

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ ΛΥΜΠΕΡΗΣ

Διπλωματούχος Πολιτικός Μηχανικός
του Πολυτεχνείου Καρλσρούης/Γερμανίας (1976)
(Dipl.-Ing. der T.U. Karlsruhe)

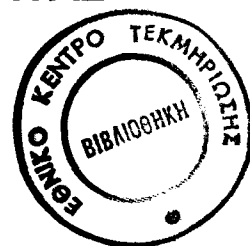
**“ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΕ ΕΝΑ ΝΕΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΜΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ
ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ
ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ”**

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΤΙΤΛΟ ΤΟΥ ΔΙΔΑΚΤΟΡΟΣ
ΥΠΟΒΛΗΘΕΙΣΑ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
Ε.Μ.ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ

ΑΘΗΝΑ, Μάιος 1998

ΝΔ: 10056
Κεε: 6979

**“ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΕ ΕΝΑ ΝΕΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΜΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ
ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ
ΓΡΑΜΜΗΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ”**



**ΥΠΟ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΛΥΜΠΕΡΗ**

76 MAR. 1999

**Διπλωματούχου Πολιτικού Μηχανικού
Του Πολυτεχνείου Καρλσρούης/Γερμανίας (1976)
(Dipl.-Ing. der T.U. Karlsruhe)**

**ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΤΙΤΛΟ ΤΟΥ ΔΙΔΑΚΤΟΡΟΣ
ΥΠΟΒΛΗΘΕΙΣΑ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
Ε.Μ.ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ**

ΑΘΗΝΑ, Μάιος 1998

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

“ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΕ ΕΝΑ ΝΕΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΜΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ”

ΥΠΟ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΛΥΜΠΕΡΗ

Αναπτύχθηκε μία νέα μέθοδος διαίρεσης τμήματος γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού, τα μήκη των οποίων συσχετίζονται μεταξύ τους όπως τα μέλη μίας γεωμετρικής προόδου. Η διαδικασία διαίρεσης βασίζεται στη σχέση των ταχυτήτων δύο διαδοχικών συρμών V επόμενου συρμού ($V_{επ}$)/ V προηγούμενου συρμού ($V_{πρ}$) με $V_{επ} > V_{πρ}$, εκφραζόμενης διά του συντελεστού λ . Επειδή $V_{επ} \geq V_{πρ}$, έπεται ότι το αποτέλεσμα της διαίρεσης μπορεί να είναι ισομήκη ή ανισομήκη τμήματα αποκλεισμού. Τα προκύπτοντα ακραία τμήματα αποκλεισμού μπορούν να υποδιαιρεθούν εκ νέου, με τη βοήθεια των συντελεστών λ', λ'' και μ οι οποίοι αναπτύσσονται ως συνάρτηση του συντελεστού λ .

Με τη μέθοδο αυτή, υπολογίζεται άμεσα η ελάχιστη χρονοαπόσταση z_{min} μεταξύ δύο συρμών με ταχύτητες V_k, V_{k+1} μιας οποιασδήποτε ακολουθίας που εμφανίζεται σ' ένα δρομολόγιο, από μαθηματικές σχέσεις με τη γενική μορφή

$$z_{min} = f(\lambda, \text{μήκος απόστασης αποκλεισμού, μήκος συρμού, ελάχιστο μήκος τμήματος αποκλεισμού})$$

χωρίς τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή αφενός και ειδικών μητρώων κατά UIC αφετέρου.

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Κωνσταντίνος Αμπακούμκιν, Καθηγητής ΕΜΠ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Σελ.

1. Εισαγωγή.....	1
2. Συνοπτική περιγραφή των επί μέρους κεφαλαίων	4
2.1 Αναζήτηση Διεθνούς Βιβλιογραφίας.....	4
2.2 Καταγραφή και ανάλυση των υφιστάμενων μεθόδων και απόψεων.....	4
2.3 Ανάπτυξη νέας προτεινόμενης μεθόδου διαίρεσης τμήματος γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού και υπολογισμού της ελάχιστης χρονοαπόστασης	4
2.4 Ανάπτυξη προγράμματος σε ηλεκτρονικό υπολογιστή (PC) για τον υπολογισμό της ελάχιστης χρονοαπόστασης με τη νέα προτεινόμενη μέθοδο	5
2.5 Διερεύνηση της χωρητικότητας	6
2.6 Σύγκριση της νέας προτεινόμενης μεθόδου με τις υφιστάμενες	6
2.7 Συμπεράσματα.....	6
2.8 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	6
2.9 Βιβλιογραφικές αναφορές	6
3. Συμβολισμοί, ορισμοί, σχηματικές απεικονίσεις εννοιών	7
3.1 Συμβολισμοί.....	7
3.2 Ορισμοί.....	9
3.3 Σχηματική απεικόνιση εννοιών.....	17
4. Αναζήτηση Διεθνούς βιβλιογραφίας.....	26

5. Καταγραφή και ανάλυση των υφιστάμενων μεθόδων και απόψεων 30

**5.1 Ελάχιστη Χρονοαπόσταση - Διαίρεση τμήματος γραμμής
σε τμήματα αποκλεισμού..... 30**

**5.1.1 Διαίρεση τμήματος γραμμής με υφιστάμενα τμήματα αποκλεισμού
για μη παράλληλες ακολουθίες κατά Dilli 33**

**5.1.2 Διαίρεση τμήματος γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού
κατά Sasse 36**

5.1.2.1 Περίπτωση σταθερής ταχύτητας 37

5.1.2.2 Περίπτωση μεταβαλλόμενης ταχύτητας 39

**5.1.3 Διαίρεση τμήματος γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού
κατά Potthoff..... 45**

5.2 Υπολογισμός της ελάχιστης χρονοαπόστασης 51

**5.2.1 Μαθηματική ανάλυση της ελάχιστης χρονοαπόστασης
κατά Dilli 53**

5.2.2 Υπολογισμός ελάχιστης χρονοαπόστασης κατά Potthoff 55

5.2.3 Υπολογισμός ελάχιστης χρονοαπόστασης κατά DB AG..... 58

5.2.4 Υπολογισμός ελάχιστης χρονοαπόστασης κατά AREA..... 59

5.2.5 Υπολογισμός ελάχιστης χρονοαπόστασης κατά UIC 59

5.3 Μέθοδοι υπολογισμού χωρητικότητας ελεύθερης γραμμής..... 69

5.3.1 Μέθοδος UIC..... 74

5.3.2 Μέθοδος Γερμανικών Σιδηροδρόμων DB AG 75

5.3.3 Μέθοδος ομάδας UIC Basel – Milano 79

5.3.4 Μέθοδος των Ιαπωνικών Σιδηροδρόμων JNR..... 81

5.3.5 Μέθοδος των Αμερικανικών Σιδηροδρόμων AREA..... 83

5.3.6 Συστήματα αποκλεισμού..... 85

5.3.7 Πλευρική σηματοδότηση..... 86

5.3.8 Τμήμα αποκλεισμού..... 87

5.3.9 Σύστημα σηματοδότησης με ένδειξη κατάστασης περισσότερων τμημάτων αποκλεισμού (M.A.S)	91
5.3.10 Οι ακολουθίες των συρμών στο δρομολόγιο	94
5.3.11 Οι περιγραφείς μέθοδοι συνοπτικά	98

6. Νέα προτεινόμενη μέθοδος διαίρεσης τμήματος γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού και υπολογισμού της ελάχιστης χρονοαπόστασης..... 101

6.1 Παραδοχές.....	102
6.2 Διαίρεση ενός τμήματος γραμμής σε δύο τμήματα αποκλεισμού	105
6.3 Διαίρεση ενός τμήματος γραμμής σε τρία (3) ή και περισσότερα τμήματα αποκλεισμού.....	110
6.3.1 Γραφικός υπολογισμός των μηκών των τμημάτων αποκλεισμού.....	116
6.4 Υποδιαίρεση του τμήματος P_n-P_{n-1} σε δύο τμήματα αποκλεισμού	117
6.5 Υποδιαίρεση του τμήματος P_n-P_x σε δύο τμήματα αποκλεισμού	120
6.6 Υποδιαίρεση του τμήματος P_2-P_1 σε δύο τμήματα αποκλεισμού	123
6.7 Ελάχιστη χρονοαπόσταση μεταξύ δύο συρμών	125
6.7.1 Ελάχιστη χρονοαπόσταση οποιασδήποτε ακολουθίας στο τμήμα iP_n με προηγούμενο συρμό k και επόμενο $k+1$, με διαίρεση βάση της σχέσης $V_{επ}/V_{\pi\rho}$ όπου $V_{επ}>V_{\pi\rho}$ και με μεμονωμένες υποδιαιρέσεις $P'x, Px, Py$ ή συνδυασμό αυτών	130
6.7.1.1 Επιπτώσεις από τη σύγκριση της σχέσης V_{k+1} / V_k με τους συντελεστές $\lambda, \lambda', \lambda''$ και μ	132
6.8 Αριθμητικό παράδειγμα.....	133
6.8.1 Οδηγίες για τη χρήση του πίνακα 9	137

7. Ανάπτυξη προγράμματος σε ηλεκτρονικό υπολογιστή (PC) για τον υπολογισμό της ελάχιστης χρονοαπόστασης με τη νέα προτεινόμενη μέθοδο 139

8. Διερεύνηση της χωρητικότητας.....	140
9. Σύγκριση της νέας προτεινόμενης μεθόδου με τις υφιστάμενες	154
9.1 Σύγκριση με μέθοδο UIC.....	154
9.2 Σύγκριση με μέθοδο Dilli	180
9.3 Σύγκριση με μέθοδο Sasse και Potthoff.....	183
10. Συμπεράσματα	190
11. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	192
12. Βιβλιογραφικές Αναφορές	194
13. Βιογραφικό Σημείωμα	213
14. Ξενόγλωσση Περίληψη	221

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

- Σχήμα 1: Γραμμή
- Σχήμα 2: Τμήμα αποκλεισμού για συρμό στην ελεύθερη γραμμή
- Σχήμα 3: Χρόνος αποκλεισμού κατά την είσοδο συρμού σε σταθμό
- Σχήμα 4: Χρόνος αποκλεισμού κατά την έξοδο συρμού από σταθμό
- Σχήμα 5: Χρόνος αποκλεισμού κατά τη διαδρομή ενός συρμού εντός σταθμού
- Σχήμα 6: Κλίμακα χρόνων αποκλεισμού
- Σχήμα 7: Ελάχιστη χρονοαπόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών συρμών στη θέση Α
- Σχήμα 8: Περιθώριο άνεσης μεταξύ δύο συρμών
- Σχήμα 9: Κράτημα επόμενου συρμού στη θέση H_n
- Σχήμα 10: Τμήμα γραμμής L_i
- Σχήμα 11: Τμήμα γραμμής μεταξύ κύριων σημάτων ΑΗ και ΕΗ
- Σχήμα 12: B_1 έως B_4 μεταξύ Χ.Θ. 9,0 και 16,7 km
- Σχήμα 13: Κατανομή των χρόνων αποκλεισμού
- Σχήμα 14: Κατανομή των αποστάσεων αποκλεισμού
- Σχήμα 15: Γραμμή με αυτόματα τμήματα αποκλεισμού
- Σχήμα 16: Γραφική διαίρεση σε τμήματα αποκλεισμού
- Σχήμα 17: Κλίμακα χρόνων αποκλεισμού
- Σχήμα 18: Χρόνοι αποκλεισμού στα σημεία ορατότητας
- Σχήμα 19: Ελάχιστη χρονοαπόσταση στη θέση Α ως προς Β
- Σχήμα 20: Ελάχιστη χρονοαπόσταση επόμενου συρμού με στάθμευση στο σταθμό Α
- Σχήμα 21: Ελάχιστη χρονοαπόσταση επόμενου συρμού με διέλευση στο σταθμό Α
- Σχήμα 22: Ελάχιστη χρονοαπόσταση επόμενου συρμού στο τμήμα αποκλεισμού ΑΒ με στάθμευση στο σταθμό Α
- Σχήμα 23: Ελάχιστη χρονοαπόσταση επόμενου συρμού στο τμήμα αποκλεισμού ΑΒ με διέλευση στο σταθμό Α

Σχήμα 24:	Ελάχιστη χρονοαπόσταση επόμενου συρμού στη θέση Α ως προς το κύριο σήμα Β, με διέλευση στο σταθμό Α
Σχήμα 25:	Τμήμα αποκλεισμού SNCF
Σχήμα 26:	Τμήμα αποκλεισμού JNR
Σχήμα 27:	Τμήμα αποκλεισμού DB AG
Σχήμα 28:	Τμήμα αποκλεισμού BR
Σχήμα 29:	Τμήμα αποκλεισμού ΟΣΕ
Σχήμα 30:	Διάταξη σημάτων για πυκνότερη ακολουθία
Σχήμα 31:	Σύστημα 2 τμημάτων ή 3 aspect
Σχήμα 32:	Σύστημα 3 τμημάτων ή 4 aspect
Σχήμα 33:	Διάταξη τμήματος αποκλεισμού πριν από σταθμό
Σχήμα 34:	Χρονική διαφορά ΔT σε σχέση με τους χρόνους διαδρομής T_k , T_{k+1}
Σχήμα 35:	Συνθήκη ελάχιστης χρονοαπόστασης μεταξύ συρμών k και $k+1$
Σχήμα 36:	Γραφικός υπολογισμός των μηκών των τμημάτων αποκλεισμού
Σχήμα 37:	Υποδιαίρεση P_x
Σχήμα 38:	Υποδιαίρεση P'_x
Σχήμα 39:	Υποδιαίρεση P_y
Σχήμα 40:	Τμήμα γραμμής με υποδιαίρεσεις
Σχήμα 41:	Τμήμα γραμμής με 2 τμήματα αποκλεισμού
Σχήμα 42:	Μετασχηματισμός του μήκους των 7,4 km
Σχήμα 43:	Χρόνοι αποκλεισμού και ελάχιστη χρονοαπόσταση
Σχήμα 44:	Μετασχηματισμός μήκους των 9,0 km

- Διάγραμμα 1: Χωρητικότητες από ισομήκη διαίρεση
- Διάγραμμα 2: Χωρητικότητες από ισομήκη διαίρεση και από υποδιαίρεσεις P_x , $P_x P_y$, σύμφωνα με τη νέα προτεινόμενη μέθοδο
- Διάγραμμα 3: Σχέση χωρητικότητας και πλήθους τμημάτων αποκλεισμού για σύστημα H/V
- Διάγραμμα 4: Σχέση χωρητικότητας και πλήθους τμημάτων αποκλεισμού για συστήματα H/V, M.A.S. και H/V με P_x , $P_x P_y$ ($V=160$ km/h)
- Διάγραμμα 5: Σχέση χωρητικότητας και πλήθους τμημάτων αποκλεισμού για συστήματα H/V, M.A.S. και H/V με P_x , $P_x P_y$ ($V=80$ km/h)
- Διάγραμμα 6: Σχέση χωρητικότητας και πλήθους τμημάτων αποκλεισμού για συστήματα H/V, M.A.S. και H/V με P_x , $P_x P_y$ ($V_1=160$ km/h, $V_2=80$ km/h)
- Διάγραμμα 7: Σχέση χωρητικότητας και πλήθους τμημάτων αποκλεισμού για συστήματα H/V και M.A.S.
- Διάγραμμα 8: Σύγκριση χωρητικοτήτων μεταξύ $L_i=15$ km και 28 km, για συστήματα H/V και M.A.S.
- Διάγραμμα 9: Σύγκριση χωρητικοτήτων μεταξύ $L_i=15$ km και 28 km, για συστήματα H/V και M.A.S. ($V_1=160$ km/h, $V_2=80$ km/h)
- Διάγραμμα 10: Σχέση χωρητικότητας και πλήθους τμημάτων αποκλεισμού
- Διάγραμμα 11: Σχέση χωρητικότητας και πλήθους τμημάτων αποκλεισμού
- Διάγραμμα 12: Σχέση χωρητικότητας και πλήθους τμημάτων αποκλεισμού
- Διάγραμμα 13: Σχέση χωρητικότητας και πλήθους τμημάτων αποκλεισμού
- Διάγραμμα 14: Σχέση χωρητικότητας και πλήθους τμημάτων αποκλεισμού

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1:	Μέγιστα επιτρεπόμενα μήκη αποκλεισμού
Πίνακας 2:	Επιλεχθέντα μήκη και αντίστοιχοι χρόνοι τμημάτων αποκλεισμού
Πίνακας 3:	Βοηθητικά μεγέθη
Πίνακας 4:	Ελάχιστες χρονοαποστάσεις (με ακρίβεια 1 min)
Πίνακας 5:	Ελάχιστες χρονοαποστάσεις στη θέση των κύριων σημάτων
Πίνακας 6:	Χρόνοι χειρισμού και ανταπόκρισης εγκαταστάσεων σηματοδότησης
Πίνακας 7:	Περιπτώσεις ακολουθιών μεταξύ συρμών T και B
Πίνακας 8:	Χρονοαποστάσεις που αντιστοιχούν στις περιπτώσεις ακολουθιών
Πίνακας 9:	Σχέσεις υπολογισμού χρονοαπόστασης ανάλογα με το είδος της ακολουθίας, την υποδιαίρεση και το πλήθος των τμημάτων αποκλεισμού m
Πίνακας 10:	Ομαδοποίηση των συρμών σε 3 κατηγορίες
Πίνακας 11:	Διαφοροποίηση των $B\ell_1$ και $B\ell_2$ για μείωση της χωρητικότητας κατά ένα συρμό, για 3 κατηγορίες συρμών
Πίνακας 12:	Στοιχεία των συρμών που εμφανίζονται στο παράδειγμα της UIC
Πίνακας 13:	Διαφοροποίηση των $B\ell_1$ και $B\ell_2$ για μείωση της χωρητικότητας κατά ένα συρμό, για 15 κατηγορίες συρμών
Πίνακας 14:	Διαίρεση σε 3 τμήματα αποκλεισμού
Πίνακας 15:	Διαίρεση σε 4 τμήματα αποκλεισμού
Πίνακας 16:	Δεδομένα
Πίνακας 17:	Ελάχιστες χρονοαποστάσεις, χωρητικότητες, χρόνοι κατάληψης, μήκη τμημάτων αποκλεισμού για υποδιαίρεση P_x , $m=3$ και 15 κατηγορίες συρμών
Πίνακας 18:	Ελάχιστες χρονοαποστάσεις, χωρητικότητες, χρόνοι κατάληψης, μήκη τμημάτων αποκλεισμού για υποδιαίρεση P_x , $P_x P_y$ $m=4$ και 15 κατηγορίες συρμών

- Πίνακας 19: Ελάχιστες χρονοαποστάσεις, χωρητικότητες, χρόνοι κατάληψης, μήκη τμημάτων αποκλεισμού για υποδιαίρεση P_x , $m=3$ και 3 κατηγορίες συρμών
- Πίνακας 20: Ελάχιστες χρονοαποστάσεις, χωρητικότητες, χρόνοι κατάληψης, μήκη τμημάτων αποκλεισμού για υποδιαίρεση P_x , P_x P_y $m=4$ και 3 κατηγορίες συρμών
- Πίνακας 21: Ποσοστιαία διαφοροποίηση του συνολικού χρόνου κατάληψης των διαφόρων ακολουθιών και του μήκους των τμημάτων αποκλεισμού σε σχέση με τη μεταβολή της χωρητικότητας
- Πίνακας 22: Χωρητικότητες για τμήμα υπέρβασης μήκους 28000 m
- Πίνακας 23: Σύγκριση των τιμών C και ΣB για τις περιπτώσεις χωρίς υποδιαίρεση, με υποδιαίρεση P_x και με υποδιαίρεση P_x , P_y
- Πίνακας 24: Μητρώο ακολουθιών για 15 κατηγορίες συρμών
- Πίνακας 25: Χρονοαποστάσεις [min] για $m = 8$ $\lambda = 1$
- Πίνακας 26: Χρονοαποστάσεις [min] για $m = 6$ $\lambda = 1$ P_x , P_y
- Πίνακας 27: ΔT χρονοαποστάσεων
- Πίνακας 28: Ακολουθίες x ΔT χρονοαποστάσεων
- Πίνακας 29: Χωρητικότητα σύμφωνα με το παράδειγμα Dilli
- Πίνακας 30: Συνολικοί χρόνοι κατάληψης των τριών ακολουθιών
- Πίνακας 31: Ποσοστιαία [%] μεταβολή των μεγεθών C και ΣB
- Πίνακας 32: Μήκη τμημάτων αποκλεισμού που προκύπτουν στο παράδειγμα των Sasse και Pothoff
- Πίνακας 33: Υπολογισμός ελάχιστης χρονοαπόστασης κατά βήματα
- Πίνακας 34: Σχέση λ για κάθε περιοχή ταχύτητας των συρμών Dg_2 , Dg_1
- Πίνακας 35: Τμήματα αποκλεισμού με Sasse και νέα προτεινόμενη μέθοδο
- Πίνακας 36: Τμήματα αποκλεισμού, χρόνοι αποκλεισμού, ελάχιστες χρονοαποστάσεις με υφιστάμενες και νέα προτεινόμενη μέθοδο

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θέλω να ευχαριστήσω εγκάρδια:

- τους ομότιμος Καθηγητές κ.κ. Γιώτη Απόστολο και Φρατζεσκάκη Ιωάννη ως μέλη της εισηγητικής Επιτροπής, για τις εποικοδομητικές τους παρατηρήσεις
- τον αναπληρωτή Καθηγητή κ. Σταθόπουλο Αντώνη για τις πολύτιμες συμβουλές του
- το συνάδελφο Δρ. Μηχ/κό Μπαλλή Αθανάσιο για τη βοήθεια του τόσο σε θέματα προγραμματισμού όσο και σε διαδικαστικά θέματα σύνταξης
- την κ. Σολωμού Διονυσία, για τη σχολαστικότητα με την οποία εισήγαγε τα διάφορα στοιχεία στον ηλεκτρονικό υπολογιστή
- την κ. Χριστοφίλη Φωτεινή, για την επιμέλεια και τη φροντίδα που επέδειξε κατά τη συγγραφή του κειμένου
- συναδέλφους Μηχανικούς στον Ο.Σ.Ε. για την παροχή στοιχείων

ΑΦΙΕΡΩΣΗ

18 χρόνια πνευματικής, επαγγελματικής, εκπαιδευτικής και ηθικής καθοδήγησής μου, με οδηγούν να αφιερώσω την εργασία αυτή στον καθηγητή μου κ. Κ. Αμπτακούμκιν.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για την εξασφάλιση της ασφάλειας κίνησης μεταξύ των διαδοχικών συρμών σε μία διπλή σιδηροδρομική γραμμή με κυκλοφορία σε μία γραμμή ανά κατεύθυνση, η γραμμή διαιρείται σε τμήματα με την προϋπόθεση ότι μέσα σε κάθε τμήμα επιτρέπεται να κυκλοφορεί το πολύ ένας συρμός [1], [6], [26].

Τα τμήματα αυτά εξασφαλίζονται με οπτικές (σήματα) και μη οπτικές (π.χ. μονωτικοί αρμοί) σηματοτεχνικές εγκαταστάσεις που απευθύνονται στον οδηγό του συρμού και στο συρμό αντιστοίχως. Κάθε τμήμα ανάλογα με το μήκος του, εξασφαλίζει μία ελάχιστη χρονοαπόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών συρμών. Η μεγαλύτερη εξ' αυτών είναι η ελάχιστη χρονοαπόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών συρμών [25], [141].

Το μήκος των τμημάτων αυτών εξαρτάται από

- το σύστημα σηματοδότησης
- τις αντιστάσεις γραμμής
- τη σύνθεση της κυκλοφορίας ($V_{\max} \dots V_{\min}$)
- τις περιοχές επιβράδυνσης ή επιτάχυνσης πριν ή μετά από σταθμούς [99], [113]

Ως εκ τούτου υφίσταται μία δυσκολία τυποποίησης της θέσης και του μήκους των τμημάτων αυτών.

Οι Sasse [99] και Potthoff [113], ανέπτυξαν μεθόδους διαίρεσης ενός τμήματος γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού με βάση την επιθυμητή τιμή του χρόνου αποκλεισμού αυτών, καθιστώντας τα έτσι όσο το δυνατόν ισόχρονα.

Η διαδικασία διαίρεσης κατά τις μεθόδους αυτές λαμβάνει υπόψη της μία ακολουθία, στην οποία οι συρμοί παρουσιάζουν ίδια χαρακτηριστικά. Η μέθοδος διαίρεσης

παρουσιάζεται τόσο για ακολουθία όπου οι συρμοί έχουν σταθερή ταχύτητα όσο και για ακολουθία όπου οι συρμοί έχουν μεταβαλλόμενη ταχύτητα. Επεσήμαναν όμως την ιδιαίτερη διερεύνηση και τα σημεία που πρέπει να προσεχθούν αν η σύνθεση της κυκλοφορίας αποτελείται από συρμούς διαφόρων ταχυτήτων. Το ίδιο επισημαίνει και ο Arnold [5].

Ο Dilli [29] επισημαίνει τη διαφοροποίηση μεταξύ της διαίρεσης σε ισομήκη και ανισομήκη τμήματα αποκλεισμού, ανάλογα με την πλειονότητα των παράλληλων ή μη παράλληλων ακολουθιών και προχωρεί στην ανισομήκη διαίρεση μίας υφιστάμενης γραμμής, με υφιστάμενα τμήματα αποκλεισμού, διερευνώντας συγχρόνως την ελάχιστη χρονοαπόσταση μεταξύ συρμών διαφόρων ταχυτήτων.

Με στόχο την επίτευξη μέγιστων χωρητικοτήτων στους πιο φορτισμένους κορμούς των, τα δίκτυα προχωρούν στη διαίρεση των γραμμών σε ισομήκη τμήματα αποκλεισμού ελάχιστου μήκους (π.χ. ίσου με το μέγιστο μήκος πέδησης + μήκος ασφαλείας) ή και λίγο μεγαλύτερα, όχι όμως μεγαλύτερα των 2000 m [5], [101], [130], εφαρμόζοντας το αυτόματο σύστημα αποκλεισμού M.A.S. (σύστημα αποκλεισμού με ένδειξη κατάστασης περισσότερων τμημάτων) [6], [61], [99], [157]. Στην περίπτωση αυτή δεν απαιτείται ιδιαίτερη μέθοδος διαίρεσης αφού όλα τα τμήματα είναι ισομήκη. Παρ' όλα αυτά, ο υπολογισμός της ελάχιστης χρονοαπόστασης απαιτεί τη διερεύνηση για το δυσμενέστερο τμήμα αποκλεισμού στην περίπτωση της μεταβαλλόμενης ταχύτητας (π.χ. πτωτική τάση ταχύτητας στο μέσον της διαδρομής).

Όμως όλα τα δίκτυα δεν απαιτούν τη μέγιστη χωρητικότητα της γραμμής των ή τουλάχιστον όλων των γραμμών τους, αφού σε αρκετά από αυτά η συγκοινωνιακή ζήτηση δεν ανταποκρίνεται σε αντίστοιχα επίπεδα. Θεωρείται ότι, μέχρι 50 συρμούς/24 h η γραμμή χαρακτηρίζεται ως "αδύναμης - μέσης" κυκλοφορίας [24], [128], [139]. Για παράδειγμα, αν ένα τμήμα γραμμής έχει υφιστάμενη χωρητικότητα 60 συρμούς ανά ημέρα και με διαίρεση σε ισομήκη τμήματα αποκλεισμού των 1000 ή 1300 m αποκτά θεωρητική χωρητικότητα 150 συρμών ανά ημέρα, τότε αν η

συγκοινωνιακή ζήτηση είναι 80 ή 100 συρμοί ανά ημέρα, γιατί και το πλήθος των σηματοτεχνικών εγκαταστάσεων να μην είναι ανάλογο; Αφετέρου το να “γεμίσει” η γραμμή με σήματα δεν σημαίνει κατακόρυφη αύξηση της χωρητικότητας.

Στην περίπτωση αυτή, απαιτούνται λίγα σε αριθμό τμήματα αποκλεισμού και η τοποθέτησή τους πρέπει να γίνεται πάλι με τη διερεύνηση του δυσμενέστερου τμήματος αποκλεισμού για κάθε ακολουθία, προκειμένου να υπολογισθεί η ελάχιστη χρονοαπόσταση της ακολουθίας αυτής.

Τη διαδικασία αυτή, προτείνει πλην των άλλων Σιδηροδρομικών Οργανισμών και η UIC με την οδηγία 405 E [141].

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των υφισταμένων μεθόδων διαίρεσης της γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού και του τρόπου υπολογισμού της ελάχιστης χρονοαπόστασης μίας ακολουθίας, με στόχο την ανάπτυξη μεθόδου με την οποία η διαίρεση σε τμήματα αποκλεισμού να συσχετίζεται με την ελάχιστη χρονοαπόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών συρμών.

Με τη νέα προτεινόμενη μέθοδο, επιδιώκεται η ποσοτική συσχέτιση των μηκών των τμημάτων αποκλεισμού ενός τμήματος γραμμής με την ελάχιστη χρονοαπόσταση οποιασδήποτε ακολουθίας.

Προς τούτο αναπτύσσεται τρόπος διαίρεσης του τμήματος γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού πλήθους m , με βάση έναν συντελεστή μεγαλύτερο ή ίσο της μονάδας, ο οποίος, εκφράζει τη σχέση ταχυτήτων ακολουθίας B/T . Το αποτέλεσμα της σύγκρισης μεταξύ του συντελεστή διαίρεσης σε τμήματα αποκλεισμού και της σχέσης ταχυτήτων οποιασδήποτε ακολουθίας, οδηγεί στον αντίστοιχο μαθηματικό τύπο υπολογισμού της ελάχιστης χρονοαπόστασης, ενώ συγχρόνως δίνεται και η θέση των τμημάτων αποκλεισμού.

Η νέα προτεινόμενη μέθοδος αναπτύσσεται με την παραδοχή μηδενικών αντιστάσεων. Το πρόβλημα των αντιστάσεων γραμμής που εμφανίζεται στις πραγματικές συνθήκες (in situ) αντιμετωπίζεται με κατάλληλους πρόσθετους χρόνους επί των ελαχίστων χρονοαποστάσεων.

2. ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΠΙ ΜΕΡΟΥΣ ΚΕΦΑΛΑΙΩΝ

2.1 Αναζήτηση Διεθνούς Βιβλιογραφίας

Αναζητήθηκε διεθνής βιβλιογραφία διαχείρισης της έννοιας “ελάχιστη χρονοαπόσταση μεταξύ δύο συρμών”. Η αναζήτηση έγινε μέσω του Βρετανικού Συμβουλίου, του Ιδρύματος Ερευνών, Πολυτεχνείων της Γερμανίας και των Γερμανικών Σιδηροδρόμων DB.

2.2 Καταγραφή και ανάλυση των υφιστάμενων μεθόδων και απόψεων

Καταγράφησαν και αναλύθηκαν οι μέθοδοι που υπολογίζουν την ελάχιστη χρονοαπόσταση κυρίως από τη Γερμανική βιβλιογραφία, καθώς η βασική φιλοσοφία που χρησιμοποιείται και στις άλλες σιδηροδρομικά προηγμένες χώρες δεν διαφέρει της Γερμανικής. Επίσης καταγράφησαν οι κυριότερες μέθοδοι υπολογισμού χωρητικότητας τμήματος γραμμής, καθώς η ελάχιστη χρονοαπόσταση αποτελεί το βασικό παράγοντα για τον υπολογισμό της.

2.3 Ανάπτυξη νέας προτεινόμενης μεθόδου διαίρεσης τμήματος γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού και υπολογισμού της ελάχιστης χρονοαπόστασης

Με βάση την υφιστάμενη φιλοσοφία για την εξασφάλιση της ασφαλούς κίνησης των συρμών σε ένα τμήμα γραμμής αναπτύχθηκε η νέα προτεινόμενη μέθοδος διαίρεσης τμήματος γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού και υπολογισμού της ελάχιστης χρονοαπόστασης μεταξύ δύο διαδοχικών συρμών. Ο υπολογισμός βασίζεται σε μαθηματικές σχέσεις μεταξύ συντελεστού και των απορρεόντων εξ αυτού

συντελεστών διαίρεσης και μηκών τμημάτων αποκλεισμού ανάλογα με το είδος της ακολουθίας (B/T, B/B ή T/T, T/B).

2.4 Ανάπτυξη προγράμματος σε ηλεκτρονικό υπολογιστή (PC) για τον υπολογισμό της ελάχιστης χρονοαπόστασης με τη νέα προτεινόμενη μέθοδο

Αναπτύχθηκε πρόγραμμα σε QB45 για PC, το οποίο περιλαμβάνει

- τη διαίρεση τμήματος γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού με βάση τη νέα προτεινόμενη μέθοδο,
- τον υπολογισμό της ελάχιστης χρονοαπόστασης για οποιαδήποτε ακολουθία,
- τον υπολογισμό της μέσης ελάχιστης χρονοαπόστασης για οποιαδήποτε σύνθεση του δρομολογίου και
- τον υπολογισμό της χωρητικότητας.

Ο υπολογισμός της χωρητικότητας γίνεται με βάση την υπολογισθείσα τιμή της μέσης ελάχιστης χρονοαπόστασης και του επιθυμητού μέσου περιθωρίου άνεσης.

Για την καλύτερη επεξεργασία και κατανόηση των παραδειγμάτων που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, αναπτύχθηκαν βοηθητικά υπολογιστικά φύλλα στο πρόγραμμα EXCEL 7.0 με τα οποία, παρέχεται η δυνατότητα μεταβολής των δεδομένων και άμεσης αναγραφής του αποτελέσματος, δίνοντας έτσι την ευχέρεια γρήγορων εκτιμήσεων ως προς την ελάχιστη χρονοαπόσταση κάθε ακολουθίας και την επίπτωσή της στη χωρητικότητα της γραμμής. Επίσης τα φύλλα αυτά χρησιμοποιήθηκαν ως ελεγκτικοί μηχανισμοί του προγράμματος σε QB45.

Με το πρόγραμμα της QB45 και τα φύλλα EXCEL 7.0 συγκρίθηκαν τ' αποτελέσματα των διαφόρων μεθόδων με αυτά από τη νέα προτεινόμενη μέθοδο.

Όλα τ' αποτελέσματα απεικονίζονται σε διαγράμματα που παρήχθησαν με το πρόγραμμα EXCEL 7.0.

2.5 Διερεύνηση χωρητικότητας

Γίνεται μία γενική διερεύνηση της συμπεριφοράς της χωρητικότητας σε σχέση με το πλήθος των τμημάτων αποκλεισμού και τη μείξη της κυκλοφορίας.

2.6 Σύγκριση της νέας προτεινόμενης μεθόδου με τις υφιστάμενες

Η νέα προτεινόμενη μέθοδος συγκρίνεται με τις αναφερόμενες στη βιβλιογραφία. Χρησιμοποιούνται κοινά δεδομένα τα οποία ελήφθησαν από εφαρμογές που παρουσιάζονται στις αντίστοιχες βιβλιογραφίες.

2.7 Συμπεράσματα

Καταγραφή συμπερασμάτων και προοπτικών της νέας προτεινόμενης μεθόδου.

2.8 Προτάσεις για περαιτέρω Έρευνα

Προτείνονται θέματα τα οποία μπορούν να ερευνηθούν με βάση τη νέα προτεινόμενη μέθοδο

2.9 Βιβλιογραφικές αναφορές

Αναφέρονται με αλφαβητική σειρά όλα τα άρθρα, βιβλία, ανακοινώσεις, διατριβές, μελέτες που υποστηρίζουν άμεσα ή έμμεσα την εργασία αυτή.

3. ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ, ΟΡΙΣΜΟΙ, ΣΧΗΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΙΣ ΕΝΝΟΙΩΝ

3.1 Συμβολισμοί

AH=	κύριο σήμα εξόδου από σταθμό
B _n =	τμήμα αποκλεισμού
BR=	Βρετανικοί Σιδ/μοι
B/T=	ακολουθία με βραδύ-ταχύ συρμό
C =	χωρητικότητα [συρμοί/ ημερ.]
DB AG=	Γερμανικοί Σιδ/μοι
ΔT =	χρονική διαφορά [min]
EH=	κύριο σήμα εισόδου σε σταθμό
E _v =	πρώτη καθυστέρηση [sec]
F _v =	συνεπτακόλουθη καθυστέρηση [sec]
H _n =	κύριο σήμα
iH _n =	κύριο σήμα n του τμήματος γραμμής i
iM _n =	θέση τέλους συρμού n του τμήματος γραμμής i
iP _n =	σημείο ορατότητας του προσήματος n του τμήματος γραμμής i
iV _n =	πρόσημα n του τμήματος γραμμής i
JNR=	Ιαπωνικοί Σιδ/μοι
L =	μήκος [m]
L _i =	τμήμα γραμμής i μήκους L [m]
L _i B _n =	μήκος τμήματος αποκλεισμού B _n τμήματος γραμμής L _i [m]
L _i (P _n -M _n) =	απόσταση μεταξύ σημείου ορατότητας P _n και θέσης τέλους συρμού M _n
L _i (P _n -P _{n-1}) =	απόσταση μεταξύ σημείων ορατότητας P _n και P _{n-1} τμήματος γραμμής i [m]
L _i S _{am} =	μήκος απόστασης αποκλεισμού S _{am} τμήματος γραμμής i [m]
L _M =	απόσταση κύριου σήματος – θέσης τέλους συρμού [m]
L _p =	απόσταση σημείου ορατότητας – προσήματος [m]
L _v =	απόσταση προσήματος – κυρίου σήματος [m]
LZ =	μήκος συρμού [m]

$LZ_k =$	μήκος συρμού k [m]
$M =$	θέση τέλους συρμού
$N =$	πλήθος συρμών
$ΟΣΕ=$	Ελληνικοί Σιδ/μοι
$P_n =$	σημείο ορατότητας
$(Πσ)=$	ένδειξη του κυρίου σήματος για πορεία
$(\pi)=$	ένδειξη του προσήματος για πορεία
$r =$	περιθώριο άνεσης [min]
$S =$	διάστημα [m]
$(\sigma)=$	ένδειξη του προσήματος για στάση
$(\Sigma)=$	ένδειξη του κυρίου σήματος για στάση
$\Sigma B_{V_k=V_{k+1}}$	συνολικός χρόνος κατάληψης από ακολουθίες συρμών <u>ίδιων</u> ταχυτήτων
$\Sigma B_{V_k < V_{k+1}}$	συνολικός χρόνος κατάληψης από ακολουθίες με συρμούς όπου η ταχύτητα του προηγούμενου είναι <u>μικρότερη</u> αυτής του επόμενου
$\Sigma B_{V_k > V_{k+1}}$	συνολικός χρόνος κατάληψης από ακολουθίες με συρμούς όπου η ταχύτητα του προηγούμενου είναι <u>μεγαλύτερη</u> αυτής του επόμενου
$SE =$	επί μέρους τμήμα [m]
$SEK =$	κρίσιμη διατομή [m]
$SNCF=$	Γαλλικοί Σιδ/μοι
$t=$	χρόνος [sec]
$T =$	χρονικό διάστημα παρατήρησης [min]
$TB=$	χρονική διάρκεια κατάληψης [min]
$T/B=$	ακολουθία με ταχύ-βραδύ συρμό
$TBiS_{om}=$	χρόνος κατάληψης απόστασης αποκλεισμού S_{an} τμήματος γραμμής i [min]
$T\Delta =$	τέλος διαδρόμου πορείας
$t_{ki}(P_n) =$	χρονική στιγμή εμφάνισης του συρμού k με την κεφαλή του στη θέση P_n τμήματος γραμμής I
$T_k L_i B_n =$	χρόνος αποκλεισμού που αντιστοιχεί στο $L_i B_n$ για συρμό k [min]
$T_k L_i (P_n - P_{n-1}) =$	χρόνος για να διανυθεί η απόσταση $L_i (P_n - P_{n-1})$ από το συρμό k [sec]

T/T ή $B/B=$	ακολουθία με συρμούς ίδιας κατηγορίας
$u =$	συντελεστής μεταφερόμενης καθυστέρησης
$V =$	ταχύτητα συρμού [km/h]
$v =$	ταχύτητα συρμού [m/sec]
$V_n =$	πρόσημα
$v_n =$	ταχύτητα επόμενου συρμού [m/sec]
$v_v =$	ταχύτητα προηγούμενου συρμού [m/sec]
$z =$	χρονοαπόσταση [min]
$\bar{z} =$	μέση χρονοαπόσταση [min]
$z_{min} =$	ελάχιστη χρονοαπόσταση [min]
$\bar{z}_{min}$	μέση ελάχιστη χρονοαπόσταση [min]

3.2 Ορισμοί

$i, j, k, m, n =$	αριθμοί 1, 2, 3, αριθμούν τμήματα γραμμής, κατηγορία συρμών, συρμούς, σήματα, τμήματα αποκλεισμού.
-------------------	---

Ακολουθία συρμών	η άμεση διαδοχή ενός προηγούμενου συρμού από έναν επόμενο, σε μία θέση παρατήρησης.
------------------	---

Μη παράλληλη ακολουθία	όταν οι ακολουθίες αποτελούνται από συρμούς διαφόρων κατηγοριών [82], [93].
------------------------	---

Παράλληλη ακολουθία	όταν οι ακολουθίες αποτελούνται από συρμούς ίδιας κατηγορίας ή από συρμούς διαφορετικής κατηγορίας οι οποίοι στη συγκεκριμένη θέση παρατήρησης κινούνται με την ίδια ταχύτητα [82], [93].
---------------------	---

Απόσταση αποκλεισμού (S_m)

τμήμα διαδρόμου κυκλοφορίας συρμών που ορίζεται από συγκεκριμένα σημεία [26], [50], [126].

Σημείο αρχής απόστασης αποκλεισμού σε σταθμό

- για εισερχόμενους και διερχόμενους συρμούς η θέση του προσήματος
- για εξερχόμενους συρμούς η θέση στάθμευσης του συρμού στη γραμμή εξόδου πριν το κύριο σήμα [26], [86].

Σημείο τέλους απόστασης αποκλεισμού σε σταθμό

- για εισερχόμενους συρμούς η θέση τέλους διαδρομής
- για διερχόμενους ή εξερχόμενους συρμούς η ορισθείσα θέση τέλους συρμού μετά το κύριο σήμα [26], [86].

Τμήμα αποκλεισμού (B_n) (Block)

τμήμα διαδρόμου κυκλοφορίας συρμών που ορίζεται μεταξύ δύο διαδοχικών κυρίων σημάτων τα οποία ευρίσκονται μέσα στην απόσταση αποκλεισμού [26], [50], [126].

Επιφάνεια τμήματος αποκλεισμού

το γινόμενο μήκος τμήματος αποκλεισμού B_n επί (x) το χρόνο αποκλεισμού T_{SA} , απεικονιζόμενο με ορθογωνική επιφάνεια [26], [65].

Βαθμός δεσμοποίησης ρ

χαρακτηρίζει τη σειρά των συρμών στο δρομολόγιο. [12], [99].

Γραμμή	σύνδεση μεταξύ σταθμών κόμβων. Η γραμμή μπορεί ν' αποτελείται από ένα ή περισσότερα τμήματα γραμμής [27], [141].
Ελεύθερη γραμμή	κάθε γραμμή που ευρίσκεται εκτός περιοχής σταθμών και συνδέει αυτούς.
Διπλή γραμμή	σύνδεση μεταξύ δύο σταθμών με δύο γραμμές κυκλοφορίας συρμών, μία για κάθε κατεύθυνση.
Μονή γραμμή	σύνδεση μεταξύ δύο σταθμών με μία γραμμή με κυκλοφορία των συρμών και στις δύο κατευθύνσεις.
Τμήμα γραμμής	τμήμα μεταξύ δύο σταθμών υπέρβασης (ως επί το πλείστον μη γειτονικών) εντός του οποίου το πλήθος των συρμών καθώς και τα ποσοστά συμμετοχής των διαφόρων συρμών στο σύνολο των συρμών δεν αλλάζουν σημαντικά (έως 10 %). Ένα τμήμα γραμμής μπορεί ν' αποτελείται από ένα ή περισσότερα επί μέρους τμήματα [27], [141].
Επί μέρους τμήμα (SE)	σύνδεση μεταξύ δύο γειτονικών σταθμών υπέρβασης καθώς και μεταξύ ενός σταθμού υπέρβασης και μιας θέσης διακλάδωσης [27], [141].
Κρίσιμη διατομή (SEK)	επί μέρους τμήμα στο οποίο παρατηρούνται οι μεγαλύτεροι χρόνοι διαδρομής των συρμών και στο οποίο η μέση ελάχιστη χρονοαπόσταση παρουσιάζει την μεγαλύτερή της τιμή [27], [94], [141].

Διάδρομος πορείας	σηματοτεχνικά εξασφαλισμένος διάδρομος κίνησης συρμών εντός σταθμού [126].
Δρομολόγιο	καθορισμός της ώρας κυκλοφορίας των συρμών (άφιξη, αναχώρηση, διέλευση), από συγκεκριμένες θέσεις των σιδηροδρομικών εγκαταστάσεων.
Γραμμή ταχύτητας συρμού	γραμμή που απεικονίζει την ταχύτητα συγκεκριμένου συρμού στο επίπεδο συντεταγμένων διάστημα - χρόνος [65].
Γραφικό δρομολόγιο	απεικόνιση της κυκλοφορίας των συρμών μέσω των γραμμών ταχύτητας [39].
Καθυστέρηση	χρονική απόκλιση συρμού από την προκαθορισμένη χρονική του θέση στο δρομολόγιο [39], [115], [119], [126].
Μεταφερόμενη καθυστέρηση	καθυστέρηση που μεταφέρει ένας συρμός από ένα τμήμα γραμμής στον αμέσως επόμενο (χρονική διαφορά της προγραμματισμένης και πραγματοποιημένης εισόδου του συρμού στο επόμενο τμήμα γραμμής) [27], [126].
Πρωτογενής καθυστέρηση	καθυστέρηση που είναι απρόβλεπτη κι εμφανίζεται τυχαία (π.χ. βλάβη σηματοδότησης, μηχανής, έλλειψη προσωπικού κ.α) [27], [126].

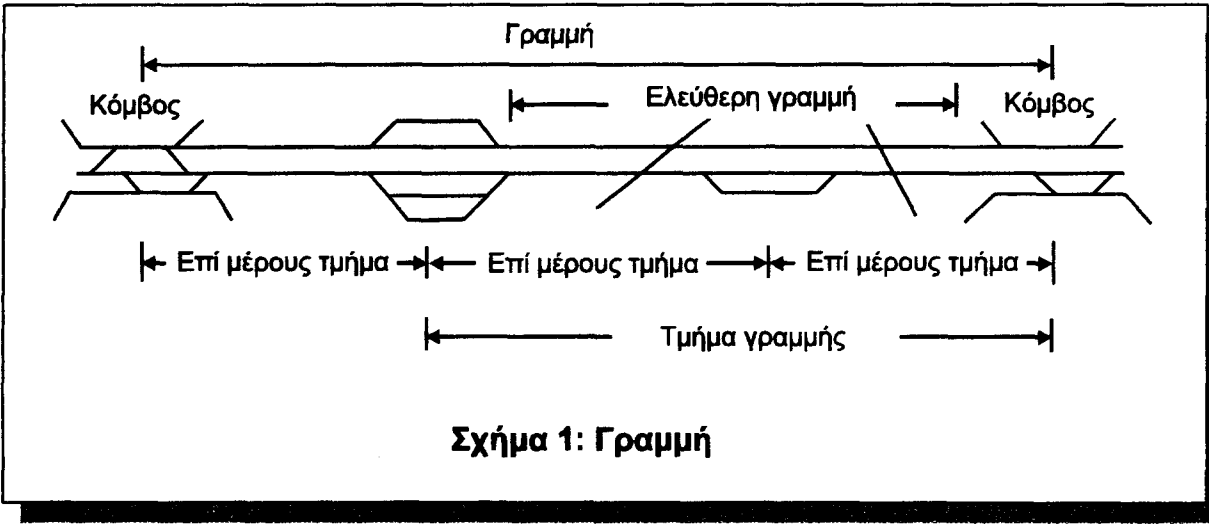
Συνεπακόλουθη καθυστέρηση	καθυστέρηση που προέρχεται από μεταφερόμενες καθυστερήσεις συμπεριλαμβανομένων και όλων των πρωτογενών [119], [126].
Συντελεστής μεταφερόμενης καθυστέρησης ($\ddot{u}$)	σχέση της μέσης ελάχιστης χροναπόστασης προς την μέση μεταφερόμενη καθυστέρηση. Δηλώνει το τυχαίον που επικρατεί κατά την λειτουργία [27], [119].
Κράτημα	απώλεια χρόνου που δημιουργείται όταν κατά την διάρκεια πέδησης ενός αμέσως επόμενου συρμού προ ενός κατειλημμένου τμήματος αποκλεισμού, το τμήμα αυτό απελευθερωθεί και ο συρμός αυτός συνεχίσει από την ταχύτητα που είχε κατά την χρονική στιγμή της απελευθέρωσης [28], [126].
Περιθώριο άνεσης τ	χρονικό διάστημα που παρεμβάλλεται μεταξύ δύο κλιμάκων αποκλεισμού στην θέση επαφής των. Προστίθεται στην ελάχιστη χροναπόσταση [27], [28], [94], [119], [144], [154].
Συρμός [συρμ]	μονάδα αποτελούμενη από περισσότερα οχήματα ελκόμενα από κινητήρια οχήματα
Μήκος συρμού	το μήκος από την κεφαλή του συρμού μέχρι το δηλωμένο από ειδική ένδειξη τέλος συρμού.

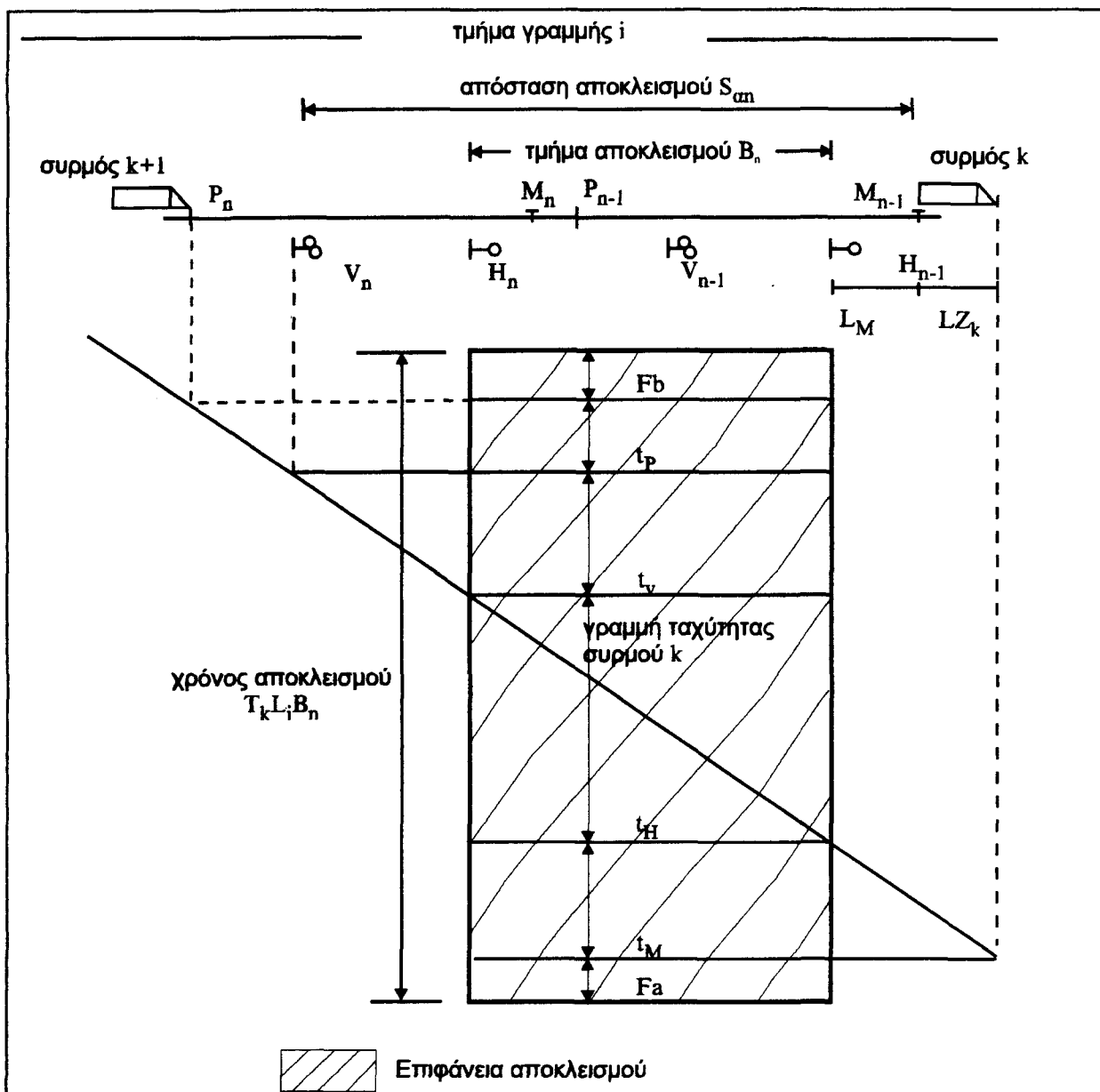
Σταθμός (Bf)	σιδηροδρομική εγκατάσταση με μία τουλάχιστον αλλαγή τροχιάς, όπου οι συρμοί εκκινούν, τερματίζουν, σταθμεύουν, διασταυρώνονται, προσπερνούν, αλλάζουν κατεύθυνση ή αναστρέφουν [1].
Σταθμός κόμβος (KBf)	σταθμός με μεγάλη ικανότητα υποδοχής κι εξυπηρέτησης συρμών, έτσι ώστε να μη επηρεάζονται επόμενες γραμμές [1].
Σύστημα αποκλεισμού H/V	πλευρική σηματοδότηση με κύριο σήμα – πρόσημα, όπου το πρόσημα τοποθετείται σε απόσταση ίση με το μέγιστο μήκος πέδησης [5], [151].
Απόσταση ασφαλείας (L _M)	η απόσταση μεταξύ του κύριου σήματος και της θέσης τέλους συρμού [6], [26], [50], [61], [157].
Θέση τέλους συρμού (M) ⊢ (μονωτικός αρμός)	η θέση επί της γραμμής μετά το κύριο σήμα, που δηλώνει το τέλος συρμού [26].
Κύριο σήμα (H) ⊢○ (ελεύθερης γραμμής) ⊢● (εισόδου – εξόδου) ⊢⊙ (με πρόσημα επόμενου κύριο σήματος)	φωτεινή σταθερή εγκατάσταση πλευρικά της γραμμής, η οποία δηλώνει στον οδηγό του συρμού την κατάσταση του επόμενου τμήματος αποκλεισμού (ελεύθερο ή κατειλημμένο) [1], [65].
Πρόσημα (V) ⊢⊙ ⊢● (κύριου σήματος εισόδου – εξόδου)	φωτεινή σταθερή εγκατάσταση πλευρικά της γραμμής η οποία δηλώνει στον οδηγό του συρμού την ένδειξη του κυρίου σήματος [1], [65], [112].

