εφαρμόζονται οι σχέσεις:

- i)  $t'_{bk} = t_b + t_a$
- ii)  $t'_{bk} = t_b + t_{is2}$

οι οποίες σχηματικά μπορούν να παρασταθούν ως εξής :



$t_i$  = χρόνου διαδρομής ενός τρένου

$t'_{bk}$  = χρόνος διαδικασίας διασταύρωσης στο σταθμό B

Οι τιμές των  $t_b$ ,  $t_a$  είναι ίδιες όπως και στον υπολογισμό του  $t_{f(aa)ii}$ . Όταν ένα τρένο σταματά στον σταθμό A το  $t_{f(ba)ii}$  είναι σε όλες τις περιπτώσεις 1,5.

**Πίνακας 29.** Χρόνοι διαδρομής  $t_{f(ba)ii}$  :

$t_l$	7	11	12	min
$t_{f(ba)ii}$	1,66	1,78	1,85	min

### Υπολογισμός του $t_{f(bb)ii}$ :

Τα στοιχεία που απαιτούνται για τον υπολογισμό των χρόνων  $t_{f(bb)ii}$  συμπίπτουν με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των χρόνων  $t_{f(aa)ii}$  λόγω των ίδιων συνθηκών λειτουργίας και θέσεως των φωτοσημάτων, οπότε προκύπτει ο πίνακας:

**Πίνακας 30.** Χρόνοι διαδρομής  $t_{is(c)}$  :

$t_l$	7	11	12	min
$t_{Is}$	0,66	0,78	0,85	min

Απαραίτητος χρόνος για αποδέσμευση του δρομολογίου  $t_b = 1,00 \text{ min}$

Απαραίτητος χρόνος για την επίδοση και την αντίληψη του σήματος αναχώρησης  $t_a = 0,50 \text{ min}$

Με την βοήθεια των τιμών και σύμφωνα με τις σχέσεις

i)  $t_f = t_{i(\overline{AC})} + t_a + t_b$  για την περίπτωση που τα επόμενα τρένα σταθμεύουν στον Α σταθμό

ii)  $t_f = t_{i(\overline{AC})} + t_a + t_{ls(A)}$  για την περίπτωση που τα επόμενα τρένα διέρχονται από Α σταθμό χωρίς στάση

**Πίνακας 31.** Ελάχιστοι χρόνοι διαδοχής τρένων  $t_{f(bb)i}$

$t_i$ (min)	Επόμενο τρένο					
	-7 στάση διέλευση Σταθμός Α		-11 στάση διέλευση Σταθμός Α		-12 στάση διέλευση Σταθμός Α	
Προηγούμενο τρένο						
-7	-	-	-	-	-	-
-11	-	12,78	-	-	-	-
-12	-	-	-	13,50	-	-

**Βήμα 3<sup>ο</sup> Υπολογισμός του ελαχίστου μέσου χρόνου διαδοχής των τρένων**

$t_{fm}$ :

Πολλαπλασιάζοντας τους επιμέρους ελάχιστους χρόνους διαδοχής των τρένων  $t_{f(aa)i}$ ,  $t_{f(ab)ii}$ ,  $t_{f(ba)ii}$  και  $t_{f(bb)ii}$  με τις περιπτώσεις των χρόνων διαδοχής των τρένων  $n_i$  καθορίζονται οι χρόνοι κατάληψης για τις υφιστάμενες περιπτώσεις διαδοχής.

**Πίνακας 32:** Μήτρα περιπτώσεων διαδοχής τρένων  $n$

127,50	24,50	-	+12	Προηγούμενο τρένο	-	-	-
-	70,50	-	+11		12,78	12,50	12,50
-	19,50	-	+7		-	-	-
			$t_i$ (min)				
	Επόμενο τρένο						
-12	-11	-7	+7	+11	+12		
-	-	-	-7	Προηγούμενο τρένο	-	-	1,85
-	-	12,78	-11		-	5,34	5,55
-	27,00	-	-12		-	3,56	1,85

Το σύνολο των χρόνων προκύπτει 337,71min, συνεπώς

$$t_{fm} = 337,71/26 = 12,98 \quad (\text{min/τρένο})$$

Βήμα 4<sup>ο</sup> Υπολογισμός της χωρητικότητας:

$$L = 1440/(t_{fm} + t_r + t_{zu})$$

$$t_{zu} = 0,25 \cdot 6 = 1,50 \quad (\text{min/τρένο})$$

$$t_{fm} = 12,98 \quad (\text{min/τρένο})$$

$$t_r = 0,67 \cdot 12,98 = 8,70 \quad (\text{min/τρένο})$$

$$L = 1440/(12,98 + 1,50 + 8,70) = 62,12 \text{ τρένα /ημέρα} = \mathbf{62 \text{ τρένα/ημέρα}}$$