Σημείο ορατότητας (P)	θέση πριν από το πρόσημα από την οποία ο οδηγός του συρμού μπορεί να δει, ν' αντιληφθεί και ν' αντιδράσει στην ένδειξη του προσήματος [65].
Σύστημα αποκλεισμού M.A.S. εκ του Γερμανικού όρου (Mehrabchnittssignalsystem).	Σύστημα με ένδειξη κατάστασης περισσότερων τμημάτων, όπου τα κύρια σήματα τοποθετούνται σε ίση απόσταση μεταξύ τους τα δε πρόσημα αντικαθίστανται με επί πλέον φωτεινές ενδείξεις επί των ιστών των κύριων σημάτων [6], [61], [94], [157].
Χρόνος αποκλεισμού στην ελεύθερη γραμμή	χρονική διάρκεια κατάληψης της απόστασης αποκλεισμού από έναν συρμό [27], [28], [32].
Κλίμακα χρόνων αποκλεισμού	διαδοχικές επιφάνειες χρόνων αποκλεισμού σε κλιμακωτή μορφή [26], [126].
Χρόνος απελευθέρωσης (t_M)	χρονικό διάστημα από την στιγμή που η κεφαλή του συρμού διέρχεται από το κύριο σήμα μέχρι την χρονική στιγμή που το τέλος συρμού διέρχεται από την θέση τέλους συρμού [26], [50].
Χρόνος ορατότητας (t_P)	χρονική τιμή που αντιστοιχεί στην απόσταση σημείου ορατότητας - προσήματος [26], [50].
Χρόνος προετοιμασίας/ αναίρεσης διαδρομής (F_b)/ (F_a)	χρονική διάρκεια για τον χειρισμό των εγκαταστάσεων προκειμένου να σχηματισθεί ή ν' αναιρεθεί μία διαδρομή. Εξαρτώνται από το σύστημα και τεχνολογία σηματοδότησης [26], [50].

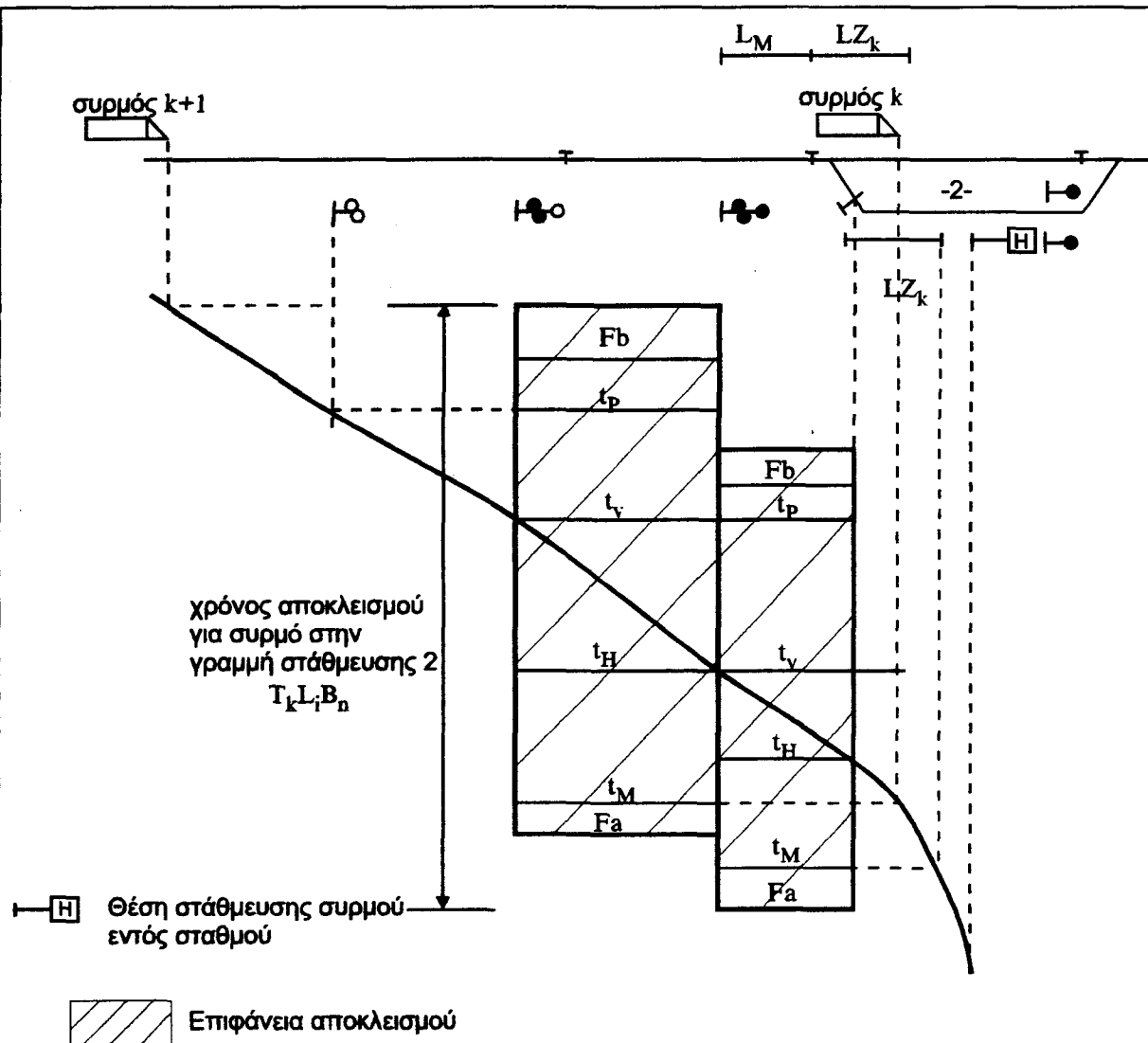
Χρόνος προσέγγισης (t_v)	χρονική διάρκεια για να διανυθεί η απόσταση από το πρόσημα μέχρι το κύριο σήμα [26], [50].
Χρόνος τμήματος αποκλεισμού (t_H)	χρονική διάρκεια για να διανυθεί το τμήμα αποκλεισμού [26], [50].
Χρόνος αποκλεισμού σταθμού	η χρονική διάρκεια κατάληψης ενός διαδρόμου πορείας μέσα σ' ένα σταθμό [126].
Χρονοαπόσταση z	η χρονική απόσταση μεταξύ των συρμών μιας ακολουθίας στη θέση παρατήρησης [27].
Ελάχιστη χρονοαπόσταση $z_{\min}$	χρονικό διάστημα από την αρχή του πρώτου χρόνου αποκλεισμού της κλίμακας αποκλεισμού ενός προηγούμενου συρμού μέχρι την αρχή του πρώτου χρόνου αποκλεισμού της κλίμακας αποκλεισμού ενός αμέσως επόμενου συρμού, όταν οι δύο κλίμακες αποκλεισμού εφάπτονται [9], [27].
Μέση ελάχιστη χρονοαπόσταση $\bar{z}_{\min}$	το άθροισμα των γινομένων των ελάχιστων χρονοαποστάσεων x το αντίστοιχο πλήθος ακολουθιών, διαιρεμένο με το σύνολο των ακολουθιών [27].
Χρόνος κατάληψης (T_B)	χρονική διάρκεια κατάληψης της απόστασης αποκλεισμού από έναν συρμό, συμπεριλαμβανομένων και των χρόνων που απορρέουν όταν η ταχύτητά του διαφοροποιείται προγραμματισμένα ή όχι [16], [27], [28].

3.3 Σχηματική απεικόνιση εννοιών

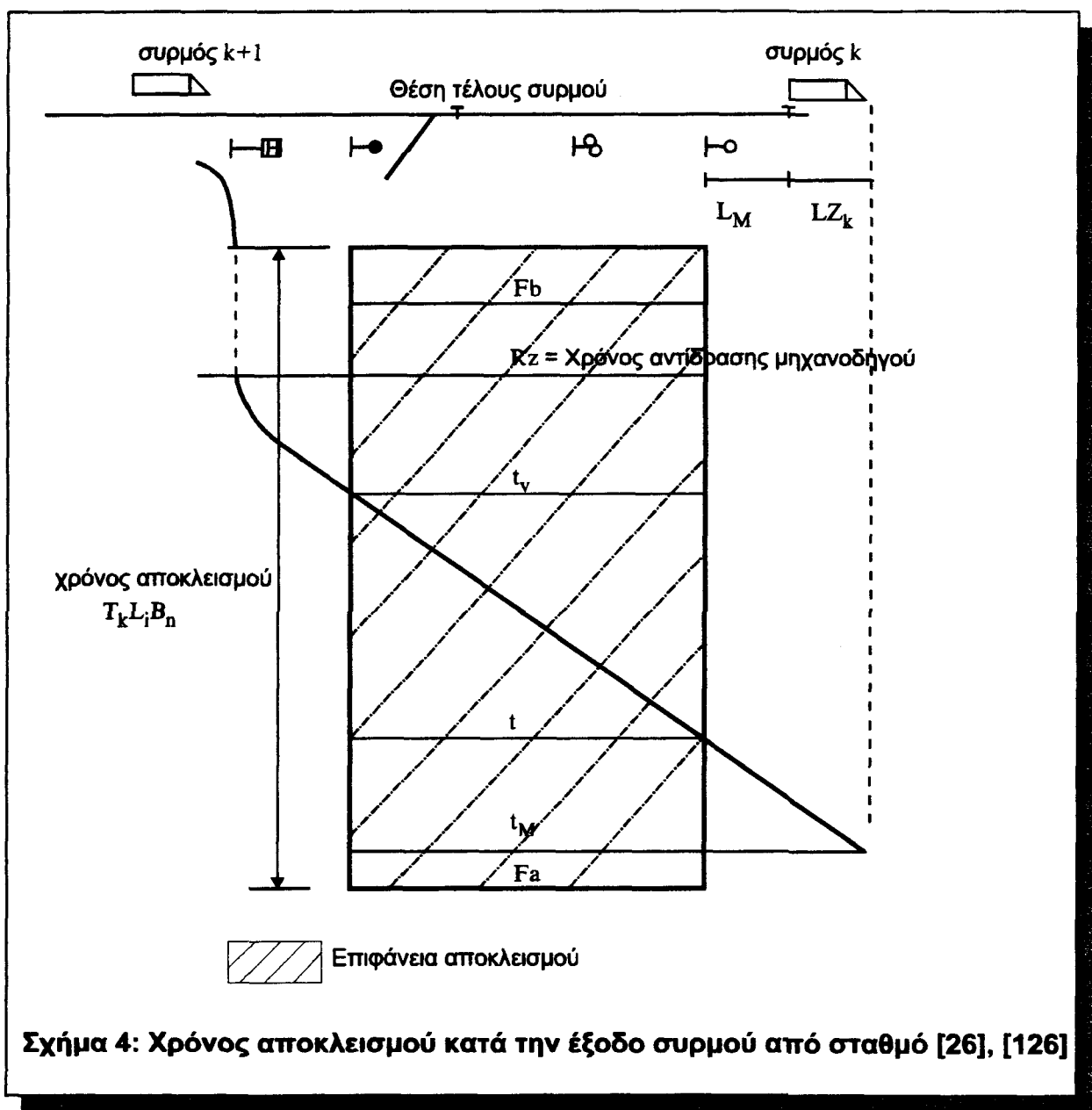


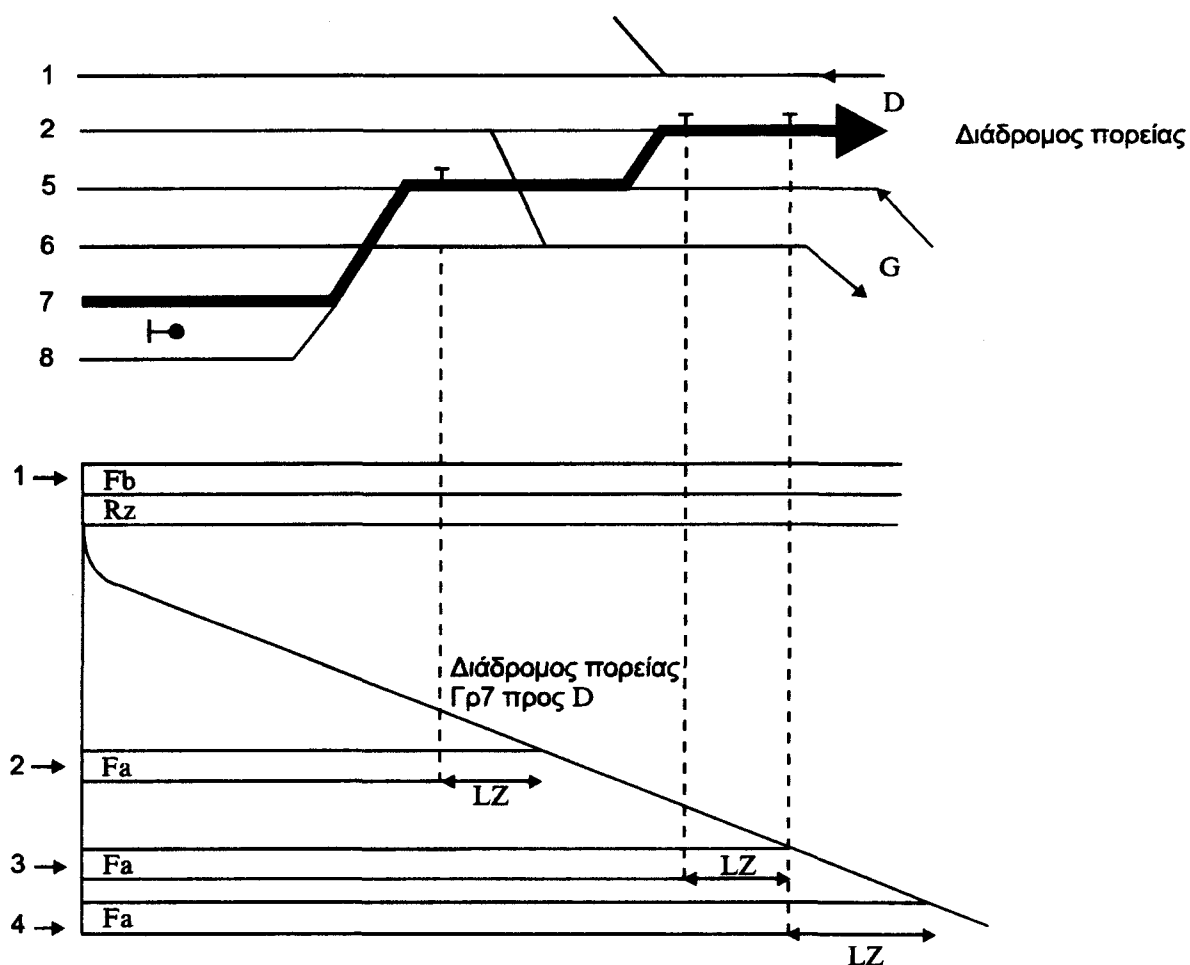


Σχήμα 2: Τμήμα αποκλεισμού για συρμό στην ελεύθερη γραμμή [26], [126]



Σχήμα 3: Χρόνος αποκλεισμού κατά την είσοδο συρμού σε σταθμό [26], [126]





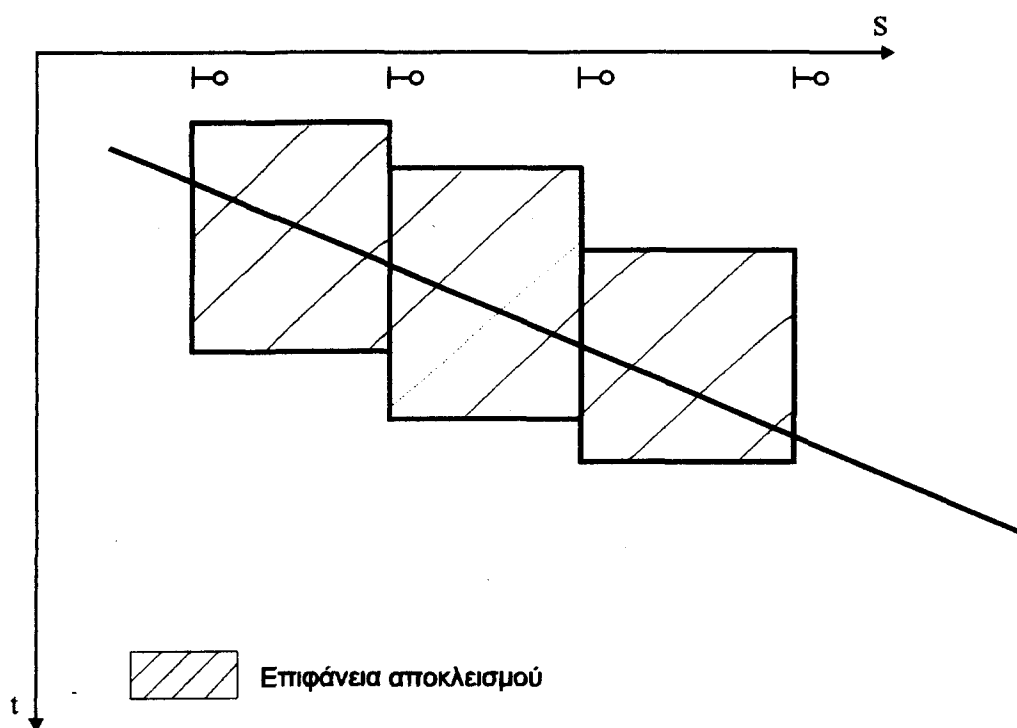
1 = αρχή χρόνου αποκλεισμού

2 = απελευθέρωση διαδρομής για επόμενο συρμό από Γρ. 6 προς G

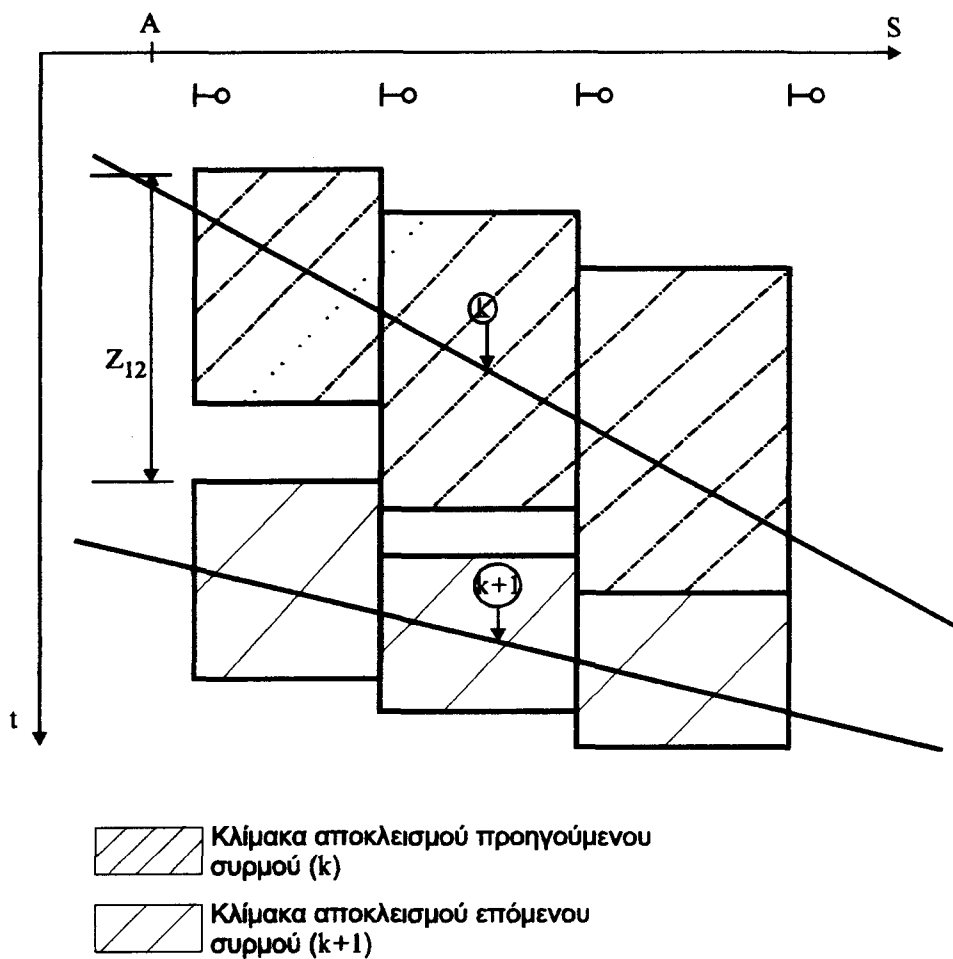
3 = απελευθέρωση διαδρομής για επόμενο συρμό από Γρ. 2 προς G

4 = απελευθέρωση διαδρομής για επόμενο συρμό από D προς Γρ. 7/8

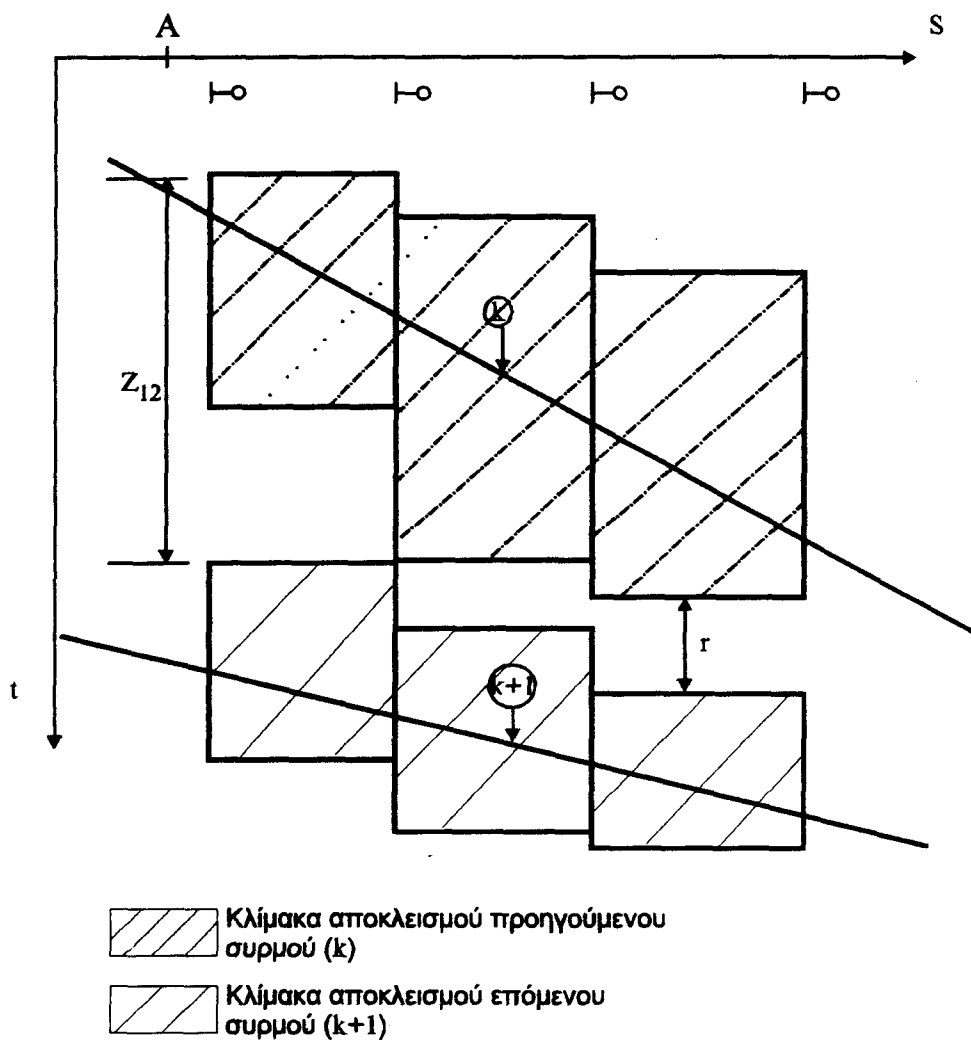
Σχήμα 5: Χρόνος αποκλεισμού κατά την διαδρομή ενός συρμού εντός σταθμού [126]



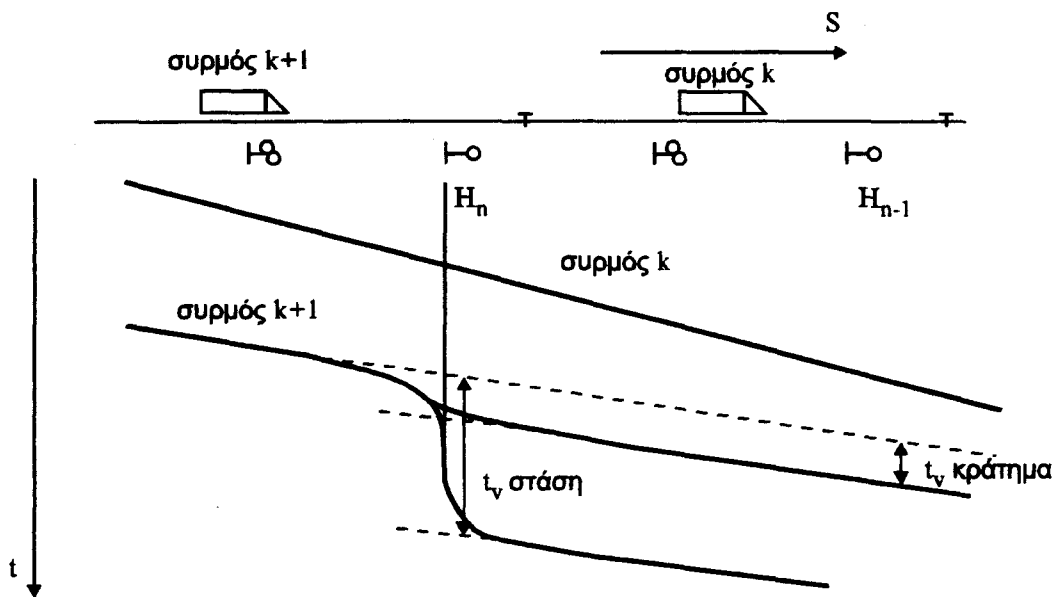
Σχήμα 6: Κλίμακα χρόνων αποκλεισμού [126]



Σχήμα 7: Ελάχιστη χρονοαπόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών συρμών στη θέση A [9]



Σχήμα 8: Περιθώριο άνεσης μεταξύ δύο συρμών [65]



Σχήμα 9: Κράτημα επόμενου συρμού στην θέση H_n [126]

4. ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Επειδή η έννοια της ελάχιστης χρονοαπόστασης είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την έννοια της χωρητικότητας γραμμής, έγινε αναζήτηση και στη βιβλιογραφία της χωρητικότητας. Η βιβλιογραφία που συγκεντρώθηκε αρχίζει από το έτος 1949 και τελειώνει στα άρθρα των σύγχρονων σιδηροδρομικών περιοδικών, με μεγαλύτερη πηγή προέλευσης τις χώρες Δ. Γερμανία και πρώην Α. Γερμανία. Βασικές φιλοσοφίες, αρχές υπολογισμού καθώς και εργασίες τοπικών σιδηροδρομικών δικτύων στο θέμα αυτό προέρχονται και από τη Γαλλία, Ιαπωνία, Τσεχοσλοβακία, Ιταλία, Αμερική, Ελβετία, Ελλάδα.

Στη βιβλιογραφία αυτή περιλαμβάνονται

Δημοσιεύσεις επιστημονικών άρθρων σε έγκυρα σιδηροδρομικά περιοδικά όπως

- Eisenbahn Technische Rundschau (ETR)
- Der Eisenbahningenieur
- Archiv für Eisenbahntechnik (AET)
- Deutsche Eisenbahntechnik (DET)
- Ingegneria Ferroviaria
- AREA
- Quarterly Reports
- IRJ

- Railway Gazette
- Διατριβές
- Κανονισμοί λειτουργίας Σιδηροδρομικών Οργανισμών
- Τεχνικές μελέτες Σιδηροδρομικών Δικτύων
- Βιβλία
- Ανακοινώσεις συνεδρίων
- Εργασίες επιτροπών Γερμανικών Σιδηροδρόμων και UIC

Ολόκληρος ο βιβλιογραφικός όγκος διαβαθμίσθηκε ανάλογα με την έκταση της περιγραφής και εφαρμογής της υπό διερεύνηση έννοιας. Κατά τη διαβάθμιση προέκυψαν 3 κατηγορίες βιβλιογραφικών αναφορών.

- α) αυτές με βάση τις οποίες έγινε η ανάλυση των εννοιών “ελάχιστη χρονοαπόσταση” και “χωρητικότητα”, των υφισταμένων μεθόδων υπολογισμού των, των υφισταμένων μεθόδων διαίρεσης τμήματος γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού, καθώς και η ανάπτυξη της νέας προτεινόμενης μεθόδου. Παρατίθενται στο κείμενο ως παραπομπές.
- β) αυτές που αναφέρονται και χρησιμοποιούν τις παραπάνω έννοιες, χωρίς να υπεισέρχονται σε λεπτομέρειες υπολογισμού των και είναι
 - ένα σύνολο βιβλιογραφικών αναφορών που αναφέρονται στα Projects CIR (Computer Integrated Railroading) και ETCS (European Train Control System). Το CIR ασχολείται με τη βελτίωση του συστήματος

σηματοδότησης και εκμετάλλευσης, ενώ το ETCS με διεθνείς προδιαγραφές για το σύστημα επιρροής συρμών με βάση την ασύρματη επικοινωνία. Στις περιπτώσεις αυτές υπεισέρχεται η τεχνολογία της συνεχούς επιρροής του συρμού (moving Block) [37], [57], [75], [95], [150], [159].

- ένα σύνολο βιβλιογραφικών αναφορών που ασχολείται με το σχεδιασμό των δρομολογίων και τον έλεγχο κυκλοφορίας συρμών, με βάση τις υπηρεσίες που προσφέρει η πληροφορική [63], [64], [67], [129], [138], [145], [149], [161].
- ένα σύνολο βιβλιογραφικών αναφορών που ασχολείται με τη δυναμική των συρμών ως επί το πλείστον σε περιοχές εκκίνησης πέδησης [39], [47], [116]. Στην παρούσα εργασία δε χρησιμοποιήθηκαν, αφού ισχύει η παραδοχή της σταθερής ταχύτητας. Όμως η νέα προτεινόμενη μέθοδος έχει την ευχέρεια διαίρεσης σε τμήματα αποκλεισμού και σ' αυτές τις περιοχές.
- ένα σύνολο βιβλιογραφικών αναφορών που προσομοιάζει το δίκτυο με τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του, χωρίς να αναφέρεται ειδικότερα στις μεθόδους υπολογισμού της ελάχιστης χρονοαπόστασης [55], [69], [105], [109].
- ένα σύνολο βιβλιογραφικών αναφορών που αναφέρεται στην κατανομή των αφίξεων των συρμών σε σταθμούς, χωρίς να δίνει έμφαση στη διαίρεση σε τμήματα αποκλεισμού της αντίστοιχης ελεύθερης γραμμής [30], [90], [92], [103]. Οι ανακοινώσεις αυτές θεωρούνται κατάλληλες για τη διερεύνηση του χαρακτήρα των ελάχιστων χρονοαποστάσεων (βλ. κεφ. 11).
- ένα σύνολο βιβλιογραφικών αναφορών που ασχολείται με την ανάπτυξη της τεχνολογίας ελέγχου κυκλοφορίας συρμών. [22], [41], [43], [135], [140], [152], [160], [161].
- ένα σύνολο βιβλιογραφικών αναφορών που ερευνά τη λειτουργία των κόμβων με μοντέλα αναμονής [121], [122], [127], [130].

γ) αυτές που αναφέρονται σε γενικότερα λειτουργικά χαρακτηριστικά των δικτύων ή σε ειδικές λειτουργικές περιπτώσεις όπως

- χωρητικότητα δικτύων [117]
- στατιστική ανάλυση καθυστερήσεων με προοπτική αύξησης χωρητικότητας
- λειτουργικός χαρακτήρας του Γερμανικού δικτύου από την άποψη κυκλοφοριακής σύνθεσης [85]
- μείωση χρόνου ταξιδιού μεγάλων αποστάσεων [14]
- συσχέτιση του χρόνου αναμονής επιβατών με τις αφίξεις των συρμών [20]
- μέθοδος που προτείνει το χρόνο διαδρομής μεταξύ δύο σταθμών [21]
- υπολογισμός ελάχιστης χρονοαπόστασης για την περίπτωση διακοπής της κυκλοφορίας σε μία από τις δύο κατευθύνσεις διπλής γραμμής [31]
- ανάλυση καθυστερήσεων σε μονή γραμμή με χαμηλές ταχύτητες <50 km/h [45]
- σχεδιασμός ενός διαδρόμου ταχείας κυκλοφορίας εμπορικών συρμών [62]

Ειδικότερη βαρύτητα δόθηκε στα συγγράμματα που ασχολούνται με τις μεθόδους που διαιρούν τη γραμμή σε τμήματα αποκλεισμού, τις μεθόδους υπολογισμού της ελάχιστης χρονοαπόστασης και της χωρητικότητας γραμμής, έτσι ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση τους με τη μέθοδο που αναπτύσσεται στην παρούσα εργασία.

Πιστεύεται ότι η έκταση που κάλυψε η βιβλιογραφική αναζήτηση είναι ικανή για να στηρίξει τη νέα προτεινόμενη μέθοδο.

Στο κεφάλαιο 12 (βιβλιογραφικές αναφορές), τα άρθρα τα οποία απετέλεσαν τον πυρήνα της εργασίας αυτής σημειώνονται με αστερίσκο (*[]).

5. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΨΕΩΝ

5.1 Ελάχιστη Χρονοαπόσταση - Διαίρεση τμήματος γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού

Η ελάχιστη χρονοαπόσταση, όπως προαναφέρθηκε, είναι η ελάχιστη χρονική διάρκεια που παρέρχεται μεταξύ δύο διαδοχικών συρμών στη θέση παρατήρησης.

Κριτήριο για την ελάχιστη χρονοαπόσταση είναι ο ελάχιστος δυνατός χρόνος κατάληψης, αποτελούμενος από τον χρόνο αποκλεισμού + ένα χρονικό διάστημα οφειλόμενο σε τεχνικούς ή κυκλοφοριακούς λόγους, ο οποίος μαζί με ένα χρόνο ανοχής παίζει σημαντικό ρόλο στην κατάρτιση του δρομολογίου [113].

Με την απαίτηση της δυνατής ελάχιστης χρονοαπόστασης, η γραμμή διαιρείται σε ίσα τμήματα με μήκος το μέγιστο μήκος πέδησης που παρουσιάζεται στη γραμμή αυτή. Σε δίκτυα με μέγιστη λειτουργική ταχύτητα 160 km/h, το μήκος αυτό θεωρείται 1000 έως 1300 m [5].

Στην περίπτωση διαίρεσης με ελάχιστο μήκος αποκλεισμού, όλα τα είδη ακολουθιών παρουσιάζουν ελάχιστη χρονοαπόσταση σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη διαίρεση και η γραμμή αποκτά τη μέγιστη θεωρητική χωρητικότητα.

Η διαίρεση της γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού, αποτελεί ένα πρόβλημα που έχει απασχολήσει πολλούς ερευνητές και έχουν προταθεί διάφορες λύσεις, ενώ η εφαρμογή ακολουθώντας γενικές αρχές εμπλουτίζεται με σημαντική συμβολή εμπειρίας. Στόχος είναι πάντοτε η βέλτιστη εκμετάλλευση της γραμμής, άλλως η ελαχιστοποίηση των περιθωρίων άνεσης κατά την εφαρμογή συγκεκριμένου δρομολογίου. Αυτονόητα η ελαχιστοποίηση αυτή επιδιώκεται μετά την υιοθέτηση ενός “αποδεκτού” περιθωρίου άνεσης ανά συρμό (συνήθως 5 - 5,5 min) [18], [28], [29], που επιτρέπει την ανάληψη καθυστερήσεων από τυχαία γεγονότα παρεμποδίζοντας συγχρόνως τη συσσώρευση καθυστερήσεων και που με την έννοια αυτή αντανακλά

το σκοπούμενο επίπεδο εξυπηρέτησης. Κατά [32], [99], [113], το κριτήριο για την τοποθέτηση των σημάτων, στην ουσία την υποδιαίρεση της γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού, είναι ο χρόνος αποκλεισμού.

Ο χρόνος αποκλεισμού δεν είναι σταθερό μέγεθος, αλλά διακυμαίνεται ανάλογα με την ταχύτητα του συρμού στην ελεύθερη γραμμή ή με το αν σταθμεύει ή έχει διέλευση στον σταθμό. Επομένως, αναφέρει ο Sasse [113], ο χρόνος αποκλεισμού είναι μέγεθος εξαρτώμενο από την ταχύτητα, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από το είδος του συρμού. Για τον λόγο αυτό, στη διαδικασία καθορισμού της θέσης των σημάτων, σημαντικό ρόλο παίζει η κινηματική των συρμών. Ως εκ τούτου στην περιοχή εκκίνησης ή πέδησης των συρμών, ως επί το πλείστον κατά την έξοδο ή την είσοδο τους σε σταθμό, πρέπει να λαμβάνεται ιδιαίτερα υπόψη η επιταχυνόμενη και η επιβραδυνόμενη κίνηση των. Για την ελεύθερη γραμμή συνήθως γίνεται χρήση απλών τύπων υπολογισμού του χρόνου διαδρομής, λαμβάνοντας υπόψη σταθερή ή μέση ταχύτητα.

Γενικά προτιμάται η διαίρεση τμήματος γραμμής σε ισόχρονα τμήματα αποκλεισμού με βάση την ακολουθία βαρέων διερχόμενων εμπορευματικών συρμών, όπου οι επιτυγχανόμενες χρονοαποστάσεις σε κάθε τμήμα αποκλεισμού είναι ίσες μεταξύ τους [32], [36], [99]. Αυτό συμβαίνει όταν το σύστημα αποκλεισμού είναι το M.A.S. ή όταν τα μήκη αποκλεισμού είναι μικρά ή όταν το πλήθος των παράλληλων ακολουθιών είναι μεγάλο (25-50% του συνολικού πλήθους) [29].

Σε περίπτωση που το πλήθος των παράλληλων ακολουθιών είναι μικρό, τότε συνιστάται η μη ισομήκης διαίρεση [29] προκειμένου να ευνοηθούν ακολουθίες διαφορετικών κατηγοριών (μικρότερες χρονοαποστάσεις), κάτι που θα διευκόλυνε επίσης και την κατανομή των θέσεων υπέρβασης στη γραμμή [32].

Το 1954, ο Dilli [29], παρουσιάζει τις δυσκολίες που προβάλλονται από τη θέση εκείνη στο δρομολόγιο η οποία εμφανίζει τη μεγαλύτερη χρονική διάρκεια κατάληψης

της. Η θέση αυτή, όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί το κριτήριο για την ελάχιστη χρονοαπόσταση μεταξύ των συρμών και είναι συνάρτηση της εκάστοτε ακολουθίας.

Επειδή το δρομολόγιο αποτελείται από διάφορες ακολουθίες συρμών, οι θέσεις αυτές εναλλάσσονται, με αποτέλεσμα η ελάχιστη χρονοαπόσταση να εξαρτάται από διαφορετικό τμήμα αποκλεισμού, δημιουργώντας έτσι τη "μετακινούμενη κρίσιμη διατομή". Επίσης ο Dilli αναφέρεται σ'έναν πρόσθετο χρόνο ο οποίος επιδρά διορθωτικά, με αποτέλεσμα ένας επόμενος συρμός ν'ακολουθεί θεωρητικά έναν προηγούμενο χωρίς την παρεμβολή περιθωρίου άνεσης και χωρίς ν'ανακόπτει ταχύτητα (μηδενικό κράτημα).

Ο Potthoff [99] επισημαίνει τη μεγάλη σημασία της διαίρεσης της ελεύθερης γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού, όπου η χρονική διάρκεια κατάληψης του πιο δυσμενούς τμήματος αποκλεισμού αποτελεί την ελάχιστη χρονική απόσταση μεταξύ δύο συρμών. Επίσης η ακολουθία B/T (βραδύς - ταχύς συρμός), πρέπει να υπολογίζεται με κριτήριο συνήθως το τελευταίο τμήμα αποκλεισμού πριν από τη θέση υπέρβασης. Για την ακολουθία T/B συρμός, η χρονοαπόσταση καθορίζεται συνήθως από το σήμα εξόδου του σταθμού.

Επίσης αναφέρεται σε χρονικές αποστάσεις συρμών ίδιων ταχυτήτων και υπολογίζει τη διαίρεση μιας γραμμής για ίσες χρονικές αποστάσεις για $(m+1)$ αριθμό τμημάτων αποκλεισμού (m = πλήθος σημάτων μεταξύ σήματος εξόδου ενός σταθμού και σήματος εισόδου επόμενου σταθμού).

Το ίδιο κι εδώ όπως στο [113], η τελική επιλογή των τμημάτων αποκλεισμού πρέπει να λαμβάνει υπόψη τη χάραξη, την ορατότητα και την τεχνική της σηματοδότησης.

Ο Dilli, αναφέρεται στην υποδιαίρεση των πρώτων και τελευταίων τμημάτων αποκλεισμού ενός τμήματος γραμμής αποδεικνύοντας ότι τα μεσαία τμήματα αποκλεισμού συμβάλλουν ελάχιστα στη βελτίωση της χρονοαπόστασης [29]. Με τη διαδικασία αυτή μειώνει σημαντικά τη χρονοαπόσταση μεταξύ των συρμών

διαφορετικών ταχυτήτων, αυξάνει όμως συγχρόνως τον αριθμό των τμημάτων αποκλεισμού. Επίσης κατά τη διαδικασία αυτή, παραδέχεται τις ταχύτητες σταθερές. Τα μήκη των τμημάτων αποκλεισμού διαφέρουν.

Σύμφωνα με το σκεπτικό του “η μείωση της χρονοαπόστασης μπορεί να επιτευχθεί με αλλαγή της διάταξης ήδη υφιστάμενων τμημάτων αποκλεισμού” όπου το αποτέλεσμα “άνισα σε μήκος και χρόνο μεταξύ τους τμήματα αποκλεισμού” απαιτεί ιδιαίτερη διερεύνηση.

Η αλλαγή της διάταξης των τμημάτων αποκλεισμού, σημαίνει κατ’ αρχήν μια αύξηση ή μείωση καθώς και μια χρονική εξίσωση των τμημάτων αποκλεισμού ενός τμήματος γραμμής.

Στην περίπτωση που όλα τα τμήματα αποκλεισμού μειωθούν σε μήκος και αποκτήσουν τον ίδιο χρόνο κατάληψης, τότε μειώνεται και η χρονοαπόσταση τόσο στις παράλληλες ακολουθίες όσο και στις μη παράλληλες ακολουθίες.

“Αν δοθεί προσοχή μόνο στις μη παράλληλες ακολουθίες, τότε δεν χρειάζεται να γίνει επέμβαση σε όλα τα τμήματα αποκλεισμού αλλά σε ένα μέρος αυτών”.

5.1.1 Διάρθρωση τμήματος γραμμής με υφιστάμενα τμήματα αποκλεισμού, για μη παράλληλες ακολουθίες κατά Dilli [29]

Για την περίπτωση που υπερτερούν οι μη παράλληλες ακολουθίες, ο Dilli χρησιμοποιεί το παρακάτω παράδειγμα για να δείξει τη σημασία της επί μέρους επέμβασης.

Το τμήμα γραμμής μεταξύ των σταθμών M και N έχει διαιρεθεί σε 7 ίσα τμήματα αποκλεισμού, 4 km. μήκους το κάθε ένα. Οι χρόνοι κατάληψης είναι ίσοι, ανέρχονται σε 6 min για κάθε τμήμα αποκλεισμού και θεωρούνται στις θέσεις των σημείων

ορατότητας για ένα δρομολόγιο συρμού από Μ προς Ν σταθερής ταχύτητας 60 km/h.

Από τον σταθμό Μ κινείται ένας δεύτερος συρμός ταχύτητας 30 km/h (μικρότερη των 60 km/h). Προφανώς στην περίπτωση αυτή, το πρώτο τμήμα αποκλεισμού καθορίζει την ελάχιστη χρονοαπόσταση μεταξύ του προηγούμενου V_{60} και του επόμενου συρμού V_{30} και η οποία είναι 6 min.

Τώρα ο δεύτερος συρμός έχει ταχύτητα 90 km/h (μεγαλύτερη των 60 km/h). Στην περίπτωση αυτή βεβαίως η ελάχιστη χρονοαπόσταση καθορίζεται από το τελευταίο τμήμα (7ο) και είναι 14 min.

Σύμφωνα με τη θεώρηση του Dilli, αποφασίζεται να γίνει επέμβαση σ' ένα μέρος των τμημάτων αποκλεισμού. Ετσι το 1ο, 2ο, 6ο και 7ο τμήμα αποκλεισμού του παραδείγματος υποδιαιρούνται "κατάλληλα" σε νέα τμήματα αποκλεισμού. Το 1ο και το 2ο διαιρούνται σε 4 τμήματα αποκλεισμού με 1 - 1,6 - 2,3 και 3,1 km μήκος αντίστοιχα. Το ίδιο και τα τμήματα 6 και 7, σε 3,1 - 2,3 - 1,6 και 1 km. Τα υπόλοιπα 3 - 4 και 5 παραμένουν με 4,0 km μήκος το κάθε ένα, ως έχουν .

Με βάση την υποδιαίρεση αυτή, η ελάχιστη χρονοαπόσταση στην περίπτωση V_{60} / V_{30} προκύπτει 3 min, (καθοριστικό το 1ο τμήμα αποκλεισμού) ενώ στην περίπτωση V_{60} / V_{90} 12 min (καθοριστικό το τελευταίο τμήμα αποκλεισμού). Επομένως παρατηρείται μία βελτίωση της ελάχιστης χρονοαπόστασης κατά 3 min στην 1η περίπτωση και κατά 2 min στη δεύτερη.

Διαφαίνεται λοιπόν, ότι τα μεσαία τμήματα 3, 4 και 5 δεν συνέβαλλαν καθόλου στη μείωση της ελάχιστης χρονοαπόστασης. Ομως τα 7 τμήματα αποκλεισμού, έγιναν 11.

* ο Dilli δεν φαίνεται να ποσοτικοποιεί την έννοια "κατάλληλα"

Η ακραία περίπτωση διαίρεσης των 28 km σε 28 τμήματα αποκλεισμού των 1000 m μήκος κάθε ένα, δείχνει ότι η μείωση της χρονοαπόστασης κατά 3,5 min στην περίπτωση V_{60} / V_{30} και 2,5 min στην περίπτωση V_{60} / V_{90} προέρχεται από το πρώτο και το τελευταίο τμήμα αποκλεισμού. Τα υπόλοιπα 26 τμήματα δεν έχουν συμμετοχή στη μείωση αυτή.

Από τα παραπάνω ο Dilli συμπεραίνει

“Η υπεροχή ενός συστήματος σηματοδότησης M.A.S. με ελάχιστο μήκος τμήματος αποκλεισμού απέναντι στην αναδιάταξη των πρώτων και των τελευταίων τμημάτων αποκλεισμού είναι ελάχιστη. Στο παράδειγμα αυτό είναι μόλις 0,5 min ανά ακολουθία. Όμως το κόστος, είναι πολλαπλό αυτού που απαιτείται για την επέμβαση στα πρώτα και στα τελευταία τμήματα”.

Αναλύοντας το σκεπτικό με το οποίο ο Dilli ορίζει τα μήκη των τμημάτων αποκλεισμού στην αρχή και στο τέλος του τμήματος γραμμής, προκύπτει ότι

- τα μήκη των τμημάτων αποκλεισμού στην αρχή του τμήματος γραμμής αυξάνονται προς την κατεύθυνση κίνησης του συρμού και μειώνονται στο τέλος
- η αύξηση και η μείωση των τμημάτων αποκλεισμού πρέπει να γίνεται με βάση την απαίτηση ότι “ένας συρμός πρέπει να ευρίσκεται στο σημείο ορατότητας ενός τμήματος αποκλεισμού όταν ο αμέσως προηγούμενος έχει διέλθει με το τέλος του τη θέση τέλος συρμού”.

Το παράδειγμα του Dilli συγκρίνεται στη συνέχεια με τ’ αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της νέας προτεινόμενης μεθόδου (βλ. 9.2).

5.1.2 Διαίρεση τμήματος γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού κατά Sasse [112], [113]

Ο Sasse αναφέρεται σε βασικές σκέψεις - προτάσεις, τις οποίες θεωρεί σημαντικές για την τοποθέτηση των σημάτων και ως εκ τούτου για τη διαίρεση μιας γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού, όπως:

- αν σ'έναν σταθμό γίνονται συχνά υπερβάσεις συρμών, τότε το ακολουθόν τμήμα αποκλεισμού κατά την έξοδο από τον σταθμό, πρέπει να έχει μήκος όσο το δυνατόν μικρότερο, για να μπορούν οι βραδύτεροι συρμοί μετά την υπέρβασή τους από τον ταχύτερο, ν'ακολουθούν στην πλησιέστερη απόσταση.
- οι αποστάσεις μεταξύ των σημάτων να συσχετίζονται λίγο ή πολύ με τις διαφορετικές ταχύτητες, με σκοπό τη διατήρηση ισόχρονων αποστάσεων μεταξύ δύο συρμών. Επομένως πριν και μετά από έναν σταθμό προτιμώνται μικρές αποστάσεις ενώ ενδιάμεσα δύο σταθμών μεγαλύτερες.
- να επιδιώκεται η δεσμοποίηση συρμών ίδιων χαρακτηριστικών, όσο αυτό επιτρέπεται από συγκοινωνιακούς λόγους
- ένας επόμενος συρμός ν'ακολουθεί έναν προηγούμενο σε τέτοια απόσταση ώστε μόλις πλησιάζει στο σημείο ορατότητας να βρίσκει "ελεύθερη πορεία"
- πριν από έναν σταθμό υπέρβασης, πρέπει ένας επόμενος ταχύς συρμός να πλησιάζει έναν προηγούμενο βραδύ συρμό, χωρίς ν'ανακόπτεται (κράτημα) στην πορεία του από αυτόν.
- δεν θεωρείται σκόπιμο ν'απαιτούνται ευνοϊκότεροι χρόνοι αποκλεισμού τόσο στην περιοχή εξόδου του σταθμού όσο και στην ελεύθερη γραμμή από αυτούς που μπορούν να επιτευχθούν στην περιοχή εισόδου του σταθμού.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο ο Sasse διαιρεί ένα τμήμα γραμμής.

α) Με βάση τη θεωρία περί τμημάτων αποκλεισμού, ορίζει το τμήμα αποκλεισμού και υπολογίζει το μήκος του ℓ με βάση τη σχέση

$$\ell = \frac{T_{sp} \cdot V_m}{60} - 1 - \alpha_v \quad [\text{km}] \quad (1)$$

όπου

$V_m =$ μέση ταχύτητα [km/h]

$\alpha_v =$ απόσταση προσήματος - κύριου σήματος.

$T_{sp} =$ χρόνος αποκλεισμού [min]

Ο αριθμός 1 στην παραπάνω σχέση προέρχεται από (το μήκος συρμού + απόσταση ορατότητας 0,8 km) επί πλέον της απόστασης (κυρίου σήματος – θέση τέλους συρμού = 0,2 km)

β) Θέτει σαν βάση διαίρεσης δύο ισοταχείς συρμούς κατά προτίμηση διερχόμενους εμπορικούς, με στόχο ισόχρονα τμήματα αποκλεισμού. Επομένως ο χρόνος αποκλεισμού αποτελεί εισαγόμενο μέγεθος για τον καθορισμό των τμημάτων αποκλεισμού.

Στη συνέχεια αναπτύσσονται τα βήματα διαίρεσης ενός τμήματος γραμμής μήκους L_i , για την περίπτωση σταθερής ταχύτητας, καθώς και για την περίπτωση μεταβαλλόμενης ταχύτητας.

5.1.2.1 Περίπτωση σταθερής ταχύτητας

Για την περίπτωση σταθερής ταχύτητας δίνονται: T_{sp} , α_v και V_m

1ο Βήμα

Από τη σχέση (1) υπολογίζεται το ℓ .

2ο Βήμα

Το αποτέλεσμα της διαίρεσης L_i/ℓ στρογγυλοποιημένο στον επόμενο ακέραιο, δίνει το πλήθος m_n των τμημάτων αποκλεισμού.

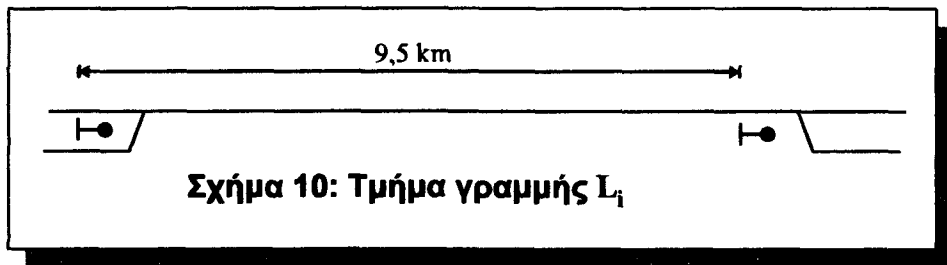
3ο Βήμα

Επαναπροσδιορισμός του ℓ με βάση το πλήθος των τμημάτων αποκλεισμού από τη σχέση $\ell = L_i/m$

4ο Βήμα

Υπολογίζεται ο νέος χρόνος αποκλεισμού T_{sp}

1ο Παράδειγμα: περίπτωση σταθερής ταχύτητας



Για το παραπάνω τμήμα γραμμής μήκους $L_i = 9,5 \text{ km}$ και με δεδομένα $T_{sp} = 5,0 \text{ min}$, $\alpha_v = 1 \text{ km}$ και $V_m = 65 \text{ km/h}$, ζητείται η διαίρεση του σε τμήματα αποκλεισμού

1ο Βήμα

$$\text{από (1)} \Rightarrow \ell = \frac{5,0 \cdot 65}{60} - 1 - 1 = 3,4 \text{ km}$$

2ο Βήμα

$$m_n = \frac{9,5}{3,4} = 2,8 \text{ στρογγύλευση σε } 3$$

3ο Βήμα

$$\text{Νέο } \ell = \frac{9,5}{3} = 3,16 \text{ km}$$

4ο Βήμα

$$\text{Νέος } T_{sp} = (\ell + 1 + 1) \cdot \frac{60}{V_m} = (3,16 + 1 + 1) \cdot \frac{60}{65} = 4,76 \text{ min}$$

περίπου στην απαίτηση 5,0 min

5.1.2.2 Περίπτωση μεταβαλλόμενης ταχύτητας

Δίνονται: T_{sp} και α_v ενώ η ταχύτητα μειώνεται από V_1 στη θέση X_1 σε V_2 στη θέση X_2 , παραμένοντας σταθερή V_m από τη θέση X_2 έως το τέλος X_3 . Θεωρείται $X_3 > X_2 > X_1$

Λόγω της μεταβαλλόμενης ταχύτητας δεν καθίσταται δυνατή η διαίρεση σε ισομήκη τμήματα αποκλεισμού. Τα μήκη αυτά πρέπει να προσαρμοσθούν στη μειωμένη ταχύτητα, έτσι ώστε να επιτευχθούν το δυνατόν ίδιοι χρόνοι αποκλεισμού T_{sp} . Η λύση επιτυγχάνεται κατά βήματα.

1ο Βήμα

Αρχίζει τη τοποθέτηση των σημάτων από τη θέση X_3 προς τα πίσω (προς X_1 , αντίθετα στη κατεύθυνση κίνησης των συρμών). Από τη σχέση (1) υπολογίζει το μήκος ℓ . Επομένως το τελευταίο κύριο σήμα H_s πριν το κύριο σήμα εισόδου EH_s στον σταθμό τοποθετείται στη θέση $X_3 - \ell$.

2ο Βήμα

Υπολογίζει μία μέση ταχύτητα μεταξύ των θέσεων X_1 και X_2 , $V_{12} = \frac{V_1 + V_2}{2} [\text{km/h}]$

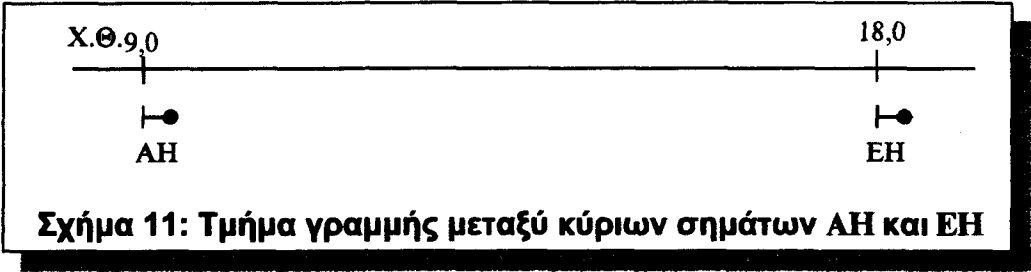
3ο Βήμα

Από τη σχέση (1) υπολογίζει νέο μήκος ℓ_N , με την παραδοχή ότι V_{12} παραμένει σταθερή.

4ο Βήμα

Διαιρεί την απόσταση $X_1 X_2$ διά του νέου μήκους ℓ_N στρογγυλοποιώντας το αποτέλεσμα στον επόμενο ακέραιο. Ο αριθμός αυτός δηλώνει το πλήθος των τμημάτων αποκλεισμού μεταξύ $X_1 X_2$.

Με το 2ο παράδειγμά του χειρίζεται το θέμα της μεταβαλλόμενης ταχύτητας στο ίδιο τμήμα.



Ζητείται η διαίρεση της παραπάνω απόστασης (Χ.Θ. 9,0 km έως Χ.Θ. 18,0 km) για $T_{sp} = 5,0 \text{ min}$, $\alpha_v = 1 \text{ km}$ και ταχύτητα η οποία μειώνεται από 65 km/h στη θέση 9,25 km σε 40 km/h στη θέση 16,0, ενώ από τη θέση 16,0 km μέχρι 18,0 km παραμένει σταθερή ίση με 40 km/h.

1ο Βήμα

Αρχίζει την τοποθέτηση των σημάτων από τη θέση 18,0 km προς τα πίσω (προς το 9,0 km).

από (1) με $V_m = 40$ προκύπτει $\ell = \frac{5,0 \cdot 4,0}{60} - 1 - 1 = 1,33 \text{ km}$

Επομένως το τελευταίο κύριο σήμα H_s πριν το κύριο σήμα εισόδου EH_s τοποθετείται στη θέση 16,7 km.

2ο Βήμα

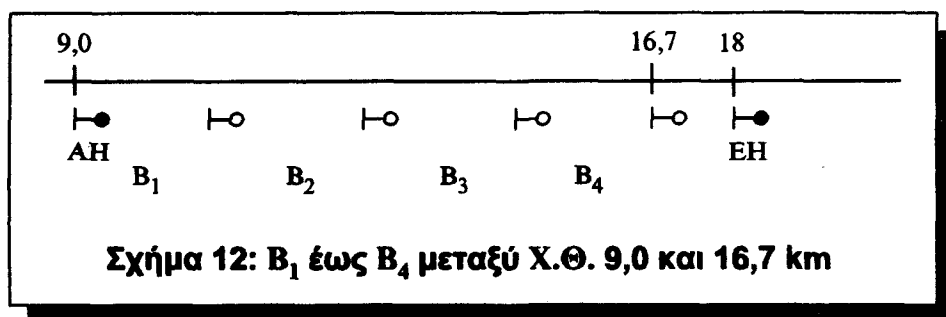
Μεταξύ Χ.Θ. 9,0 και 16,7 υπολογίζει τη μέση ταχύτητα: $\frac{65 + 40}{2} = 52,5 \text{ [km/h]}$.

3ο Βήμα

από την (1) υπολογίζει το νέο μήκος ℓ_N , $\ell_N = \frac{5,0 \cdot 52,5}{60} - 1 - 1 = 2,3 \text{ km}$. Επομένως η

απόσταση 16,7 – 9,0 περίπου 7,7 km, πρέπει να διαιρεθεί σε $\frac{7,7}{2,3} = 4$ Block, όπου το μήκος τους όσο πλησιάζουν τη Χ.Θ. 18,00 km πρέπει να είναι φθίνον.

Για να είναι οι χρόνοι αποκλεισμού T_{sp} ίσοι μεταξύ τους πρέπει να ισχύει:



$$T_{sp1} = T_{sp2} = T_{sp3} = T_{sp4}$$

$$T_{sp1} = \frac{B_1 \cdot 3,6}{V_{m1} \cdot 60} = 5,0 \text{ min}$$

$$T_{sp2} = \frac{B_2 \cdot 3,6}{V_{m2} \cdot 60} = 5,0 \text{ min}$$

$$T_{sp3} = \frac{B_3 \cdot 3,6}{V_{m3} \cdot 60} = 5,0 \text{ min}$$

$$T_{sp4} = \frac{B_4 \cdot 3,6}{V_{m4} \cdot 60} = 5,0 \text{ min}$$

Επομένως πρέπει να εκτιμηθούν οι ταχύτητες V_{m1} , V_{m2} , V_{m3} και V_{m4} . Στη δημοσίευση οι ταχύτητες αυτές δίνονται στον πίνακα 1, αλλά δεν φαίνεται πως απορρέουν. Είναι ωστόσο σκόπιμο να υπολογισθούν οι χρονοαποστάσεις των συρμών προκειμένου να συγκριθούν με εκείνες που προκύπτουν από την εφαρμογή της νέας προτεινόμενης μεθόδου. Όπως θα φανεί παρακάτω (κεφ. 9.3) η εφαρμογή της νέας προτεινόμενης μεθόδου καταλήγει με την αποδοχή ίδιου πλήθους τμημάτων αποκλεισμού σε διαφορετικά μήκη των, οπότε και η βαθμίδωση των μειουμένων τιμών μέσης (ανά τμήμα) ταχύτητας θα πρέπει (για τη σύγκριση) να ληφθεί όχι με τις τιμές του πίνακα 1 του παραδείγματος Sasse αλλά με το σκεπτικό που οδήγησε στο προσδιορισμό των. Επειδή αυτό δεν καταγράφεται, αλλά προφανώς δεν μπορεί παρά να στηρίζεται στους νόμους της φυσικής [106], γίνεται η υπόθεση ότι η διέλευση του τμήματος από Χ.Θ. 9,25 – 16,0 γίνεται με ταχύτητα 52,5 km/h. Εξ αυτού προκύπτει ότι ο χρόνος για να διανυθεί η απόσταση αυτή είναι:

$$t = \frac{6750 \cdot 3,6}{52,5} = 463 \text{ sec}$$

Με την παραδοχή σταθερής επιβράδυνσης, η μέση επιβράδυνση προκύπτει από τη

σχέση $V_T = V_0 + \gamma \cdot t$ και για $V_0 = 65 \text{ km/h}$, $V_T = 40 \text{ km/h}$

$$\gamma = \left(\frac{40}{3,6} - \frac{65}{3,6} \right) / 463 = -\frac{25}{3,6 \cdot 463} = -0,015 \text{ m/sec}^2$$

Επομένως από $V_T^2 = V_0^2 + 2\gamma(x - x_0)$ με $(x - x_0)$ δεδομένο προκύπτει η τελική ταχύτητα για κάθε διάστημα $x - x_0$ ως

$$V_T = \sqrt{\left(\frac{V_0}{3,6}\right)^2 + 2\gamma(x - x_0)}$$
(2)

1ο Διάστημα

$V_0 = 65 \text{ km/h}$	$V_{1m} = 62,4 \text{ km/h}$	62
$V_T = 59,8 \text{ km/h}$		

2ο Διάστημα

$V_0 = 59,8 \text{ km/h}$	$V_{2m} = 56,5 \text{ km/h}$	56
$V_T = 53,2 \text{ km/h}$		

3ο Διάστημα

$V_0 = 53,2 \text{ km/h}$	$V_{3m} = 49,4 \text{ km/h}$	48
$V_T = 45,6 \text{ km/h}$		

4ο Διάστημα

$V_0 = 45,6 \text{ km/h}$	$V_{4m} = 42,8 \text{ km/h}$	44
$V_T = 40,0 \text{ km/h}$		

5ο Διάστημα

$V_0 = 42,8 \text{ km/h}$	$V_{5m} = 41,4 \text{ km/h}$	41
$V_T = 40,0 \text{ km/h}$		

Επειδή η διαφοροποίηση των ταχυτήτων ως προς αυτές του πίνακα 1 του Sasse, είναι μικρή, θεωρείται ότι η υπόθεση ήταν επιτυχής.

Με βάση τις παραπάνω ταχύτητες και τη σχέση (1) υπολογίζει τα μέγιστα επιτρεπόμενα ℓ .

Πίνακας 1: Μέγιστα επιτρεπόμενα μήκη αποκλεισμού

$\ell_{1\max} =$	3,2 km
$\ell_{2\max} =$	2,7 km
$\ell_{3\max} =$	2,1 km
$\ell_{4\max} =$	1,6 km
$\ell_{5\max} =$	1,4 km
Σύνολο	= 10,9 km>9,0 km

Επομένως θα πρέπει τα μήκη των Block να περιορισθούν ανάλογα.

Στη συνέχεια επιλέγει τα τελικά μήκη. Το ℓ_5 έχει ορισθεί ήδη στο 1,3 km ήτοι στη θέση 16,7 Κ.Ρ. Επομένως $\ell_5 = 1,3\text{ km}$. Τη διαφορά του 1,9 km την αφαιρεί κυρίως από τα πρώτα 2 Block σύμφωνα με το σκεπτικό ότι τα πρώτα Block μετά το σήμα εξόδου από έναν σταθμό, πρέπει να είναι μικρά σε μήκος. Έτσι τα επιλεγόμενα μήκη των τμημάτων αποκλεισμού με τους αντίστοιχους χρόνους αποκλεισμού είναι:

Πίνακας 2: Επιλεχθέντα μήκη και αντίστοιχοι χρόνοι τμημάτων αποκλεισμού

ℓ [km]		V_m [km/h]	T_{sp} [min]
1	2,1	62	4,0
2	2,1	56	4,4
3	2,0	48	5,0
4	1,5	44	4,75
5	1,3	41	4,8
9,0			

Παρατήρηση: η απαίτηση του $T_{sp} = 5,0\text{ min}$ τηρείται μόνο στο 3ο Block.

5.1.3 Διαίρεση τμήματος γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού κατά Potthoff [99]

Ο Potthoff δημιουργεί έναν τρόπο διαίρεσης μιας γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού με την παραδοχή ότι οι ελάχιστες χρονοαποστάσεις μεταξύ συρμών ίδιων ταχυτήτων στις θέσεις A, B και C είναι ίδιες. Αυτό σημαίνει ότι δημιουργεί ισόχρονα τμήματα αποκλεισμού για τη συγκεκριμένη κατηγορία.

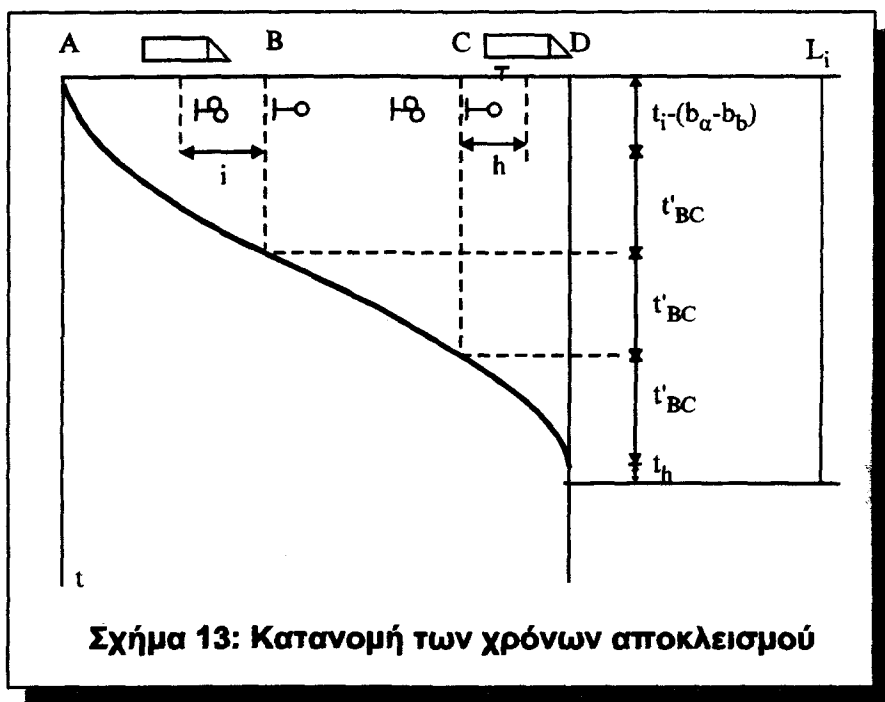
Δημιουργεί ένα σύστημα εξισώσεων οι οποίες υπολογίζουν τις χρονοαποστάσεις στις θέσεις A, B, C έως M και τις θέτει ίσες μεταξύ τους. Με την επίλυση του συστήματος υπολογίζει τους χρόνους $t_i-(b_a-b_b)$ και t_h για το πρώτο και τελευταίο αντιστοίχως τμήμα αποκλεισμού και το υπόλοιπο χρονικό διάστημα διαιρείται σύμφωνα με την εξίσωση

$$t'_{BC} = [T + b_a - (t_h + b_b + t_i)] / (m + 1)$$

(3)

σε (m+1) ίσα διαστήματα (π.χ. m=2 τότε σε 3).

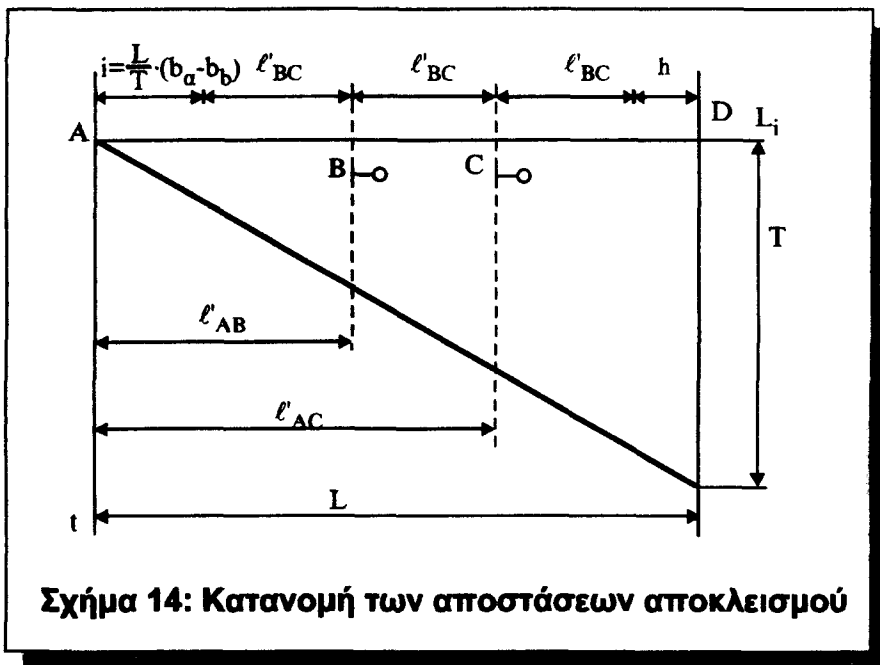
- όπου
- m= πλήθος ενδιάμεσων κυρίων σημάτων
 - m+1= πλήθος τμημάτων αποκλεισμού
 - T= χρόνος διαδρομής [min]
 - b_a= χρόνος χειρισμού των εγκαταστάσεων σηματοδότησης
 - b_b= χρόνος χειρισμού του τμήματος αποκλεισμού
 - t_i= χρόνος διάνυσης απόστασης i
 - i= απόσταση αποτελούμενη από μισό μήκος συρμού + απόσταση ορατότητας + απόσταση μεταξύ προσήματος και κυρίου σήματος
 - h= απόσταση αποτελούμενη από απόσταση ασφαλείας + μισό μήκος συρμού
 - t'_{BC} = χρόνος διαδρομής μεταξύ δύο κύριων σημάτων



Κατ' αντίστοιχο τρόπο, δύναται να ορισθούν οι θέσεις B και C, εισάγοντας την απόσταση στις παραπάνω σχέσεις, με την προϋπόθεση ότι η γραμμή ταχύτητας του συρμού είναι ευθύγραμμη.

Για την ίδια απόσταση AD ορίζονται τα μήκη $i = \frac{L}{T} \cdot (b_a - b_b)$ και h από A και D αντίστοιχα και το υπόλοιπο τμήμα διαιρείται σε $m+1$ ίσα τμήματα με βάση τη σχέση

$\ell'_{BC} = [L + L(b_a - b_b)/T - (h + i)] / (m + 1)$	(4)
---	------------



Η διαίρεση της γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού, διαφοροποιείται με το είδος του συρμού. Οι πιο ευαίσθητοι και πιο δύσκολοι συρμοί έναντι μιας μεταβολής της διαίρεσης σε τμήματα αποκλεισμού, είναι οι βαρείς βραδείς διερχόμενοι εμπορικοί συρμοί. Θα πρέπει (κατά Potthoff), η διαίρεση να γίνεται με βάση τους συρμούς αυτούς.

Όμως το επιδιωκόμενο δεν είναι πάντα η επίτευξη ίδιας χρονοαπόστασης μεταξύ ισοταχών συρμών. Αν η συχνότητα ακολουθιών με συρμούς διαφόρων ταχυτήτων είναι σημαντική τότε προτιμώνται μικρές χρονοαποστάσεις B/T και T/B, οι οποίες επιτυγχάνονται όταν τα πρώτα και τα τελευταία τμήματα αποκλεισμού είναι μικρά. Επίσης και στην περίπτωση ισοταχών συρμών, θεωρείται ωφέλιμο η πρώτη χρονοαπόσταση να είναι κατά τι μεγαλύτερη από τις επόμενες. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται, ότι κανένας συρμός δεν θα ανακόπτει ταχύτητα ή σταθμεύει μπροστά από ένα τμήμα αποκλεισμού.

Αν η διαίρεση σε τμήματα αποκλεισμού έχει γίνει έτσι, ώστε οι χρονοαποστάσεις για ισοταχείς συρμούς σε κάθε τμήμα να είναι ίδιες, είναι αδιάφορο αν στο πρώτο σήμα (αρχικός σταθμός Α), ο συρμός που ακολουθεί έχει την ίδια ή μικρότερη ταχύτητα

από τον προηγούμενο. Είναι λοιπόν $z_{T/T}=z_{T/B}$. Ομοίως και στον τελικό σταθμό N, αν πριν από τον ταχύ συρμό αφιχθεί με χρονοαπόσταση $z_{T/T}$ ένας ίδιος ή βραδύτερος.

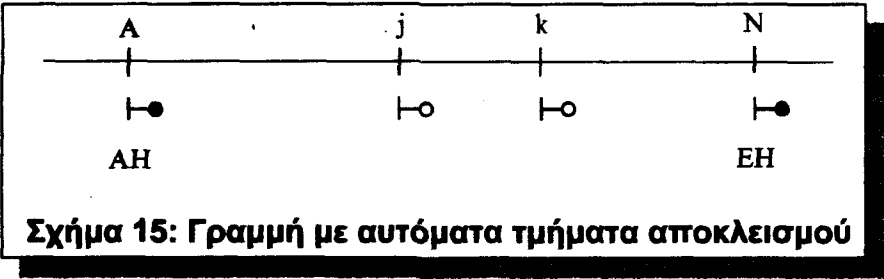
Με το σκεπτικό αυτό, ο Potthoff, υπολογίζει τις χρονοαποστάσεις για 2 είδη συρμών και για διαφορετικό αριθμό τμημάτων αποκλεισμού.

Στη συνέχεια εξετάζει τη διαίρεση με βάση το αυτόματο τμήμα αποκλεισμού, μεταξύ δύο κυρίων σημάτων (σήμα εξόδου και σήμα εισόδου σε σταθμό) όπου οι χρόνοι χειρισμού των μηχανικών εγκαταστάσεων μηδενίζονται, και υπολογίζει τη μέση ελάχιστη χρονοαπόσταση σαν

$$z_m = T_{AN} / (m+1) + t_{hm} + t_{im}$$
(5)

- T_{AN} = χρόνος διαδρομής μήκους AN
- t_{hm} = μέσος χρόνος απελευθέρωσης
- t_{im} = μέσος χρόνος ορατότητας
- m = θέση αναφοράς τμήματος αποκλεισμού (εδώ τα κύρια σήματα B,C κλπ)

Από την εξίσωση αυτή και με δεδομένη τη χρονοαπόσταση και τον χρόνο διαδρομής για μία κατηγορία συρμών υπολογίζει τον αριθμό αναγκαίων τμημάτων αποκλεισμού.



Για την περίπτωση που η ταχύτητα κατά τη διάρκεια της διαδρομής διαφοροποιείται, οι θέσεις των σημάτων προσδιορίζονται με τον ορισμό των t_i και t_h πάνω και κάτω αντίστοιχα από τη γραμμή ταχύτητας του συρμού με βάση τον οποίο γίνεται η διαίρεση. Αυτό δίνει μία i - γραμμή πάνω από τη γραμμή ταχύτητας και μία h -

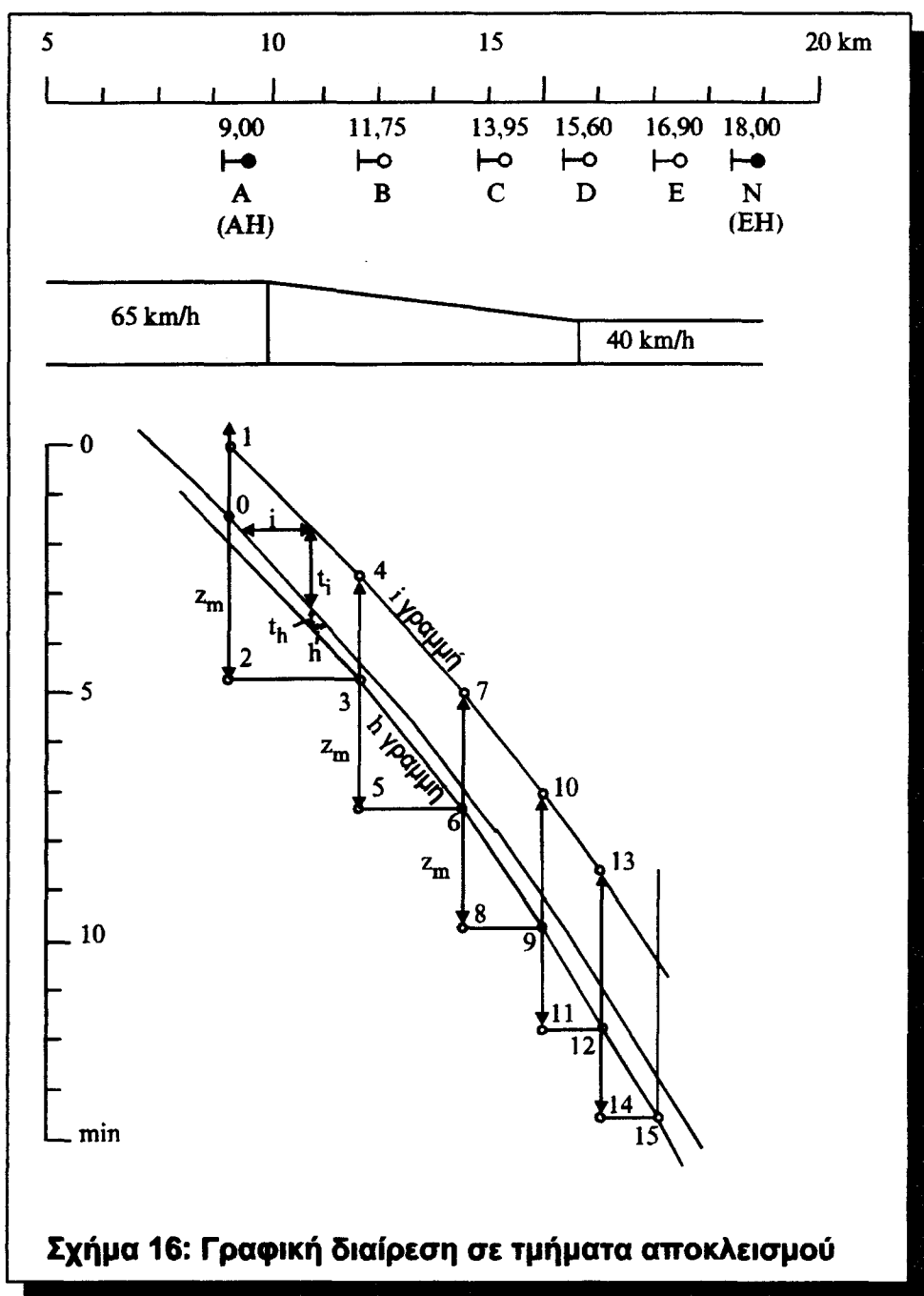
γραμμή από κάτω. Με τη βοήθεια των δύο αυτών γραμμών, προχωρεί ο προσδιορισμός των θέσεων των σημάτων ως εξής (σχ.16):

Από τη θέση του σήματος εξόδου (σημείο Ο στη γραμμή ταχύτητας) κατακόρυφα στη i - γραμμή (σημείο 1) και κατεβαίνει κατά z_m (σημείο 2). Η οριζόντιος από το σημείο αυτό, τέμνει τη h - γραμμή στο σημείο 3, που είναι η θέση του πρώτου σήματος Β.

Από εκεί συνεχίζεται κατακόρυφα προς το σημείο 4 της i - γραμμής και επαναλαμβάνεται η διαδικασία προσδιορισμού μέχρι το τελευταίο σημείο (15) που προσδιορίζει το σήμα εισόδου Ν.

Ετσι γίνεται η διαίρεση ενός τμήματος γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού, όπου οι χρονοαποστάσεις είναι ίδιες σε όλα τα σήματα (θέσεις μέτρησης της χρονοαπόστασης).

Αν η γραμμή ταχύτητας είναι ευθυγραμμία, τότε δεν απαιτείται η παραπάνω διαδικασία, αλλά απλά το τμήμα γραμμής διαιρείται σε $(m+1)$ ίσα τμήματα.



5.2 Υπολογισμός της ελάχιστης χρονοαπόστασης

Οι ελάχιστες χρονοαποστάσεις υπολογίζονται για όλες τις περιπτώσεις ακολουθιών.

Υπάρχουν 3 περιπτώσεις ακολουθιών:

- ταχύς συρμός ακολουθεί βραδύ συρμό (B/T)
- προηγούμενος και επόμενος συρμός έχουν την ίδια ταχύτητα (T/T ή B/B)
- βραδύς συρμός ακολουθεί ταχύ συρμό (T/B)

Για τον υπολογισμό των ελάχιστων χρονοαποστάσεων, κατασκευάζονται οι κλίμακες αποκλεισμού για κάθε ένα συρμό στο υπόψη τμήμα γραμμής.

Με τη θεώρηση ότι η απόσταση μεταξύ

σημείου ορατότητας – προσήματος

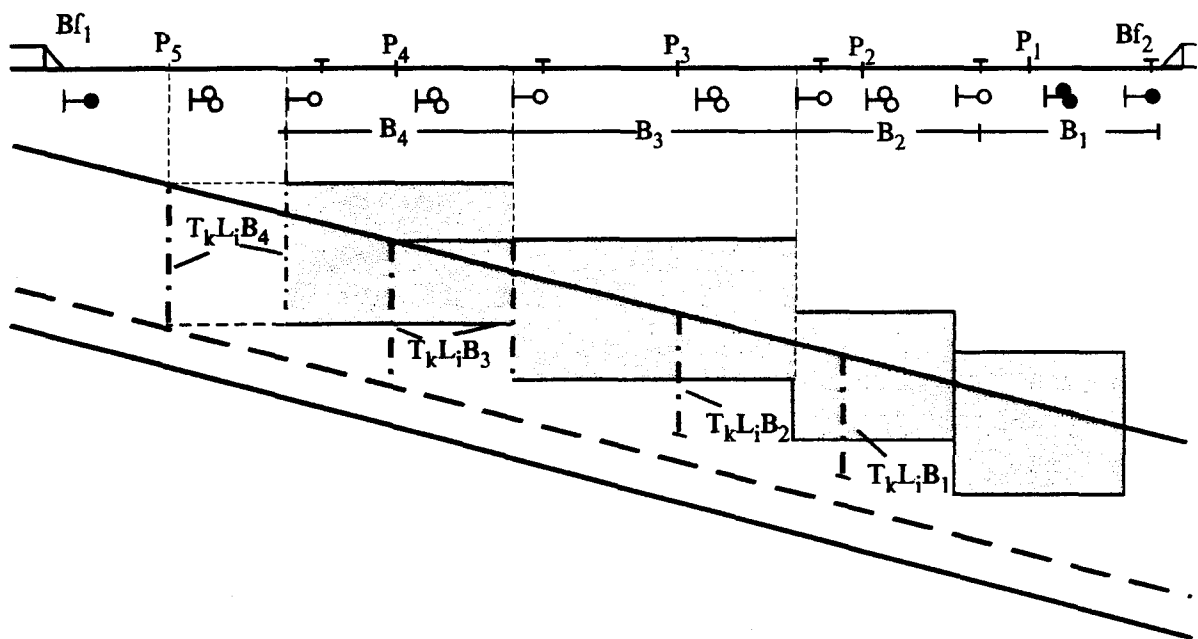
προσήματος – κύριου σήματος

κύριου σήματος – θέσης τέλους συρμού

λαμβάνεται ίδια σε όλες τις αποστάσεις αποκλεισμού, το μήκος του τμήματος αποκλεισμού μπορεί να θεωρηθεί μεταξύ δύο διαδοχικών σημείων ορατότητας [29].

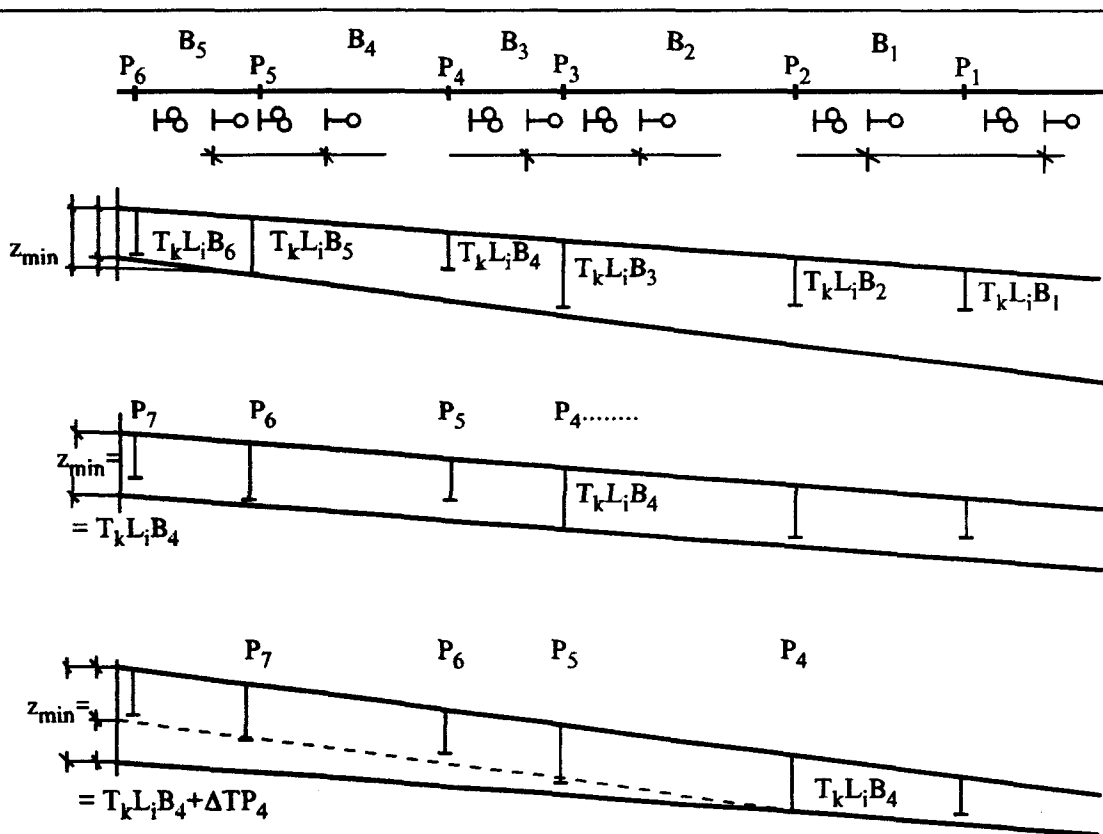
Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ο χρόνος αποκλεισμού μπορεί να απεικονισθεί στο επίπεδο διάστημα – χρόνος σαν ράβδος κάτω από τη θέση του σημείου ορατότητας - επί της γραμμής ταχύτητας του συρμού [29], [65].

Επίσης η ελάχιστη χρονοαπόσταση μπορεί να εκτιμηθεί απ' ευθείας από το δρομολόγιο [105].



Σχήμα 17: Κλίμακα χρόνων αποκλεισμού

Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι τρεις περιπτώσεις δίνονται από την απεικονιζόμενη διάταξη.



Σχήμα 18: Χρόνοι αποκλεισμού στα σημεία ορατότητας

5.2.1 Μαθηματική ανάλυση της ελάχιστης χρονοαπόστασης κατά Dilli

Ο Dilli αναλύει μαθηματικά τις τρεις περιπτώσεις ακολουθίας συρμών.

1η περίπτωση

Η 1η περίπτωση αποτελεί την γενική εξίσωση ακολουθίας συρμών. Κατά την περίπτωση αυτή η γραμμή ταχύτητας ενός επόμενου ταχύ συρμού πρέπει να πλησιάζει μέχρι ν' αγγίξει τον χρόνο αποκλεισμού $T_k L_i B_n$ (ράβδος στο σημείο ορατότητας) κάποιου τμήματος αποκλεισμού που προέρχεται από τον προηγούμενο βραδύ συρμό ή κάποια επιφάνεια αποκλεισμού ενός επόμενου συρμού να έλθει σ' επαφή με την ακριβώς από πάνω επιφάνεια αποκλεισμού του προηγούμενου συρμού. **Από την αρχή δεν είναι δυνατόν να εντοπισθεί ποιος απ' όλους τους χρόνους αποκλεισμού είναι ο κρίσιμος.**

Εδώ θα πρέπει να τονισθεί ότι ο μεγαλύτερος χρόνος αποκλεισμού δεν είναι κατ'ανάγκη ο κρίσιμος καθότι υπεισέρχεται και η διαφορά ΔT στην υπόψη θέση. Επομένως ο υπολογισμός της πυκνότερης ακολουθίας γίνεται με βάση το άθροισμα $\Delta T + T_k L_i B_n$. Ως εκ τούτου η ελάχιστη χρονοαπόσταση προκύπτει όταν το άθροισμα $(\Delta T + T_k L_i B_n)$ γίνει μέγιστο.

Στην πράξη η τιμή $(\Delta T + T_k L_i B_n)$ υπολογίζεται με δοκιμή όλων των ΔT και των αντίστοιχων $T_k L_i B_n$ για όλες τις ακολουθίες, όπου το μέγιστο άθροισμα $\Delta T + T_k L_i B_n$ αποτελεί την ελάχιστη τιμή της χρονοαπόστασης z .

$$z_{\min} = \max(\Delta T + T_k L_i B_n)$$

(6)

Στην συνέχεια ο Dilli αναφέρεται σ' έναν διορθωτικό χρόνο, ο οποίος προστιθέμενος στον καθαρό χρόνο διαδρομής του προηγούμενου συρμού,

δίνει θεωρητικά την δυνατότητα στον αμέσως επόμενο συρμό ν' ακολουθεί χωρίς να εμποδίζεται από τον προηγούμενο συρμό (κράτημα ή στάθμευση).

Ο καθαρός χρόνος διαδρομής νοείται από κύριο σήμα σε κύριο σήμα και ο διορθωτικός χρόνος σκοπό έχει να εξισώσει διαφορές από διαφορετικά μήκη συρμών και μήκη ορατότητας από διαφορετικές ταχύτητες.

2η περίπτωση

Ο προηγούμενος κι ο επόμενος συρμός έχουν την ίδια ταχύτητα οπότε το $\Delta T=0$ και η σχέση γίνεται

$z_{min} = \max T_k L_i B_n$	$[min]$	(7)
------------------------------	---------	-------

Στην περίπτωση αυτή, το ΔT ισούται με μηδέν και η ελάχιστη χρονοαπόσταση είναι ίση με τον μεγαλύτερο χρόνο αποκλεισμού.

3η περίπτωση

Ο προηγούμενος συρμός είναι ταχύς κι ο επόμενος βραδύς. Στην περίπτωση αυτή, το πρώτο τμήμα αποκλεισμού δίνει συνήθως τον καθοριστικό χρόνο αποκλεισμού. Η τιμή ΔT είναι πάντα αρνητική και η ελάχιστη χρονοαπόσταση είναι η μεγαλύτερη θετική τιμή του αθροίσματος $(\Delta T+ T_k L_i B_n)$.

Από τις 3 παραπάνω περιπτώσεις είναι προφανές ότι το κρίσιμο τμήμα αποκλεισμού (κρίσιμη διατομή) αλλάζει ανάλογα με την ακολουθία.

Με την μαθηματική έκφραση της ακολουθίας συρμών, τίθεται η βάση για την διερεύνηση της χωρητικότητας της γραμμής σε σχέση με την ακολουθία συρμών.

Ένα πλήρες παράδειγμα δίνει ο Zwernemann [162]. Για τον υπολογισμό των ελάχιστων χρονοαποστάσεων αντιπαραθέτει τους χρόνους διαδρομής από την αρχή της γραμμής μέχρι του σημείου ορατότητας κάθε τμήματος αποκλεισμού για δύο με διαφορετική ταχύτητα διαδοχικούς συρμούς. Υπολογίζει τις θετικές ή αρνητικές διαφορές ΔT κάθε ακολουθίας και τις προσθέτει (αλγεβρικά) στην προηγούμενη κατηγορία.

Η μέγιστη θετική τιμή μιας ακολουθίας είναι η ελάχιστη χρονοαπόσταση.

5.2.2 Υπολογισμός ελάχιστης χρονοαπόστασης κατά Potthoff [99]

Ο Potthoff (1961) στην ανάπτυξη της θεωρίας για την ακολουθία συρμών και την χρονοαπόστασή τους, επισημαίνει για την περίπτωση των ακολουθιών “βραδύς - ταχύς” και “ταχύς - βραδύς”:

“Η ακολουθία πρέπει να ρυθμισθεί έτσι, ώστε ο ταχύς συρμός να μη φθάνει τον βραδύ. Στην περίπτωση “ταχύς - βραδύς” ο ταχύς συρμός απομακρύνεται συνεχώς από τον βραδύ και στις περισσότερες των περιπτώσεων η ελάχιστη ακολουθία επιτυγχάνεται στο πρώτο τμήμα αποκλεισμού μετά το σήμα εξόδου”.

Για την εύρεση των ελάχιστων χρονοαποστάσεων ο Potthoff χρησιμοποιεί μια μέθοδο η οποία λαμβάνει υπόψη της

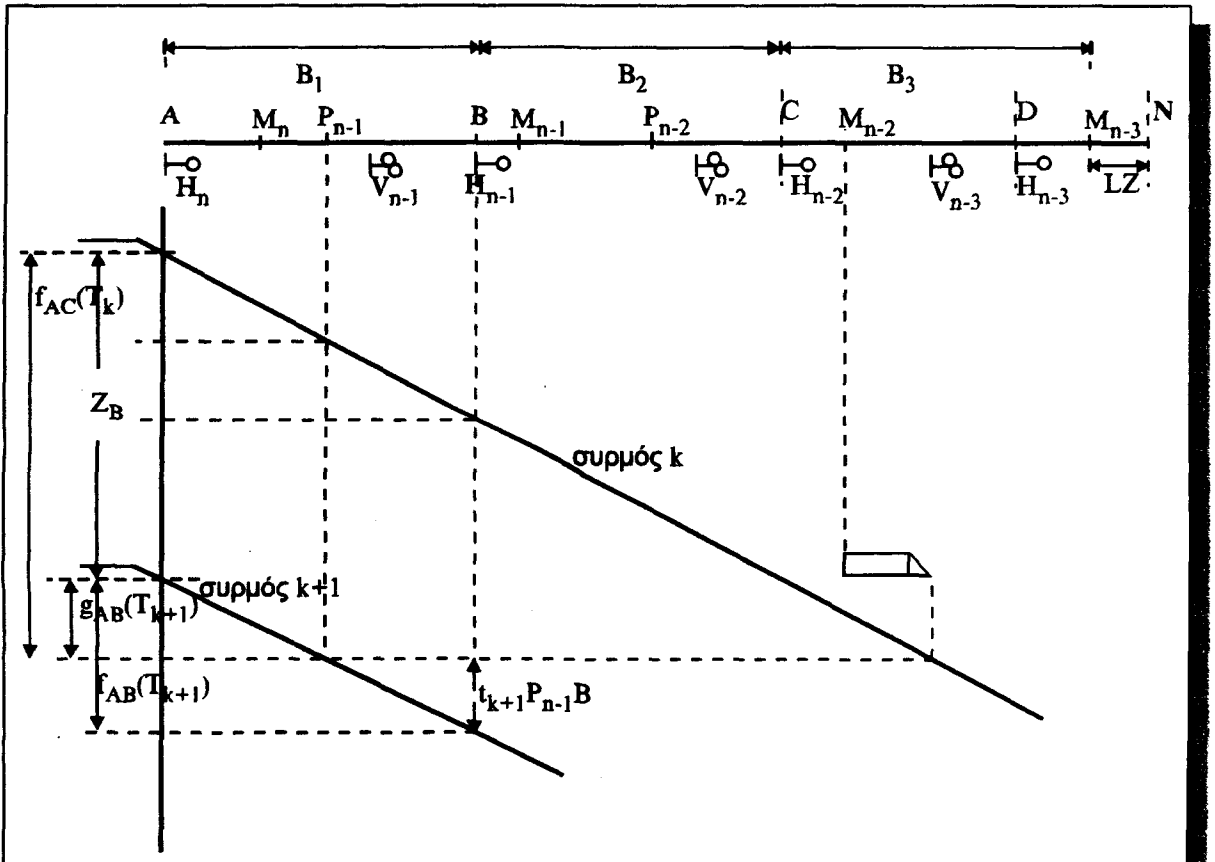
- το μήκος της γραμμής L
- το πλήθος των τμημάτων αποκλεισμού m
- τους χρόνους αποκλεισμού t
- τους χρόνους διαδρομής διαφόρων κατηγοριών συρμών T

Ο Potthoff ομαδοποιεί τους συρμούς σε κατηγορίες, όπου για κάθε κατηγορία υφίσταται αντιπροσωπευτικός συρμός που εκφράζεται ή με χαρακτηριστική ταχύτητα ή με χρόνο διαδρομής στο τμήμα αυτό (σε περίπτωση που η ταχύτητα μένει αμετάβλητη).

Ετσι για j κατηγορίες υπολογίζονται j^2 χρονοαποστάσεις και για m τμήματα αποκλεισμού $(m+1)$ χρόνοι αποκλεισμού και ως εκ τούτου $j^2 (m+1)$ χρονοαποστάσεις.

Για την εποπτεία των αριθμητικών υπολογισμών δημιουργούνται βοηθητικοί πίνακες, όπου για κάθε κατηγορία υπολογίζονται οι χρόνοι αποκλεισμού ως συνάρτηση του χρόνου διαδρομής κάθε συρμού.

Ετσι για το παρακάτω τμήμα γραμμής AN με θέσεις Block A, B, και C υπολογίζονται οι ελάχιστες χρονοαποστάσεις ως εξής:



Σχήμα 19: Ελάχιστη χρονοαπόσταση στη θέση A ως προς B

Για χρόνους διαδρομής T_j αντίστοιχων κατηγοριών συρμών, υπολογίζονται τα μεγέθη $f(T_j)$ και $g(T_j)$ και έμμεσα οι ελάχιστες χρονοαποστάσεις από τον πίνακα 3.

Οι χρόνοι $f(T)$ είναι του προηγούμενου συρμού k ενώ οι χρόνοι $g(T)$ του επόμενου $k+1$ και αντιστοιχούν σε διαφορετικά μήκη.

Υπολογίζονται τα βοηθητικά μεγέθη: $f_{AB}(T_j)$, $f_{AC}(T_j)$, $f_{AD}(T_j)$ και $g_{AB}(T_j)$, $g_{AC}(T_j)$, τα οποία περιλαμβάνουν τους χρόνους διάφορων διαδικασιών χειρισμού των σηματοτεχνικών εγκαταστάσεων και καταγράφονται στον πίνακα 3.

Πίνακας 3: Βοηθητικά μεγέθη

		T_1	$T_2.....T_j$ [min]		
I	$f_{AB}(T_j)$	....	....	....	
II	$f_{AC}(T_j)$				
III	$g_{AB}(T_j)$				[min]
IV	$f_{AD}(T_j)$				
V	$g_{AC}(T_j)$				

Η πρώτη σειρά του πίνακα 3 δίνει την χρονοαπόσταση z_A στο σήμα εξόδου Α. Οι χρονοαποστάσεις z_B στο κύριο σήμα Β προκύπτουν από την διαφορά των σειρών (II-III). Ομοίως οι χρονοαποστάσεις στο κύριο σήμα C προκύπτουν από την διαφορά των σειρών (IV-V) κ.ο.κ.

$$z_A = f_{AB}(T_k)$$

$$z_B = f_{AC}(T_k) - g_{AB}(T_{k+1})$$

$$z_C = f_{AD}(T_k) - g_{AC}(T_{k+1})$$

Επειδή οι j διαφορετικοί πρώτοι συρμοί μιας ακολουθίας μπορούν να εμφανισθούν και ως δεύτεροι, σχηματίζονται $j*j$ τέτοιες διαφορές, όπως φαίνεται στον πίνακα 4.

Πίνακας 4: Ελάχιστες χρονοαποστάσεις (με ακρίβεια 1 min)

Προηγ.συρμός	Επόμενος συρμός					
	T ₁		T ₂			T _j
	A	B	A	B	C	A B
	C					C
T ₁	z _A	z _B	z _C	.....	.....	.....
T ₂	.....	.....	.....	.....	.....	.....
T _j	.....	.....	.....	max τιμή=minz		.....

Στην συνέχεια σχηματίζεται ο πίνακας 5 με τις ελάχιστες χρονοαποστάσεις μεταξύ των διαφόρων ακολουθιών, όπου φαίνεται και ποιο κύριο σήμα (τμήμα αποκλεισμού) καθορίζει αυτή την απόσταση.

Πίνακας 5: Ελάχιστες χρονοαποστάσεις στη θέση των κύριων σημάτων

Προηγούμενος συρμός	Επόμενος συρμός			
	T ₁	T ₂	T _j	[min]
T ₁	z	z	z	σήμα A
T ₂	z	z	z	
T _j	z	z	z	
	σήμα C		σήμα B	

5.2.3 Υπολογισμός ελάχιστης χρονοαπόστασης κατά DB AG

Ο υπολογισμός των ελάχιστων χρονοαποστάσεων z_{ij} μεταξύ των διαφόρων συρμών i και j γίνεται με βάση την κλίμακα αποκλεισμού γραφικά, ή υπολογιστικά από τη διαφορά των χρόνων αποκλεισμού των συρμών μιας ακολουθίας για κάθε τμήμα αποκλεισμού [27].

5.2.4 Υπολογισμός χρονοαπόστασης κατά AREA [89]

Για διπλή γραμμή σε μία κατεύθυνση ($N = 1$) η χρονοαπόσταση H_1 είναι η μέση ελάχιστη χρονοαπόσταση μεταξύ 2 διαδοχικών συρμών. Η χρονοαπόσταση αυτή υπολογίζεται από τη σχέση:

$$H_1 = \frac{D_b \cdot B_n}{V} \quad (8)$$

όπου

V = η μέση ταχύτητα των συρμών σ' ένα επί μέρους τμήμα

D_b = μέσο μήκος τμημάτων αποκλεισμού

B_n = πλήθος Block που χωρίζουν τους συρμούς οι οποίοι κινούνται με την ένδειξη του σήματος που προηγείται.

5.2.5 Υπολογισμός ελάχιστης χρονοαπόστασης κατά UIC [141]

Η ελάχιστη χρονοαπόσταση, είναι η ελάχιστη απαιτούμενη χρονική απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών συρμών.

Η μέση ελάχιστη χρονοαπόσταση t_{fm} , είναι μία μέση τιμή που λαμβάνει υπόψη της όλες τις εμφανιζόμενες ακολουθίες στο υπόψη τμήμα γραμμής.

Για τον καθορισμό των ακολουθιών μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος

- με υφιστάμενο δρομολόγιο ή
- με πιθανό δρομολόγιο

Για τη διευκόλυνση των υπολογισμών, γίνεται ομαδοποίηση των συρμών σε κατηγορίες με βάση τους χρόνους διαδρομής των. Προτείνεται η ομαδοποίηση σε 2 κατηγορίες με μέγιστο περιθώριο τις 4 κατηγορίες.

α) με υφιστάμενο δρομολόγιο

- η μέση ελάχιστη χρονοαπόσταση για κυκλοφορία των συρμών σε μία κατεύθυνση ισούται με

$$t_{fm} = \frac{\sum(n_{ij} \cdot t_{fij})}{\sum n_{ij}} \quad [\text{min/συρμ}] \quad (9)$$

όπου

n_{ij} = πλήθος ακολουθιών

t_{fij} = ελάχιστη χρονοαπόσταση μεταξύ δύο κατηγοριών

Κατασκευάζεται μητρώο ακολουθιών

Ο υπολογισμός της ελάχιστης χρονοαπόστασης γίνεται με βάση το χρόνο διαδρομής t_z και το μήκος συρμού ℓ_z που αντιστοιχεί σε κάθε κατηγορία. Χρόνοι παραμονής από προγραμματισμένες στάσεις που βρίσκονται εντός της υπόψη κρίσιμης διατομής, περιέχονται στους χρόνους διαδρομής.