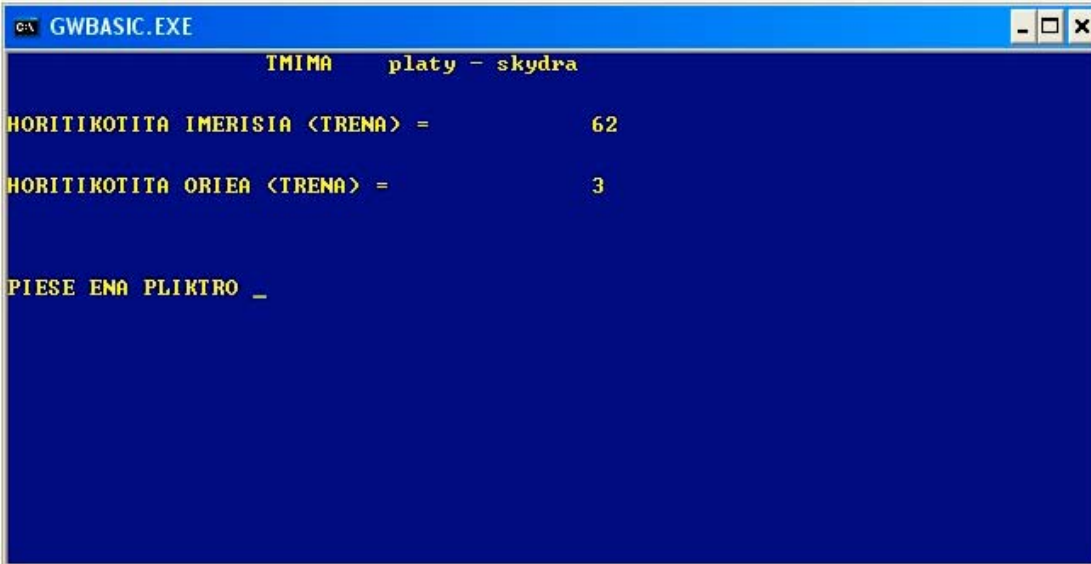
Ο αριθμός αυτός ισχύει μόνο για τις επιβατικές αμαξοστοιχίες

## Υπολογισμός Χωρητικότητας Γραμμής Πλατέος - Σκύδρας με τη βοήθεια λογισμικού

Ο υπολογισμός της χωρητικότητας της εν λόγω γραμμής πραγματοποιήθηκε ενδεικτικά και με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού, το οποίο επιλύει τη μέθοδο U.I.C.

Ως δεδομένα στο πρόγραμμα δίνονται οι χρόνοι διαδρομής των τρένων, μαζί με την πραγματική διαδοχή τους, καθώς και οι περιπτώσεις διαδοχής τρένων που σταθμεύουν στο σταθμό εισόδου κάθε αντίστοιχης κατεύθυνσης του κρίσιμου υποτμήματος, για την εξαγωγή του αντίστοιχου μητρώου. Επιπλέον, δίνεται ο αριθμός υποτμημάτων της γραμμής (για τον υπολογισμό του  $t_{zu}$ ), το μήκος του κρίσιμου υποτμήματος, οι αποστάσεις των προσημάτων, καθώς και οι χρόνοι  $t_a$  και  $t_b$ . Το πρόγραμμα επιλέγει δικές του κατηγορίες χρόνων διαδρομής και κατασκευάζει και παραθέτει τα μητρώα διερχόμενων και σταθμευόντων τρένων. Στο τέλος δίνει ως εξαγόμενο την ημερήσια χωρητικότητα, καθώς και τη χωρητικότητα ώρας αιχμής.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση εφαρμόστηκαν τα παραπάνω δεδομένα, οπότε το αποτέλεσμα, όπως αναμένονταν, προέκυψε ακριβώς το ίδιο με τον αναλυτικό υπολογισμό, ήτοι 62 τρένα/ημέρα:



```
GW  GWBASIC.EXE
      TMIMA platy - skydra
HORITIKOTITA IMERISIA <TRENA> =      62
HORITIKOTITA ORIEA <TRENA> =        3

PIESE ENA PLIKTRO _
```