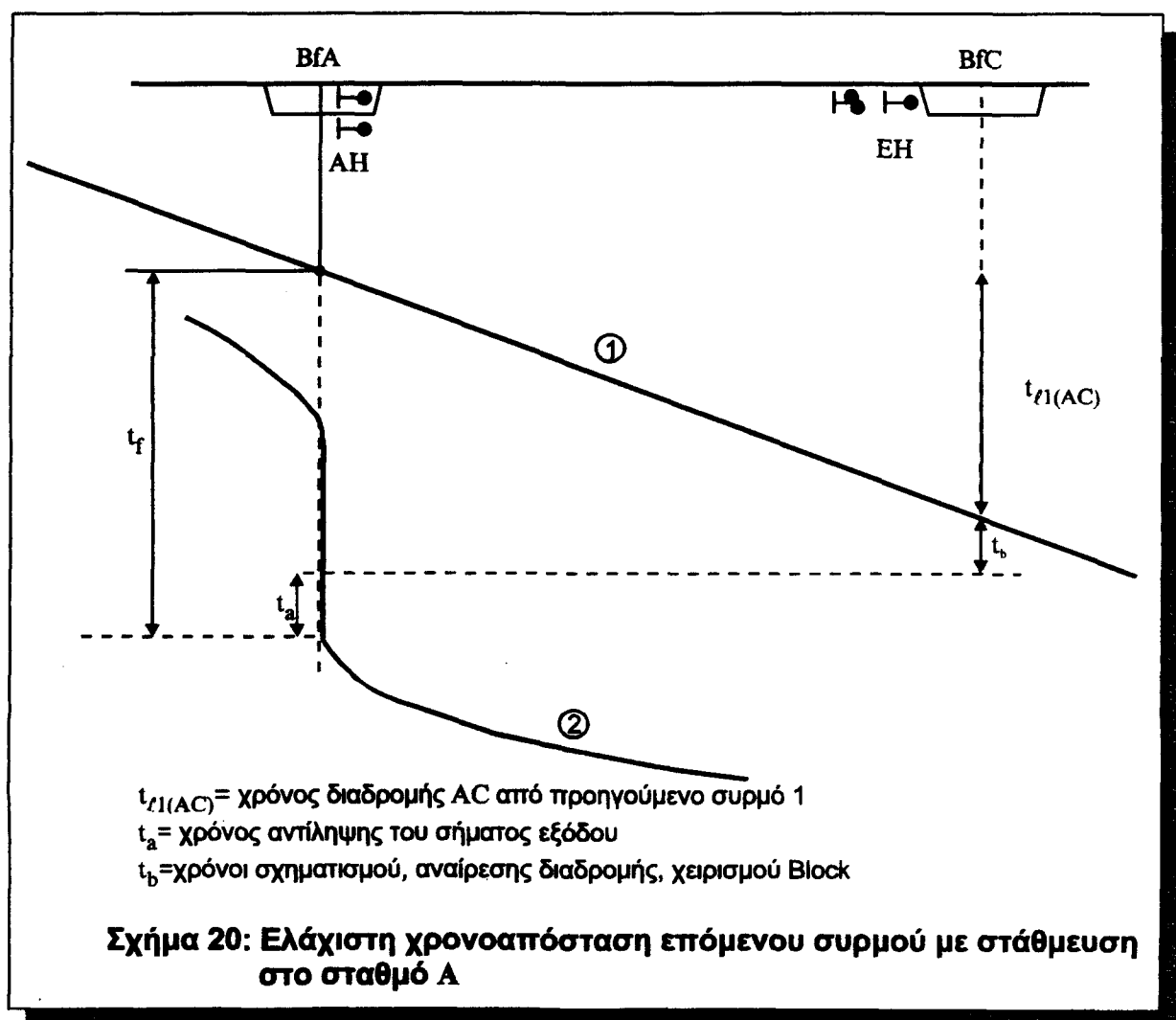
Για κάθε ακολουθία που περιέχεται στο μητρώο των ακολουθιών, υπολογίζεται η αντίστοιχη ελάχιστη χρονοαπόσταση.

Οι ελάχιστες χροναποστάσεις υπολογίζονται με βάση τους χρόνους αποκλεισμού.

α1) Υπολογισμός ελάχιστης χρονοαπόστασης για ένα τμήμα γραμμής χωρίς ενδιάμεσο τμήμα αποκλεισμού

- ♦ ο επόμενος συρμός σταθμεύει στο σταθμό A

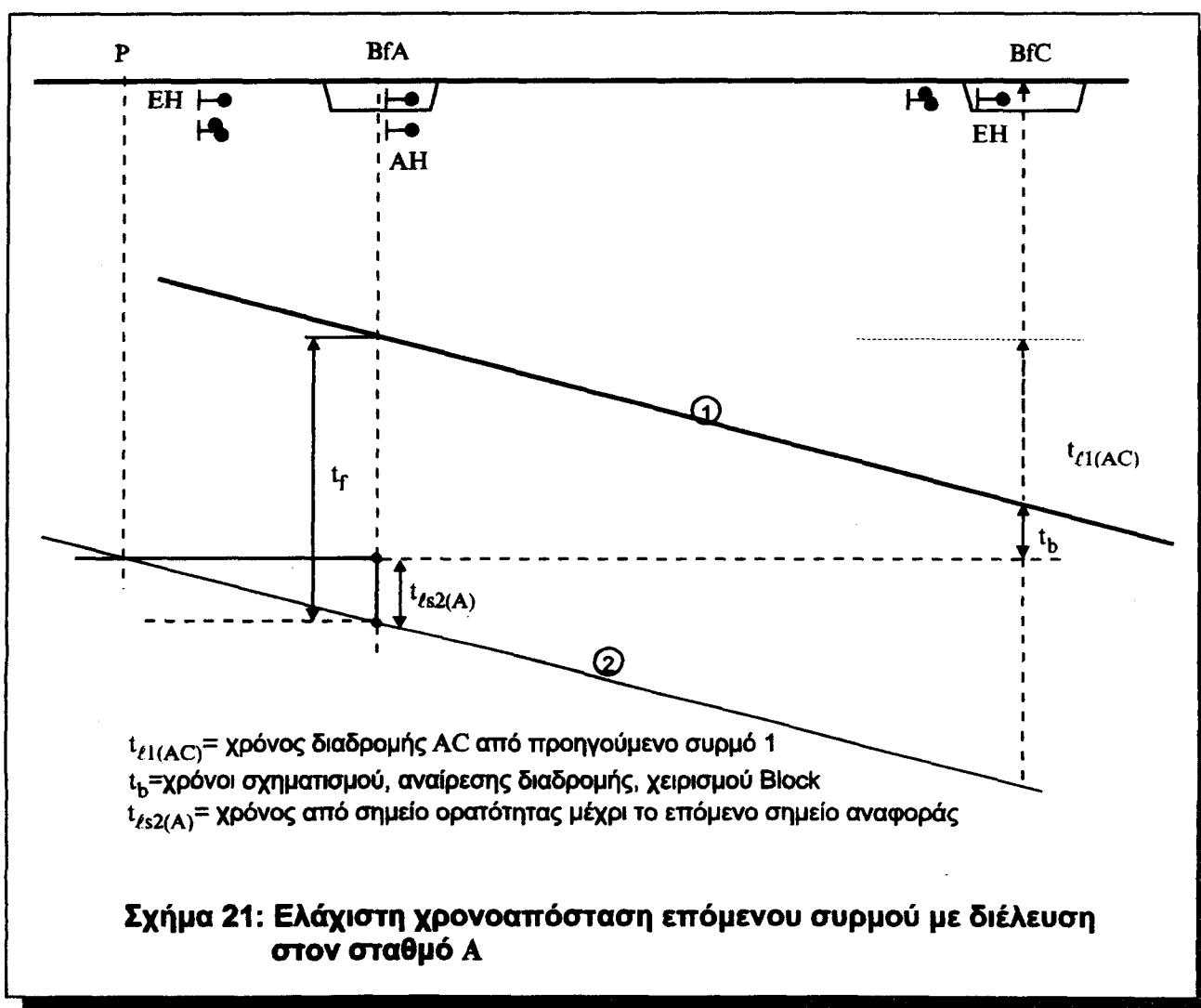
$$t_f = t_{l(AC)} + t_b + t_a \quad [\text{min}] \quad (10)$$



- ♦ ο επόμενος συρμός έχει διέλευση στο σταθμό A

Το σήμα εισόδου στο σταθμό A πρέπει να δείχνει “πράσινο”, όταν ο συρμός φθάνει στο σημείο ορατότητας.

$$t_f = t_{l1(AC)} + t_b + t_{ls2(A)} \quad [\text{min}] \quad (11)$$



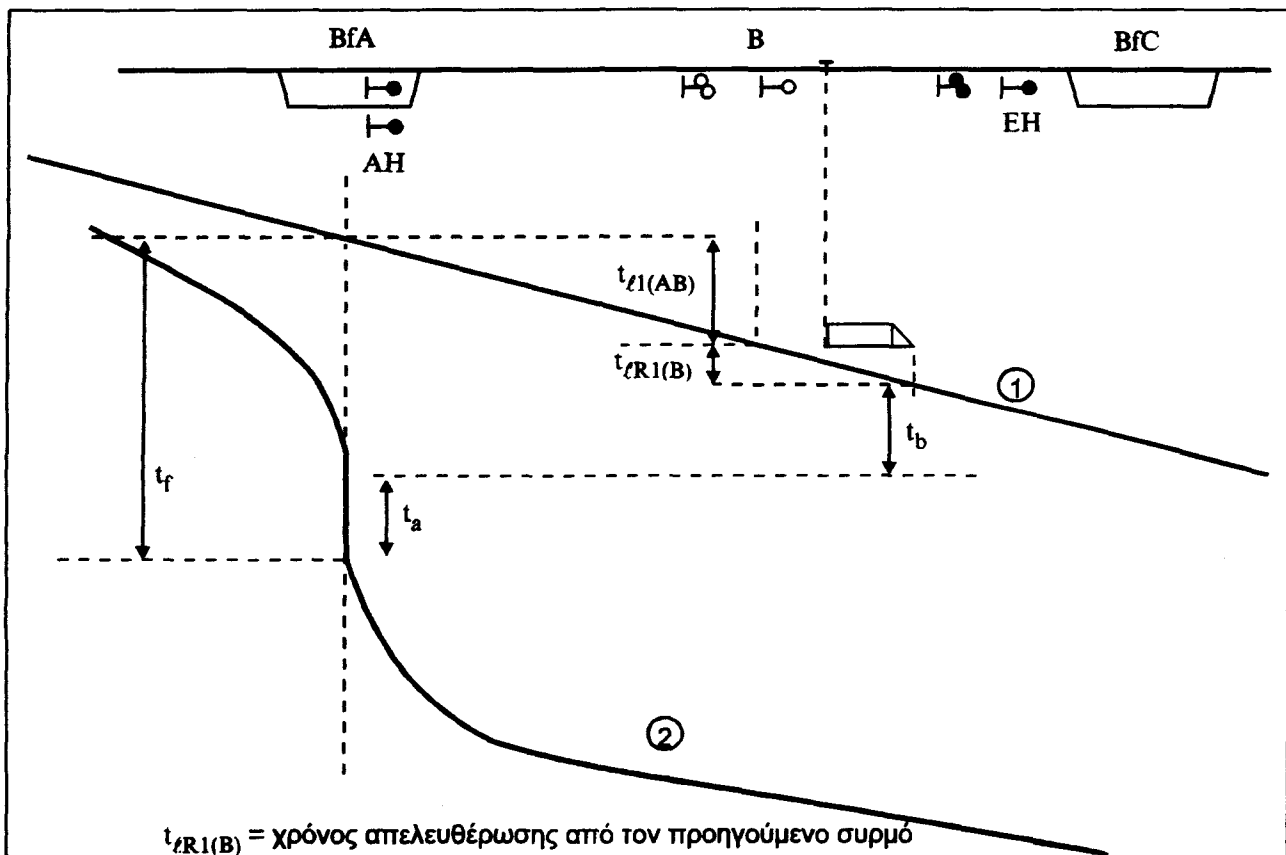
α2) Υπολογισμός ελάχιστης χρονοαπόστασης για ένα τμήμα γραμμής με ενδιάμεσα τμήματα αποκλεισμού.

Για κάθε ακολουθία υπολογίζονται οι ελάχιστες χρονοαποστάσεις στη θέση Α, λαμβανομένων υπόψη όλων των κύριων σημάτων που αντιστοιχούν στα τμήματα αποκλεισμού του υπόψη τμήματος γραμμής. Η μεγαλύτερη τιμή εξ αυτών χαρακτηρίζει τη συγκεκριμένη ακολουθία.

- Ελάχιστη χρονοαπόσταση στη θέση “σήμα εξόδου” (ΑΗ) στο σταθμό Α.
- ♦ ο επόμενος συρμός σταθμεύει στο σταθμό Α

$$t_f = t_{l1(AB)} + t_{r1(B)} + t_b + t_a \quad [\text{min}]$$

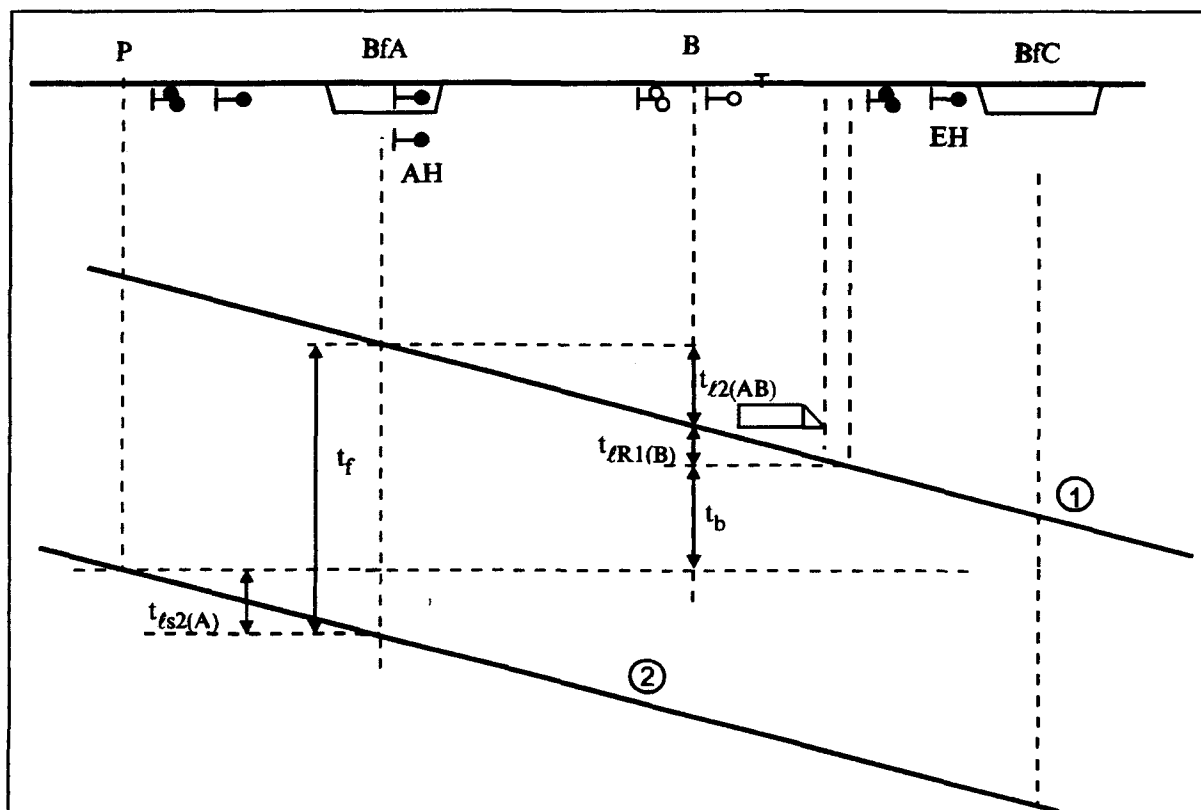
(12)



Σχήμα 22: Ελάχιστη χρονοαπόσταση επόμενου συρμού στο τμήμα αποκλεισμού AB με στάθμευση στον σταθμό Α

- ♦ ο επόμενος συρμός έχει διέλευση στο σταθμό Α

$$t_f = t_{l1(AB)} + t_{lR1(B)} + t_b + t_{ls2(A)} \quad [\text{min}] \quad (13)$$

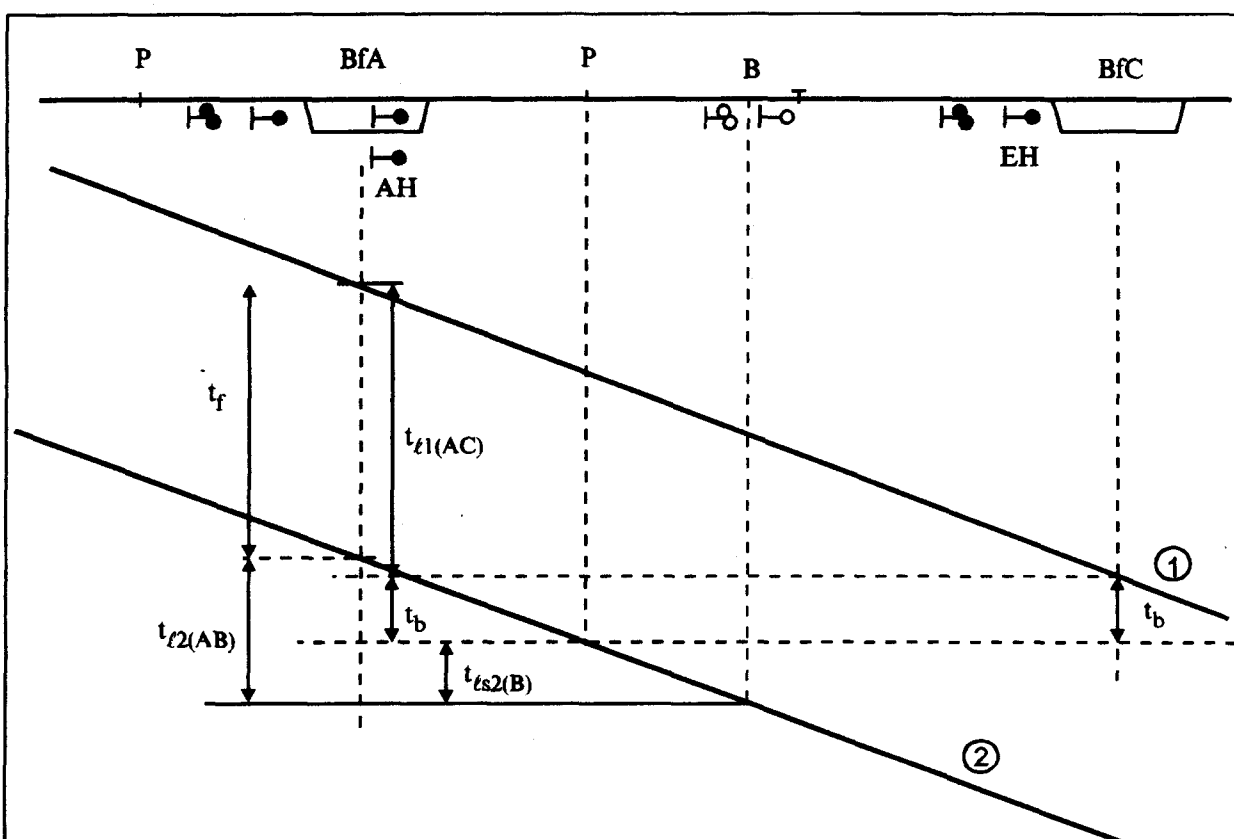


Σχήμα 23: Ελάχιστη χρονοαπόσταση επόμενου συρμού στο τμήμα αποκλεισμού AB με διέλευση στον σταθμό A

- Ελάχιστη χρονοαπόσταση στη θέση A σε σχέση με το κύριο σήμα B.

$$t_f = t_{l1(AC)} + t_b - (t_{l2(AB)} - t_{ls2(B)}) \text{ [min]}$$

(14)



Σχήμα 24: Ελάχιστη χρονοαπόσταση επόμενου συρμού στην θέση A ως προς το κύριο σήμα B, με διέλευση στον σταθμό A

Για 2 ή περισσότερα Block σ' ένα τμήμα γραμμής πρέπει να σχηματισθούν ανάλογοι τύποι υπολογισμού της χρονοαπόστασης στο σταθμό A σε σχέση με τα αντίστοιχα σήματα.

Στις παραπάνω εξισώσεις, οι τιμές t_z για το υπόψη τμήμα γραμμής, λαμβάνονται από το δρομολόγιο.

Όταν οι επί μέρους χρόνοι διαδρομής για υπάρχοντα τμήματα αποκλεισμού δεν απορρέουν από το δρομολόγιο, γίνεται ενδιάμεση παρεμβολή με βάση το χρόνο διαδρομής του τμήματος γραμμής.

$t_{z(AB)} = t_{z(AC)} \cdot \ell_{(AB)} / \ell_{(AC)} \text{ [min]}$	(15)
---	-------------

Στην περίπτωση που ένας συρμός διέρχεται στην ώρα του από μία θέση παρατήρησης στην αρχή ενός τμήματος γραμμής ή ενός τμήματος αποκλεισμού, πρέπει να είναι εξασφαλισμένο, ότι το πρόσημα θα δείχνει “ελεύθερο” προτού ο οδηγός προβεί σε διαδικασίες επιβράδυνσης του συρμού (κράτημα).

Η απόσταση ορατότητας αποτελείται από

- την απόσταση του σημείου ορατότητας μέχρι το πρόσημα όπου

- για συρμούς με $V \leq 80 \text{ km/h}$: απόσταση ορατότητας = 200 m
- για συρμούς με $V > 80 \text{ km/h}$: απόσταση ορατότητας = 500 m

- και την απόσταση του προσήματος μέχρι την επόμενη θέση παρατήρησης η οποία λαμβάνεται από τα στοιχεία της γραμμής.

Ο χρόνος διαδρομής από το σημείο ορατότητας υπολογίζεται αντίστοιχα με γραμμική παρεμβολή του χρόνου διαδρομής κάθε κατηγορίας.

Σε μερικά δίκτυα, πρέπει πίσω από τα κύρια σήματα στην κατεύθυνση πορείας του συρμού, να καλύπτεται μία απόσταση σε χρόνο t_{LR} από το συρμό, πριν το προηγούμενο τμήμα αποκλεισμού απελευθερωθεί.

Το τμήμα απελευθέρωσης αποτελείται από

- την απόσταση ασφαλείας μετά το κύριο σήμα, η οποία λαμβάνεται από τα στοιχεία γραμμής
- και από το μήκος συρμού

Επειδή όλοι οι υπολογισμοί γίνονται με αναφορά στην κεφαλή του συρμού, πρέπει το συνολικό μήκος του συρμού να έχει περάσει την απόσταση ασφαλείας L_M .

Αποδεκτές τιμές:

- για συρμούς με $V \leq 80$ km/h: 700 m
- για συρμούς με $V > 80$ km/h: 400 m

Οι χρόνοι διαδρομής t_{LR} στο τμήμα απελευθέρωσης, υπολογίζονται επίσης με ενδιάμεση παρεμβολή του χρόνου διαδρομής κάθε κατηγορίας.

Οι χρόνοι σχηματισμού διαδρομής, αναίρεσης διαδρομής, χειρισμού εγκαταστάσεων τμήματος αποκλεισμού t_b , εκτιμώνται με άμεση παρατήρηση κατά τη διάρκεια λειτουργίας [36].

Αποδεκτές τιμές αναγράφονται στον πίνακα 6.

Πίνακας 6: Χρόνοι χειρισμού και ανταπόκρισης εγκαταστάσεων σηματοδότησης

σταθμός	Μηχανικό σύστημα	Ηλεκτρονικό σύστημα	Γεωγραφικό σύστημα
μεγάλος	1,5 min	1,0 min	0,3 min
μικρός	1,0 min	0,5 min	0,0 min
Block	0,5 min	0	0

Επίσης όταν οι συρμοί σταθμεύουν στους σταθμούς, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ένας επί πλέον χρόνος t_a , ο οποίος καλύπτει το διάστημα από τη στιγμή που το σήμα εξόδου δείξει “πράσινο” μέχρι την εκκίνηση του συρμού. Ο χρόνος αυτός εκτιμάται με άμεση παρατήρηση κατά τη διάρκεια λειτουργίας. Αποδεκτή τιμή 0,4 min.

β) με πιθανό δρομολόγιο

Αν για μία υπό έρευνα γραμμή δεν υφίσταται δρομολόγιο, που ν’ αντιστοιχεί στη σχεδιασμένη κατάσταση, πρέπει να υποθεθεί ότι οι διάφορες περιπτώσεις ακολουθιών εμφανίζονται τυχαία (βλ. 5.3.10). Σ’ αυτήν την περίπτωση αρκεί να είναι γνωστό το πλήθος των συρμών ανά κατηγορία. Τότε η μέση ελάχιστη χρονοαπόσταση είναι ο σταθμισμένος μέσος όρος όλων των ελάχιστων χρονοαποστάσεων σύμφωνα με

$$t_{fm} = \frac{\sum_{i,j=1}^m n_i \cdot n_j \cdot t_{fij}}{\sum_{i,j=1}^m n_i * n_j} \quad [\text{min} / \text{συρμό}]$$

(16)

5.3 Μέθοδοι υπολογισμού χωρητικότητας ελεύθερης γραμμής

Με τον όρο **χωρητικότητα** στην σιδηροδρομική τεχνική, νοείται το πλήθος N των συρμών το οποίο δύναται να διέλθει με πλήρη ασφάλεια από μία γραμμή σε διάστημα 24 ωρών [6], [27], [82], [137], [147], υπό ορισμένες τεχνικές και λειτουργικές προϋποθέσεις, διατηρουμένου συγχρόνως ενός επιπέδου ποιότητας λειτουργίας [7], [27], [89], [91], [137], [141]. Στην παρούσα εργασία, η χωρητικότητα θ'αναφέρεται στην ικανότητα της γραμμής να δεχθεί ένα πλήθος συρμών και όχι στην χωρητικότητα των ίδιων των συρμών.

Επειδή η κυκλοφορία σε μία γραμμή κατά την διάρκεια των 24 ωρών υπόκειται σε διακυμάνσεις (ανάλογα με την ζήτηση) [34], το χρονικό διάστημα εντός του οποίου υπολογίζεται η χωρητικότητα μπορεί να είναι 1 ώρα, 4- ωρο ή άλλο. Ως εκ τούτου και για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, η χωρητικότητα μπορεί να διαιρεθεί σε 2 γενικά κατηγορίες.

- α. στην μέγιστη θεωρητική, όπου κατά το χρονικό διάστημα παρατήρησης οι συρμοί διαδέχονται ο ένας τον άλλον στην ελάχιστη χρονοαπόσταση (υπό την προϋπόθεση συνεχούς ζήτησης)
- β. στην πρακτική (χωρητικότητα καθημερινής πράξης η οποία λαμβάνει υπόψη και παράγοντες επιρροής της)

Ο όρος που χρησιμοποιείται προέρχεται από την μετάφραση της λέξης "Capacity", ενώ στους γερμανικούς σιδηροδρόμους η λέξη "Kapazität" εμπεριέχεται στην ευρύτερη έννοια "Systemleistungsfähigkeit" = ικανότητα απόδοσης συστήματος.

Σε μία νέα σειρά εκδόσεων των γερμανικών σιδηροδρόμων [25] που αφορά στην έρευνα της ικανότητας των σιδηροδρομικών εγκαταστάσεων και γενικότερα στην απόδοση [52] συστημάτων, η χωρητικότητα αναφέρεται επίσης ως "μεταφορική

ικανότητα” εφ’ όσον πρόκειται για συρμούς και ως “συγκοινωνιακή ικανότητα” εφ’ όσον πρόκειται για επιβάτες ή αγαθά.

Επειδή ένα δίκτυο από πρακτικούς λόγους, δεν μπορεί να είναι ομοιόμορφο σε όλα του τα τμήματα, είναι προφανές ότι τα πιο δυσμενή του τμήματα περιορίζουν την απόδοσή του. Έτσι, ο υπολογισμός της χωρητικότητας μιας γραμμής γίνεται για τις δυσμενέστερες θέσεις, οι οποίες στην ελεύθερη γραμμή θεωρούνται ως **κρίσιμες διατομές**. Κρίσιμη διατομή για ένα τμήμα γραμμής μπορεί να είναι ένα τμήμα αποκλεισμού στο τμήμα αυτό.

Η κρίσιμη διατομή αποτελεί μία στένωση για την ροή της κυκλοφορίας. Η βελτίωση μιας στένωσης οδηγεί ως επί το πλείστον σε μεταφορά της κρισιμότητας σε άλλη διατομή κ.ο.κ. δημιουργώντας το φαινόμενο της κυλιόμενης στένωσης όπως αυτή διερευνήθηκε διεξοδικά από τον Dilli.

Στο υπόλοιπο δίκτυο οι δυσμενείς θέσεις εμφανίζονται στις θέσεις σύγκλισης ή απόκλισης γραμμών καθώς και σε σταθμούς οι οποίοι δεν προσφέρουν ικανό αριθμό γραμμών υποδοχής συρμών. Γενικά όμως οι σταθμοί πρέπει να συμβάλλουν σαν “αναληγτικά” [35], [83], [136], της ελεύθερης γραμμής, προσφέροντας ανάλογο πλήθος γραμμών.

Η εκάστοτε κρίσιμη διατομή ουσιαστικά είναι η θέση στο τμήμα γραμμής, η οποία καθορίζει το ελάχιστο χρονικό διάστημα που απαιτείται να παρέλθει για ν’ ακολουθήσει ένας επόμενος συρμός έναν προηγούμενο στη θέση αυτή. Επομένως η κρίσιμη διατομή καθορίζει την ελάχιστη χρονοαπόσταση σε μία ακολουθία συρμών και κατ’ επέκταση για διάφορες ακολουθίες προκύπτει μία μέση ελάχιστη χρονοαπόσταση μεταξύ των συρμών. Σύμφωνα όμως με τον ορισμό της χωρητικότητας θα πρέπει να εξασφαλίζεται και η απαραίτητη ποιότητα λειτουργίας, [51], [118], [120], [124], [146], η οποία πλην της βασικής συνιστώσας που είναι η ασφάλεια κυκλοφορίας [71], περιλαμβάνει και την αξιοπιστία με την οποία υλοποιείται

το υφιστάμενο δρομολόγιο για την υπόψη γραμμή. Επομένως στο δρομολόγιο πρέπει να προβλέπεται σε ποια χρονική θέση πρέπει να χαράζεται η πορεία κάθε συρμού, έτσι ώστε να προσεγγίζεται στο μέγιστο δυνατόν η πραγματική του θέση. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι πιθανές ανωμαλίες οι οποίες προκαλούν τις διάφορες καθυστερήσεις. Περαιτέρω σημαίνει, την διερεύνηση του τυχαίου της εμφάνισης των καθυστερήσεων αυτών καθώς και την ποσοτική εκτίμησή τους, έτσι ώστε στο δρομολόγιο να είναι προβλέψιμα τα περιθώρια άνεσης τα οποία απαιτούνται για την μείωση ή την απόσβεσή τους. Σημαντικό ρόλο στην διαδικασία αυτή παίζει η χάραξη της γραμμής, το διαθέσιμο τροχαίο υλικό, οι εγκαταστάσεις ελέγχου κυκλοφορίας συρμών καθώς και η οργάνωση του ίδιου του Οργανισμού, στοιχεία τα οποία διαφέρουν από Οργανισμό σε Οργανισμό.

Συνεπώς, πλην της μέσης ελάχιστης χρονοαπόστασης προκύπτει άλλος ένας χρονικός παράγων ο οποίος καλείται περιθώριο άνεσης και προστίθεται στη μέση ελάχιστη χρονοαπόσταση ως μέσο περιθώριο άνεσης.

Ετσι η χωρητικότητα μπορεί να εκφρασθεί από τη γενική σχέση

χρονικό διάστημα μέτρησης

C = ----- [συρμ/χρον. διαστ.]
μέση χρονοαπόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών συρμών

Επομένως μετράται κάθε πόσα λεπτά διέρχεται ένας συρμός από μία θέση μέτρησης.

Επειδή το χρονικό διάστημα μέτρησης είναι ένα μέγεθος που καθορίζεται ανάλογα με τον επιθυμητό στόχο, επικεντρώνεται η διερεύνηση της χωρητικότητας μιας γραμμής εκάστοτε, στον καθορισμό της **μέσης χρονοαπόστασης** μεταξύ των διαδοχικών συρμών.

Η χρονοαπόσταση περιλαμβάνει δύο επί μέρους χρόνους

α) την ελάχιστη ή την μέση ελάχιστη χρονοαπόσταση $\bar{z}$ μεταξύ δύο διαδοχικών συρμών, η οποία εξαρτάται από

- την ταχύτητα των συρμών εκφραζόμενη από την διαφορά του χρόνου διαδρομής (ΔT) δύο διαδοχικών συρμών από την αρχή του τμήματος γραμμής μέχρι την κρίσιμη διατομή.
- τον χρόνο αποκλεισμού ή τον χρόνο κατάληψης του υπόψη τμήματος αποκλεισμού που αποτελεί την κρίσιμη διατομή
- το ποσοστό των συρμών κάθε κατηγορίας στο σύνολο των συρμών
- την τεχνική και τεχνολογία της σηματοδότησης

β) το μέσο περιθώριο άνεσης $\bar{r}$.

Από τις παραπάνω δύο παραμέτρους, **μέση ελάχιστη χρονοαπόσταση** και **περιθώριο άνεσης**, υπολογίζεται η χωρητικότητα γραμμής ως

$C = \frac{T}{\bar{z} + \bar{r}} \quad [\text{συρμοί} / \text{χρον. Διαστ.}]$	(17)
---	-------------

όπου

T = χρονικό διάστημα παρατήρησης [min]

C = χωρητικότητα γραμμής [συρμοί / χρον. διαστ.]

$\bar{z}$ = μέση ελάχιστη χρονοαπόσταση [min]

$\bar{r}$ = μέσο περιθώριο άνεσης [min]

Στη συνέχεια περιγράφονται μερικές μέθοδοι υπολογισμού χωρητικότητας γραμμής, έτσι όπως αυτές υιοθετούνται από τα αναφερόμενα δίκτυα. Επίσης παρατίθεται και η

μέθοδος της Διεθνούς Ενωσης Σιδηροδρόμων (UIC). Η αναφορά αυτή, σκοπό έχει, να δείξει πως υπεισέρχεται ο παράγων “ελάχιστη χρονοαπόσταση” στον υπολογισμό της χωρητικότητας και πως αυτός εκτιμάται.

Μέθοδοι υπολογισμού χωρητικότητας

Περιγράφονται οι εξής μέθοδοι

1. Διεθνούς Ενωσης Σιδηροδρόμων UIC [141]
2. Γερμανικών Σιδηροδρόμων DB AG [27]
3. Ομάδας UIC Basel – Milano [142]
4. Ιαπωνικών Σιδηροδρόμων JNR [137]
5. Αμερικανικών Σιδηροδρόμων AREA [89]

Επιλέγησαν οι μέθοδοι αυτές επειδή

- εφαρμόζονται σε προηγμένα δίκτυα
- διαφοροποιούνται στη μαθηματική σχέση υπολογισμού της χωρητικότητας

Οι μέθοδοι αναφέρονται στην περίπτωση κυκλοφορίας των συρμών σε μία κατεύθυνση (διπλή γραμμή).

Ο ΟΣΕ ακολουθεί τη μέθοδο της UIC. Ένας εκτενής υπολογισμός της χωρητικότητας περιέχεται στο [94].

5.3.1 Μέθοδος UIC

Όπως συνάγεται από τις παραπάνω περιγραφές, οι μέθοδοι υπολογισμού της χωρητικότητας της ελεύθερης γραμμής που χρησιμοποιούνται από τα πιο γνωστά δίκτυα δεν διαφοροποιούνται σημαντικά ως προς τη βασική τους φιλοσοφία. Οι μέθοδοι αυτές περιέχουν κοινές παραμέτρους οι οποίες συμβάλλουν στην ποιότητα λειτουργίας. Όμως η διαφορετική αντιμετώπιση των παραμέτρων αυτών από τους Σιδηροδρομικούς Οργανισμούς, δεν επιτρέπει την εξαγωγή συγκρίσιμων μεταξύ των συμπερασμάτων και κατά συνέπεια γενικευμένων συμπερασμάτων. Για τον λόγο αυτό η Διεθνής Ένωση Σιδηροδρόμων (UIC) έχει εκδώσει μία οδηγία, την 405 E/1978, στην οποία προτείνεται μία μέθοδος υπολογισμού της χωρητικότητας της ελεύθερης γραμμής, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα περισσότερα δίκτυα και να δώσει την δυνατότητα σε κάθε δίκτυο ν' αναγνωρίζει έγκαιρα τις δυσμενείς θέσεις του και ως εκ τούτου τις κρίσιμες διατομές.

Για την αντιμετώπιση των διαφοροποιήσεων αυτών, η UIC λαμβάνει υπόψη της (από εμπειρικές τιμές διάφορων σιδηροδρομικών δικτύων) μία ποιοτική λειτουργία δικτύου όπου η μέγιστη κατάληψη της κρίσιμης διατομής λαμβάνεται ίση με 60 %. Αυτό αντιστοιχεί σ' ένα περιθώριο άνεσης ίσο με το 67 % της μέσης ελάχιστης χρονοαπόστασης.

Μέσα σ' αυτές τις τιμές συμπεριλαμβάνονται όλες εκείνες οι παράμετροι που η αντιμετώπισή τους διαφέρει από Οργανισμό σε Οργανισμό.

Αναλυτικότερα, η μέθοδος περιγράφει τον υπολογισμό των παραμέτρων “ελάχιστη μέση χρονοαπόσταση” και “περιθώριο άνεσης”. Ο υπολογισμός της μέσης ελάχιστης χρονοαπόστασης περιγράφεται εκτενώς στο 5.2.5.

Η χωρητικότητα υπολογίζεται από τη σχέση

$$C = \frac{T}{\bar{z} + \bar{r} + t_{zu}} [\text{συρμ.} / \text{ημέρα}] \quad (18)$$

όπου

$$\bar{r} = 0,67 \cdot \bar{z} \text{ (μέσο περιθώριο άνεσης) [min]}$$

$$t_{zu} = \alpha \cdot 0,25 \text{ (πρόσθετος χρόνος) με } \alpha = \text{πλήθος τμημάτων γραμμής [min]}$$

5.3.2 Μέθοδος Γερμανικών Σιδηροδρόμων DB AG

Βασικοί παράγοντες [27], [110], [111], που διέπουν από λειτουργικής πλευράς τον υπολογισμό της χωρητικότητας της γραμμής κατά τη μέθοδο αυτή είναι

- η ελάχιστη χρονοαπόσταση
- η σύνθεση του δρομολογίου
- η κατανομή συχνότητας και το μέγεθος των πρωτογενών καθυστερήσεων
- η κατανομή συχνότητας και το μέγεθος των περιθωρίων άνεσης
- το απαιτούμενο επίπεδο εξυπηρέτησης
- το χρονικό διάστημα για επεμβάσεις στο δίκτυο

Ο υπολογισμός μπορεί να γίνει αριθμητικά ή γραφικά μέσω των επιφανειών αποκλεισμού.

Εξετάζονται δύο περιπτώσεις

- υπολογισμός σε σχέση με υφιστάμενο δρομολόγιο
- υπολογισμός με πιθανό δρομολόγιο

Καταγράφονται (μέθοδος με δρομολόγιο) ή πιθανολογούνται (μέθοδος χωρίς δρομολόγιο) το πλήθος των διαφόρων ακολουθιών n_{ij}

Υπολογίζεται η χρονική διάρκεια κατάληψης T_B του τμήματος γραμμής από τις σχέσεις

$$T_B = \sum_{i,j=1}^m n_{ij} \cdot z_{ij}$$

m = πλήθος κατηγοριών συρμών

(19)

Υπολογίζεται η μέση ελάχιστη χρονοαπόσταση

Με υφιστάμενο δρομολόγιο

$$\bar{z} = \frac{T_B}{N}$$

[min/συρμό]

(20)

Με πιθανό δρομολόγιο

$$\bar{z} = \frac{\sum_{i,j=1}^m n_i \cdot n_j \cdot z_{ij}}{\sum_{i,j=1}^m n_i \cdot n_j}$$

[min/συρμό]

(21)

Υπολογίζεται το μέσο περιθώριο άνεσης

$$\bar{r} = \frac{T - T_B}{N}$$

[min/συρμό]

(22)

Λόγω της τυχαίας θέσης των συρμών σ' ένα δρομολόγιο, τα περιθώρια άνεσης ακολουθούν μία αρνητική εκθετική κατανομή [58], [99]. Η παραπάνω τιμή $\bar{\tau}$ λαμβάνεται ως μέση τιμή της κατανομής αυτής.

Επειδή όμως υπεισέρχεται ο παράγων “επίπεδο εξυπηρέτησης”, το περιθώριο άνεσης εκτιμάται σύμφωνα με το κριτήριο των επιτρεπόμενων συνεπακόλουθων καθυστερήσεων. Επομένως η τιμή $\bar{\tau}$ ανάγεται σε τιμή $\bar{\tau}_{απ.}$ (απαιτούμενο περιθώριο άνεσης) [119].

Το μέγεθος του απαιτούμενου μέσου περιθωρίου $\bar{\tau}_{απ.}$, εξαρτάται από

- τη μέση ελάχιστη χρονοαπόσταση $\bar{z}$
- την πιθανότητα W_g εμφάνισης ακολουθιών με συρμούς ίδιας κατηγορίας
- την πιθανότητα W_e της εμφάνισης πρωτογενών καθυστερήσεων
- της επιτρεπόμενης τιμής P_r των συνεπακόλουθων καθυστερήσεων η οποία καθορίζει το επίπεδο της προσφερόμενης εξυπηρέτησης

α) Με υφιστάμενο δρομολόγιο

$$W_g = \frac{N_g}{N}$$

(23)

β) Με πιθανό δρομολόγιο

$$Wg = \frac{\sum_{i=1}^m n_i^2}{\sum_{i,j=1}^m n_i \cdot n_j}$$

(24)

$$P_m = \frac{P}{N_e} \quad [\text{min/καθυστ. συρμό}] \quad (25)$$

$$W_e = \frac{N_e}{d} \quad (26)$$

γ) Βαθμός ροής

$$H = \frac{P_F}{1440 \left(We - \frac{W_e^2}{2} \right)} \quad (27)$$

δ) Συντελεστής μετάδοσης

$$\ddot{u} = \frac{\bar{z}}{P_m} \quad (28)$$

Από νομογράφημα με τα μεγέθη W_g , H και u , λαμβάνεται ο συντελεστής περιθωρίου άνεσης q . Το απαιτούμενο περιθώριο άνεσης είναι

$$\bar{r}_{απ.} = q \cdot \bar{z} \quad [\text{min/συρμό}] \quad (29)$$

Τέλος η χωρητικότητα υπολογίζεται από

$$C = \frac{T}{\bar{z} + \bar{t}_{\alpha\pi.}} \quad [\text{συρμοί/ημέρα}] \quad (30)$$

Παρατηρήσεις:

Οι ελάχιστες χρονοαποστάσεις υπολογίζονται για αντιπροσωπευτικούς συρμούς. Σ' ένα ειδικό φύλλο καταγράφονται όλοι οι συρμοί με τους αντίστοιχους χρόνους διαδρομής των για το συγκεκριμένο τμήμα γραμμής. Κατηγορίες συρμών οι οποίες αθροισμένες αποτελούν ποσοστό επί του συνόλου μικρότερο του 5% και οι μέσοι χρόνοι διαδρομής διαφέρουν μεταξύ των λιγότερο του 10%, ομαδοποιούνται.

Για κάθε ακολουθία υπολογίζεται η ελάχιστη χρονοαπόσταση για κάθε τμήμα αποκλεισμού. Η μέγιστη τιμή μεταξύ των λαμβάνεται ως ελάχιστη χρονοαπόσταση της συγκεκριμένης ακολουθίας.

Μία εκτενέστερη περιγραφή της μεθόδου περιέχεται στο [84].

5.3.3 Μέθοδος ομάδας UIC Basel – Milano

Η μέθοδος αυτή ανεπτύχθη από μία έρευνα που έγινε στους Ελβετικούς σιδηροδρόμους. Η μέθοδος αυτή λαμβάνει υπόψη της

- την ελάχιστη χρονοαπόσταση
- τη σύνθεση του δρομολογίου
- το χρονικό διάστημα για επεμβάσεις στο δίκτυο
- την κυκλοφοριακή αιχμή κατά τη διάρκεια της ημέρας

- περιθώριο άνεσης $> 2,0$ min επειδή δεν έχουν καταγραφεί τυπικές καθυστερήσεις

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην πιθανότητα εμφάνισης μίας συγκεκριμένης ακολουθίας και υπολογίζει την αναμενόμενη τιμή της.

Η πιθανότητα εμφάνισης ενός συγκεκριμένου συρμού π.χ. συρμού S, είναι:

$$W_s = \frac{n_s}{N} \quad (31)$$

Η πιθανότητα εμφάνισης μίας συγκεκριμένης ακολουθίας π.χ. S-G είναι:

$$q_{SG} = \frac{n_s \cdot n_G}{N} \quad (32)$$

S = ταχύς συρμός G = βραδύς συρμός

Η αναμενόμενη τιμή πιθανού πλήθους συγκεκριμένης ακολουθίας είναι:

$$N \cdot q_{SG}, \text{ οπότε } k_{SG} = \frac{n_s \cdot n_G}{N} \quad (33)$$

Ο πιθανός χρόνος κατάληψης του τμήματος γραμμής είναι:

$$T_B = \sum (k_{ij} \cdot t_{ij}) \quad (34)$$

Ο πιθανός ημερήσιος βαθμός κατάληψης

$$b = \frac{T_B}{T} \cdot 100\% \quad (T < 1440 \text{ min})$$

(35)

Εκτιμάται ο παράγων από τη σχέση μέση κυκλοφορία/ αιχμή 2 ωρών

$$R = \frac{n}{N_{\max_{2h}} \cdot 12} \quad (\text{περίπου } 0,8 \text{ για υπεραστικές γραμμές})$$

(36)

Υπολογισμός χωρητικότητας

$$C = R \cdot \frac{N}{b} \cdot 100$$

(37)

Παρατηρήσεις:

Στη μέθοδο αυτή δεν υπολογίζεται ιδιαίτερα το περιθώριο άνεσης. Υπεισέρχεται ο παράγων συσχέτισης των ωρών αιχμής. Οι ελάχιστες χρονοαποστάσεις υπολογίζονται με βάση τις επιφάνειες των κλιμάκων αποκλεισμού για αυτόματο τμήμα αποκλεισμού.

5.3.4 Μέθοδος των Ιαπωνικών Σιδηρόδρομων JNR

Εδώ πρέπει ν' αναφερθεί ότι το δίκτυο των Ιαπωνικών σιδηροδρόμων αποτελείται ως επί το πλείστον από μονή γραμμή. Η γραμμή Tokaido είναι διπλή και επί αυτής κινούνται μόνο συρμοί υψηλής ταχύτητας. Ως εκ τούτου έχει τα χαρακτηριστικά γραμμής με ένα είδος συρμού και δεν εμπίπτει στη θεωρία της μικτής κυκλοφορίας. Η θεωρία της χωρητικότητας που έχει αναπτυχθεί από τους Ιάπωνες βασίζεται στη

μονή γραμμή. Όμως ένα κεφάλαιο της θεωρίας αυτής αναφέρεται και στην περίπτωση συρμών που κινούνται στην ίδια κατεύθυνση και είναι διαφόρων κατηγοριών. Για την περίπτωση αυτή περιγράφεται στη συνέχεια ο υπολογισμός της χωρητικότητας σύμφωνα με τη θεωρία του Mr. Yamagashi [137].

Κατά τη θεωρία αυτή, το σύνολο των τελικών χρονοαποστάσεων στο σταθμό άφιξης των βραδέων συρμών κατά τη διάρκεια των 24 ωρών (1440 min), αποτελείται:

- Από τη χρονοαπόσταση στο σταθμό αναχώρησης επί πλέον τους χρόνους αναμονής των συρμών αυτών από την παραμονή τους σε σταθμούς υπέρβασης, για να γίνει η υπέρβασή τους από τους ταχείς συρμούς

Αν G_1, G_2, G_3 τρεις βραδείς συρμοί με αντίστοιχους χρόνος παραμονής στους σταθμούς υπέρβασης d_1, d_2, d_3 , και 2 συρμοί S_1 , 5 συρμοί S_2 και 3 συρμοί S_3 , τότε

$$1440 = 3(tm' + \theta) + 2d_1 + 5d_2 + 3d_3 \text{ και γενικότερα}$$

$$1440 = n'(tm' + \theta) + \sum nd \text{ και τελικά}$$

$$N' = \frac{1440}{v'(tm' + \theta) + \sum nd}$$

(38)

όπου

- $N' =$ μέγιστη χωρητικότητα
- $n' =$ πλήθος συρμών συγκεκριμένης κατηγορίας
- $tm' =$ ο μέγιστος χρόνος διαδρομής για κάθε τμήμα αποκλεισμού που απαιτείται για κάθε είδος συρμού
- $\theta =$ ο χρόνος που απαιτείται για να εισέλθει ένας επόμενος συρμός σ' ένα τμήμα αποκλεισμού μετά από έναν προηγούμενο που διήνυσε το ίδιο τμήμα

$υ(υ')$ = το ποσοστό συρμών συγκεκριμένης κατηγορίας στο σύνολο των συρμών
 d = χρόνος καθυστέρησης ενός βραδύ συρμού, οφειλόμενος στην υπέρβασή του από έναν ταχύ.

Για την καθημερινή όμως κυκλοφορία ο Mr. Yamagashi δέχεται μία μειωμένη χωρητικότητα, λόγω των διαφόρων διαδικασιών για τη συντήρηση και τη λειτουργία του δικτύου. Οι διαδικασίες αυτές είναι:

- συντήρηση γραμμής (tb)
- χρόνος μέχρι οι συρμοί να εισέλθουν στο δρομολόγιο (ta)
- χρονικοί περίοδοι που οι συρμοί των Ιαπωνικών σιδηροδρόμων (T) δεν κινούνται

Επομένως ο βαθμός χρήσης της γραμμής υπολογίζεται ως

$f = 1 - \frac{υ_1 \cdot (T_1 + tα) + υ_2 \cdot (T_2 + tα) + υ3 \cdot (T_3 + tα + tb) + υ_4 \cdot (T4 + tα)}{1440}$	(39)
---	------

Ως εκ τούτου η καθημερινή χωρητικότητα υπολογίζεται ως

$N = f \cdot N'$	(40)
------------------	------

όπου το f κυμαίνεται από 0,60 – 0,75

5.3.5 Μέθοδος των Αμερικανικών Σιδηροδρόμων AREA

Η βασική λειτουργική χωρητικότητα ενός τμήματος γραμμής, εξαρτάται από την ταχύτητα των συρμών και την απόσταση μεταξύ των. Η απόσταση μεταξύ των συρμών σε διπλή γραμμή, εξαρτάται από το μήκος των τμημάτων αποκλεισμού και το

πλήθος για το διαχωρισμό των συρμών, σε διπλή γραμμή με κυκλοφορία σε μία κατεύθυνση.

Η απόσταση των σημάτων είναι συνάρτηση του μεγαλύτερου μήκους πέδησης απ' όλα τα είδη των συρμών.

Η χωρητικότητα της γραμμής μπορεί να εκφρασθεί ως

$C_p = C_t \cdot E$	(41)
---------------------	-------------

όπου

C_p = πρακτική χωρητικότητα τμήματος γραμμής

C_t = θεωρητική χωρητικότητα τμήματος γραμμής

E = ικανότητα διεκπεραίωσης για ένα τμήμα γραμμής

Η χωρητικότητα ενός τμήματος γραμμής καθορίζεται από το επί μέρους τμήμα με τη μικρότερη χωρητικότητα.

Επίσης τυχαίοι παράγοντες, προκαλούν καθυστερήσεις οι οποίες αποτέλεσμα έχουν τη μείωση της χωρητικότητας. Οι παράγοντες αυτοί αντιμετωπίζονται στατιστικά εφόσον οι συνθήκες εμφάνισής τους είναι ίδιες για ένα μεγάλο πλήθος συρμών.

Η θεωρητική χωρητικότητα του επί μέρους τμήματος γραμμής ορίζεται από τη σχέση

$C_t = \frac{\text{Time} \cdot N}{H_n}$	(42)
---	-------------

όπου

Time = χρονικό διάστημα παρατήρησης π.χ. 1440 min/ ημέρα

N = πλήθος κατευθύνσεων

H_n = η μέγιστη χρονοαπόσταση σε N κατευθύνσεις

Η πρακτική χωρητικότητα κυμαίνεται περίπου στο 75% της θεωρητικής. Επομένως ο συντελεστής χρήσης της γραμμής κυμαίνεται περί το 0,75.

5.3.6 Συστήματα αποκλεισμού

Επειδή όλες οι περιγραφείσες μέθοδοι καθώς και η νέα μέθοδος που αναπτύσσεται στο κεφ. 6 βασίζονται στο τμήμα αποκλεισμού, κρίνεται σκόπιμο να γίνει μία σύντομη αναφορά στα συνηθέστερα συστήματα με τα οποία εξασφαλίζεται η ασφαλής κυκλοφορία των συρμών.

Υφίστανται τρεις τεχνικές οδήγησης [80]:

- α) η οδήγηση σε απόλυτη απόσταση χώρου
- β) η οδήγηση με “ηλεκτρική ορατότητα” [13], [72], [73], [74], [76], [87], [96], [133], [134], σε απόσταση σταθερού μήκους πέδησης
- γ) η οδήγηση με “ηλεκτρική ορατότητα” σε απόσταση μεταβαλλόμενη ανάλογα της ταχύτητας

Κατά την οδήγηση σε απόσταση χώρου, η ελάχιστη χρονοαπόσταση εξασφαλίζεται από σταθερή σηματοδότηση (πλευρικά σήματα), η οποία οριοθετεί τα τμήματα αποκλεισμού. Στην περίπτωση αυτή, σε κάθε τμήμα αποκλεισμού επιτρέπεται να ευρίσκεται (κινείται ή σταθμεύει) το πολύ ένας (1) συρμός.

Κατά την οδήγηση με “ηλεκτρική ορατότητα” απαιτείται η συνεχής μέτρηση και αξιολόγηση όλων των στοιχείων που είναι για την ασφαλή ακολουθία ενός επόμενου

συρμού ως προς τον αμέσως προηγούμενο (εξασφάλιση της μη πρόσπτωσης). Αυτό εξασφαλίζεται με τη συνεχή δήλωση της θέσης του μέσω ενός γραμμικού αγωγού και λαμβάνει από το κέντρο ελέγχου κυκλοφορίας συρμών, εντολές πορείας ή πέδησης. Στην περίπτωση αυτή η πλευρική σηματοδότηση, αν υφίσταται, είναι απενεργοποιημένη.

5.3.7 Πλευρική σηματοδότηση

Η πλευρική σηματοδότηση περιλαμβάνει εγκαταστάσεις οι οποίες σκοπό έχουν να διαβιβάζουν κατ'αρχήν στον μηχανοδηγό πληροφορίες για την κατάσταση (ελεύθερα ή όχι) των τμημάτων γραμμής στα οποία πρόκειται να εισέλθει με τον συρμό. Επί πλέον, μπορεί να δοθούν και πληροφορίες ως προς την ταχύτητα με την οποία πρόκειται να κινηθεί ο συρμός στα υπόψη τμήματα.

Επειδή οι συρμοί αποτελούνται από σειρά ελκομένων μονάδων, παρουσιάζεται ένα μήκος μη αμελητέο (στην Ευρώπη από 200 m μέχρι και 700 m) καθώς και σημαντικό βάρος. Επομένως το μήκος πέδησης για κάθε μια κατηγορία συρμών πρέπει να εξασφαλίζεται από ανάλογο μήκος εντός της απόστασης αποκλεισμού, έτσι ώστε ένας επόμενος συρμός να μη εισέρχεται σ' ένα αμέσως επόμενο κατειλημμένο τμήμα αποκλεισμού. Τα μήκη αυτά που εφαρμόζονται στην ελεύθερη γραμμή και σε γραμμή διέλευσης στην περιοχή σταθμών, εξασφαλίζονται από το πρόσημα, το οποίο τοποθετείται σε απόσταση μέγιστου μήκους πέδησης πριν από το επόμενο κύριο σήμα.

Παλαιότερα, η απόσταση μεταξύ δύο σταθμών αποτελούσε ως επί το πλείστον τα τμήματα αποκλεισμού τα οποία οριοθετούντο μεταξύ των σημάτων εισόδου - εξόδου για το σταθμό και μεταξύ του σήματος εξόδου και σήματος εισόδου του επόμενου σταθμού για τη γραμμή. Βεβαίως στην περίπτωση αυτή, τα σήματα μπορεί να ήταν και μία σκυτάλη ή ένα χαρτί διαβεβαίωσης της ελεύθερης πορείας, αφού όλες οι διαδικασίες απαιτούσαν την ύπαρξη σταθμαρχών. Όλες οι εγκαταστάσεις

σηματοδότησης ήταν κατ'αρχήν μηχανικές όπου οι σημαφόροι ήταν οι βραχίονες (κύριο σήμα) και ο δίσκος (πρόσημα).

Με την γέννηση του αυτόματου τμήματος αποκλεισμού στις ερήμους της Αμερικής [112], άρχισε η τοποθέτησή του στις αρχές του 1ου Παγκοσμίου πολέμου στο Μετρό του Βερολίνου. Οι μηχανικοί σημαφόροι αντικαθίστανται από τα φωτεινά σήματα, οι συρμοί επενεργούν στην ένδειξη των σημάτων μέσω ηλεκτρικών κυκλωμάτων επί της γραμμής και όλοι οι χρόνοι διαδικασίας χειρισμού των μηχανικών εγκαταστάσεων πρακτικά μηδενίζονται.

Στην συνέχεια χρησιμοποιείται από όλα τα προηγμένα δίκτυα μέχρι σήμερα, όπου οι ταχύτητες δεν υπερβαίνουν τα 160 km/h [11], [56]. Στις υψηλότερες ταχύτητες, χρησιμοποιείται όπως προαναφέρθηκε, η οδήγηση με "ηλεκτρική ορατότητα".

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής, θεωρείται σαν σύστημα σηματοδότησης το σύστημα πρόσημα - κύριο σήμα (H/V) με αυτόματο τμήμα αποκλεισμού, που θα ικανοποιούσε γραμμές με ταχύτητες μέχρι 160 km/h [11].

Όπου κρίνεται αναγκαίο, θα παρατίθενται συγκριτικοί αντίστοιχοι χρόνοι διαδικασιών εγκαταστάσεων αποκλεισμού.

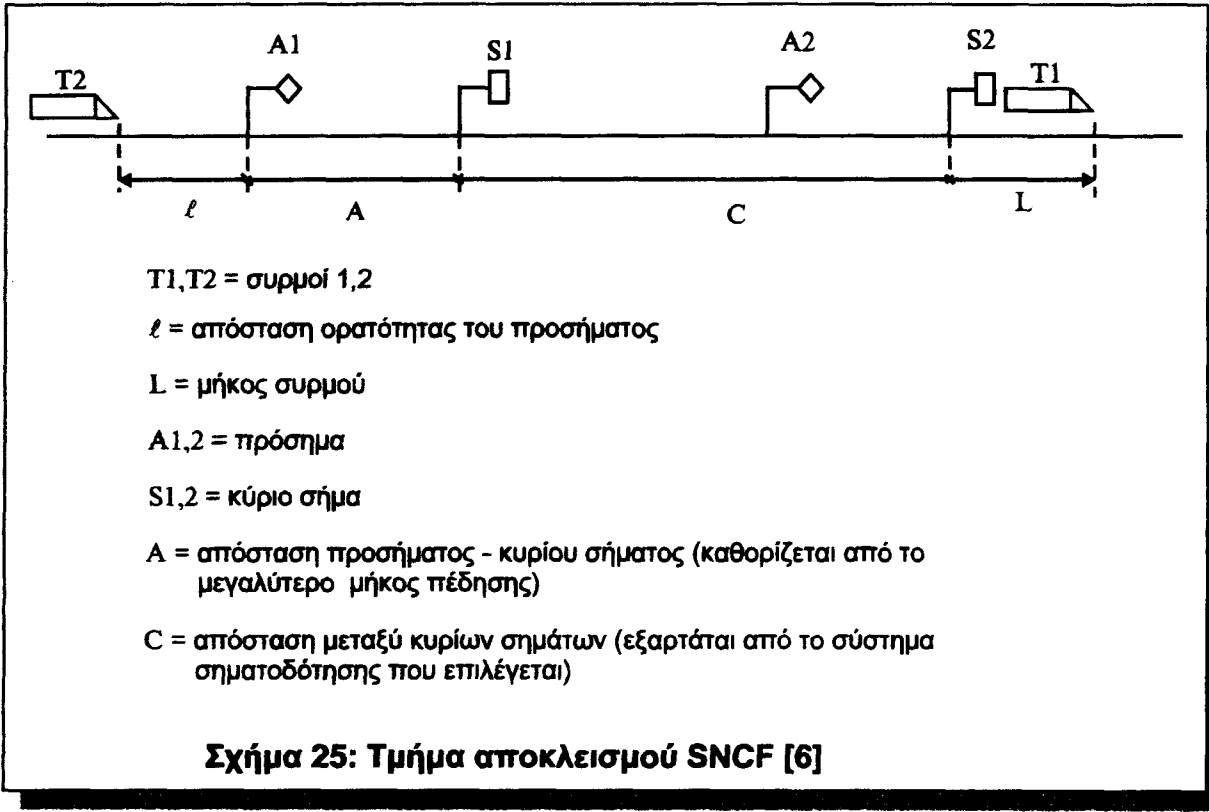
Παρακάτω δίνονται σχηματικά τα τμήματα αποκλεισμού όπως αυτά χρησιμοποιούνται σε 4 ηγετικούς στην παγκόσμια σιδηροδρομική ανάπτυξη Σιδηροδρομικούς Οργανισμούς, καθώς και στον ΟΣΕ.

5.3.8 Τμήμα αποκλεισμού

Η φιλοσοφία για τη δημιουργία και εξασφάλιση ενός τμήματος αποκλεισμού, δεν διαφέρει ουσιαστικά από δίκτυο σε δίκτυο. Οι μικροδιαφορές οφείλονται στην τεχνολογία που διαθέτει κάθε δίκτυο, λόγω της οποίας προστίθενται ή αφαιρούνται

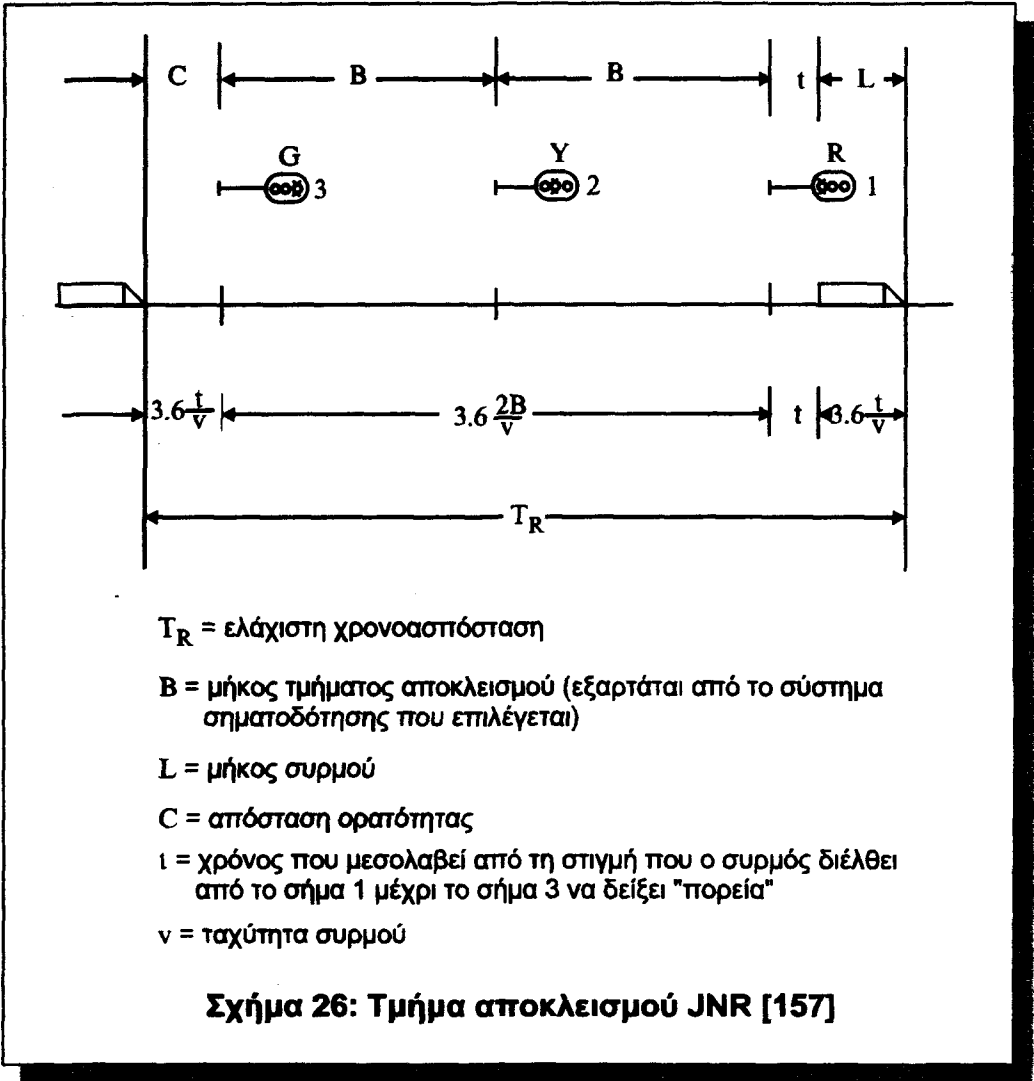
κάποιοι χρόνοι διαδικασίας χειρισμού των συστημάτων αποκλεισμού. Παρακάτω αναφέρονται τα τμήματα αποκλεισμού 4 μεγάλων δικτύων, της Γαλλίας, της Ιαπωνίας της Γερμανίας της Μεγάλης Βρετανίας και του ΟΣΕ.

Γαλλία (SNCF)



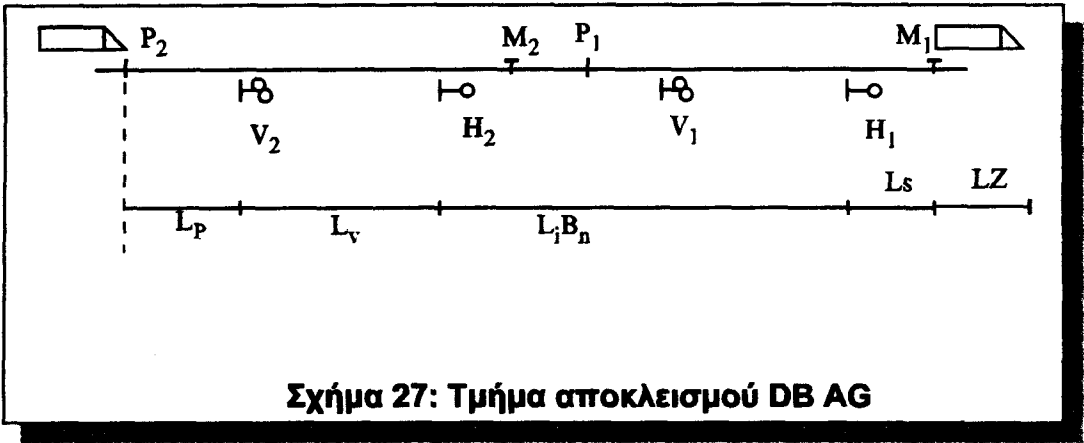
Με ανάλογη μείωση του C, προκύπτει το σύστημα M.A.S. για 3, 4 ή περισσότερες ενδείξεις (aspects).

Ιαπωνία (JNR)

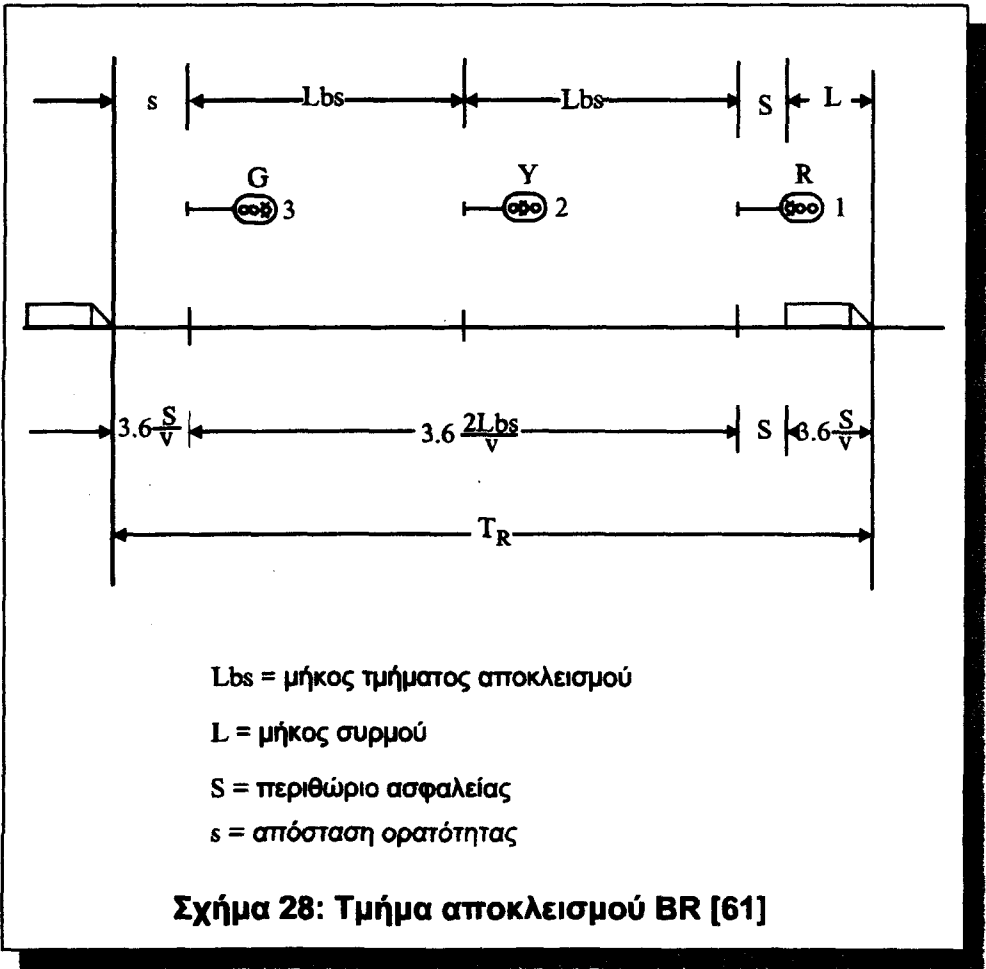


Γερμανία (DB AG)

Όπως και στους Γαλλικούς Σιδ/μους SNCF, με ανάλογη μείωση του B, προκύπτει το σύστημα M.A.S. για 3, 4 ή περισσότερες ενδείξεις (aspects).

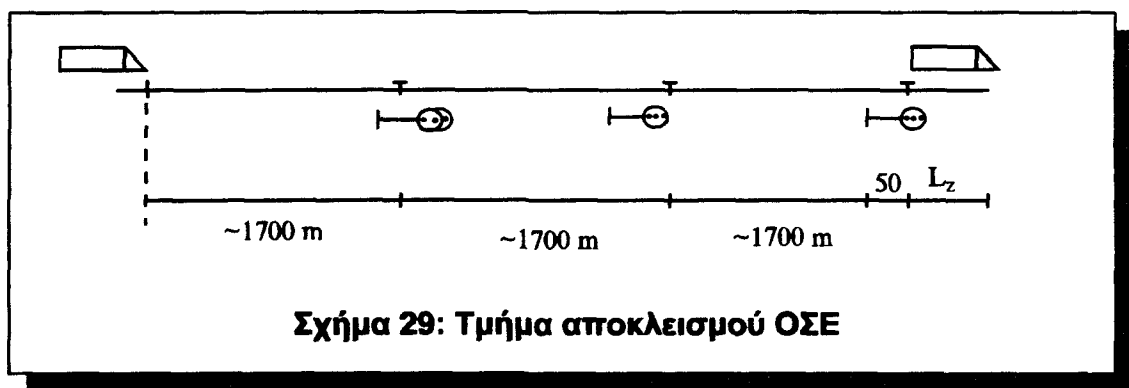


Μ. Βρετανία (BR)



Ελλάς (ΟΣΕ)

Ο ΟΣΕ, στα πλαίσια εκσυγχρονισμού του δικτύου του, εγκαθιστά σύστημα σηματοδότησης M.A.S., 3 ενδείξεων (πράσινο, κίτρινο, κόκκινο) με αποστάσεις μεταξύ των κυρίων σημάτων περίπου 1700 m. Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο συρμών στην ελεύθερη γραμμή καθορίζεται ως το κατωτέρω σχήμα.



Επειδή από τα παραπάνω διαφαίνεται ότι πολλά δίκτυα χρησιμοποιούν για μήκη τμημάτων αποκλεισμού < 2000 m σύστημα σηματοδότησης όπου επί των κυρίων σημάτων είναι εγκατεστημένες οι φωτεινές ενδείξεις των προσημάτων (οι ιστοί των προσημάτων καταργούνται), κρίνεται σκόπιμη μία συνοπτική περιγραφή της λειτουργίας του συστήματος αυτού.

5.3.9 Σύστημα σηματοδότησης με ένδειξη κατάστασης περισσότερων τμημάτων αποκλεισμού (M.A.S.)

Σύμφωνα με την προαναφερθείσα έννοια του τμήματος αποκλεισμού, τα χρησιμοποιούμενα κύρια σήματα δείχνουν απαγόρευση εισόδου (Σ) ή άδεια εισόδου (II) στο επόμενο τμήμα. Το πρόσημα συμπληρώνει το κύριο σήμα και προαναγγέλλει την ένδειξη του (σ) ή (π) αντίστοιχα. Το σύστημα αυτό της σηματοδότησης μπορεί να χαρακτηριστεί ως σύστημα κύριου σήματος – προσήματος (H/V) ή σύστημα ενός τμήματος.

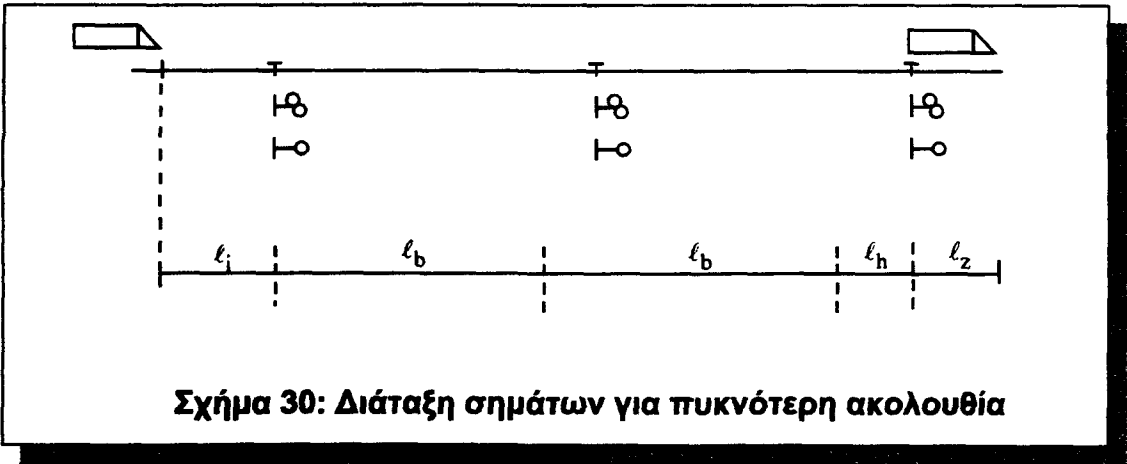
Αν όμως μέσω ενός σήματος επιδιώκεται ή προαναγγελείται όχι μόνο της κατάστασης (ελεύθερο ή όχι) του επόμενου τμήματος αλλά περισσότερων τμημάτων, τότε προκύπτει σύστημα σηματοδότησης με ένδειξη κατάστασης περισσότερων τμημάτων, το οποίο ονομάζεται και σύστημα μόνο κυρίων σημάτων. Την απλούστερη περίπτωση αποτελεί το σύστημα δύο τμημάτων (3 – aspects). Στο σύστημα αυτό απαιτείται

- η ένδειξη “απαγόρευση εισόδου” (Σ)
- η ένδειξη “άδεια εισόδου στο επόμενο τμήμα, απαγόρευση εισόδου στο μεθεπόμενο τμήμα” (Πσ)
- η ένδειξη “άδεια εισόδου και για τα δύο τμήματα” (Ππ)

Για την περίπτωση συστήματος 3 τμημάτων απαιτούνται αντίστοιχα 3 ενδείξεις άδειας εισόδου “άδεια εισόδου για ένα, δύο ή τρία τμήματα” (Πσ, Ππσ, Πππ).

Η πιο πυκνή ακολουθία συρμών επιτυγχάνεται

- για το σύστημα με ένα τμήμα αποκλεισμού, όταν το μήκος ℓ_b είναι ίσο με το μήκος πέδησης ℓ_B , (βλ. σχ 30).

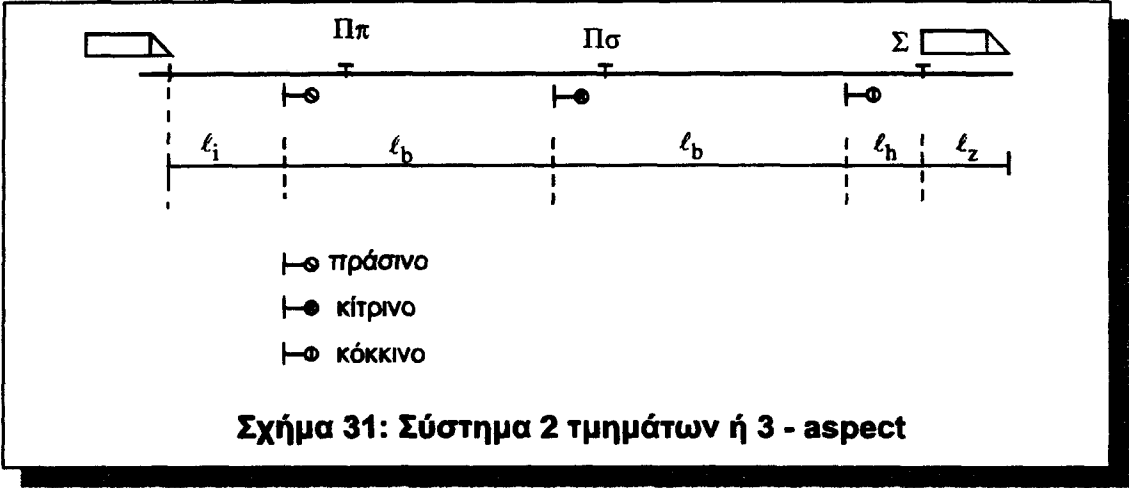


ΩΣ ΕΚ ΤΟΥΤΟΥ

$$z_{1\min} = (\ell_i + 2\ell_B + \ell_h + \ell_z) / v \cdot 3,6$$

(43)

- για το σύστημα 2 τμημάτων στο οποίο γενικά ισχύει $\ell_b > \ell_B$



$$z_{2\min} = (\ell_i + 2\ell_b + \ell_h + \ell_z) / v \cdot 3,6$$

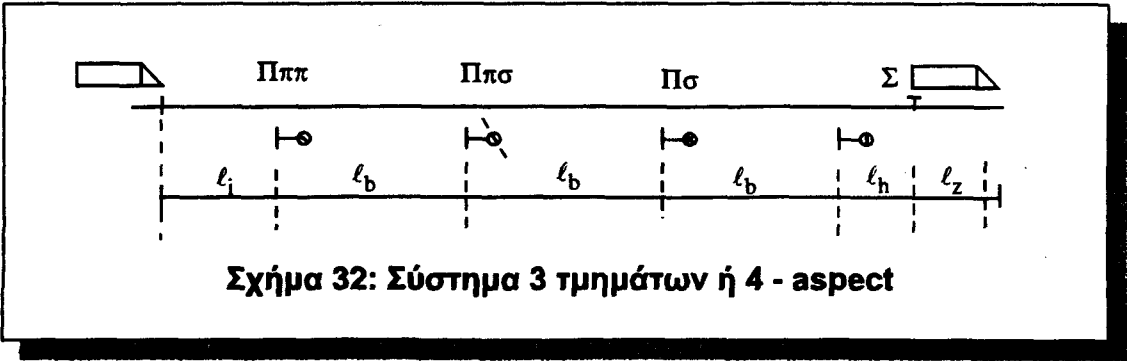
(44)

όπου για $\ell_b = \ell_B$ έπεται $z_{2\min} = z_{1\min}$

Αυτό σημαίνει ότι με το σύστημα δύο τμημάτων, επιτυγχάνεται η ίδια ελάχιστη χρονοαπόσταση με αυτήν του ενός τμήματος, μόνο στην περίπτωση $\ell_b = \ell_B$.

Το πλεονέκτημα του συστήματος των δύο τμημάτων έγκειται στην επίτευξη ενός “ηπιότερου” τρόπου οδήγησης.

Οι Σοβιετικοί σιδ/μοι [99] καταργούν τις αποστάσεις ορατότητας και ασφάλειας με συνέπεια η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των συρμών ν’ αποτελείται από 3 τμήματα.



$$z_3 = (\ell_i + 3\ell_b + \ell_h + \ell_z) / v \cdot 3,6 \quad (45)$$

Επειδή η προειδοποίηση της “απαγόρευσης εισόδου” (Ππσ) δίνεται σε απόσταση $2\ell_b$ πριν το κύριο σήμα, έπεται ότι το μήκος αυτό μπορεί να τεθεί ίσο με το μήκος πέδησης, επομένως $2\ell_b = \ell_B$. Έτσι επιτυγχάνεται η ελάχιστη χρονοαπόσταση

$$z_{3\min} = (\ell_i + \frac{3}{2}\ell_B + \ell_h + \ell_z) / v \cdot 3,6 \quad (46)$$

Η χρονοαπόσταση αυτή όπως φαίνεται είναι μικρότερη και από τη $z_{1\min}$ και $z_{2\min}$.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι για n - aspects ο συντελεστής του μήκους πέδησης ℓ_B είναι $\frac{n-1}{n-2}$, όπως προκύπτει από τους Γαλλικούς, Γερμανικούς και Ιαπωνικούς Σιδ/μους [6], [99], [157].

Οι Βρετανικοί Σιδ/μοι θεωρούν το συντελεστή αυτόν ακέραιο όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται στο [61].

5.3.10 Οι ακολουθίες των συρμών στο δρομολόγιο

Ενα δρομολόγιο περιέχει συρμούς διαφόρων χαρακτηριστικών και ταχυτήτων, οι οποίοι κατ' αρχήν διακρίνονται σε:

- επιβατικούς και
- εμπορευματικούς

και στη συνέχεια σε υποκατηγορίες ανάλογα με τη σύνθεση και το σκοπό που εξυπηρετούν.

Ετσι, αναφέρονται οι

- υπερταχείς επιβατικοί συρμοί μεγάλων αποστάσεων
- ταχείς επιβατικοί συρμοί μεγάλων αποστάσεων
- κοινοί επιβατικοί συρμοί μεσαίων αποστάσεων
- προαστιακοί συρμοί
- ταχείς διερχόμενοι εμπορευματικοί συρμοί
- κοινοί εμπορευματικοί συρμοί
- στρατιωτικοί συρμοί

Οι μέγιστες ταχύτητες που εμφανίζονται σε συμβατικά δίκτυα κυμαίνονται από 50 km/h έως 160 km/h.

Όταν όλοι οι συρμοί ενός δικτύου είναι υποχρεωμένοι να διέλθουν από έναν κοινό διάδρομο κυκλοφορίας, τότε οι συρμοί κινούνται εναλλάξ και συνήθως παρατηρούνται όλες οι πιθανές ακολουθίες [98], [123], [148]. Μία από τις πιθανές ακολουθίες, είναι να διέλθουν διαδοχικά συρμοί ίδιων χαρακτηριστικών. Τότε γίνεται λόγος για κίνηση των συρμών σε δέσμες που εκφράζεται από το βαθμό δεσμοποίησης ρ και οι τιμές κυμαίνονται από -1 έως +1 ανάλογα με τη σειρά που εμφανίζονται και διαδέχονται οι συρμοί μεταξύ τους [12], [99], [104].

Συχνά σ' ένα δρομολόγιο παρατηρείται μία ακανόνιστη κατανομή των ακολουθιών, η οποία εκφράζεται μαθηματικά ως τυχαία κατανομή και αριθμητικά από το συντελεστή συσχέτισης ρ , ο οποίος στην περίπτωση αυτή καλείται και συντελεστής δεσμοποίησης. Ο συντελεστής ρ εκφράζεται γενικά από τη σχέση:

$$\rho = \frac{\sum xy - \sum x \cdot \sum y / N}{\sqrt{[\sum x^2 - (\sum x)^2 / N] \cdot [\sum y^2 - (\sum y)^2 / N]}}$$

(47)

όπου x και y είναι οι τιμές απόκλισης από έναν προσωρινό μέσο όρο. Επειδή στην περίπτωση των ακολουθιών των συρμών υπάρχει αυτοσυσχέτιση [33] έπεται ότι $\sum x = \sum y$ και $\sum x^2 = \sum y^2$. Ως εκ τούτου

$$\rho = \frac{\sum xy - (\sum x)^2 / N}{\sum x^2 - (\sum x)^2 / N} \quad (48)$$

Στην εντονότερη δεσμοποίηση ο συντελεστής ρ τείνει στο **+1**, στη χαλαρότερη στο **-1**, ενώ στην τυχαία περίπτωση στο **0** [60]. Η δεσμοποίηση των συρμών, αποτελεί ένα σημαντικό χαρακτηριστικό δόμησης ενός δρομολογίου, ενώ ο συντελεστής ρ ένα κριτήριο για την υφιστάμενη ποιότητα λειτουργίας καθώς και για το μέγεθος της χωρητικότητας.

Ως γνωστό, η χωρητικότητα είναι το αντίστροφο της χρονοαπόστασης. Το $\rho=+1$ σημαίνει ότι η μέση ελάχιστη χρονοαπόσταση μεταξύ των συρμών είναι η ελάχιστη δυνατή που μπορεί να επιτευχθεί, ενώ στο $\rho=-1$ αντιστοιχεί η μέγιστη δυνατή.

Στην πραγματικότητα οι εμφανιζόμενες περιπτώσεις δεσμοποίησης χαρακτηρίζονται από συντελεστή ρ που η τιμή του κυμαίνεται γύρω από το 0. Μία από όλες αυτές τις περιπτώσεις έχει τα χαρακτηριστικά αυτής που προκύπτει από τον υπολογισμό με τη θεωρία των πιθανοτήτων. Στην περίπτωση των τιμών αυτών ($\rho \sim 0$) η μέση ελάχιστη χρονοαπόσταση κυμαίνεται κάπου μεταξύ των δύο άλλων περιπτώσεων ($\rho=+1$ και $\rho=-1$) [99], [100]. Φαίνεται λοιπόν ότι και η χωρητικότητα ως αντίστροφο μέγεθος της ελάχιστης χρονοαπόστασης μεταβάλλεται ανάλογα με την τιμή που παίρνει το ρ .

Για μακροπρόθεσμες διερευνήσεις, δεν είναι δυνατόν να υπολογιστεί ακριβώς εξ αρχής ο βαθμός δεσμοποίησης των μελλοντικών ακολουθιών. Για το λόγο αυτό, θεωρείται σκόπιμο να υπολογιστεί η συχνότητα κάθε ακολουθίας σύμφωνα με τους κανόνες των πιθανοτήτων [39], [66], [99]. Αν π.χ. υφίστανται 2 κατηγορίες συρμών T και B τότε

$$f_{TT} = \frac{N_T \cdot N_T}{N} \quad (49)$$

$$f_{BB} = \frac{N_B \cdot N_B}{N}$$
(50)

$$f_{TB} = f_{BT} \frac{N_B \cdot N_T}{N}$$
(51)

Επομένως σχηματίζεται ο πίνακας των ακολουθιών

Πίνακας 7: Περιπτώσεις ακολουθιών μεταξύ συρμών T και B

Προηγούμενος Συρμός	Επόμενος συρμός		
	T	B	N
T	f_{TT}	f_{TB}	N_T
B	f_{BT}	f_{BB}	N_B
	N_T	N_B	N

και με τον πίνακα των χρονοαποστάσεων

Πίνακας 8: Χρονοαποστάσεις που αντιστοιχούν στις περιπτώσεις ακολουθιών

Προηγούμενος Συρμός	Επόμενος συρμός	
	T	B
T	z_{TT}	z_{TB}
B	z_{BT}	z_{BB}

προκύπτει ο συνολικός χρόνος κατάληψης

$$B = f_{TT} \cdot z_{TT} + f_{BB} \cdot z_{BB} + f_{TB} \cdot z_{TB} + f_{BT} \cdot z_{BT}$$
(52)

και η μέση ελάχιστη χρονοαπόσταση

$$\bar{z}_{\min} = \frac{B}{N} [\text{min}] \quad (53)$$

Για διερεύνηση με υφιστάμενο δρομολόγιο δεν είναι πάντα σίγουρο ότι η παρατηρηθείσα τιμή ρ αποκλίνει από την τιμή $\rho=0$. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται ως κριτήριο, το τεστ της κατανομής Student [Potthoff].

Στην ανάπτυξη της νέας μεθόδου διαίρεσης της γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού και κατά συνέπεια υπολογισμού της μέσης ελάχιστης χρονοαπόστασης, χρησιμοποιείται συντελεστής δεσμοποίησης $\rho=0$, με βάση τον οποίο οι ακολουθίες υπολογίζονται με τη θεωρία των πιθανοτήτων.

5.3.11 Οι περιγραφείς μέθοδοι συνοπτικά

Συνοψίζοντας όσα προαναφέρθηκαν για τη διαίρεση τμήματος γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού, για τον υπολογισμό της ελάχιστης χρονοαπόστασης και τον υπολογισμό της χωρητικότητας στην ελεύθερη γραμμή, συνάγεται ότι:

α) ως προς τη διαίρεση σε τμήματα αποκλεισμού

- η βάση για τη διαίρεση σε τμήματα αποκλεισμού είναι ο χρόνος αποκλεισμού
- η διαίρεση γίνεται συνήθως για ακολουθία B/B στην οποία οι συρμοί είναι διερχόμενοι από ενδιάμεσους σταθμούς
- κατά τη διαίρεση προτιμάται, τα πρώτα και τα τελευταία τμήματα αποκλεισμού να είναι μικρού μήκους, έτσι ώστε να διευκολύνονται οι ακολουθίες T/B και B/T αντίστοιχα
- κατά τη διαίρεση πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι γραμμές ταχύτητας των βασικών συρμών

- λαμβάνεται υπόψη η επιθυμητή ελάχιστη χρονοαπόσταση, κάτι που μπορεί να επιτευχθεί μόνο όταν όλοι οι συρμοί του δρομολογίου έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά. Για την περίπτωση των διαφορετικών κατηγοριών η διαίρεση γίνεται όπως προαναφέρθηκε, εκτός αν άλλως απαιτείται (π.χ. συγκεκριμένη ακολουθία)
- δεν φαίνεται να υφίστανται τυποποιημένες, μέθοδοι διαίρεσης ελεύθερης γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού, με την έννοια της ποσοτικοποίησης των υπεισερχομένων μεγεθών. Αυτό απορρέει και από τις εργασίες και μελέτες στα [19], [38] και [48].

Σήμερα και από τη 10ετία του '80, οι Γερμανικοί Σιδ/μοι χρησιμοποιούν ένα πρόγραμμα υπολογισμού χωρητικότητας (γραμμής, σταθμών) το STRELE [25], [49], [59], [125], στο οποίο φαίνεται η εισαγωγή των Χ.Θ. των κυρίων σημάτων (που αποτελούν και τα τμήματα αποκλεισμού), με δυνατότητα αλλαγής των θέσεων αυτών μεμονωμένα. Αυτό σημαίνει ότι σήμερα δεν υφίσταται συγκεκριμένη μέθοδος διαίρεσης σε τμήματα αποκλεισμού στους Γερμανικούς Σιδ/μους, κάτι που επιβεβαιώθηκε κατά την αναζήτηση αντίστοιχων κανονισμών από τη DB AG.

β) ως προς την ελάχιστη χρονοαπόσταση

- η βάση για τον υπολογισμό της ελάχιστης χρονοαπόστασης είναι το τμήμα αποκλεισμού
- η ελάχιστη χρονοαπόσταση κάθε ακολουθίας πρέπει να υπολογίζεται ως προς κάθε τμήμα αποκλεισμού. Η μεγαλύτερη εξ αυτών θεωρείται η ζητούμενη ελάχιστη χρονοαπόσταση. Προς τούτο και για την ευκολία των υπολογισμών, (δεν απαιτείται PC [141]), προτείνεται η ομαδοποίηση των συρμών σε 3 ή 4 κατηγορίες και κατασκευάζονται τα ανάλογα μητρώα

γ) ως προς τη χωρητικότητα

- όλες οι μέθοδοι θεωρούν ότι η χωρητικότητα είναι αντιστρόφως ανάλογη της ελάχιστης χρονοαπόστασης
- οι μέθοδοι διαφοροποιούνται ως προς την ποιότητα λειτουργίας και εξυπηρέτησης που επιθυμεί κάθε Σιδηροδρομικός Οργανισμός. Προς τούτο στον υπολογισμό της χωρητικότητας υπεισέρχονται διάφοροι παράγοντες οι οποίοι κυρίως αντιμετωπίζουν το πρόβλημα των ανωμαλιών (καθυστερήσεων) που πιθανώς να εμφανιστούν κατά τη διάρκεια λειτουργίας. Ετσι, τα περιθώρια άνεσης που παρεμβάλλονται μεταξύ των συρμών μιας ακολουθίας διαφέρουν [27], [54], [79], [119], [153]. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την εξαγωγή διαφόρων τιμών χωρητικότητας, για το ίδιο τμήμα γραμμής. Συνήθως η τιμή $\bar{\tau}=5$ min κατά μέσο όρο θεωρείται ικανοποιητική [9], [18], [29].
- η τιμή 0,75 συντελεστή χρήσης σε μερικά δίκτυα, μολονότι θεωρείται δυσμενής [143], δικαιολογείται μόνο κατά τις ώρες αιχμής. Εν τούτοις, οι Ιαπωνικοί σιδηρόδρομοι υιοθετούν το συντελεστή αυτόν, καθόσον το επίπεδο λειτουργίας των αγγίζει το “άριστα” [44].
- η τιμή της χωρητικότητας για ένα δεδομένο τμήμα γραμμής δεν αποτελεί σταθερό μέγεθος και μεταβάλλεται ανάλογα με την εκτίμηση των παραγόντων που υπεισέρχονται στις σχέσεις υπολογισμού της [156].

6. ΝΕΑ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΙΡΕΣΗΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΣΕ ΤΜΗΜΑΤΑ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΧΡΟΝΟΑΠΟΣΤΑΣΗΣ

Στην παρούσα εργασία, αναπτύσσεται μία μέθοδος διαίρεσης ενός τμήματος γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού, με βάση την εξυπηρέτηση των ακολουθιών με συρμούς διαφορετικών ταχυτήτων [2].

Με τη μέθοδο που θ' αναπτυχθεί στην παρούσα εργασία, γίνεται προσπάθεια εύρεσης ενός τρόπου διαίρεσης ενός τμήματος γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού, έτσι ώστε

- να εξασφαλίζεται τουλάχιστον σε απόσταση τμήματος αποκλεισμού η κίνηση των συρμών των ακολουθιών με $V_{k+1} > V_k$
- να μην υπάρχει στο δρομολόγιο εκ κατασκευής “κράτημα” [28]
- το πρώτο και το τελευταίο τμήμα αποκλεισμού να έχει τέτοιο μήκος, που να εξασφαλίζει μία μικρή χρονοαπόσταση τόσο κατά την έξοδο των συρμών από έναν σταθμό όσο και προ της εισόδου των σε γραμμές στάθμευσης ή υπέρβασης
- η ελάχιστη χρονοαπόσταση να καθορίζεται ή από το πρώτο ή από το τελευταίο (προς την κατεύθυνση κίνησης του συρμού) τμήμα αποκλεισμού
- η διαίρεση σε τμήματα αποκλεισμού να μη βασίζεται οπωσδήποτε στη φιλοσοφία των ισόχρονων τμημάτων αποκλεισμού

Ως “εξυπηρέτηση” νοείται να επιτευχθεί μία καλύτερη ελάχιστη χρονοαπόσταση για τις ακολουθίες B/T και T/B απ' ότι αν η γραμμή διαιρείτο σε ίσα μήκη.

Η μέθοδος αυτή δέχεται να κυκλοφορούν στη γραμμή συρμοί διαφορετικών ταχυτήτων. Η διαίρεση σε τμήματα αποκλεισμού θα γίνεται με τη βοήθεια ενός συντελεστού λ , ενώ ο υπολογισμός της ελάχιστης χρονοαπόστασης θα έχει άμεση σχέση με το συντελεστή αυτόν. Ο συντελεστής λ θα είναι μεγαλύτερος της μονάδας έτσι ώστε να καλύπτεται μέρος ή το σύνολο των ακολουθιών B/T. Κατά την ανάπτυξη

της μεθόδου, εξετάζεται και η περίπτωση T/B έτσι ώστε να ικανοποιείται η δυνατή ελάχιστη χρονοαπόσταση. Στην περίπτωση που ο συντελεστής είναι ίσος της μονάδας, η διαίρεση θα δίνει ίσα τμήματα αποκλεισμού.

Η μέθοδος αυτή επιτρέπει τον εύκολο και ταχύ υπολογισμό της ελάχιστης χρονοαπόστασης μιας οποιαδήποτε ακολουθίας V_{k+1} / V_k , ανάλογα με το αν η σχέση V_{k+1} / V_k είναι μεγαλύτερη, ίση ή μικρότερη του συντελεστή λ και των υποσυντελεστών λ' , λ'' και μ που χαρακτηρίζουν τη μέθοδο αυτή. Οι ταχύτητες V_k και V_{k+1} καθώς και το μήκος του συρμού, θα περιλαμβάνονται στις σχέσεις υπολογισμού των ελάχιστων χρονοαποστάσεων.

Η ανάπτυξη της μεθόδου θα γίνει με την παραδοχή της οδήγησης σε απόσταση χώρου και κατά συνέπεια με πλευρική σηματοδότηση.

6.1 Παραδοχές

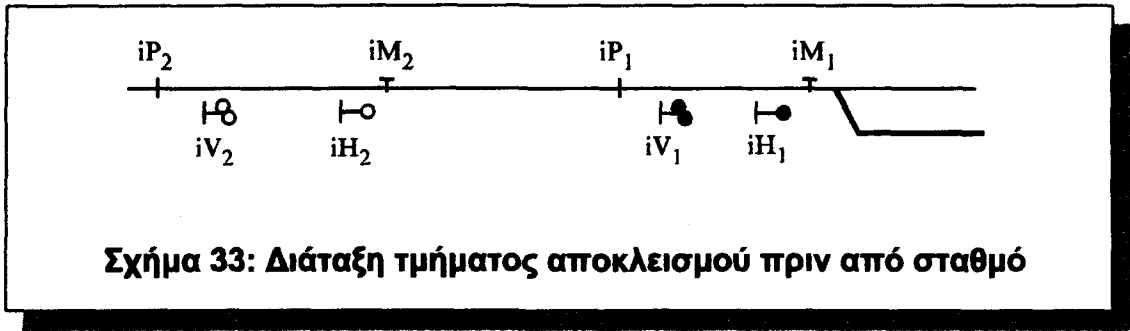
Παραδοχές που λαμβάνονται υπόψη για την ανάπτυξη της νέας προτεινόμενης μεθόδου:

- οι συρμοί έχουν σταθερή ταχύτητα (ισχύει $s = v \cdot t$) [46]
- ισχύει η θεωρία του τμήματος αποκλεισμού [26], [50], κατά την οποία ένας επόμενος συρμός διατηρώντας την ταχύτητά του, μπορεί να ευρίσκεται τουλάχιστον στο σημείο ορατότητας iP_n την ίδια χρονική στιγμή κατά την οποία ένας προηγούμενος συρμός διέλθει με τον τελευταίο του άξονα το μονωτικό αρμό iM_{n-1} , (σχ. 2).
- τα τμήματα αποκλεισμού θεωρούνται σταθερά, και είναι εξοπλισμένα με αυτόματο σύστημα σηματοδότησης κυρίου σήματος - προσήματος (H/V), κατά το οποίο οι χρόνοι σχηματισμού και αναίρεσης των διαδρομών θεωρούνται αμελητέοι

- τα τμήματα αποκλεισμού μπορεί να είναι εξοπλισμένα με σήματα τα οποία να δίνουν πληροφορίες για περισσότερα του ενός συνεχόμενα τμήματα αποκλεισμού (σύστημα M.A.S)
- ελάχιστη απόσταση προσήματος – κύριου σήματος $L_v = 1000 \text{ m}$.
- δεν υφίσταται μειωμένη απόσταση L_v [42]
- θεωρείται ένα τμήμα γραμμής i μεταξύ δύο σταθμών Bf_2 και Bf_1 στους οποίους οι συρμοί μπορούν να έχουν διέλευση, στάθμευση, υπέρβαση και διασταύρωση
- εντός του τμήματος γραμμής i δεν είναι δυνατή ή επιτρεπτή η υπέρβαση των συρμών [5]
- θεωρείται η ύπαρξη ενός σήματος εξόδου στο σταθμό Bf_2 κι ενός σήματος εισόδου στο σταθμό Bf_1
- το σήμα εξόδου στο σταθμό Bf_2 έχει πρόσημα και σημείο ορατότητας με την προϋπόθεση ότι οι συρμοί στο σταθμό αυτό έχουν διέλευση
- θεωρείται ότι οι συρμοί έχουν τέτοια ισχύ, ώστε να υπερνικούν όλες τις μικρότερες των επιθυμητών ορίων αντιστάσεις και να κινούνται με την ταχύτητα την οποία μπορούν ν' αναπτύξουν
- το τμήμα γραμμής i έχει μία γραμμή ανά κατεύθυνση και στη παρούσα εργασία εξετάζεται η κυκλοφορία από Bf_2 προς Bf_1
- η σχέση ταχυτήτων με βάση την οποία θα γίνει η διαίρεση σε τμήματα αποκλεισμού, η ταχύτητα του επόμενου συρμού ($v_{επ}$) θεωρείται μεγαλύτερη από αυτήν του προηγούμενου ($v_{πρ}$), $v_{επ} > v_{πρ}$, ήτοι $v_{επ} / v_{πρ} > 1$
- ως μέγιστη ταχύτητα στο δρομολόγιο θεωρούνται τα 160 km/h ενώ δεν υφίσταται όριο για την ελάχιστη ταχύτητα
- ενδιάμεσες ταχύτητες θεωρούνται οποιεσδήποτε χαρακτηριστικές (π.χ. 55, 80, 90, 120 κλπ)
- στην περίπτωση υπέρβασης του προηγούμενου από τον επόμενο συρμό, στο σταθμό Bf_1 οι δύο συρμοί απέχουν μεταξύ τους κατά την ελάχιστη απόσταση ασφάλειας
- όταν γίνεται αναφορά σε μαθηματικούς τύπους με τους παραπάνω συμβολισμούς, νοείται η χιλιομετρική τους θέση στην υπόψη γραμμή. Επειδή όμως, ανάλογα με

την κατεύθυνση κίνησης του συρμού οι Χ.Θ. μπορεί να είναι αύξουσες ή φθίνουσες, η διαφορά δύο Χ.Θ. θα λαμβάνεται με την απόλυτη τιμή της. Π.χ. $iM_1 - iP_2$ νοείται η απόσταση μεταξύ του μονωτικού αρμού iM_1 στη Χ.Θ. 10 +000 και του σημείου ορατότητας iP_2 στη Χ.Θ. 11 +000. Η διαφορά $iM_1 - iP_2$ ισούται με -1000, και η απόλυτη τιμή της με 1000.

- Η ζώνη εισόδου στο σταθμό Βf₁ διαμορφώνεται όπως παρακάτω



οπότε

$$L_i(P_2 - M_1) = L_i(P_2 - M_2) + L_i(M_2 - M_1)$$
(54)

- Θεωρείται ότι οι αποστάσεις σημείου ορατότητας - προσήματος, προσήματος-κυρίου σήματος και κυρίου σήματος-μονωτικού αρμού, είναι αντίστοιχα ίδιες σε όλα τα τμήματα αποκλεισμού. Επομένως σύμφωνα με το Dilli [29] μπορεί να ισχύει ότι η απόσταση μεταξύ δύο συνεχών σημείων ορατότητας ισούται με την απόσταση μεταξύ των αντιστοιχούντων σ'αυτά κυρίων σημάτων

$$L_i(P_n - P_{n-1}) = L_i(H_n - H_{n-1}) = L_i(M_n - M_{n-1})$$
(55)

Επειδή σήμερα η εξέλιξη των PC προσφέρει άνεση στη διεξαγωγή των αριθμητικών πράξεων, κρίνεται σκόπιμο οι κατηγορίες των συρμών που εμφανίζονται σ'ένα δρομολόγιο να λαμβάνονται χωρίς ομαδοποίηση στον υπολογισμό του πλήθους των διαφόρων ακολουθιών, έτσι ώστε

- να προσεγγίζεται ακριβέστερα ο χρόνος κατάληψης του υπόψη τμήματος γραμμής με βάση το ακριβές πλήθος των εμφανιζόμενων ακολουθιών

Το πλήθος των ακολουθιών υπολογίζεται με βάση την αναμενόμενη τιμή εμφάνισής της σε πιθανό δρομολόγιο. Όσο περισσότερες είναι οι εμφανιζόμενες κατηγορίες τόσο πιο πολλές είναι οι πιθανές ακολουθίες διαφορετικών κατηγοριών απ' ό,τι οι πιθανές ακολουθίες ίδιων κατηγοριών.

Επομένως αναδεικνύεται το σκεπτικό της διαίρεσης ενός τμήματος γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού, με βάση τη σχέση δύο ταχυτήτων $V_{\pi\kappa} / V_{\pi\rho}$ με $V_{\pi\kappa} > V_{\pi\rho}$ (ενδεχομένως των ταχυτήτων της συχνότερα εμφανιζόμενης ακολουθίας).

Η προσπάθεια αυτή αρχίζει από τη διαίρεση ενός τμήματος γραμμής μεταξύ δύο σταθμών σε δύο τμήματα αποκλεισμού. Ακολουθεί η διαίρεση σε τρία τμήματα αποκλεισμού και τέλος η διαίρεση σε περισσότερα τμήματα αποκλεισμού.

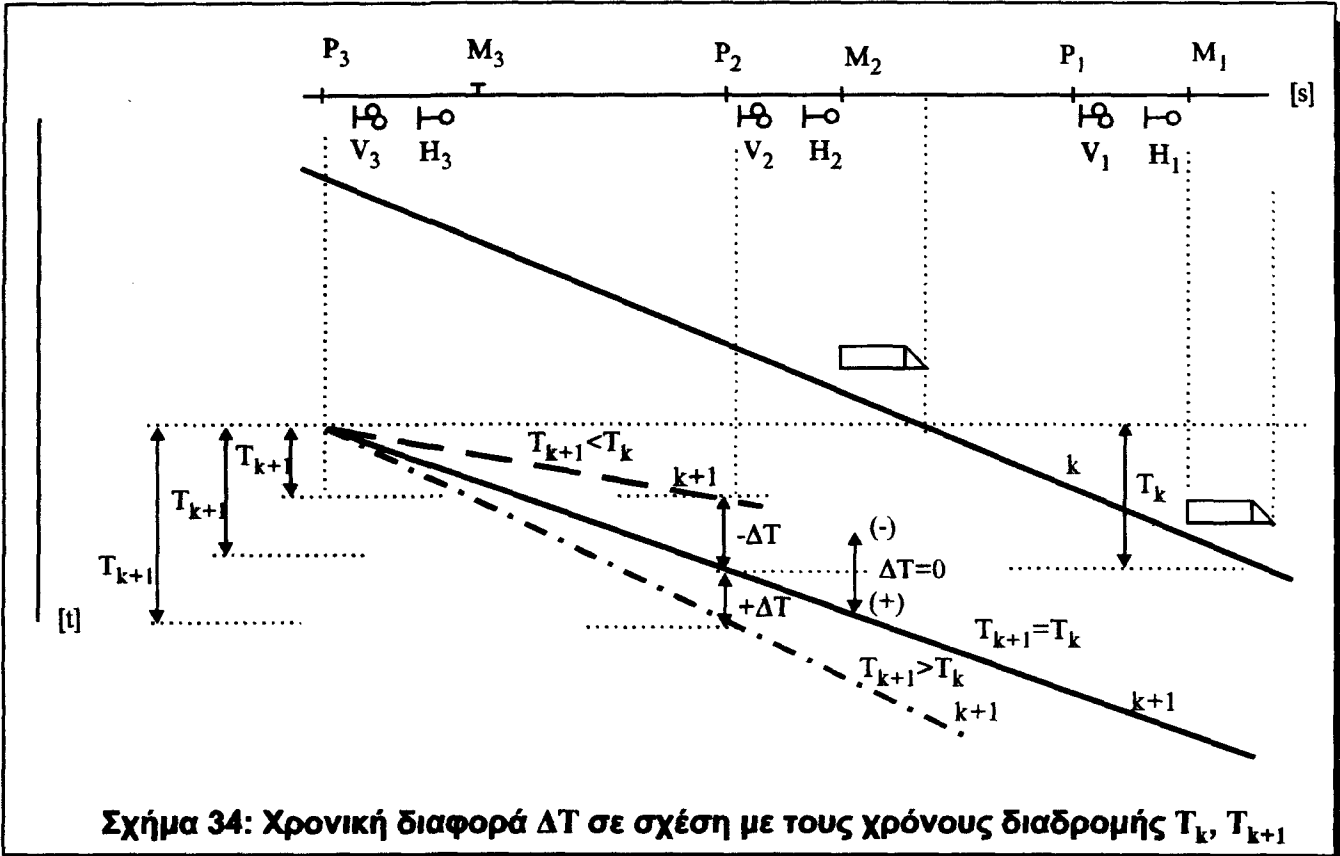
6.2 Διαίρεση ενός τμήματος γραμμής σε δύο τμήματα αποκλεισμού.

Εστω H_1 το σήμα εισόδου στο σταθμό Bf_1 και H_3 το σήμα εξόδου στο σταθμό Bf_2 που καθορίζουν το τμήμα γραμμής i . Σε κάθε κύριο σήμα αντιστοιχεί το πρόσημα, το σημείο ορατότητας του προσήματος και ο μονωτικός αρμός. Για τη διαίρεση του τμήματος αυτού σε δύο τμήματα αποκλεισμού, τοποθετείται ένα κύριο σήμα H_2 μεταξύ των H_1 και H_3 , έτσι ώστε

$$L_i(P_3 - P_2) > L_i(M_2 - M_1)$$

Σύμφωνα με τη θεωρία του τμήματος αποκλεισμού, ένας επόμενος συρμός μπορεί να ευρίσκεται στο σημείο ορατότητας του προσήματος, όταν ένας προηγούμενος συρμός διέλθει με ολόκληρο το μήκος του από το μονωτικό αρμό του επομένου κυρίου σήματος. Επομένως, σύμφωνα με την απεικόνιση 34, όταν ο συρμός k διέλθει με ολόκληρο το μήκος του από το μονωτικό αρμό M_2 , τότε ο επόμενος συρμός $k+1$

μπορεί να ευρίσκεται στο σημείο ορατότητας P_3 του προσήματος V_3 . Ομοίως όταν ο συρμός k διέλθει από το μονωτικό αρμό M_1 , τότε ο επόμενος συρμός $k+1$ μπορεί να ευρίσκεται στο σημείο ορατότητας P_2 του προσήματος V_2 . Ειδικά ο συρμός $k+1$ μπορεί να φθάσει στη θέση P_2 ή πιο νωρίς οπότε δημιουργείται χρονική διαφορά $-\Delta T$, ή πιο αργά οπότε δημιουργείται χρονική διαφορά $+\Delta T$.



Σχήμα 34: Χρονική διαφορά ΔT σε σχέση με τους χρόνους διαδρομής T_k, T_{k+1}

Αν T_{k+1} ο χρόνος για να διανυθεί η απόσταση $L_i(P_3-P_2)$ από το συρμό $k+1$ και T_k ο χρόνος για να διανυθεί η απόσταση $L_i(M_2-M_1)$ από το συρμό k , τότε

$T_{k+1} = T_k + \Delta T$
(56)

με

$T_k = \frac{L_i(M_2 - M_1)}{V_k}$
(57)

$$T_{k+1} = \frac{L_i(P_3 - P_2)}{V_{k+1}} \quad (58)$$

και διαιρώντας κατά μέλη τις (58) και (57) προκύπτει

$$\frac{T_{k+1}}{T_k} = \frac{L_i(P_3 - P_2)}{L_i(M_2 - M_1)} \cdot \frac{V_k}{V_{k+1}}$$

αντικαθιστώντας το T_{k+1} με (56) προκύπτει η γενική σχέση

$$1 + \frac{\Delta T}{T_k} = \frac{L_i(P_3 - P_2)}{L_i(M_2 - M_1)} \cdot \frac{V_k}{V_{k+1}} \quad (59)$$

Επομένως με δεδομένες ταχύτητες, η σχέση των μηκών προκύπτει από τις τιμές που λαμβάνει το ΔT .

Διερευνώντας τη σχέση (59) προκύπτουν οι παρακάτω σχέσεις

α) αν $-\Delta T = T_k$ τότε

$$\frac{L_i(P_3 - P_2)}{L_i(M_2 - M_1)} \cdot \frac{V_k}{V_{k+1}} = 0 \quad (60)$$

αυτό σημαίνει ή $V_k = 0$

ή $V_{k+1} = \infty$

Η πρώτη περίπτωση ($V_k = 0$) μπορεί να νοηθεί σαν ακινητοποίηση του συρμού k για να γίνει υπέρβαση από το συρμό k . Η δεύτερη περίπτωση ($V_{k+1} = \infty$) δεν έχει πρακτική σημασία.

β) αν $-\Delta T < T_k$ τότε

$$1 + \frac{\Delta T}{T_k} < 1 \text{ οπότε } \frac{L_i(P_3 - P_2)}{L_i(M_2 - M_1)} \cdot \frac{V_k}{V_{k+1}} < 1$$

ή

$$\frac{L_i(P_3 - P_2)}{V_{k+1}} < \frac{L_i(M_2 - M_1)}{V_k} \quad (61)$$

οπότε $T_{k+1} < T_k$

Αυτό σημαίνει ότι ο ακολουθών ταχύτερος συρμός φθάνει στο σημείο ορατότητας P_2 της απόστασης αποκλεισμού πριν ο προηγούμενος διέλθει το μονωτικό αρμό M_1 απελευθέρωσης της. Επομένως υποχρεούται σε πέδηση αναμένοντας την απελευθέρωση του προηγούμενου τμήματος. Θεωρητικά υπάρχει ελάχιστη χρονική απόσταση με το συρμό k , αλλά με ανακοπή ταχύτητας. Στην ελεύθερη γραμμή, η πέδηση του επόμενου συρμού ερμηνεύεται σε καθυστέρηση του, ενώ στην περιοχή σταθμού, σε διαδικασία υπέρβασης του προηγούμενου συρμού. Κατά Dilli [28] θα μπορούσε να ερμηνευθεί και σαν “λάθος θέση” του συρμού $k+1$ στο γραφικό δρομολόγιο.

γ) αν $\Delta T = 0$ τότε

$$1 + \frac{\Delta T}{T_k} = 1 \text{ οπότε } \frac{L_i(P_3 - P_2)}{L_i(M_2 - M_1)} \cdot \frac{V_k}{V_{k+1}} = 1$$

ή

$$\frac{L_i(P_3 - P_2)}{V_{k+1}} = \frac{L_i(M_2 - M_1)}{V_k} \quad (62)$$

οπότε $T_{k+1} = T_k$

Αυτό σημαίνει ότι ο επόμενος συρμός ευρίσκεται σε απόσταση τμήματος αποκλεισμού από τον προηγούμενο χωρίς ανακοπή ταχύτητας. Η σχέση των μηκών

στην περίπτωση αυτή είναι ανάλογη της σχέσης ταχυτήτων των δύο συρμών.

Επομένως

$$\frac{L_i(P_3 - P_2)}{L_i(M_2 - M_1)} = \frac{V_{k+1}}{V_k} \quad \text{και}$$

$$L_i(P_3 - P_2) = \frac{V_{k+1}}{V_k} \cdot L_i(M_2 - M_1) \quad (63)$$

δ) αν $\Delta T > 0$ τότε

$$1 + \frac{\Delta T}{T_k} > 1 \quad \text{οπότε} \quad \frac{L_i(P_3 - P_2)}{L_i(M_2 - M_1)} \cdot \frac{V_k}{V_{k+1}} > 1 \quad \text{ή}$$

$$\frac{L_i(P_3 - P_2)}{V_{k+1}} > \frac{L_i(M_2 - M_1)}{V_k} \quad (64)$$

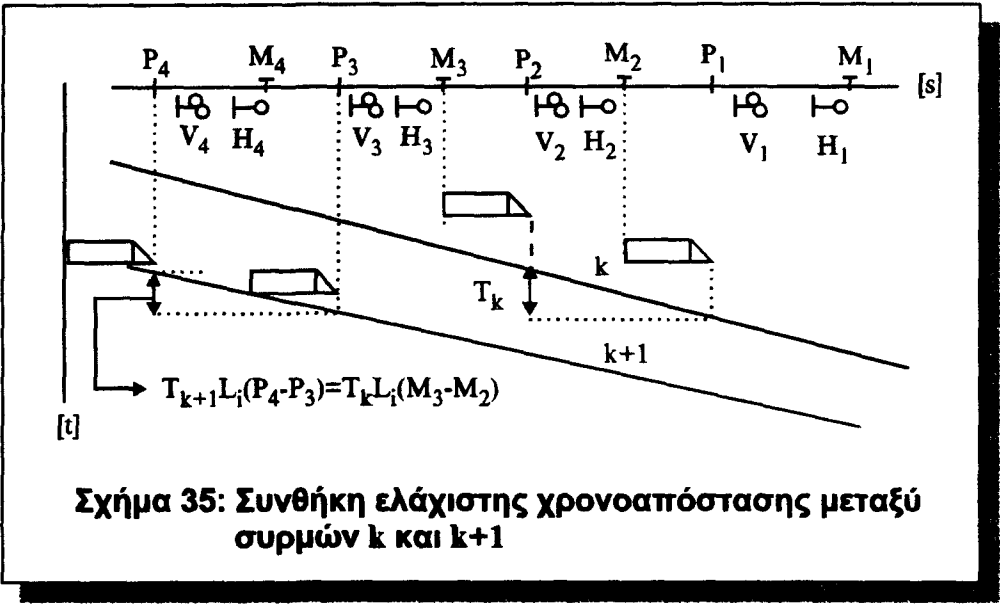
οπότε $T_{k+1} > T_k$

Αυτό σημαίνει ότι η ταχύτητα του επόμενου συρμού είναι μικρότερη αυτής του προηγούμενου, εφόσον $L_i(P_3 - P_2) > L_i(M_2 - M_1)$, και κατά συνέπεια πάντα θα υπολείπεται χρονικά του προηγούμενου στις θέσεις παρατήρησης των χρονικών αποστάσεων, ήτοι στα σημεία ορατότητας.

Συμπερασματικά διαφαίνεται ότι η περίπτωση $\Delta T = 0$ εξασφαλίζει κίνηση σε απόσταση τμήματος αποκλεισμού χωρίς ανακοπή ταχύτητας του συρμού k , καθώς και αναλογία αποστάσεων αποκλεισμού ίση με V_{k+1}/V_k , ενώ η περίπτωση $\Delta T > 0$ εξασφαλίζει μόνο κίνηση του επόμενου συρμού χωρίς ανακοπή ταχύτητας.

6.3 Διαίρεση ενός τμήματος γραμμής σε τρία (3) ή και περισσότερα τμήματα αποκλεισμού

Ισχύει το ίδιο σκεπτικό όπως και στην περίπτωση διαίρεσης ενός τμήματος γραμμής σε δύο τμήματα αποκλεισμού. Επομένως σύμφωνα με την απεικόνιση 35, ο χρόνος για να διανυθεί η απόσταση $L_i(P_4 - P_3)$ από έναν επόμενο συρμό $k+1$ ισούται με το χρόνο για να διανυθεί η απόσταση $L_i(M_3 - M_2)$ από έναν προηγούμενο συρμό k , με την προϋπόθεση ότι η ταχύτητα του επόμενου συρμού είναι μεγαλύτερη από αυτή του προηγούμενου ($V_{k+1} > V_k$).



Επομένως

$$T_{k+1}L_i(P_4 - P_3) = T_kL_i(M_3 - M_2)$$

(65)

και

$$T_{k+1}L_i(P_3 - P_2) = T_kL_i(M_2 - M_1)$$

(66)

Αντικαθιστώντας το χρόνο με το διάστημα προς την ταχύτητα και διαιρώντας κατά μέλη

$$\frac{L_i(P_4 - P_3)/V_{k+1}}{L_i(P_3 - P_2)/V_{k+1}} = \frac{L_i(M_3 - M_2)/V_k}{L_i(M_2 - M_1)/V_k}$$

και με $L_i(M_3 - M_2) = L_i(P_3 - P_2)$ προκύπτει η σχέση

$$L_i(P_3 - P_2)^2 = L_i(P_4 - P_3) \cdot L_i(M_2 - M_1)$$

και γενικότερα

$$L_i(P_{n-1} - P_{n-2})^2 = L_i(P_n - P_{n-1}) \cdot L_i(M_{n-2} - M_{n-3})$$
(67)

Από τη σχέση (67) διαφαίνεται ότι τα τρία τμήματα αποκλεισμού ευρίσκονται μεταξύ τους σε μαθηματική σχέση ίδια με αυτή η οποία αποτελεί τη βάση σχηματισμού μιας γεωμετρικής προόδου και η οποία είναι:

$$a_i = \sqrt{a_{i-1} * a_{i+1}}$$
(68)

Η σχέση (68) προέρχεται από τη γενικότερη μορφή μιας γεωμετρικής προόδου [17]

$$a_1 + a_1q + a_1q^2 + ... + a_1q^{m-1}$$

Η σχέση αυτή για $q > 1$ έχει άθροισμα

$$s_m = \frac{a_1(q^m - 1)}{q - 1}$$
(69)

Ο εκθέτης m ταυτίζεται με το πλήθος των τμημάτων αποκλεισμού στη νέα προτεινόμενη μέθοδο.

Εφαρμόζοντας τη σχέση (63) και σε συνδυασμό με την (67), προκύπτει

$$L_i(P_4 - P_3) = \left(\frac{V_{k+1}}{V_k}\right)^2 \cdot L_i(M_2 - M_1)$$

Από τα παραπάνω εύκολα συνάγεται, ότι αν η διαίρεση συνεχισθεί για περισσότερα των τριών τμημάτων, τα μήκη αυτών προκύπτουν ως

$$L_i(P_5 - P_4) = \left(\frac{V_{k+1}}{V_k}\right)^3 \cdot L_i(M_2 - M_1)$$

$$L_i(P_6 - P_5) = \left(\frac{V_{k+1}}{V_k}\right)^4 \cdot L_i(M_2 - M_1)$$

$$\vdots \qquad \qquad \qquad \vdots$$

και γενικότερα

$L_i(P_n - P_{n-1}) = \left(\frac{V_{k+1}}{V_k}\right)^{n-2} \cdot L_i(M_2 - M_1)$	(70)
--	-------------

Ως εκ τούτου, το μήκος κάθε τμήματος αποκλεισμού προκύπτει από την τιμή $L_i(M_2 - M_1)$ πολλαπλασιαζόμενη με το συντελεστή λ υψωμένο στη $n-2$ δύναμη, όπου $n \geq 2$.

Συγκρίνοντας τη σχέση (70) με αυτήν της γεωμετρικής προόδου, παρατηρείται ότι ο παράγων $L_i(M_2 - M_1)$ ταυτίζεται με τον παράγοντα a_1 και ο παράγων $\frac{V_{k+1}}{V_k} = \lambda$ με τον παράγοντα q αντίστοιχα.

Επομένως και το άθροισμα των όρων της γεωμετρικής προόδου $s_m = \frac{a_1(q^m - 1)}{q - 1}$

μπορεί να θεωρηθεί ανάλογα ως

$$L_i(P_n - P_1) = \frac{L_i(M_2 - M_1) \cdot (\lambda^m - 1)}{\lambda - 1} \quad (71)$$

Ως εκ τούτου το μήκος $L_i(M_2 - M_1)$ μπορεί να υπολογισθεί ως

$$L_i(M_2 - M_1) = \frac{L_i(P_n - P_1) \cdot (\lambda - 1)}{\lambda^m - 1} \quad (72)$$

Η απόσταση $L_i(M_2 - M_1)$ όμως μπορεί να υπολογισθεί ανάλογα με το πλήθος τμημάτων αποκλεισμού και με γνωστό μήκος τμήματος γραμμής, σύμφωνα με τα παρακάτω

$$L_i(P_n - M_1) = L_i(P_n - P_2) + L_i(P_2 - P_1) + L_i(P_1 - M_1) \quad (73)$$

η συνολική απόσταση $L_i(P_n - P_2)$ ισούται με

$$L_i(P_n - P_2) = L_i(P_3 - P_2) + L_i(P_4 - P_3) + L_i(P_5 - P_4) + L_i(P_6 - P_5) + \dots + L_i(P_n - P_{n-1}) =$$

$$\frac{V_{k+1}}{V_k} \cdot L_i(M_2 - M_1) + \left(\frac{V_{k+1}}{V_k}\right)^2 \cdot L_i(M_2 - M_1) + \left(\frac{V_{k+1}}{V_k}\right)^3 \cdot L_i(M_2 - M_1) +$$

$$\left(\frac{V_{k+1}}{V_k}\right)^4 \cdot L_i(M_2 - M_1) + \dots + \left(\frac{V_{k+1}}{V_k}\right)^{n-2} \cdot L_i(M_2 - M_1) =$$

$$L_i(M_2 - M_1) \cdot \left\{ \left(\frac{V_{k+1}}{V_k} \right) + \left(\frac{V_{k+1}}{V_k} \right)^2 + \left(\frac{V_{k+1}}{V_k} \right)^3 + \left(\frac{V_{k+1}}{V_k} \right)^4 + \dots + \left(\frac{V_{k+1}}{V_k} \right)^{n-2} \right\}$$

με $V_{k+1}/V_k = \lambda$

$$L_i(P_n - P_2) = L_i(M_2 - M_1) \cdot [\lambda + \lambda^2 + \lambda^3 + \lambda^4 + \dots + \lambda^{n-2}] \quad (74)$$

Από την (73) με (55) και (56)

προκύπτει

$$L_i(P_n - M_1) = L_i(M_2 - M_1) \cdot [1 + \lambda + \lambda^2 + \lambda^3 + \lambda^4 + \dots + \lambda^{n-2}] + L_i(P_1 - M_1)$$

οπότε

$$L_i(M_2 - M_1) = \frac{L_i(P_n - M_1) - L_i(P_1 - M_1)}{[1 + \lambda + \lambda^2 + \lambda^3 + \lambda^4 + \dots + \lambda^{n-2}]} \quad (75)$$

Συγκρίνοντας τις σχέσεις (72) και (75) διαφαίνεται ταύτιση αφού

$$L_i(P_n - P_1) = L_i(P_n - M_1) - L_i(P_1 - M_1) \text{ και}$$

$$\frac{\lambda - 1}{\lambda^m - 1} = \frac{1}{(1 + \lambda + \lambda^2 + \dots + \lambda^{m-1})} = \frac{1}{(1 + \lambda + \lambda^2 + \dots + \lambda^{n-2})} \quad \text{με } m = n - 1$$

Η απόσταση $L_i(M_2 - M_1)$ θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με την απόσταση προσήματος - κυρίου σήματος. Αν κατά τον υπολογισμό προκύψει μικρότερη, τότε το υπό διαίρεση τμήμα δεν διαιρείται στο επιθυμητό πλήθος τμημάτων αποκλεισμού με βάση το προαναφερθέν σκεπτικό.

Έτσι ένα τμήμα γραμμής με μήκος L_i , δεν μπορεί να διαιρεθεί σε ανεξάρτητο αριθμό τμημάτων αποκλεισμού. Το μέγιστο πλήθος αυτών εξαρτάται από τη σχέση V_{k+1}/V_k με βάση την οποία γίνεται η διαίρεση. Είναι ευνόητο ότι για $V_{k+1}/V_k = 1$ επιτυγχάνεται το ανώτατο πλήθος τμημάτων αποκλεισμού. Όμως, όσο μεγαλύτερη γίνεται η σχέση V_{k+1}/V_k , τόσο το μήκος του τμήματος $L_i(P_n - P_{n-1})$ μεγαλώνει σε

σχέση με το συντελεστή $\left(\frac{V_{k+1}}{V_k}\right)^{n-2}$. Επομένως ενδέχεται να προκύψει τμήμα εξόδου

από σταθμό, με αρκετά μεγάλο μήκος, έτσι ώστε ακολουθίες T/B να παρουσιάζουν υπέρμετρη χρονοαπόσταση. Αυτό όμως αντιμετωπίζεται στις § 6.4, 6.5 και 6.6.

Τα μήκη των τμημάτων ελαχιστοποιούνται όταν η απόσταση $L_i(M_2 - M_1)$ ελαχιστοποιηθεί (π.χ. ληφθεί ίση με το ελάχιστο μήκος αποκλεισμού), ή για ελάχιστη απόσταση $L_i(M_2 - M_1)$ η σχέση V_{k+1}/V_k γίνει μονάδα, δηλαδή υφίσταται μόνο μία ταχύτητα.

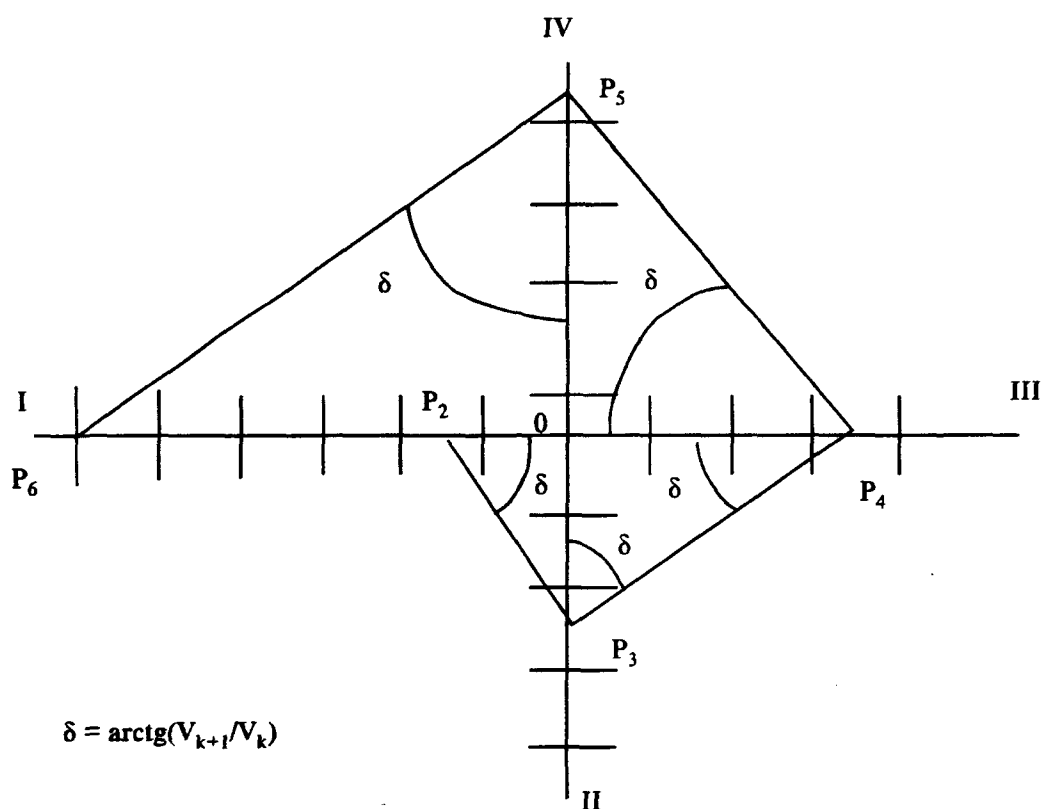
Εδώ πρέπει να επισημανθεί ότι η διαίρεση ενός τμήματος γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού με μήκος την ελάχιστη απόσταση $L_i(M_2 - M_1)$, δεν φαίνεται να έχει αντίστοιχα πολύ μεγαλύτερη απόδοση σε σχέση με τη διαίρεση του ιδίου τμήματος γραμμής σε λιγότερα τμήματα αποκλεισμού [29]. Για το λόγο αυτό, διερευνάται η χωρητικότητα οποιουδήποτε τμήματος γραμμής

- το οποίο διαιρέθηκε με βάση τη σχέση ταχυτήτων μιας συγκεκριμένης ακολουθίας συρμών στο ημερήσιο δρομολόγιο, για πλήθος τμημάτων αποκλεισμού $\underline{m}$
- στο οποίο το πλήθος των συρμών ανά κατηγορία είναι οποιοδήποτε
- στο οποίο το πλήθος των κατηγοριών είναι οποιοδήποτε.

6.3.1 Γραφικός υπολογισμός των μηκών των τμημάτων αποκλεισμού

Τα μήκη των τμημάτων αποκλεισμού, μπορεί να υπολογισθούν και γραφικά όπως φαίνεται από το σχήμα 36. Βάση του γραφικού υπολογισμού είναι η επαναλαμβανόμενη διαδικασία. Η διαδικασία αυτή βασίζεται στη μέθοδο κατασκευής των πλευρών ενός ορθογώνιου τριγώνου, οι οποίες προκύπτουν από την προηγούμενη υπολογισθείσα με βάση τη γωνία τοξ εφ (V_{k+1}/V_k).

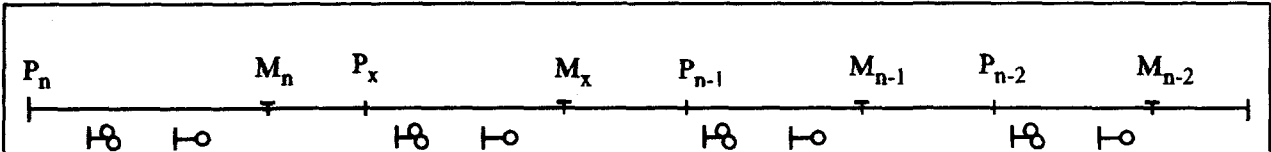
Η απεικόνιση αυτή αποτελείται από δύο κάθετους άξονες, οι οποίοι τέμνονται στο 0. Κάθε ημιάξονας έχει διαιρεθεί σε ίσα μέρη, κάθε ένα από τα οποία αντιστοιχεί σε 1 km πραγματικού μήκους. Αρχίζοντας από το 0, σημειώνεται το μήκος $L_i(M_2-M_1)$ επί τον ημιάξονα 0-I. Από το τέλος της απόστασης $L_i(M_2-M_1)$ (σημείο iP_2), φέρεται μία ευθεία με κλίση το τοξ εφ (V_{k+1}/V_k) έως ότου αυτή συναντήσει τον ημιάξονα 0-II. Στο σημείο τομής επί τον άξονα 0-II, ευρίσκεται το σημείο iP_3 . Η απόσταση 0- iP_3 ισούται με $L_i(P_3-P_2)$. Από το σημείο iP_3 και με την ίδια διαδικασία προκύπτουν τα μήκη όλων των ζητούμενων τμημάτων αποκλεισμού.



Σχήμα 36: Γραφικός υπολογισμός των μηκών των τμημάτων αποκλεισμού

6.4 Υποδιαίρεση του τμήματος P_n-P_{n-1} σε δύο τμήματα αποκλεισμού

Σύμφωνα με [29] και [99], όπου κατά την έξοδο από σταθμό επιδιώκεται ένα μικρό σε μήκος τμήμα αποκλεισμού, το τμήμα $L_i(P_n - P_{n-1})$ θα μπορούσε να διαιρεθεί σε δύο μικρότερα σε μήκος τμήματα λαμβανομένου υπόψη και του τμήματος $L_i(P_{n-1} - P_{n-2})$, και με σχέση λ των ταχυτήτων μιας ακολουθίας T/B. Επομένως ζητείται η διαίρεση του τμήματος $L_i(P_n - P_{n-1})$ σε δύο τμήματα αποκλεισμού $L_i(P_n - P_x)$ και $L_i(P_x - P_{n-1})$ όπου το τμήμα $L_i(P_x - P_{n-1})$ να είναι το μεσαίο τμήμα μεταξύ των $L_i(P_n - P_x)$ και $L_i(P_{n-1} - P_{n-2})$.



Σχήμα 37: Υποδιαίρεση P_x

Ανάλογα με (67) προκύπτει $L_i(P_x - P_{n-1})^2 = L_i(P_n - P_x) \cdot L_i(P_{n-1} - P_{n-2})$ όπου

$$L_i(P_n - P_x) < L_i(P_x - P_{n-1}) < L_i(P_{n-1} - P_{n-2})$$

με

$$L_i(P_n - P_x) = L_i(P_n - P_{n-1}) - L_i(P_x - P_{n-1})$$

και

$$L_i(P_n - P_x) = a, \quad L_i(P_x - P_{n-1}) = b, \quad L_i(P_{n-1} - P_{n-2}) = c \quad \text{και} \quad L_i(P_{n-1} - P_{n-2}) = d \quad \text{προκύπτει}$$

$$b^2 = a \cdot d \quad \text{και με} \quad a = c - b \quad \text{έπεται}$$

$b^2 = (c - b) \cdot d = cd - bd$ η οποία μετασχηματίζεται στη δευτεροβάθμια εξίσωση

$$b^2 + bd - cd = 0 \text{ με ρίζες } b_{1,2} = \frac{-d \pm \sqrt{d^2 - 4 \cdot c}}{2} \text{ (ισχύει μόνο το +)}$$

Λύνοντας ως προς b και με επαναντικατάσταση των b , c και d προκύπτει

$$L_i(P_x - P_{n-1}) = \frac{-L_i(P_{n-1} - P_{n-2}) \pm \sqrt{L_i(P_{n-1} - P_{n-2})^2 + 4 \cdot L_i(P_n - P_{n-1}) \cdot L_i(P_{n-1} - P_{n-2})}}{2}$$

σύμφωνα με (70) είναι

$$L_i(P_n - P_{n-1}) = \lambda^{n-2} \cdot L_i(M_2 - M_1) \text{ και}$$

$$L_i(P_{n-1} - P_{n-2}) = \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1)$$

αντικαθιστώντας τα παραπάνω τμήματα προκύπτει μία σχέση μόνο με λ και $L_i(M_2 - M_1)$. Στη συνέχεια διαμορφώνεται η ρίζα ως

$$\begin{aligned} & \sqrt{(\lambda^{n-3})^2 \cdot L_i(M_2 - M_1)^2 + 4 \cdot \lambda^{n-2} \cdot L_i(M_2 - M_1) \cdot \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1)} = \\ & = L_i(M_2 - M_1) \sqrt{(\lambda^{n-3})^2 + 4 \cdot \lambda^{n-2} \cdot \lambda^{n-3}} = L_i(M_2 - M_1) \cdot \sqrt{\lambda^{n-3} \cdot \lambda^{n-3} + 4 \cdot \lambda^{n-2} \cdot \lambda^{n-3}} = (*) \\ & = L_i(M_2 - M_1) \cdot \lambda^{n-3} \cdot (\sqrt{1 + 4\lambda}) \end{aligned}$$

οπότε

$$L_i(P_x - P_{n-1}) = - \frac{\lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1) (1 - \sqrt{1 + 4\lambda})}{2} \quad (76)$$

(*) $\sqrt{\lambda^{n-3} \cdot \lambda^{n-3} + 4 \cdot \lambda^{n-2} \cdot \lambda^{n-3}} = \sqrt{\lambda^{n-3} \cdot (\lambda^{n-3} + 4 \cdot \lambda^{n-2})} = \sqrt{\lambda^{n-3} \cdot \lambda^{n-3} (1 + 4 \cdot \lambda)} = \lambda^{n-3} \cdot \sqrt{1 + 4 \cdot \lambda}$

από $a = c - b$ και με ανάλογη αντικατάσταση προκύπτει

$$L_i(P_n - P_x) = L_i(P_n - P_{n-1}) - L_i(P_x - P_{n-1}) = \lambda^{n-2} \cdot L_i(M_2 - M_1) \left[-\frac{\lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1) \cdot (1 - \sqrt{1+4\lambda})}{2} \right]$$

οπότε

$$L_i(P_n - P_x) = \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1) \cdot \left[\lambda + \frac{(1 - \sqrt{1+4\lambda})}{2} \right] \quad (77)$$

Συγκρίνοντας τις (73) και (77) παρατηρείται ότι διαφέρουν κατά τους παράγοντες

$$\left(\frac{1 - \sqrt{1+4\lambda}}{2} \right) \text{ και } \left(\lambda + \frac{1 - \sqrt{1+4\lambda}}{2} \right)$$

αν

$$\lambda' = \frac{1 - \sqrt{1+4\lambda}}{2} \quad (78)$$

τότε

$$(\lambda')^2 = \lambda + \frac{1 - \sqrt{1+4\lambda}}{2} \quad (79)$$

Επομένως αντικαθιστώντας με (78) στις σχέσεις (76) και (77) και σε συνδυασμό με (67) και (70) λαμβάνονται

$$L_i(P_n - P_x) = (\lambda')^2 \cdot \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1) \quad (80)$$

$$L_i(P_x - P_{n-1}) = \lambda' \cdot \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1) \quad (81)$$

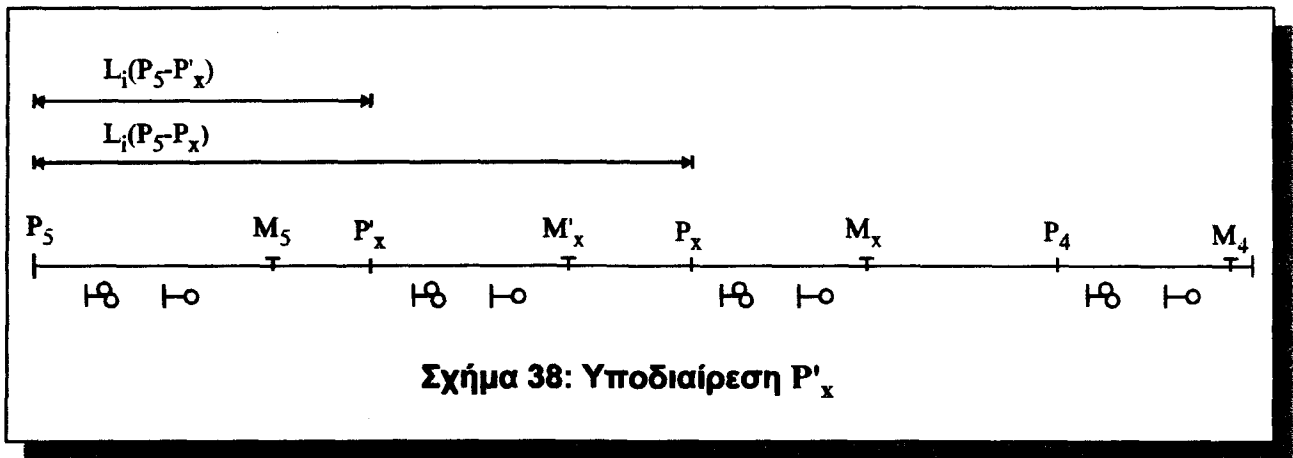
$$(*) \sqrt{\lambda^{n-3} \cdot \lambda^{n-3} + 4 \cdot \lambda^{n-2} \cdot \lambda^{n-3}} = \sqrt{\lambda^{n-3} \cdot (\lambda^{n-3} + 4 \cdot \lambda^{n-2})} = \sqrt{\lambda^{n-3} \cdot \lambda^{n-3} (1 + 4 \cdot \lambda)} = \lambda^{n-3} \cdot \sqrt{1 + 4 \cdot \lambda}$$

$$(**) \left[\lambda + \frac{1 - \sqrt{1+4\lambda}}{2} \right] = \frac{2\lambda - \sqrt{1+4\lambda} + 1}{2} \cdot \frac{2}{2} = \frac{4\lambda - 2\sqrt{1+4\lambda} + 2}{4} = \frac{4\lambda + 1 - 2\sqrt{1+4\lambda}}{4} = \frac{(1 - \sqrt{4\lambda+1})^2}{2^2} = \left(\frac{1 - \sqrt{4\lambda+1}}{2} \right)^2 = \lambda'^2$$

6.5 Υποδιαίρεση του τμήματος P_x-P_x σε δύο τμήματα αποκλεισμού

Σε περίπτωση που το μήκος $L_i(P_n-P_x)$ επιδέχεται νέα υποδιαίρεση, τότε η υποδιαίρεση αυτή θεωρείται ως δεύτερη και οι σχέσεις που τη διέπουν προκύπτουν από την παρακάτω ανάλυση.

Εστω το απεικονιζόμενο τμήμα γραμμής με την ήδη υφιστάμενη πρώτη υποδιαίρεση. Για τη διευκόλυνση της ανάλυσης θεωρούνται 5 σημεία ορατότητας $P_5, P_4, \dots, P_1$.



Ανάλογα με (68) προκύπτει

$$L_i(P'_x - P_x)^2 = L_i(P_5 - P'_x) \cdot L_i(M_x - M_4) \quad (82)$$

με

$$L_i(P_5 - P'_x) = L_i(P_5 - P_x) - L_i(P'_x - P_x)$$

$$L_i(M_x - M_4) = L_i(P_x - P_4)$$

και

$$L_i(P'_x - P_x) = \alpha$$

η (82) διαμορφώνεται ως

$$\alpha^2 + \alpha \cdot L_i(P_x - P_4) - L_i(P_5 - P_x) \cdot L_i(P_x - P_4) = 0$$

2 βάθμια εξίσωση, λύση ως προς α.

$$\alpha_{1,2} = \frac{-L_i(P_x - P_4) \pm \sqrt{L_i(P_x - P_4)^2 - 4 \cdot 1 \cdot L_i(P_5 - P_x) \cdot L_i(P_x - P_4)}}{2 \cdot 1} \quad (\text{μόνο το } +)$$

με αντικατάσταση των $L_i(P_x - P_4)$ και $L_i(P_5 - P_x)$ με (80) και (81)

η ρίζα διαμορφώνεται ως

$$\begin{aligned} & \sqrt{[\lambda' \cdot \lambda^2 \cdot L_i(M_2 - M_1)]^2 + 4 \cdot 1 \cdot \lambda'^2 \cdot \lambda^2 \cdot L_i(M_2 - M_1) \cdot \lambda' \cdot \lambda^2 \cdot L_i(M_2 - M_1)} = \\ & = \sqrt{\lambda^2 \cdot \lambda^4 \cdot L_i(M_2 - M_1)^2 + 4 \cdot 1 \cdot \lambda'^2 \cdot \lambda^4 \cdot L_i(M_2 - M_1)^2} = \\ & = \sqrt{\lambda'^2 \cdot \lambda^4 \cdot L_i(M_2 - M_1)^2 \cdot [1 + 4 \cdot 1 \cdot \lambda']} = \\ & = \lambda' \cdot \lambda^2 \cdot L_i(M_2 - M_1) \cdot \sqrt{1 + 4 \cdot \lambda'} \end{aligned}$$

οπότε

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \frac{-\lambda' \cdot \lambda^2 \cdot L_i(M_2 - M_1) \pm \lambda' \cdot \lambda^2 \cdot L_i(M_2 - M_1) \cdot \sqrt{1 + 4\lambda'}}{2} = \\ &= \frac{-\lambda' \cdot \lambda^2 \cdot L_i(M_2 - M_1) \cdot [1 - \sqrt{1 + 4\lambda'}]}{2} \end{aligned}$$

ως εκ τούτου

$$L_i(P'_x - P_x) = -\frac{\lambda' \cdot \lambda^2 \cdot L_i(M_2 - M_1) \cdot [1 - \sqrt{1 + 4\lambda'}]}{2} \quad \text{και}$$

$$\begin{aligned}
 L_i(P_5 - P'_x) &= \frac{L_i(P'_x - P_x)^2}{L_i(P_x - P_4)} = \frac{\left[-\frac{\lambda' \cdot \lambda^2 \cdot L_i(M_2 - M_1) \cdot [1 - \sqrt{1 + 4\lambda'}]}{2} \right]^2}{\lambda' \cdot \lambda^2 \cdot L_i(M_2 - M_1)} = \\
 &= \frac{-\frac{\lambda'' \cdot \lambda^4 \cdot L_i(M_2 - M_1)^2 \cdot [1 - \sqrt{1 + 4\lambda'}]^2}{4}}{\lambda' \cdot \lambda^2 \cdot L_i(M_2 - M_1)} = \\
 &= \frac{\lambda' \cdot \lambda^2 \cdot L_i(M_2 - M_1) \cdot [1 - \sqrt{1 + 4\lambda'}]^2}{4}
 \end{aligned}$$

Από τα παραπάνω συνοψίζοντας προκύπτει:

$$L_i(P'_x - P_x) = -\frac{\lambda' \cdot \lambda^2 \cdot L_i(M_2 - M_1) \cdot [1 - \sqrt{1 + 4\lambda'}]}{2}$$

$$\begin{aligned}
 L_i(P_5 - P'_x) &= -\frac{\lambda' \cdot \lambda^2 \cdot L_i(M_2 - M_1) \cdot [1 - \sqrt{1 + 4\lambda'}]^2}{4} = \\
 &= \frac{\lambda' \cdot \lambda^2 \cdot L_i(M_2 - M_1) \cdot [1 + 2\lambda' - \sqrt{1 + 4\lambda'}]}{2}
 \end{aligned}$$

Γενικεύοντας

$$L_i(P'_x - P_x) = -\frac{\lambda' \cdot \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1) \cdot [1 - \sqrt{1 + 4\lambda'}]}{2} \quad (82)$$

$$L_i(P_n - P'_x) = -\frac{\lambda' \cdot \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1) \cdot [2\lambda' + 1 - \sqrt{1 + 4\lambda'}]}{2} \quad (83)$$

κατ' αντιστοιχία των σχέσεων (80) και (81) και με

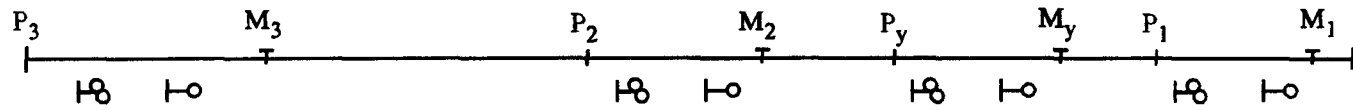
$$\lambda'' = \frac{\sqrt{1 + 4\lambda'} - 1}{2} \quad (84)$$

προκύπτει

$$L_i(P_n - P'_x) = (\lambda'')^2 \cdot \lambda' \cdot \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1) \quad (85)$$

$$L_i(P'_x - P_x) = \lambda'' \cdot \lambda' \cdot \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1) \quad (86)$$

6.6 Υποδιαίρεση του τμήματος P_2-P_1 σε 2 τμήματα αποκλεισμού



Σχήμα 39: Υποδιαίρεση P_y

$$T(M_y - M_1) = T(P_2 - P_y) \Rightarrow \frac{L_i(M_y - M_1)}{V_k} = \frac{L_i(P_2 - P_y)}{V_{k+1}} \quad (87)$$

$$T(M_2 - M_y) = T(P_3 - P_2) \Rightarrow \frac{L_i(M_2 - M_y)}{V_k} = \frac{L_i(P_3 - P_2)}{V_{k+1}} \quad (88)$$

διαιρώντας κατά μέλη (87) και (88) $\Rightarrow \frac{L_i(M_y - M_1)}{L_i(M_2 - M_y)} = \frac{L_i(P_2 - P_y)}{L_i(P_3 - P_2)}$ και ανάλογα (67)

$$L_i(P_2 - P_y)^2 = L_i(P_y - P_1) \cdot L_i(P_3 - P_2) \quad (89)$$

με $L_i(P_y - P_1) = L_i(P_2 - P_1) - L_i(P_2 - P_y)$ στην (89) προκύπτει

$$L_i(P_2 - P_y)^2 = L_i(P_2 - P_1) \cdot L_i(P_3 - P_2) - L_i(P_2 - P_y) \cdot L_i(P_3 - P_2) \quad (90)$$

αν $L_i(P_2 - P_y) = \alpha$, $L_i(P_2 - P_1) = d$ τότε $L_i(P_3 - P_2) = L_i(P_2 - P_1) \cdot \lambda = d \cdot \lambda$

οπότε $\alpha^2 = d \cdot d \cdot \lambda - \alpha \cdot d \cdot \lambda$

και

$$\alpha^2 + \alpha \cdot d \cdot \lambda - d^2 \cdot \lambda = 0 \quad (91)$$

με λύση $\alpha_{1,2} = \frac{-d \cdot \lambda \pm \sqrt{d^2 \cdot \lambda^2 + 4d^2 \cdot \lambda}}{2} = (\text{μόνο το } +) = \frac{-d \cdot \lambda + d\sqrt{\lambda^2 + 4\lambda}}{2}$ και

$$L_i(P_2 - P_y) = \frac{d \cdot \lambda \cdot (-1 + \sqrt{1 + 4\lambda^{-1}})}{2}$$

και από

$$\begin{aligned} L_i(P_y - P_1) &= L_i(P_2 - P_1) - L_i(P_2 - P_y) = d - \left(\frac{d\lambda \cdot (-1 + \sqrt{1 + 4\lambda^{-1}})}{2} \right) = \frac{2d - d \cdot \lambda(-1 + \sqrt{1 + 4\lambda^{-1}})}{2} = \\ &= d/2 \cdot \left[2 - \lambda \cdot (-1 + \sqrt{1 + 4\lambda^{-1}}) \right] \end{aligned}$$

$$L_i(P_2 - P_y) = \frac{d\lambda \cdot (\sqrt{1 + 4\lambda^{-1}} - 1)}{2}$$

$$L_i(P_y - P_1) = \frac{d}{2} \cdot \left[2 - \lambda(\sqrt{1 + 4\lambda^{-1}} - 1) \right]$$

αν

$$\mu = \frac{(\sqrt{1 + 4\lambda^{-1}} - 1)}{2} \quad (92)$$

τότε

$$2\mu = (\sqrt{1 + 4\lambda^{-1}} - 1) \quad (93)$$

οπότε

$$L_i(P_2 - P_y) = d \cdot \lambda \cdot \mu$$

(94)

και

$$L_i(P_y - P_l) = d \cdot (1 - \lambda \cdot \mu)$$

(95)

όπου $d = L_i(M_2 - M_1)$

6.7 Ελάχιστη χρονοαπόσταση μεταξύ δύο συρμών

Ελάχιστη χρονοαπόσταση μεταξύ δύο συρμών υφίσταται, όταν η χρονική διαφορά εμφάνισης δύο διαδοχικών συρμών σε συγκεκριμένη θέση , είναι η ελάχιστη δυνατή.

Με βάση την παραπάνω θεωρία διαίρεσης ενός τμήματος γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού προκύπτει ότι, αν η διαίρεση γίνει με βάση τη σχέση των ακραίων ταχυτήτων V_{max}/V_{min} που εμφανίζονται στο δρομολόγιο, τότε η ελάχιστη χρονοαπόσταση οποιασδήποτε ακολουθίας συρμών με ενδιάμεσες ταχύτητες καθορίζεται από το **πρώτο τμήμα αποκλεισμού**. Στην περίπτωση αυτή δημιουργείται στις θέσεις iP_{n-1} περίσσεια χρονικής διαφοράς. Αν η διαίρεση γίνει με βάση τη σχέση δύο ενδιάμεσων ταχυτήτων V_1, V_2 όπου $V_2 > V_1$, τότε για κάθε ακολουθία όπου η σχέση ταχυτήτων της ακολουθίας αυτής είναι μικρότερη της V_2/V_1 η ελάχιστη χρονοαπόσταση ισούται με τη χρονοαπόσταση που προκύπτει με βάση το χρόνο κατάληψης του **πρώτου τμήματος αποκλεισμού** από τον προηγούμενο συρμό και είναι ίση με αυτόν, ενώ στην αντίθετη περίπτωση ισούται με τη χρονοαπόσταση που προκύπτει με βάση το χρόνο κατάληψης του **τελευταίου τμήματος αποκλεισμού** από τον προηγούμενο συρμό και ισούται με το χρόνο κατάληψης του πρώτου τμήματος αποκλεισμού επί πλέον των χρονικών διαφορών $\Delta t(iP)$ στα σημεία $iP_{n-1}...iP_2$. Στη συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικά ο υπολογισμός

των ελάχιστων χρονοαποστάσεων μεταξύ δύο συρμών σε συνάρτηση με τη σχέση ταχυτήτων διαίρεσης του τμήματος γραμμής καθώς και με τη σχέση ταχυτήτων οποιασδήποτε εμφανιζόμενης ακολουθίας.

- **Ελάχιστη χρονοαπόσταση οποιασδήποτε ακολουθίας στο σημείο iP_n με προηγούμενο συρμό k και επόμενο $k+1$ και με διαίρεση βάσει της σχέσης $V_{επ}/V_{πρ}$ όπου $V_{επ} > V_{πρ}$**

Εστω διάφορες ταχύτητες σ' ένα δρομολόγιο

Αν $V_{min} < V_1 < V_2 < V_{max}$ και η διαίρεση σε τμήματα αποκλεισμού γίνει με βάση τη σχέση $V_2 / V_1 = V_{επ} / V_{πρ} = \lambda$ όπου $V_{επ} \geq V_{πρ}$, τότε

- για ακολουθία $\frac{V_{k+1}}{V_k} \leq \frac{V_{επ}}{V_{πρ}}$

Z_{min} = χρόνος κατάληψης του 1ου τμήματος αποκλεισμού από το συρμό k

- για ακολουθία $\frac{V_{k+1}}{V_k} > \frac{V_{επ}}{V_{πρ}}$

Z_{min} = χρόνος κατάληψης του 1ου τμήματος αποκλεισμού από το συρμό k
+ $\Delta T(iP_{n-1}+...+iP_2)$ από το συρμό $k+1$

Για m τμήματα αποκλεισμού και $n=m+1$ σημεία ορατότητας

$$T_{k+1} = \frac{L_i(P_n - P_{n-1})}{V_{k+1}} \cdot 3,6$$
(96)

$$T_k = \frac{Li(M_{n-1} - M_{n-2})}{V_k} \cdot 3,6$$
(97)

οπότε η διαφορά $\Delta (T_{k+1}-T_k)$ στη θέση iP_{n-1} ισούται με $T_{k+1}-T_k$

από (55) και (70) προκύπτει

$$L_i(M_{n-1} - M_{n-2}) = L_i(P_{n-1} - P_{n-2})$$

$$L_i(P_n - P_{n-1}) = \lambda^{n-2} \cdot L_i(M_2 - M_1)$$

$$L_i(P_{n-1} - P_{n-2}) = \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1)$$

και αντικαθιστώντας στις (96) και (97)

$$\begin{aligned} \Delta T(iP_{n-1}) &= \frac{L_i(M_2 - M_1) \cdot \lambda^{n-2}}{V_{k+1}} \cdot 3,6 - \frac{\lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1)}{V_k} \cdot 3,6 = \\ &= L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \left[\frac{\lambda^{n-2}}{V_{k+1}} - \frac{\lambda^{n-3}}{V_k} \right] \end{aligned}$$

ανάλογα

$$\Delta T(iP_{n-2}) = L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \left[\frac{\lambda^{n-3}}{V_{k+1}} - \frac{\lambda^{n-4}}{V_k} \right]$$

:

:

$$\Delta T(iP_2) = L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \left[\frac{\lambda}{V_{k+1}} - \frac{1}{V_k} \right]$$

και γενικότερα

$$\Delta T(iP_{n-j}) = L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \left[\frac{\lambda^{n-(j+1)}}{V_{k+1}} - \frac{\lambda^{n-(j+2)}}{V_k} \right] \quad (98)$$

$j = 1 \text{ έως } n-2, n \geq 3$

αν $\Delta T(iP_{n-j}) \geq 0$ τότε υφίσταται περίσσεια χρόνου

αν $\Delta T(iP_{n-j}) < 0$ τότε υφίσταται ανεπάρκεια χρόνου και ο συρμός $k+1$ πρέπει να αναμένει κατά την τιμή αυτή.

Σύνολο $\Delta T = \Delta T(iP_{n-1}) + \Delta T(iP_{n-2}) + \dots + \Delta T(iP_2) =$

$$\begin{aligned}
&= L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \left[\frac{\lambda^{n-2}}{V_{k+1}} + \frac{\lambda^{n-3}}{V_{k+1}} + \dots + \frac{\lambda}{V_{k+1}} - \frac{\lambda^{n-3}}{V_k} - \frac{\lambda^{n-4}}{V_k} - \dots - \frac{1}{V_k} \right] = \\
&= L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \left[\lambda \cdot \frac{(\lambda^{n-3} + \lambda^{n-4} + \dots + 1)}{V_{k+1}} - \frac{(\lambda^{n-3} + \lambda^{n-4} + \dots + 1)}{V_k} \right] = \\
&L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot (\lambda^{n-3} + \lambda^{n-4} + \dots + 1) \cdot \left[\lambda \cdot \frac{1}{V_{k+1}} - \frac{1}{V_k} \right]
\end{aligned}$$

ΟΠΟΤΕ

$$\sum_{j=1}^{n-2} \Delta T(iP_{n-j}) = L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot (\lambda^{n-3} + \lambda^{n-4} + \dots + \lambda + 1) \cdot \left[\lambda \cdot \frac{1}{V_{k+1}} - \frac{1}{V_k} \right] \quad (99)$$

$n \geq 3$

Ο παράγων $\lambda \cdot \frac{1}{V_{k+1}} - \frac{1}{V_k}$ με $\lambda = \frac{V_{\varepsilon\pi}}{V_{\pi\rho}}$ μετασχηματίζεται σε

$$\frac{1}{V_{k+1}} \cdot \lambda - \frac{V_{k+1}}{V_k} \quad \text{ή} \quad \frac{1}{V_{k+1}} \cdot \left[\frac{V_{\varepsilon\pi}}{V_{\pi\rho}} - \frac{V_{k+1}}{V_k} \right] \quad (100)$$

Διερεύνηση της σχέσης (100)

- 1η περίπτωση

αν $\frac{V_{\varepsilon\pi}}{V_{\pi\rho}} > \frac{V_{k+1}}{V_k}$ τότε $\sum_{j=1}^{n-2} \Delta T(iP_{n-j}) > 0$ Αυτό σημαίνει ότι ο συρμός V_{k+1} δεν ακολουθεί το συρμό V_k στην ελάχιστη χρονοαπόσταση, αλλά πάντα με έναν επί πλέον χρόνο $\Delta T(iP)$ και ως εκ τούτου στην ακολουθία αυτή δεν εμφανίζεται κράτημα. Επομένως σε περίπτωση καθυστέρησης, ο συρμός V_{k+1} θα μπορούσε ν' αναπτύξει μεγαλύτερη ταχύτητα.

Απόδειξη

Εφόσον η διαίρεση γίνεται με $V_{\varepsilon\pi}/V_{\pi\rho}$, τότε ισχύει

$$T_{V_{\varepsilon\pi}} L_i(P_n - P_{n-1}) = T_{V_{\pi\rho}} L_i(M_{n-1} - M_{n-2}) \Rightarrow \frac{L_i(P_n - P_{n-1})}{V_{\varepsilon\pi}} = \frac{L_i(M_{n-1} - M_{n-2})}{V_{\pi\rho}}$$

$$\frac{L_i(P_n - P_{n-1})}{L_i(M_{n-1} - M_{n-2})} = \frac{V_{\varepsilon\pi}}{V_{\pi\rho}} \quad (101)$$

$$\begin{aligned} \text{αν } \frac{V_{\varepsilon\pi}}{V_{\pi\rho}} &> \frac{V_{k+1}}{V_k} \Rightarrow \frac{L_i(P_n - P_{n-1})}{L_i(M_{n-1} - M_{n-2})} > \frac{V_{k+1}}{V_k} \Rightarrow \frac{L_i(P_n - P_{n-1})}{V_{k+1}} > \frac{L_i(M_{n-1} - M_{n-2})}{V_k} \Rightarrow \\ &\Rightarrow T(P_n - P_{n-1}) > T(M_{n-1} - M_{n-2}) \end{aligned}$$

Η ελάχιστη χρονοαπόσταση στην περίπτωση αυτή είναι:

$$z_{\min k+1}(iP_n) = \frac{L_i(P_n - P_{n-1}) + L_i(P_{n-1} - M_{n-1}) + Lz_k}{V_k} \cdot 3,6 =$$

$$z_{\min k+1}(iP_n) = \frac{\lambda^{n-2} \cdot L_i(M_2 - M_1) + L_i(P_{n-1} - M_{n-1}) + Lz_k}{V_k} \cdot 3,6 \quad (102)$$

• 2η περίπτωση

$$\text{αν } \frac{V_{\varepsilon\pi}}{V_{\pi\rho}} = \frac{V_{k+1}}{V_k} \Rightarrow \sum_{j=1}^{n-2} \Delta T(iP_{n-j}) = 0$$

Αυτό σημαίνει ότι ο συρμός $k+1$ ακολουθεί το συρμό k πάντα στην ελάχιστη χρονοαπόσταση σε κάθε θέση iP και η οποία είναι όπως στην 1η περίπτωση.

• 3η περίπτωση

$$\text{αν } \frac{V_{\varepsilon\pi}}{V_{\pi\rho}} < \frac{V_{k+1}}{V_k} \Rightarrow \text{κράτημα του } k+1 \text{ στις θέσεις } iP_{n-1} \dots iP_2.$$

Σημαίνει ότι ο συρμός $k+1$ ακολουθεί το συρμό k πάντα με $V_{k+1} > V_k$ έτσι ώστε να

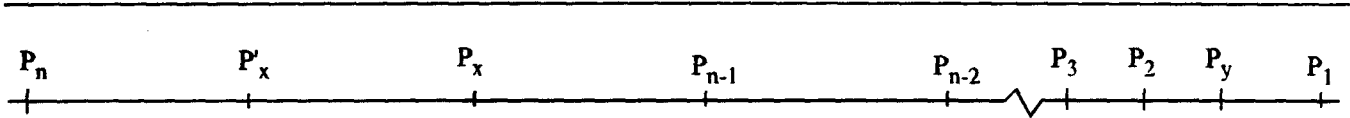
$$\text{ισχύει } \frac{V_{k+1}}{V_k} > \frac{V_{\pi}}{V_{\rho}}$$

Η ελάχιστη χρονοαπόσταση $z_{\min}$ για επόμενο συρμό $k+1$ στη θέση iP_n είναι:

$$z_{\min k+1}(iP_n) = \frac{\lambda^{n-2} \cdot L_i(M_2 - M_1) + L_i(P_{n-1} - M_{n-1}) + Lz_k}{V_k} \cdot 3,6 + \sum_{j=1}^{n-2} \Delta T(iP_{n-j}) \quad (103)$$

6.7.1 Ελάχιστη χρονοαπόσταση οποιασδήποτε ακολουθίας στο τμήμα iP_n με προηγούμενο συρμό k και επόμενο $k+1$, με διαίρεση βάση της σχέσης V_{π}/V_{ρ} όπου $V_{\pi} > V_{\rho}$ και με μεμονωμένες υποδιαίρεσης P'_x , P_x , P_y ή συνδυασμό αυτών.

Οι συνθήκες υπολογισμού της ελάχιστης χρονοαπόστασης απορρέουν από τη γενική συνθήκη “ελάχιστη χρονοαπόσταση” σε κάθε τμήμα αποκλεισμού. Έτσι μία τυχαία ακολουθία V_{k+1}/V_k ισούται με το λόγο των μηκών δύο διαδοχικών τμημάτων αποκλεισμού όταν μεταξύ V_{k+1} και V_k ισχύει ελάχιστη χρονοαπόσταση, δηλαδή $\Delta T = 0$ (§ 6.2 σχέση (62)). Επομένως για



Σχήμα 40: Τμήμα γραμμής με υποδιαίρεσεις

οι συντελεστές οι οποίοι απορρέουν από τις σχέσεις (104) έως (111) είναι καθοριστικοί για την επιλογή της σχέσης υπολογισμού της ελάχιστης χρονοαπόστασης

$$A. \frac{L_i(P'_x - P_x)}{V_k} = \frac{L_i(P_n - P'_x)}{V_{k+1}} \Rightarrow \frac{V_{k+1}}{V_k} = \frac{L_i(P_n - P'_x)}{L_i(P'_x - P_x)} = \frac{(\lambda'')^2 \cdot \lambda' \cdot \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1)}{\lambda'' \cdot \lambda' \cdot \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1)} = \lambda'' \quad (104)$$

$$B. \frac{L_i(P_x - P_{n-1})}{V_k} = \frac{L_i(P'_x - P_x)}{V_{k+1}} \Rightarrow \frac{V_{k+1}}{V_k} = \frac{L_i(P'_x - P_x)}{L_i(P_x - P_{n-1})} = \frac{\lambda'' \cdot \lambda' \cdot \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1)}{\lambda' \cdot \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1)} = \lambda'' \quad (105)$$

$$C. \frac{L_i(P_{n-1} - P_{n-2})}{V_k} = \frac{L_i(P_x - P_{n-1})}{V_{k+1}} \Rightarrow \frac{V_{k+1}}{V_k} = \frac{L_i(P_x - P_{n-1})}{L_i(P_{n-1} - P_{n-2})} = \frac{\lambda' \cdot \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1)}{\lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1)} = \lambda' \quad (106)$$

$$D. \frac{L_i(P_{n-2} - P_{n-3})}{V_k} = \frac{L_i(P_{n-1} - P_{n-2})}{V_{k+1}} \Rightarrow \frac{V_{k+1}}{V_k} = \frac{L_i(P_{n-1} - P_{n-2})}{L_i(P_{n-1} - P_{n-2})} = \frac{\lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1)}{\lambda^{n-4} \cdot L_i(M_2 - M_1)} = \lambda \quad (107)$$

$$E. \frac{V_{k+1}}{V_k} = \frac{L_i(P_x - P_2)}{L_i(P_2 - P_y)} = \frac{\lambda' \cdot \lambda^{n-3}}{\lambda \cdot \mu} \quad (108)$$

$$\text{για } n=3 \quad \frac{V_{k+1}}{V_k} = \frac{\lambda'}{\lambda \cdot \mu} = \xi \quad (109)$$

$$\text{για } n=4 \quad \frac{V_{k+1}}{V_k} = \frac{\lambda'}{\mu} = \xi' \quad (110)$$

$$\text{για } n \geq 5 \quad \frac{V_{k+1}}{V_k} = \frac{\lambda' \cdot \lambda}{\mu} \text{ εμπίπτει στην περίπτωση } > \lambda \text{ διότι } \lambda' / \mu > 1$$

$$F. \frac{L_i(P_3 - P_2)}{V_{k+1}} = \frac{L_i(P_2 - P_v)}{V_k} \Rightarrow \frac{V_{k+1}}{V_k} = \frac{L_i(P_3 - P_2)}{L_i(P_2 - P_v)} = \frac{\lambda \cdot L_i(M_2 - M_1)}{\mu \cdot \lambda \cdot L_i(M_2 - M_1)} = \frac{1}{\mu} \quad (111)$$

$$\text{για } n \geq 4$$

6.7.1.1 Επιπτώσεις από τη σύγκριση της σχέσης V_{k+1}/V_k με τους συντελεστές $\lambda, \lambda', \lambda''$ και μ

α) για $V_k > V_{k+1}$ έπεται $V_{k+1}/V_k < \lambda$, οπότε η σύγκριση γίνεται με τους συντελεστές λ' και λ''

- $\frac{V_{k+1}}{V_k} < \lambda''$ τότε περίσσεια χρόνου για το συρμό k+1 στις θέσεις P'_x, P_x
- $\frac{V_{k+1}}{V_k} = \lambda''$ τότε $\Delta TP'_x, \Delta TP_x = 0$
- $\frac{V_{k+1}}{V_k} > \lambda''$ τότε χρόνος αναμονής του συρμού k+1 στις θέσεις iP'_x, iP_x
- $\lambda'' < \frac{V_{k+1}}{V_k} < \lambda'$ τότε περίσσεια χρόνου για το συρμό k+1 στη θέση iP_{n-1}
- $\frac{V_{k+1}}{V_k} = \lambda'$ τότε $\Delta TP_{n-1} = 0$
- $\frac{V_{k+1}}{V_k} > \lambda'$ τότε χρόνος αναμονής του συρμού k+1 και στη θέση iP_{n-1}
- $\frac{V_{k+1}}{V_k} < 1/\mu$ δεν επηρεάζει τα παραπάνω

β) για $V_k = V_{k+1}$

- αν $V_{k+1}/V_k \leq \lambda$ όπως παραπάνω με περίσσεια χρόνου σε όλες τις θέσεις $P_{n-2} \dots P_2$
- αν $V_{k+1}/V_k = \lambda$ τότε χρόνος αναμονής στις θέσεις iP'_x, iP_x, iP_{n-1} σε όλες τις άλλες θέσεις $P_{n-2} \dots P_2$ $\Delta TP_i(\) = 0$.
Επομένως στην περίπτωση αυτή, οι υποδιαίρέσεις δεν επηρεάζουν.

- $V_{k+1} / V_k < 1/\mu$ δεν επηρεάζει τα παραπάνω

γ) για $V_k < V_{k+1}$ έπεται $V_{k+1} / V_k > 1$

- αν $V_{k+1} / V_k < \lambda$ τότε χρόνος αναμονής στις θέσεις iP'_x, iP_x, iP_{n-1} περίσσεια χρόνου στις θέσεις $P_{n-2} \dots P_2$.
- αν $V_{k+1} / V_k = \lambda$ τότε χρόνος αναμονής στις θέσεις iP'_x, iP_x, iP_{n-1} στις θέσεις $P_{n-2} \dots P_2$ $\Delta TP_i(\) = 0$.
- αν $V_{k+1} / V_k > \lambda$ τότε χρόνος αναμονής στις θέσεις $iP'_x \dots P_2$ στις περιπτώσεις αυτές, οι υποδιαιρέσεις P'_x, P_x δεν επηρεάζουν
- αν $\lambda < V_{k+1} / V_k \leq 1/\mu$ όπως για $V_{k+1} / V_k < \lambda$
- αν $V_{k+1} / V_k > 1/\mu$ όπως για $V_{k+1} / V_k > \lambda$

6.8 Αριθμητικό παράδειγμα

Ενα τμήμα γραμμής μήκους $L_i=20$ km [10], [23], διαιρείται με σχέση ταχυτήτων 160/120 σε $m = 5$ τμήματα αποκλεισμού.

Δίνονται:

Σημείο ορατότητας – πρόσημα: $L_p = 500$ m

Πρόσημα – κύριο σήμα: $L_v = 1000$ m

Κύριο σήμα – θέση τέλους συρμού: $L_M = 50$ m

Μήκος συρμών: $LZ = 300$ m

Λύση:

Πλήθος σημείων ορατότητας $n = m + 1 = 6$

$$\lambda = 160/120 = 1,33$$

$$\text{από (78)} \quad \lambda' = \frac{\sqrt{1+4\lambda} - 1}{2} = 0,758$$

$$\text{από (84)} \quad \lambda'' = \frac{\sqrt{1+4\lambda'} - 1}{2} = 0,504$$

$$\text{από (75)} \quad L_i(M_2 - M_1) = 1914 \text{ m} \quad \text{ή από (72)} \quad L_i(M_2 - M_1) = 1914 \text{ m}$$

οπότε τα προκύπτοντα τμήματα αποκλεισμού είναι

$$L_i(P_2 - P_1) = 1 \cdot 1914 = 1914 \text{ m}$$

$$L_i(P_3 - P_2) = 1,33 \cdot 1914 = 2551 \text{ m}$$

$$L_i(P_4 - P_3) = 1,33^2 \cdot 1914 = 3401 \text{ m}$$

$$L_i(P_5 - P_4) = 1,33^3 \cdot 1914 = 4536 \text{ m}$$

$$\underline{L_i(P_6 - P_5) = 1,33^4 \cdot 1914 = 6049 \text{ m}}$$

$$\text{Σύνολο } L_i(P_6 - P_1) = 18451 \text{ m}$$

Διαιρώντας το τμήμα $P_6 - P_5$ με υποδιαίρεση P_x προκύπτουν

$$\text{από (80)} \quad L_i(P_6 - P_x) = 0,758^2 \cdot 1,33^3 \cdot 1914 = 2587 \text{ m}$$

$$\text{από (81)} \quad L_i(P_x - P_5) = 6049 - 2587 = 3462 \text{ m}$$

Συνεχίζοντας την υποδιαίρεση του τμήματος $P_6 - P_x$ με P'_x προκύπτουν

$$\text{από (85)} \quad L_i(P_6 - P'_x) = (0,504)^2 \cdot 0,758 \cdot 1,33^3 \cdot 1914 = 867 \text{ m} < 1000$$

$$\text{από (86)} \quad L_i(P'_x - P_x) = 0,504 \cdot 0,758 \cdot 1,33^3 \cdot 1914 = 1720 \text{ m}$$

Επειδή το μήκος $P_6 - P'_x$ είναι μικρότερο της απόστασης κύριου σήματος – προσήματος, δοκιμάζεται νέος συντελεστής υποδιαίρεσης $\lambda = 160/100 = 1,6$

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία προκύπτουν

$$\lambda = 1,6$$

$$\lambda' = 0,86$$

$$\lambda'' = 0,554$$

$$L_i(P_2 - P_1) = 1158 = 1158 \text{ m}$$

$$L_i(P_3 - P_2) = 1,6 \cdot 1158 = 1853 \text{ m}$$

$$L_i(P_4 - P_3) = 1,6^2 \cdot 1158 = 2964 \text{ m}$$

$$L_i(P_5 - P_4) = 1,6^3 \cdot 1158 = 4743 \text{ m}$$

$$L_i(P_6 - P_5) = 1,6^4 \cdot 1158 = \underline{7589 \text{ m}}$$

$$\text{Σύνολο } L_i(P_6 - P_1) = 18451 \text{ m}$$

Υποδιαίρεση P_x

$$L_i(P_6 - P_x) = (0,86)^2 \cdot 1,6^3 \cdot 1158 = 3508$$

$$L_i(P_x - P_5) = (0,86)^2 \cdot 1,6^3 \cdot 1158 = 4079$$

Υποδιαίρεση P'_x

$$L_i(P_6 - P'_x) = (0,554)^2 \cdot 0,86 \cdot 1,6^3 \cdot 1158 = 1250 \text{ m} > 1000$$

$$L_i(P'_x - P_x) = 0,554 \cdot 0,86 \cdot 1,6^3 \cdot 1158 = 2260 \text{ m}$$

Στη συνέχεια υπολογίζεται η ελάχιστη χρονοαπόσταση για την ακολουθία 80/100

Διερεύνηση για την ακολουθία $V_k = 80$ $V_{k+1} = 100 \text{ km/h}$

$$T_{80}(P_6 - M'_x) = \frac{1500 + 1250 + 50 + 300}{80} \cdot 3,6 = 139,5 \text{ sec}$$

$$T_{80}(M'_x - M_x) = \frac{2260 \cdot 3,6}{80} = 101,7 \text{ sec}$$

$$T_{100}(P_6 - P'_x) = \frac{1250 \cdot 3,6}{100} = 45 \text{ sec}$$

$$\Delta TP'_x = -56,7 \text{ sec}$$

$$T_{80}(M_x - M_5) = \frac{4079 \cdot 3,6}{80} = 183,6 \text{ sec}$$

$$\Delta TP_x = -102,2 \text{ sec}$$

$$T_{100}(P'_x - P_x) = \frac{2260 \cdot 3,6}{100} = 81,4 \text{ sec}$$

$$T_{80}(M_5 - M_4) = \frac{4743 \cdot 3,6}{80} = 213,4 \text{ sec}$$

$$\Delta TP_5 = -66,6 \text{ sec}$$

$$T_{100}(P_x - P_5) = \frac{4079 \cdot 3,6}{100} = 146,8 \text{ sec}$$

$$T_{80}(M_4 - M_3) = \frac{2964 \cdot 3,6}{80} = 133,4 \text{ sec}$$

$$T_{100}(P_5 - P_4) = \frac{4743 \cdot 3,6}{100} = 170,7 \text{ sec} > 133,4$$

Επομένως η ελάχιστη χρονοαπόσταση ισούται με

$$z_{\min} = 139,5 + 56,7 + 102,2 + 66,6 = 365 \text{ sec} = 6,1 \text{ min}$$

Υπολογίζοντας την ελάχιστη χρονοαπόσταση με τη βοήθεια του Πίνακα 9 με

$$V_{k+1} / V_k = 100 / 80 = 1,25 < \lambda = 1,6$$

προκύπτει

$$z_{\min} = \frac{1250 + 1550 + 300}{80} \cdot 3,6 + \Delta TP'_x + \Delta TP_x + \Delta TP_5 = 6,1 \text{ min}$$

Συγκρίνοντας τα δύο αποτελέσματα παρατηρείται το ταχύτερον της διαδικασίας υπολογισμού χρησιμοποιώντας τον Πίνακα 9.

6.8.1 Οδηγίες για τη χρήση του πίνακα 9

Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμη η παράθεση οδηγιών στον αναγνώστη για το πως να χρησιμοποιεί τον πίνακα 9. Προτείνονται τα παρακάτω βήματα:

α) σύγκριση V_k και V_{k+1} μεταξύ τους

β) είναι το $n = 3$ ή ≥ 4 ;

από α) και β) καθορίζεται η **στήλη** στην οποία θ'αναζητηθεί η μαθηματική σχέση $z_{\min} = \dots$

γ) υποδιαίρεση ή όχι

δ) σύγκριση των συντελεστών $\lambda', \lambda'', \mu, \xi$ και ξ' με τη σχέση V_{k+1} / V_k

από γ) και δ) καθορίζεται η **σειρά** στην οποία θ'αναζητηθεί η μαθηματική σχέση $z_{\min} = \dots$

Η τομή στήλης και σειράς δίνει τη ζητούμενη ελάχιστη χρονοαπόσταση $z_{\min}$.

Πίνακας 9: Σχέσεις υπολογισμού χρονοαπόστασης ανάλογα με το είδος της ακολουθίας, την υποδιαίρεση και το

Υποδιαίρεση	$V_k > V_{k+1}$	
ΚΑΜΜΙΑ	$n=3$	$n \geq 4$
	$z_{min} = \frac{L_i(P_n - P_{n-1}) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6$	
Px	για $V_{k+1}/V_k \leq \lambda'$	$z_{min} = \frac{L_i(P_n - P_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6$
	για $V_{k+1}/V_k > \lambda'$	$z_{min} = \frac{L_i(P_n - P_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP_x + \Delta TP_{n-1}$
Py	$z_{min} = \frac{L_i(P_n - P_{n-1}) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6$	
Px, Py	για $V_{k+1}/V_k \leq \lambda'$ ή $V_{k+1}/V_k > \lambda'$ $z_{min} = \frac{L_i(P_n - P_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP_x + \Delta TP_{n-1}$ $\Delta TP_x, \Delta TP_{n-1} = 0$ για $n = 3$	
Px', Px	για $V_{k+1}/V_k \leq \lambda'$	$z_{min} = \frac{L_i(P_n - P'_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6$
	για $\lambda'' < V_{k+1}/V_k \leq \lambda'$	$z_{min} = \frac{L_i(P_n - P'_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP_x + \Delta TP'_x$
	για $V_{k+1}/V_k > \lambda'$	$z_{min} = \frac{L_i(P_n - P'_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP_x + \Delta TP'_x + \Delta TP'_n$
Px', Px, Py	για $V_{k+1}/V_k \leq \lambda'$	$z_{min} = \frac{L_i(P_n - P'_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6$
	για $\lambda'' < V_{k+1}/V_k \leq \lambda'$ ή για $V_{k+1}/V_k > \lambda'$ $z_{min} = \frac{L_i(P_n - P'_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP'_x + \Delta TP'_n$	για $V_{k+1}/V_k > \lambda'$ $z_{min} = \frac{L_i(P_n - P'_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP'_x$

V_k = ταχύτητα προηγούμενου συρμού, V_{k+1} = ταχύτητα επόμενου συρμού, n = πλήθος σημείων ορατότητας

	$V_k = V_{k+1}$	
	$n=3$	$n \geq 4$
	$z_{min} = \frac{L_i(P_n - P_{n-1}) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6$	
	για $V_{k+1}/V_k = \lambda$ ή για $V_{k+1}/V_k > \lambda'$	$z_{min} = \frac{L_i(P_n - P_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP_x + \Delta TP_{n-1}$
	για $V_{k+1}/V_k \leq \lambda'$	$z_{min} = \frac{L_i(P_n - P_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6$
	$z_{min} = \frac{L_i(P_n - P_{n-1}) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6$	
	για $V_{k+1}/V_k = \lambda$ ή $V_{k+1}/V_k < \lambda$ με $V_{k+1}/V_k > \lambda'$	
	$z_{min} = \frac{L_i(P_n - P_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP_x + \Delta TP_{n-1}$	
	$\Delta TP_{n-1} = 0$ για $n = 3$	
	για $V_{k+1}/V_k < \lambda$ με $V_{k+1}/V_k \leq \lambda'$	
	$z_{min} = \frac{L_i(P_n - P_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6$	
	για $V_{k+1}/V_k = \lambda$ ή $V_{k+1}/V_k < \lambda$ με $V_{k+1}/V_k > \lambda'$	$z_{min} = \frac{L_i(P_n - P'_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP'_x + \Delta TP_x$
	για $V_{k+1}/V_k \leq \lambda'$	$z_{min} = \frac{L_i(P_n - P'_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6$
	για $V_{k+1}/V_k < \lambda$ με $\lambda'' < V_{k+1}/V_k \leq \lambda'$	$z_{min} = \frac{L_i(P_n - P'_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP'_x + \Delta TP_x$
	για $V_{k+1}/V_k = \lambda$ ή $V_{k+1}/V_k < \lambda$ με $V_{k+1}/V_k > \lambda'$ $z_{min} = \frac{L_i(P_n - P'_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP'_x + \Delta TP_x + \Delta TP_{n-1}$	
	$\Delta TP_{n-1} = 0$ για $n = 3$	
	για $V_{k+1}/V_k \leq \lambda''$	$z_{min} = \frac{L_i(P_n - P'_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6$
ΔTP_n	για $\lambda'' < V_{k+1}/V_k \leq \lambda'$	$z_{min} = \frac{L_i(P_n - P'_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP'_x + \Delta TP_x$

$V_k < V_{k+1}$	
$n=3$	$n \geq 4$
$\gamma\alpha V_{k+1}/V_k \leq \lambda$	$z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P_{n-1}) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6$
$\gamma\alpha V_{k+1}/V_k > \lambda$	$z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P_{n-1}) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \sum_{Pn-1}^{P2} \Delta t_i$
$\gamma\alpha V_{k+1}/V_k \leq \lambda'$	$z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6$
$\gamma\alpha V_{k+1}/V_k > \lambda' \text{ με } V_{k+1}/V_k > \lambda$	$z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP_x$
$\gamma\alpha V_{k+1}/V_k > \lambda' \text{ με } V_{k+1}/V_k \leq \lambda$	$z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP_x$
$\gamma\alpha V_{k+1}/V_k \geq \lambda \text{ με } V_{k+1}/V_k \leq 1/\mu$ $z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P_{n-1}) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6$	$\gamma\alpha V_{k+1}/V_k > \lambda \text{ με } V_{k+1}/V_k \leq 1/\mu$ $z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P_{n-1}) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \sum_{Pn-1}^{P2} \Delta t_i$
$\gamma\alpha V_{k+1}/V_k > 1/\mu$ $z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P_{n-1}) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \sum_{Pn-1}^{P3} \Delta t_i + \Delta TP_2 + \Delta TP_y, \quad \sum_{Pn-1}^{P3} \Delta t_i = 0 \text{ για } n = 3$	
$\gamma\alpha V_{k+1}/V_k = \lambda \text{ ή } V_{k+1}/V_k > \xi \text{ με } V_{k+1}/V_k \leq 1/\mu$ $z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP_x + \Delta TP_2$	$\gamma\alpha V_{k+1}/V_k \leq \xi'$ $z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP_x + \sum_{Pn-1}^{P3} \Delta t_i$
$\gamma\alpha V_{k+1}/V_k \leq \xi$ $z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP_x$	$\gamma\alpha V_{k+1}/V_k > \xi' \text{ με } V_{k+1}/V_k \leq 1/\mu \text{ ή } V_{k+1}/V_k > \lambda \text{ με } V_{k+1}/V_k > 1/\mu$ $z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP_x + \sum_{Pn-1}^{P3} \Delta t_i$
$\gamma\alpha V_{k+1}/V_k > 1/\mu$ $z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP_x + \Delta TP_2 + \Delta TP_y$	$\gamma\alpha V_{k+1}/V_k > 1/\mu$ $z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} + \Delta TP_x + \sum_{Pn-1}^{P3} \Delta t_i + \Delta TP_2 + \Delta TP_y$
$\gamma\alpha V_{k+1}/V_k \leq \lambda$ $z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP_x + \Delta TP_{n-1}$	
$\gamma\alpha V_{k+1}/V_k = \lambda$ $z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P'_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP'_x + \Delta TP_x + \Delta TP_{n-1}$	
$\gamma\alpha V_{k+1}/V_k > \lambda$ $z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P'_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP'_x + \Delta TP_x + \Delta TP_{n-1} + \sum_{Pn-2}^{P2} \Delta t_i$	
$\gamma\alpha V_{k+1}/V_k \leq \lambda' \text{ με } V_{k+1}/V_k > \lambda' \quad z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P'_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP'_x + \Delta TP_x \quad \Delta TP'_x, \Delta TP_x = 0 \text{ για } n=3$	
$\gamma\alpha V_{k+1}/V_k \leq \lambda \text{ ή } \xi < V_{k+1}/V_k \leq 1/\mu$ $z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P'_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP'_x + \Delta TP_x + \Delta TP_2$	$\gamma\alpha V_{k+1}/V_k \leq \lambda$ $z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P'_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP'_x + \Delta TP_x$
$\gamma\alpha V_{k+1}/V_k \leq \xi$ $z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P'_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP'_x + \Delta TP_x$	$\gamma\alpha \lambda < V_{k+1}/V_k \leq 1/\mu$ $z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P'_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP'_x + \Delta TP_x$
$\gamma\alpha V_{k+1}/V_k > 1/\mu \quad z_{\min} = \frac{L_i(P_n - P'_x) + L_i(P - M) + LZ_k}{V_k} \cdot 3,6 + \Delta TP'_x + \Delta TP_x + \sum_{Pn-1}^{P3} \Delta t_i + \Delta TP_2 + \Delta TP_y, \quad \sum_{Pn-1}^{P3} \Delta t_i = 0 \text{ για } n=3$	

$$\lambda' = \frac{\sqrt{1+4\lambda}-1}{2}, \quad \lambda'' = \frac{\sqrt{1+4\lambda'}-1}{2}, \quad \mu = \frac{\sqrt{1+4\lambda^{-1}}-1}{2}, \quad \xi = \frac{\lambda'}{\lambda \cdot \mu}, \quad \xi' = \frac{\lambda'}{\mu}$$

$$_i(P_n - P_{n-1}) = \lambda^{n-2} \cdot L_i(M_2 - M_1)$$

$$\sum_{i=1}^2 \Delta ti = L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \left[\frac{\lambda}{V_{k+1}} - \frac{1}{V_k} \right] \cdot (1 + \lambda + \dots + \lambda^{n-3})$$

$$_i(P_n - P_x) = (\lambda')^2 \cdot \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1)$$

$$\Delta TP_x = \lambda' \cdot \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \left[\frac{\lambda'}{V_{k+1}} - \frac{1}{V_k} \right]$$

$$\Delta TP_{n-1} = L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \lambda^{n-3} \cdot \left[\frac{\lambda'}{V_{k+1}} - \frac{1}{V_k} \right]$$

$$\sum_{i=1}^2 \Delta ti = \Delta TP_{n-1} + \sum_{Pn-2}^{P2} \Delta ti$$

$$\sum_{Pn-2}^{P2} \Delta ti = L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \left[\frac{\lambda}{V_{k+1}} - \frac{1}{V_k} \right] \cdot (1 + \lambda + \dots + \lambda^{n-4})$$

$$\Delta TP_2 = L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \lambda \cdot \left[\frac{1}{V_{k+1}} - \frac{\mu}{V_k} \right]$$

$$\Delta TP_y = L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \left[\frac{\lambda \cdot \mu}{V_{k+1}} - \frac{(1 - \lambda \cdot \mu)}{V_k} \right]$$

$$\sum_{i=1}^3 \Delta ti = L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \left[\frac{\lambda}{V_{k+1}} - \frac{1}{V_k} \right] \cdot (\lambda + \dots + \lambda^{n-3})$$

$$\Delta TP_x = \lambda' \cdot \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \left[\frac{\lambda'}{V_{k+1}} - \frac{1}{V_k} \right]$$

$$\Delta TP_{n-1} = \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \left[\frac{\lambda'}{V_{k+1}} - \frac{1}{V_k} \right]$$

$$\Delta TP_2 = L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \left[\frac{\lambda'}{V_{k+1}} - \frac{\lambda \cdot \mu}{V_k} \right] \quad \forall n \geq 3$$

$$\Delta TP_2 = L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \lambda \cdot \left[\frac{1}{V_{k+1}} - \frac{\mu}{V_k} \right] \quad \forall n \geq 4$$

$$\Delta TP_y = L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \left[\frac{\lambda \cdot \mu}{V_{k+1}} - \frac{(1 - \lambda \cdot \mu)}{V_k} \right]$$

$$\sum_{i=1}^3 \Delta ti = \Delta TP_{n-1} + \sum_{Pn-2}^{P3} \Delta ti \quad \forall n \geq 5$$

$$\sum_{Pn-2}^{P3} \Delta ti = L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \left[\frac{\lambda}{V_{k+1}} - \frac{1}{V_k} \right] \cdot (\lambda + \dots + \lambda^{n-4})$$

$$_i(P_n - P'_x) = (\lambda'')^2 \cdot \lambda' \cdot \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1)$$

$$\Delta TP'_x = \lambda'' \cdot \lambda' \cdot \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \left[\frac{\lambda''}{V_{k+1}} - \frac{1}{V_k} \right]$$

$$\Delta TP_x = \lambda' \cdot \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \left[\frac{\lambda''}{V_{k+1}} - \frac{1}{V_k} \right]$$

$$\Delta TP_{n-1} = \lambda^{n-3} \cdot L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \left[\frac{\lambda'}{V_{k+1}} - \frac{1}{V_k} \right]$$

$$\sum_{Pn-2}^{P2} \Delta ti = L_i(M_2 - M_1) \cdot 3,6 \cdot \left[\frac{\lambda}{V_{k+1}} - \frac{1}{V_k} \right] \cdot (1 + \lambda + \dots + \lambda^{n-4})$$

$$_i(P_n - P'_x), \quad \Delta TP'_x, \quad \Delta TP_x, \quad \Delta TP_{n-1}, \quad \Delta TP_2 (n=3), \quad \Delta TP_2 (n \geq 4), \quad \Delta TP_y,$$

όπως στην υποδιαίρεση P'_x, P_x

$$\sum_{i=1}^3 \Delta ti = \text{όπως στην υποδιαίρεση } P_x, P,$$

7. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ (PC) ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΧΡΟΝΟΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΝΕΑ ΜΕΘΟΔΟ

Για την απλούστευση της υπολογιστικής διαδικασίας η ανωτέρω μεθοδολογία μετασχηματίστηκε σε πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή. Το πρόγραμμα ονομάζεται SIGNTEIL και έχει αναπτυχθεί σε περιβάλλον Quick Basic σύμφωνα με τις αρχές δομημένου προγραμματισμού. Λόγω της δομής του το πρόγραμμα μπορεί να εκτελεστεί και σε υπολογιστές μικρών δυνατοτήτων (π.χ. με επεξεργαστές 286) αλλά η ταχύτητα εκτέλεσής του βελτιώνεται σημαντικά όταν εκτελείται σε ισχυρότερους υπολογιστές. Συγκεκριμένα η όλη διαδικασία εισόδου δεδομένων, επεξεργασίας και εκτύπωσης των αποτελεσμάτων διαρκεί από 2 έως 5 λεπτά ανάλογα με τον τύπο του υπολογιστή αλλά και την ικανότητα του χειριστή.

Το πρώτο τμήμα του προγράμματος καθοδηγεί το χρήστη στην εισαγωγή των δεδομένων ενώ παράλληλα προειδοποιεί και επιτρέπει τη διόρθωση τυχόν εσφαλμένων εισαγωγών. Συγκεκριμένα ο χρήστης εισάγει:

- 1) πλήθος τμημάτων αποκλεισμού
- 2) πεδίο τιμών λ
- 3) ταχύτητες συρμών
- 4) ποσοστό κάθε κατηγορίας στο δρομολόγιο
- 5) οποιαδήποτε τιμή από τις παραμέτρους οι οποίες υπεισέρχονται στον υπολογισμό της χωρητικότητας

Τα αποτελέσματα του προγράμματος είναι

- 1) μητρώο με πιθανές ακολουθίες μεταξύ των κατηγοριών
- 2) μητρώο με ελάχιστες χρονοαποστάσεις μεταξύ όλων των κατηγοριών
- 3) μήκη τμημάτων αποκλεισμού

- 4) μήκη τμημάτων αποκλεισμού με υποδιαίρεση
- 5) μέση ελάχιστη χρονοαπόσταση
- 6) χωρητικότητα γραμμής

Επιπλέον το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα αποθήκευσης των αποτελεσμάτων του σε ASCII format ώστε να είναι ευχερής η εισαγωγή και η περαιτέρω επεξεργασία τους με τη βοήθεια προγραμμάτων στατιστικής επεξεργασίας.

8. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται στη συμπεριφορά της χωρητικότητας.

Η διερεύνηση γίνεται σε 2 φάσεις.

Στην πρώτη φάση διερευνάται η μελέτη των FEIGE – BRUX [18] οι οποίοι υπολογίζουν τη χωρητικότητα για 2 ταχύτητες και 3 διαφορετικές περιπτώσεις διαίρεσης συγκεκριμένου τμήματος γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού. Η διερεύνηση περιλαμβάνει τον υπολογισμό της χωρητικότητας με επιπλέον 21 περιπτώσεις διαίρεσης σε τμήματα αποκλεισμού, εφαρμόζοντας συγχρόνως τη **νέα προτεινόμενη μέθοδο**. Ο υπολογισμός της χωρητικότητας και στις δύο φάσεις γίνεται με τη μέθοδο της ομάδας εργασίας UIC Basel – Milano, επειδή αυτή χρησιμοποιείται από τους FEIGE – BRUX. Λαμβάνονται ίδια δεδομένα με της μελέτης τα οποία είναι

- | | |
|---|---|
| - μήκος τμήματος γραμμής: | $L_i = 25 \text{ km}$ |
| - πλήθος τμημάτων αποκλεισμού : | $m = 2-24$ |
| - 2 κατηγορίες συρμών: | $V_1 = 160 \text{ km/h}, \quad V_2 = 80 \text{ km/h}$ |
| - μήκη συρμών: | $LZ_1 = 350 \text{ m}, \quad LZ_2 = 750 \text{ m}$ |
| - απόσταση σημείου ορατότητας – προσήματος: | $L_p = 500 \text{ m}$ |
| - απόσταση προσήματος – κυρίου σήματος: | $L_v = 1000 \text{ m}$ |

- απόσταση θέσης τέλους συρμού :	$L_M = 200 \text{ m}$
- σύνθεση δρομολογίου:	από 0% - 100% για V_1 και παράλληλα 100% - 0% για V_2 έτσι ώστε πάντα $V_1(\%) + V_2(\%) = 100\%$
- σύστημα σηματοδότησης:	H/V
- χρόνοι σχηματισμού διαδρομής:	$f_b = 0,22 \text{ min}$
- μέσο περιθώριο άνεσης:	$\bar{t} = 5 \text{ min}$

Τα αποτελέσματα της μελέτης καθώς και της διερεύνησης απεικονίζονται στα διαγράμματα 1 και 2.

Στο διάγραμμα 1, παρατηρείται ότι για πλήθος τμημάτων αποκλεισμού $m \geq 3$, γίνεται ορατή η επιρροή των βραδέων συρμών στη συνολική χωρητικότητα. Επίσης διαφαίνεται ότι οι δυσμενέστερες τιμές της, επιτυγχάνονται με σύνθεση δρομολογίου 55 – 60% B και 45 – 40% T αντιστοίχως. Αυτό επιβεβαιώνεται και στο [12].

Στο διάγραμμα 2 εμφανίζονται οι τιμές χωρητικότητας για κάθε πλήθος τμημάτων αποκλεισμού $m = 6, 8$ και 10. Η επιλογή ως προς το πλήθος m έγινε για δύο λόγους.

α) τα μήκη αποκλεισμού των ακραίων τμημάτων είναι επαρκή για να υποδιαιρεθούν (P_x , P_y) και

β) από $m \geq 10$ οι τιμές της χωρητικότητας διαφοροποιούνται ελάχιστα.

Παρατηρείται ότι η ισομήκης κατ'αρχήν διαίρεση με περαιτέρω υποδιαίρεση των ακραίων τμημάτων αποκλεισμού, δίνει σε ορισμένη περιοχή μείξης, βελτιωμένες τιμές. Επομένως η νέα προτεινόμενη μέθοδος δείχνει να έχει επίδραση επί των ελάχιστων χρονοαποστάσεων. Στο κεφάλαιο 9 γίνεται μία εκτενέστερη διερεύνηση για την περίπτωση της σύνθεσης δρομολογίου με περισσότερες των 2 κατηγορίες συρμών.

Στη δεύτερη φάση, λαμβάνεται ένα τμήμα γραμμής λίγο μεγαλύτερο, $L_i = 28 \text{ km}$ το οποίο αντιστοιχεί σ' αυτό του παραδείγματος του Dilli και υπολογίζεται η χωρητικότητα για τις παρακάτω 3 περιπτώσεις, με τη δυσμενέστερη σύνθεση δρομολογίου 60% B και 40% T. Η σύνθεση αυτή θεωρείται ως μία από αυτές που εμφανίζονται συχνά στην πράξη [4], [97], [107], [115].

1η περίπτωση

“περιθώριο άνεσης : $\bar{r} = 0$ ”

- μία κατηγορία συρμών : $V = 160 \text{ km/h}$
 - μία κατηγορία συρμών : $V = 80 \text{ km/h}$
 - δύο κατηγορίες συρμών : $V = 160 \text{ km/h}, V = 80 \text{ km/h}$
- σύνθεση δρομολογίου : 40 % 60%

2η περίπτωση

“περιθώριο άνεσης : $r = 5 \text{ min}$ ”

υπόλοιπα στοιχεία όπως στη πρώτη περίπτωση

3η περίπτωση

όπως 1η περίπτωση αλλά για $L_i = 15000 \text{ m}$

Σε κάθε περίπτωση εφαρμόζεται ενδεικτικά η νέα προτεινόμενη μέθοδος με $\lambda = 1$ P_x, P_y και συγκρίνεται.

Ο υπολογισμός βασίζεται στα εξής δεδομένα:

- σύστημα M.A.S.

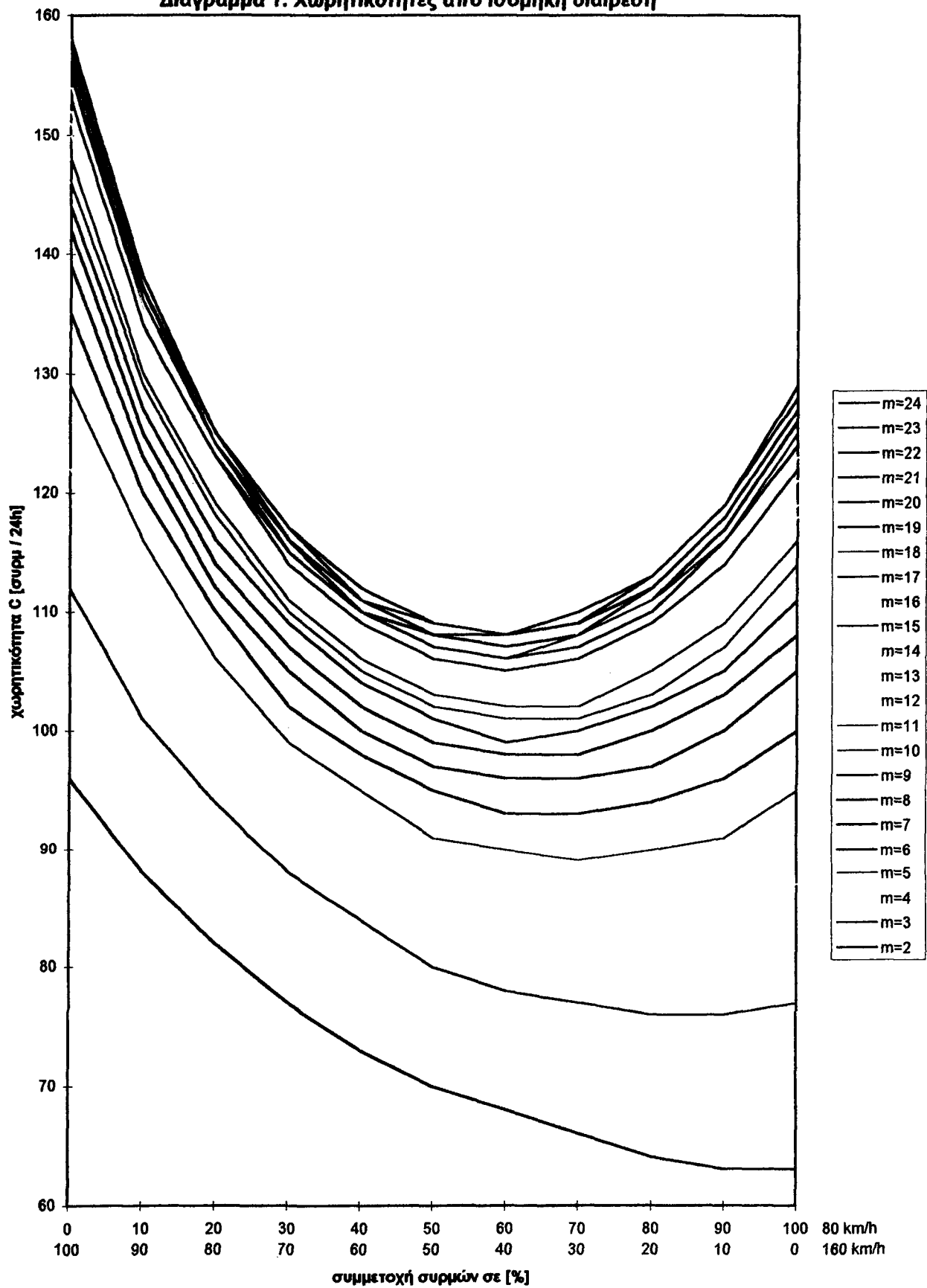
μήκος τμήματος γραμμής:	$L_i = 28000 \text{ m}$ (15000 m)
πλήθος τμημάτων αποκλεισμού :	$m = 2-28$ (2-15)

μήκος συρμού:	$L_Z = 300 \text{ m}$
απόσταση θέσης τέλους συρμού :	$L_M = 50 \text{ m}$
απόσταση ορατότητας :	$L_p = 500 \text{ m}$

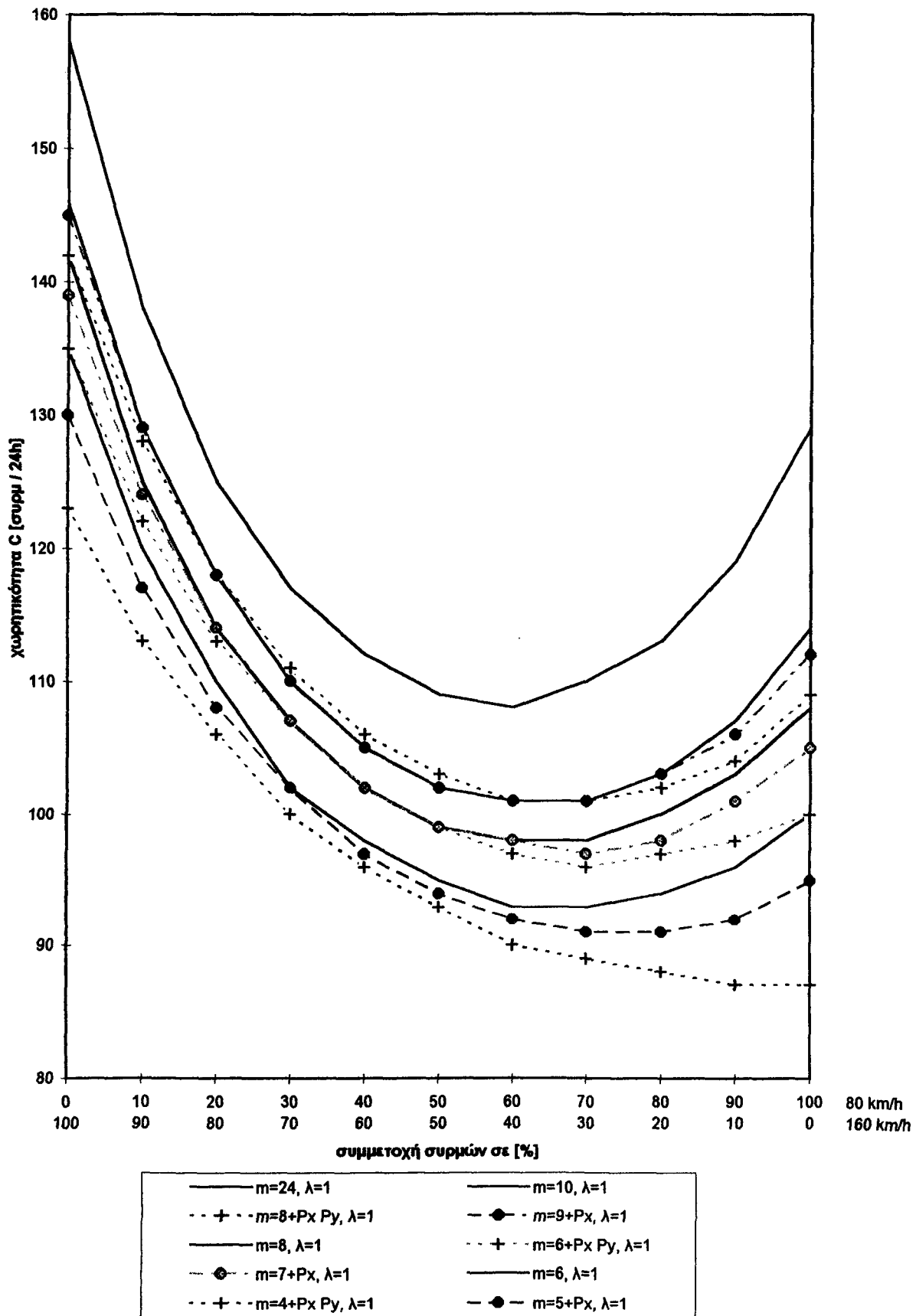
- σύστημα H/V

μήκος τμήματος γραμμής:	$L_i = 28000 \text{ m}$	(15000 m)
πλήθος τμημάτων αποκλεισμού:	$m = 2-28$	(2-15)
απόσταση προσήματος - κυρίου σήματος:	$L_v = 1000 \text{ m}$	
μήκος συρμού:	$L_Z = 300 \text{ m}$	
απόσταση θέσης τέλους συρμού:	$L_M = 50 \text{ m}$	
απόσταση ορατότητας:	$L_p = 500 \text{ m}$	

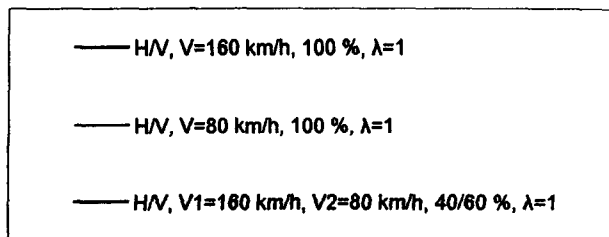
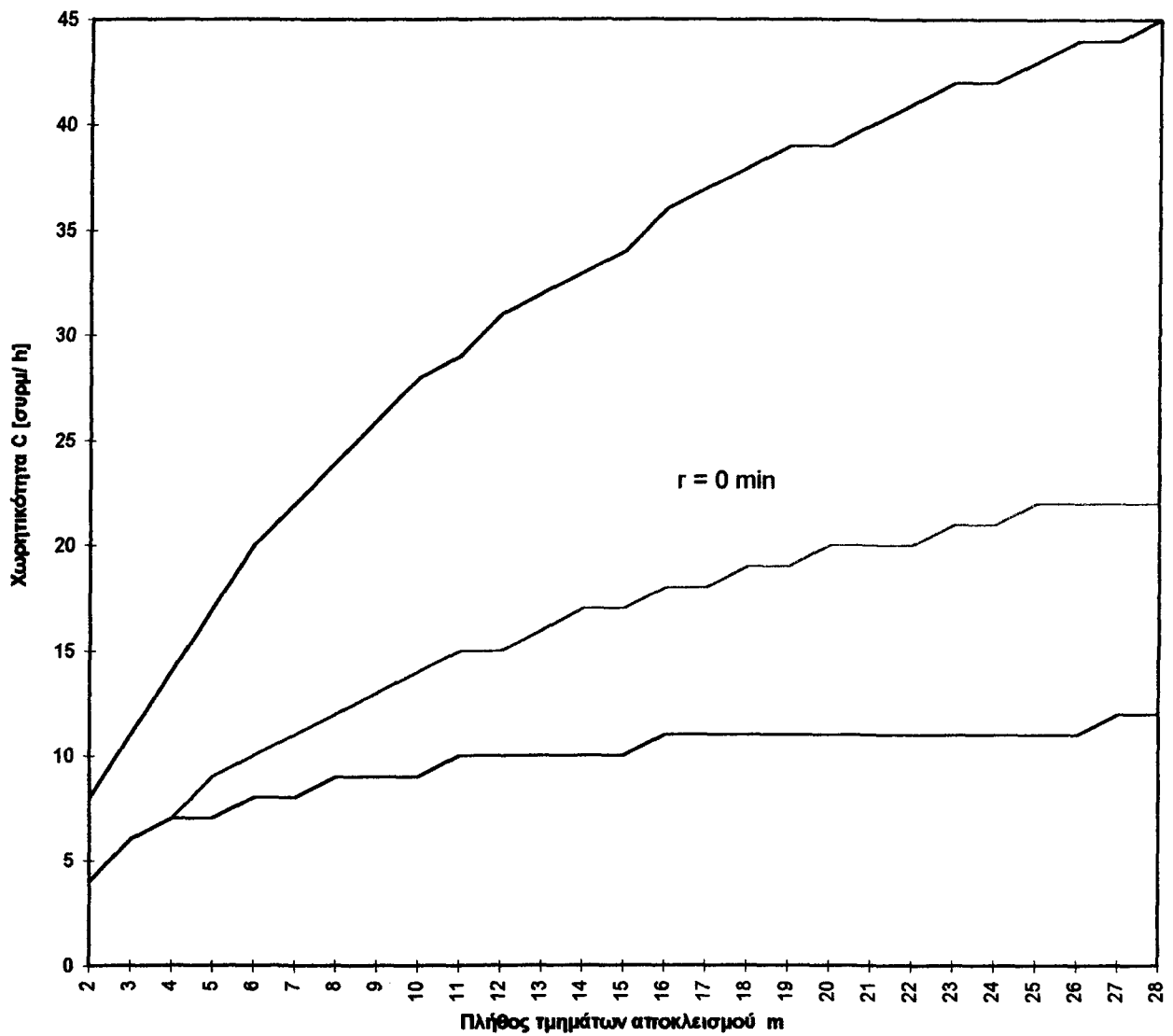
Διάγραμμα 1: Χωρητικότητες από ισομήκη διαίρεση



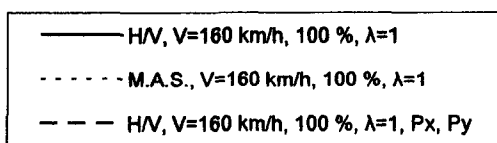
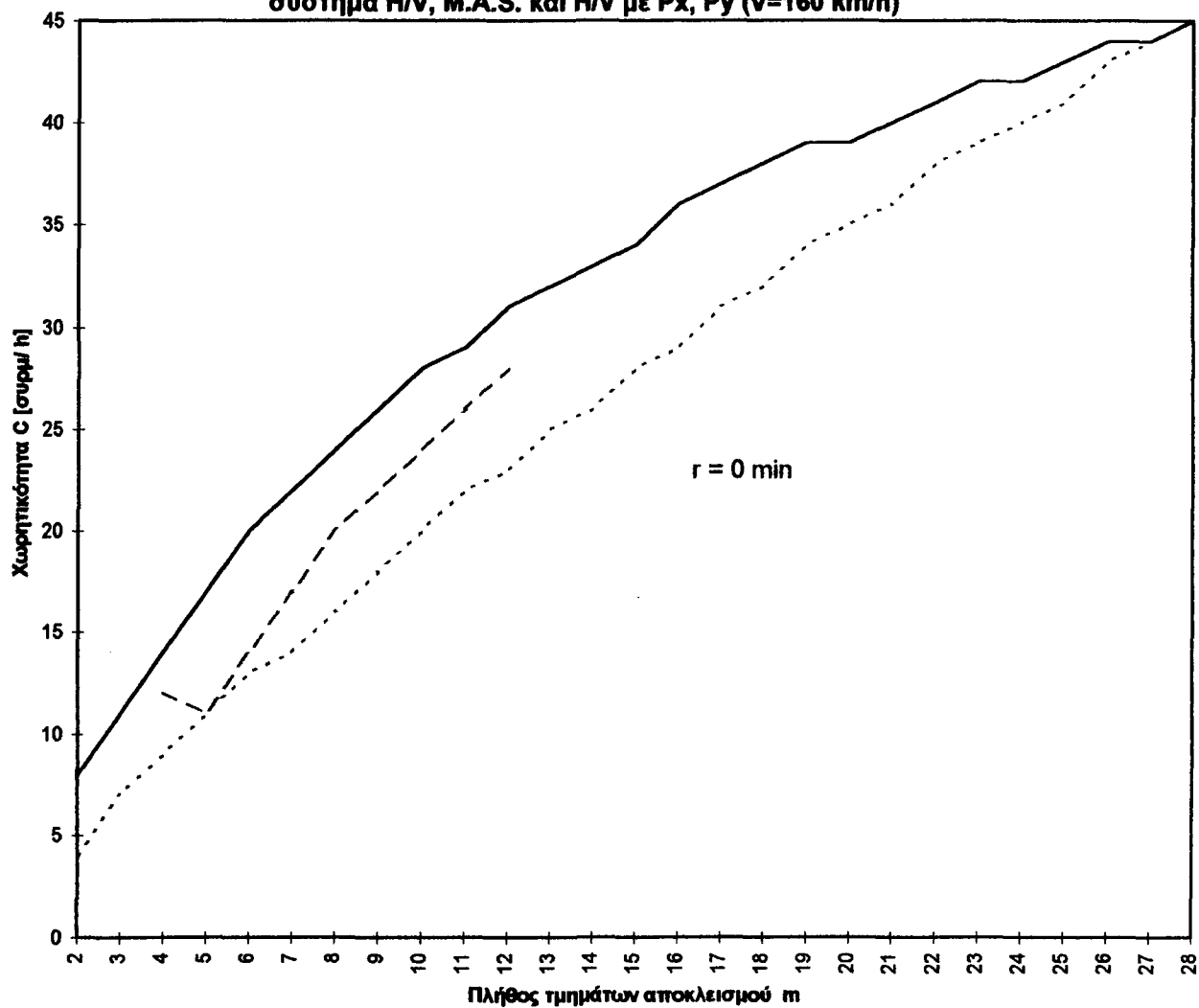
Διάγραμμα 2: Χωρητικότητες από ισομήκη διαίρεση και από υποδιαιρέσεις $P_x, P_x P_y$, σύμφωνα με τη νέα προτεινόμενη μέθοδο



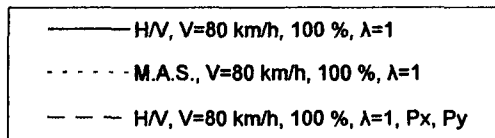
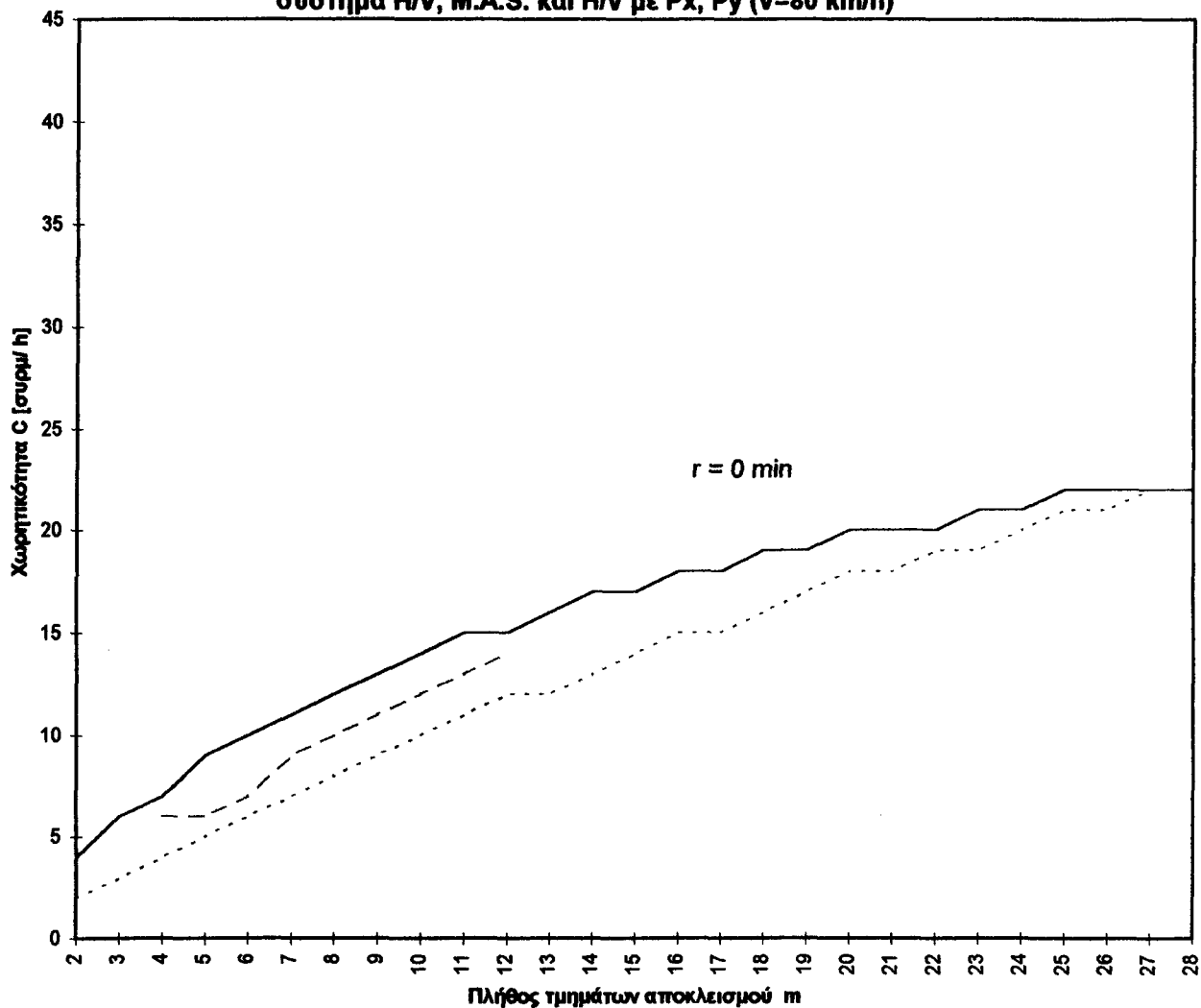
Διάγραμμα 3: Σχέση χωρητικότητας και πλήθους τμημάτων αποκλεισμού για σύστημα Η/Υ



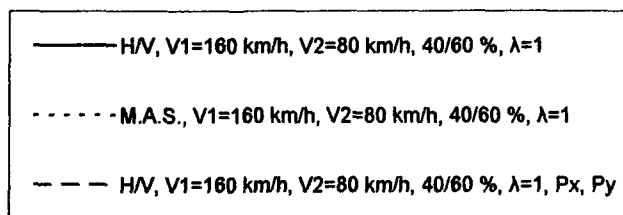
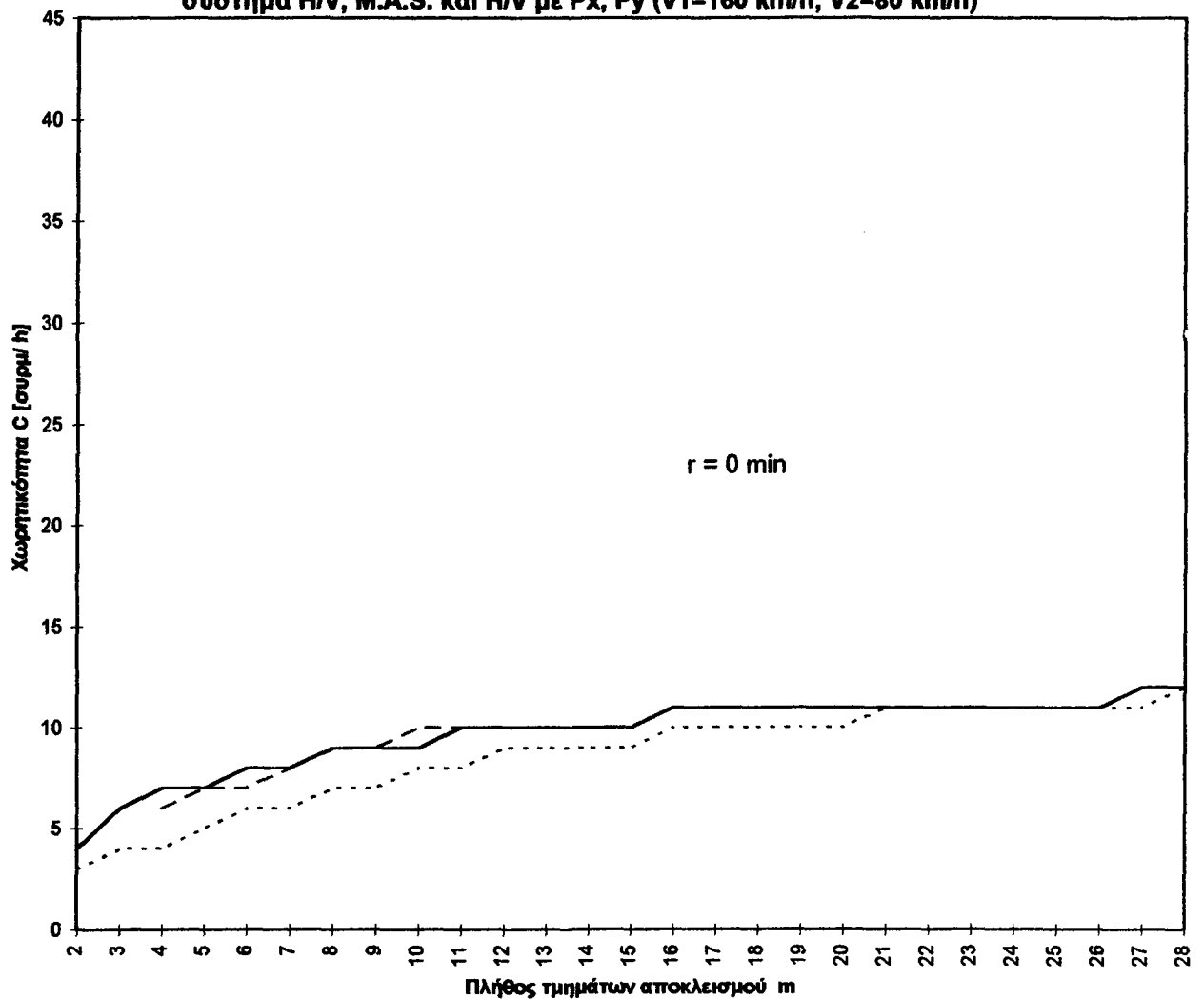
Διάγραμμα 4: Σχέση χωρητικότητας και πλήθους τμημάτων αποκλεισμού για σύστημα H/V, M.A.S. και H/V με Px, Py (V=160 km/h)



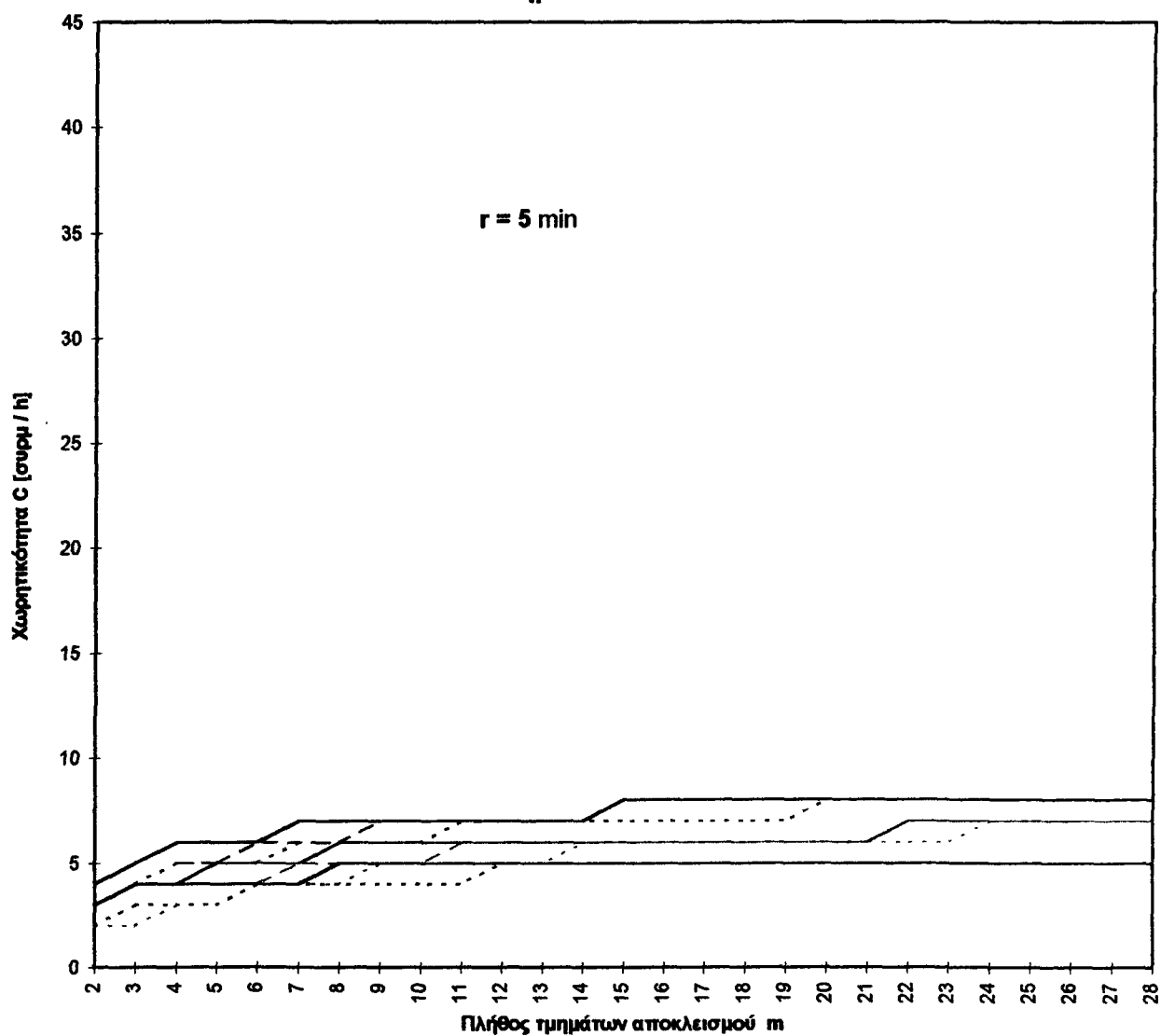
Διάγραμμα 5: Σχέση χωρητικότητας και πλήθους τμημάτων αποκλεισμού για σύστημα Η/Υ, Μ.Α.Σ. και Η/Υ με P_x, P_y ($V=80$ km/h)



Διάγραμμα 6: Σχέση χωρητικότητας και πλήθους τμημάτων αποκλεισμού για σύστημα H/V, M.A.S. και H/V με P_x, P_y ($V_1=160$ km/h, $V_2=80$ km/h)

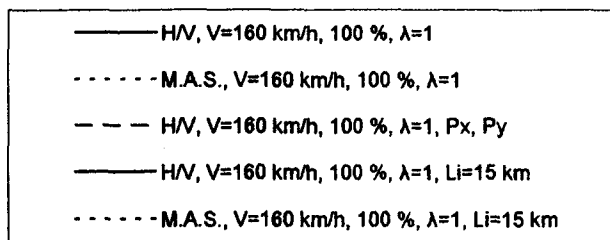
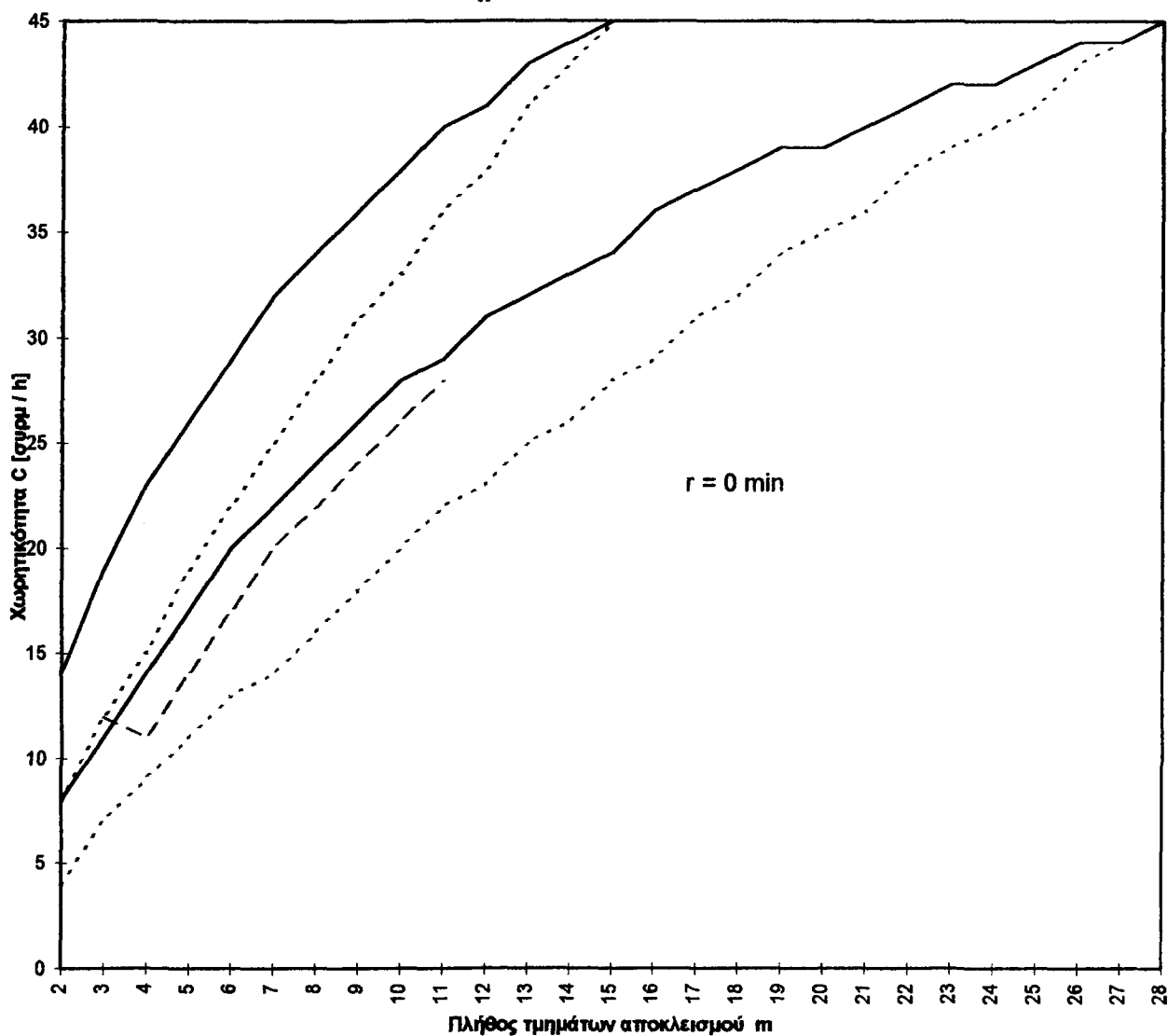


Διάγραμμα 7: Σχέση χωρητικότητας και πλήθους τμημάτων αποκλεισμού για συστήματα H/V και M.A.S.

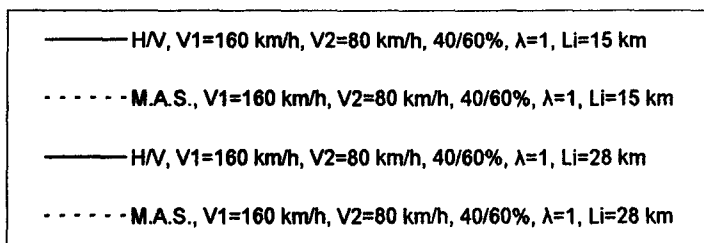
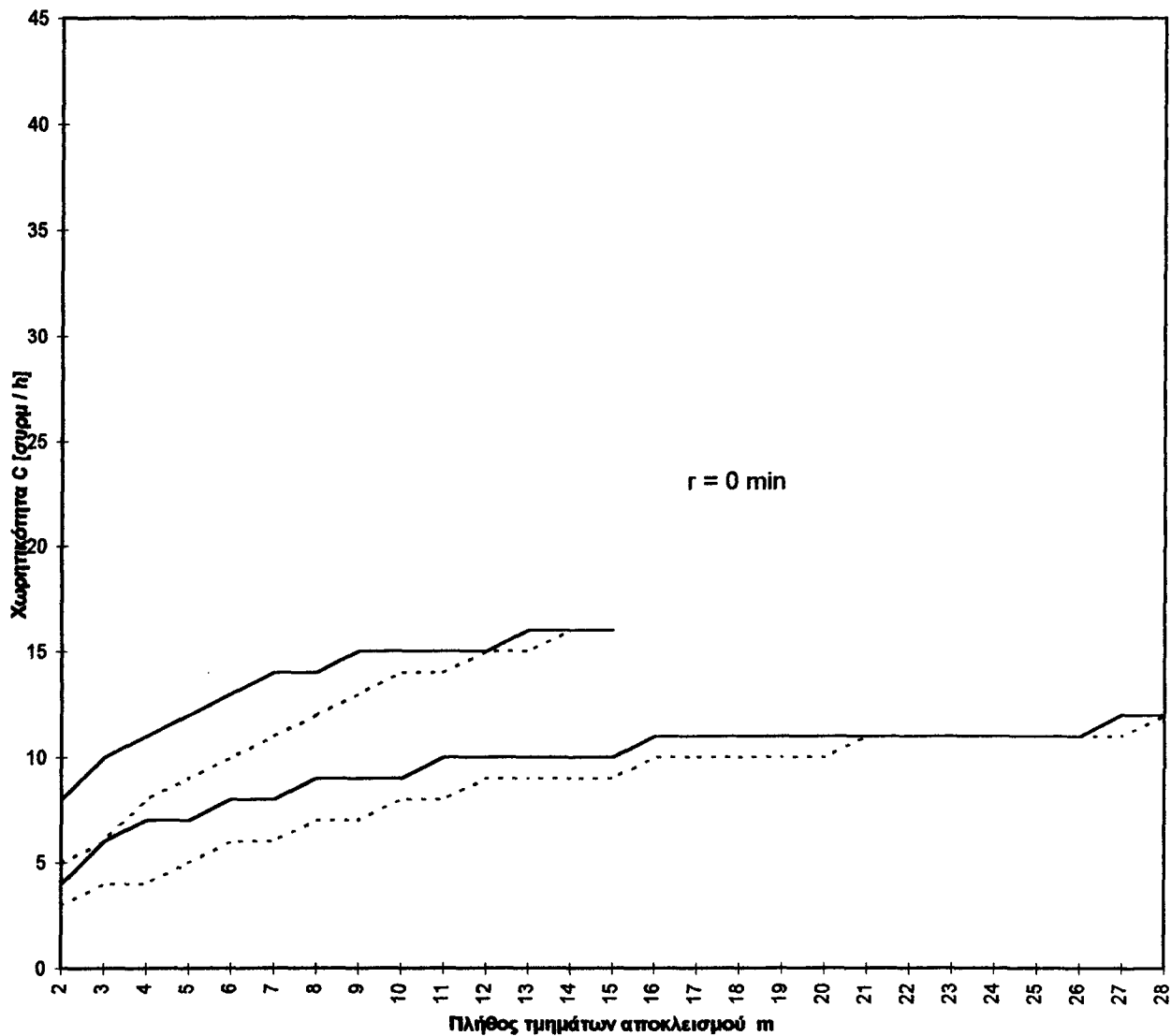


- H/V, V=160 km/h, 100 %, $\lambda=1$
- - - M.A.S., V=160 km/h, 100 %, $\lambda=1$
- - - H/V, V=160 km/h, 100 %, $\lambda=1$, P_x, P_y
- H/V, V=80 km/h, 100 %, $\lambda=1$
- - - M.A.S., V=80 km/h, 100 %, $\lambda=1$
- - - H/V, V=80 km/h, 100 %, $\lambda=1$, P_x, P_y
- H/V, V1=160 km/h, V2=80 km/h, 40/60 %, $\lambda=1$
- - - M.A.S., V1=160 km/h, V2=80 km/h, 40/60 %, $\lambda=1$
- - - H/V, V1=160 km/h, V2=80 km/h, 40/60 %, $\lambda=1$, P_x, P_y

Διάγραμμα 8: Σύγκριση χωρητικότητας μεταξύ $L_i=15$ km και 28 km, για συστήματα H/V και M.A.S.



Διάγραμμα 9: Σύγκριση χωρητικότητας μεταξύ $L_i=15$ km και 28 km, για συστήματα H/V ΚΑΙ M.A.S. ($V_1=160$ km/h, $V_2=80$ km/h)



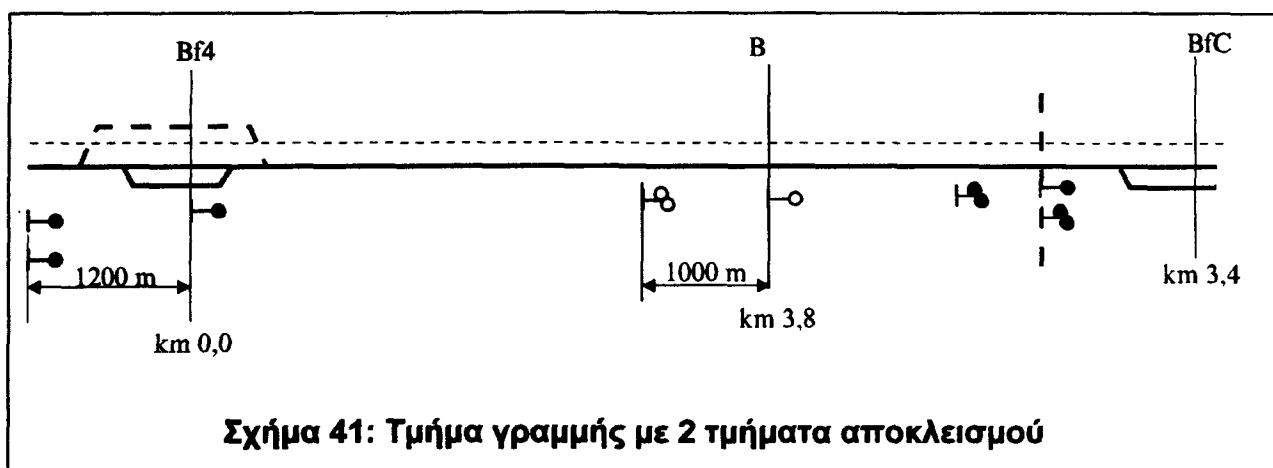
Από τα διαγράμματα διαφαίνεται

- ότι όσο υψηλότερη είναι η ταχύτητα (για ταχύτητες έως 160 km/h μία κατηγορία συρμών και ίδιο πλήθος τμημάτων αποκλεισμού) τόσο μεγαλύτερη είναι η χωρητικότητα (διαγρ. 3)
- ότι η χωρητικότητα με σύστημα σηματοδότησης H/V είναι μεγαλύτερη αυτής με M.A.S. (διαγρ. 4,5,6). Βεβαίως εδώ θα πρέπει να ληφθούν και άλλοι παράγοντες υπόψη (π.χ. πλήθος σημάτων) προκειμένου να προτιμηθεί το ένα ή το άλλο σύστημα, για τμήματα αποκλεισμού μήκους < 1800 m
- σημαντική πτώση της χωρητικότητας στην περίπτωση μέσου περιθωρίου άνεσης $\bar{t} = 5,0 \text{ min}$ (διαγρ. 7).
- πτώση της χωρητικότητας στην περίπτωση μεικτής κυκλοφορίας [88], [102], με ελάχιστη τιμή της χωρητικότητας για σύνθεση δρομολογίου περίπου 40 % ταχείς και 60 % βραδείς συρμοί (διαγρ. 1).
- ότι η νέα προτεινόμενη μέθοδος δίνει μικρότερη τιμή χωρητικότητας στις περιπτώσεις παράλληλων δρομολογίων (διαγρ. 4,5), ενώ μεγαλύτερη στην περίπτωση μεικτού δρομολογίου (διαγρ. 6,7) και (παρ. 9.1, διαγρ. 10,11,12).
- ότι η νέα προτεινόμενη μέθοδος, δεν δύναται να υποδιαιρέσει για ακραία τμήματα αποκλεισμού με μήκος μικρότερο των 2500 m περίπου και για απόσταση προσήματος – κύριου σήματος 1000 m. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι αδυνατεί να υποδιαιρέσει ένα τμήμα γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού οποιουδήποτε μήκους.
- ότι η χωρητικότητα είναι ανεξάρτητη του μήκους L_i για ίδιο μήκος τμήματος αποκλεισμού (π.χ. για $L_i = 28 \text{ km}$, $m=10$, $L_B = 2800 \text{ m}$ και για $L_i = 15 \text{ km}$, $L_B = 2800 \text{ m}$, $m \approx 5$, $C \approx 27$ συρμοί/h) για μία κατηγορία συρμών (διαγρ. 8), ενώ για περισσότερες κατηγορίες διαφοροποιείται (διαγρ. 9).

9. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΝΕΑΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΜΕ ΤΙΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ

9.1 Σύγκριση με μέθοδο UIC

Η UIC παραθέτει ένα παράδειγμα υπολογισμού χωρητικότητας για μια κατεύθυνση διπλής γραμμής, δίνοντας ένα δρομολόγιο 56 συρμών με τη σειρά ακολουθίας και τους χρόνους διαδρομής των. Το τμήμα γραμμής 7,4 km θεωρείται “κρίσιμη διατομή” μεταξύ 7 τμημάτων. Σε κάθε τμήμα υφίσταται ενδιάμεσο τμήμα αποκλεισμού. Το παρακάτω σχήμα δίνει την υφιστάμενη κατάσταση του τμήματος.



Παραδοχές:

1. Οι χρόνοι διαδρομής AC που δίνονται, αναφέρονται όπως φαίνεται από την επίλυση, σε μέσους χρόνους, και μεταφράζονται σε ταχύτητα με τη σχέση $s = v \cdot t$.
2. Οι συρμοί ομαδοποιούνται σε 3 κατηγορίες ανάλογα με το χρόνο διαδρομής των.
3. Η ομαδοποίηση γίνεται έτσι ώστε το άθροισμα των χρόνων διαδρομής να μην αποκλίνει σημαντικά από το άθροισμα των αντίστοιχων κλάσεων. Στην προκειμένη περίπτωση η απόκλιση του 2% κρίνεται ικανοποιητική.
4. Η απόσταση σημείου ορατότητας – προσήματος λαμβάνεται ίση με 500 m για χρόνους διαδρομής των 4,5 min και 200 m για χρόνους διαδρομής των 6,5 και 8,5 min.
5. Η απόσταση L_M στο κύριο σήμα B λαμβάνεται ίση με 200 m.

6. Το μήκος συρμού λαμβάνεται ίσο με 400 m για χρόνους διαδρομής 4,5 και 6,5 min και 700 m για 8,5 min.
7. Ο χρόνος διαδικασίας σχηματισμού του Block BC λαμβάνεται 0,5 min.
8. Ο χρόνος απελευθέρωσης του Block περιλαμβάνει την απόσταση L_M και το μήκος του συρμού.
9. Για την περίπτωση μεθόδου “με πιθανό δρομολόγιο” λαμβάνονται υπόψη στο σταθμό A οι ελάχιστες χρονοαποστάσεις που απορρέουν από τη διέλευση των συρμών.

Επειδή οι χρονοαποστάσεις αυτές είναι λίγο μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες των ίδιων ακολουθιών αν ο επόμενος συρμός εκκινούσε από το σταθμό A, έπεται ότι και η μέση ελάχιστη χρονοαπόσταση θα είναι κατά τι μεγαλύτερη.

Από τα παραπάνω προκύπτει μία μέση ελάχιστη χρονοαπόσταση της τάξης του 6,07 min/συρμό και η αντίστοιχη χωρητικότητα από (18).

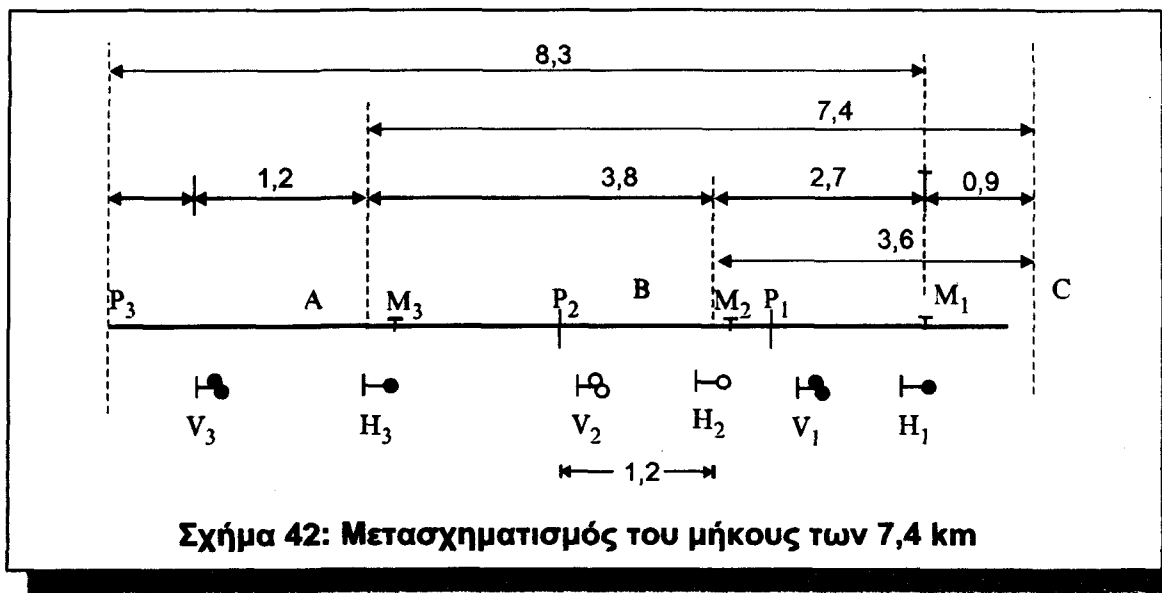
$$C = \frac{1440}{6,07 + 0,67 \cdot 6,07 + 0,25 \cdot 7} = 121 \text{ συρμοί/ 24 ώρες}$$

Σχόλιο :

Το τμήμα των 7,4 km (κύριο σήμα σταθμού A – κύριο σήμα σταθμού C) που λαμβάνει η UIC μπορεί να μετασχηματισθεί στο παρακάτω τμήμα σύμφωνα με τη νέα προτεινόμενη μέθοδο, η οποία ήδη έχει λάβει υπόψη της το Block BC και δίνει απ' ευθείας τη χρονοαπόσταση στη θέση A.

Με βάση το μέγιστο μήκος συρμού των 700 m, την απόσταση ασφαλείας L_M ίση με 200 m, μπορεί να θεωρηθεί ότι το σήμα εισόδου στο σταθμό BfC απέχει 900 m από τη Χ.Θ. 7,4.

Επομένως το ισοδύναμο προς διερεύνηση τμήμα θα ήταν



με $L_i = 8,3$ km από P_3 έως M_1 .

Κατά τον υπολογισμό της χωρητικότητας με την προτεινόμενη μέθοδο, ελήφθησαν υπόψη οι ίδιες παραδοχές όπως στην UIC, με μόνη διαφορά ότι το μήκος προσήματος – σήματος L_v στο Block BC ελήφθη όπως και στο A, 1200 m.

Παραδοχές:

- $L_i = 8300$: Μήκος τμήματος γραμμής $L_i (P_n-M_1)$
- $PV = 500$: Απόσταση Σ.Ο. - προσήματος
- $VH = 1200$: Απόσταση προσήματος - κυρίου σήματος
- $HM = 200$: Απόσταση κύριου σήματος - - μονωτικού αρμού
- $Fb = 0.5$: Χρόνος σχηματισμού διαδρομής
- $Fa = 0$: Χρόνος αντίληψης σήματος εξόδου
- $Td = 1440$: Χρονική διάρκεια παρατήρησης
- $a = 7$: Πλήθος επί μέρους τμημάτων γραμμής
- $tr = .67$: Συντελεστής περιθωρίου άνεσης

Επομένως ο υπολογισμός αυτός είναι δυσμενέστερος και ως εκ τούτου τα αποτελέσματα εφ' όσον πλησιάζουν αυτά της UIC, κρίνονται ικανοποιητικά. Επίσης οι χρόνοι διαδρομής μετατρέπονται σε ταχύτητες για την εισαγωγή των τιμών τους στα δεδομένα της μεθόδου.

Ο υπολογισμός γίνεται για δύο περιπτώσεις:

- η ομαδοποίηση παραμένει όπως στην UIC [141]
- καμία ομαδοποίηση

1η Περίπτωση: Ομαδοποίηση όπως στην UIC.

Κατά την πρώτη περίπτωση, οι συρμοί ομαδοποιούνται σε 3 κατηγορίες έτσι όπως φαίνεται στον πίνακα 10:

Πίνακας 10: Ομαδοποίηση των συρμών σε 3 κατηγορίες

Χρόνος διαδρομής των 7400 m	Κατηγορία
- 5,5 min	4,5 min
5,6 - 7,5 min	6,5 min
7,6 - min	8,5 min

Μετατρέποντας τους χρόνους 4,5, 6,5 και 8,5 min σε ταχύτητες προκύπτουν 98,7, 68,3 και 52,2 km/h αντίστοιχα.

Στον πίνακα 11 που ακολουθεί, η χωρητικότητα υπολογίζεται με βάση το πλήθος των συρμών που αντιστοιχεί στις παραπάνω ταχύτητες και είναι 22, 8 και 26 συρμοί αντίστοιχα.

Πολύ εύκολα μεταβάλλοντας το συντελεστή λ, καθίσταται δυνατός ο υπολογισμός διαφόρων τιμών χωρητικότητας λαμβάνοντας συγχρόνως και τα μήκη των τμημάτων αποκλεισμού.

Η σχέση $\lambda = V_{\pi\pi}/V_{\pi\rho}$ η οποία δίνεται στον παρακάτω πίνακα 11, μπορεί ν' αντιπροσωπεύει οποιεσδήποτε ταχύτητες π.χ. ο συντελεστής 1,0 μπορεί να είναι 80/80 ή 200/200 και ο συντελεστής 2,0 120/60 ή 160/80 ανάλογα με τις ταχύτητες που εμφανίζονται στο δρομολόγιο.

Επίσης στη στήλη λ εμφανίζονται και οι τιμές κατά τις οποίες η χωρητικότητα μεταβάλλεται κατά έναν συρμό. Αντίστοιχες τιμές των τμημάτων αποκλεισμού φαίνονται στις στήλες $B\ell_1$ και $B\ell_2$. Τέλος στη στήλη $\Delta B\ell_1$, φαίνεται το μήκος κατά το οποίο μπορεί να μεταβληθεί ένα τμήμα αποκλεισμού για να διαφοροποιηθεί η συγκεκριμένη χωρητικότητα κατά έναν συρμό.

Πίνακας 11: Διαφοροποίηση των $B\ell_1$ και $B\ell_2$ για μείωση της χωρητικότητας κατά ένα συρμό, για 3 κατηγορίες συρμών

λ	$\Delta\lambda$	C [συρμ/24h]	$B\ell_1^*$ [m]	$B\ell_2^*$ [m]	$\Delta B\ell_1 = \Delta B\ell_2$ [m]
1		122	3200	3200	
	0,1				152
1,1		121	3352	3048	
	0,1				139
1,2		120	3491	2909	
	0,1				126
1,3		119	3617	2783	
	0,11				127
1,41		118	3744	2656	
	0,11				116
1,52		117	3860	2540	
	0,12				107
1,63		116	3967	2433	
	0,12				106
1,75		115	4073	2327	
	0,14				112
1,89		114	4185	2215	
	0,1				75
1,99		113	4260	2140	
2,00		113	4267	2133	

(*) Το Block $B\ell_1$ αυξάνει το μήκος του προς την κατεύθυνση κίνησης των συρμών, ενώ το $B\ell_2$ αντίστοιχα το μειώνει.

2η Περίπτωση: Καμία ομαδοποίηση

Στην περίπτωση αυτή οι κατηγορίες των συρμών λαμβάνονται όσες είναι στο παράδειγμα, συνολικά 15.

Πίνακας 12: Στοιχεία των συρμών που εμφανίζονται στο παράδειγμα της UIC

Χρόνοι διαδρομής [min]	Αντίστοιχη ταχύτητα [km/h]	Πλήθος/ κατηγορία [συρμοί]	% επί του συνόλου
3,7	120	1	1,8
4,1	108,3	2	3,6
4,2	105,7	1	1,8
4,5	98,7	13	23,2
4,6	96,5	1	1,8
4,7	94,5	1	1,8
5,0	88,8	3	5,4
6,5	68,3	4	7,1
7,0	63,4	3	5,4
7,5	59,2	1	1,8
8,0	55,5	14	25,0
9,0	49,3	7	12,5
10,0	44,4	3	5,4
10,5	42,3	1	1,8
11,0	40,4	1	1,8
Σύνολο		56 συρμοί	100

Πίνακας 13: Διαφοροποίηση των $B\ell_1$ και $B\ell_2$ για μείωση της χωρητικότητας κατά ένα συρμό, για 15 κατηγορίες συρμών

λ		C [συρμ/24h]	$B\ell_1$ [m]	$B\ell_2$ [m]	$\Delta B\ell_1 = \Delta B\ell_2$ [m]
1,00		119	3200	3200	
	0,03				47
1,03		118	3247	3153	
	0,18				257
1,21		117	3504	2896	
	0,13				161
1,34		116	3665	2735	
	0,12				133
1,46		115	3798	2602	
	0,12				121
1,58		114	3913	2481	
	0,12				111
1,70		113	4030	2370	
	0,12				100
1,82		112	4130	2270	
	0,12				93
1,94		111	4223	2177	
2,00		111	4267	2133	

Συγκρίνοντας τους πίνακες 11 και 13 διαφαίνεται μία ελαφρά πτώση της χωρητικότητας στην περίπτωση της μη ομαδοποίησης των διαφόρων κατηγοριών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ελήφθησαν υπόψη οι χρονοαποστάσεις όλων των πιθανών ακολουθιών. Επίσης η μετακίνηση των κύριων σημάτων κατά 100 m ανά περίπτωση, δεν επιφέρει αλλαγή στην τιμή της χωρητικότητας.

Όλοι οι παραπάνω υπολογισμοί αφορούν στη διαίρεση του τμήματος σε 2 Block. Ενδιαφέρον θα είχε η μεταβολή της χωρητικότητας στην περίπτωση διαίρεσης σε 3 ή

σε 4 Block, χωρίς ομαδοποίηση των διαφόρων κατηγοριών, όπου η νέα προτεινόμενη μέθοδος υπεισέρχεται και ως υποδιαίρεση P_x του πρώτου τμήματος αποκλεισμού A προς C.

Πίνακας 14: Διαίρεση σε 3 τμήματα αποκλεισμού

λ	C [συρμ/24h]	$B \ell_1$ [m]	$B \ell_2$ [m]	$B \ell_3$ [m]
1,0	133	2133	2133	2133
	125	1222	1978	3200 *
1,1	133	2340	2127	1934
	127	1335	2017	3048 *
1,2	132	2532	2110	1758
	128	1442	2048	2909 *
1,3	130	2711	2085	1604
	129	1544	2073	2783 *
1,4	129	2877	2055	1468
	130	1641	2092	2667 *
1,5	127	3032	2021	1347
	131	1733	2107	2560 *
1,6	132	1821	2117	2462 *
1,7	133	1905	2125	2370 *
1,8	133	1984	2130	2286 *
1,9	133	2061	2132	2207 *
2,0	133	2133	2133	2133 *

(*) οι τιμές των σειρών αυτών ισχύουν για $m = 2$ και υποδιαίρεση P_x
 οι τιμές των υπολοίπων σειρών ισχύουν για $m = 3$

Πίνακας 15: Διάρθρωση σε 4 τμήματα αποκλεισμού

λ	C [συρμ/24h]	$B \ell_1 [m]$	$B \ell_2 [m]$	$B \ell_3 [m]$	$B \ell_4 [m]$
1,0	142	1600	1600	1600	1600
	$L_i(P_n-P_x) = 815 < 1000$				
1,1	142	1222	1978	1978	1222**
	141	1865	1667	1517	1379
	$L_i(P_n-P_x) = 932 < 1000$				
1,2	142	1335	2017	1933	1115**
	140	2060	1717	1431	1192
	141	1046	1486	2110	1758*
1,3	138	2273	1748	1345	1034
1,3	142	1157	1553	2085	1604*
1,4	142	1265	1612	2055	1408*
1,5	142	1369	1663	2021	1347*
1,6	142	1468	1707	1984	1240*
1,7	142	1564	1745	1946	1145*
1,8	142	1656	1777	1907	1060*

(**) οι τιμές των σειρών αυτών ισχύουν για $m = 2$ με υποδιαίρεση P_x, P_y

(*) οι τιμές των σειρών αυτών ισχύουν για $m = 3$ με υποδιαίρεση P_x

οι τιμές των υπολοίπων σειρών ισχύουν για $m = 4$

Από την περαιτέρω διερεύνηση των πινάκων 14 και 15 προκύπτουν οι πίνακες 17, 18, 19, 20 και 21.

Πίνακας 16: Δεδομένα

$L_i(P_n - M_i)$	8300 m
$L_i(P_n - V_n)$	500 m
$L_i(V_n - H_n)$	1200 m
$L_i(H_n - M_n)$	200 m
Σύστημα σηματοδότησης: H/V	

Πίνακας 17: Ελάχιστες χρονοαποστάσεις, χωρητικότητες, χρόνοι κατάληψης, μήκη τμημάτων αποκλεισμού για υποδιαίρεση P_x , $m=3$ και 15 κατηγορίες συρμών

λ	z_{min}	C	ΣB $V_k=V_{k+1}$	ΣB $V_k<V_{k+1}$	ΣB $V_k>V_{k+1}$	ΣB	$L_i(P_4-P_3)$ $L_i(P_3-P_2)$ B_3	$L_i(P_3-P_2)$ $L_i(P_2-P_1)$ B_2	$L_i(P_2-P_1)$ $L_i(P_1-P_0)$ B_1
1	5,41	133	94	413	219	725	2133	2133	2133
x	5,84	125	106	429	199	734	1222	1978	3200
1,1	5,45	133	97	403	226	726	1934	2127	2340
x	5,75	127	105	428	199	732	1335	2017	3048
1,2	5,51	132	99	395	232	727	1758	2110	2532
x	5,68	128	103	428	200	731	1442	2048	2909
1,3	5,58	130	101	390	237	729	1604	2085	2711
x	5,61	129	102	427	201	730	1544	2073	2783
1,4	5,66	129	103	386	241	731	1468	2055	2877
x	5,56	130	101	425	202	728	1641	2082	2667
1,5	5,75	127	105	383	244	732	1347	2021	3032
x	5,52	131	100	424	204	728	1733	2107	2560
1,6x	5,48	132	99	422	208	727	1821	2117	2462
1,7x	5,46	133	97	420	209	728	1905	2125	2370
1,8x	5,44	133	96	418	212	726	1984	2130	2286
1,9x	5,42	133	95	415	216	726	2061	2132	2207
2x	5,41	133	94	413	219	725	2133	2133	2133

$L_i = 8300, \quad x = P_x$
 $C=συρμ/24h, \quad z_{min}=[min], \quad \Sigma B=[min], \quad L_i()=[m]$

Πίνακας 18: Ελάχιστες χρονοαποστάσεις, χωρητικότητες, χρόνοι κατάληψης, μήκη τμημάτων αποκλεισμού για υποδιαίρεση P_x, P_x, P_y $m=4$ και 15 κατηγορίες συρμών

λ	z_{min}	C	ΣB	ΣB	ΣB	ΣB	$L_i(P_5-P_4)$	$L_i(P_4-P_3)$	$L_i(P_3-P_2)$	$L_i(P_2-P_1)$
			$V_k=V_{k+1}$	$V_k<V_{k+1}$	$V_k>V_{k+1}$		$L_i(P_4-P_x)$	$L_i(P_x-P_3)$	$L_i(P_3-P_2)$	$L_i(P_2-P_1)$
							$L_i(P_3-P_x)$	$L_i(P_x-P_2)$	$L_i(P_2-P_y)$	$L_i(P_y-P_1)$
							B_4	B_3	B_2	B_1
1	5,01	142	90	416	210	716	1600	1600	1600	1600
x,y	5	142	97	413	206	716	1222	1978	1978	1222
1	5,05	141	94	404	219	717	1835	1669	1517	1379
x,y	5,01	142	98	410	208	716	1335	2017	1933	1115
1	5,12	140	97	396	226	719	2060	1717	1431	1192
x,y	5,02	142	98	408	210	716	1442	2048	1888	1021
x	5,1	141	99	422	197	717	1046	1486	2110	1758
1	5,21	138	99	390	232	721	2273	1748	1345	1034
x	5	142	99	419	199	717	1157	1553	2085	1604
1,4x	5	142	98	417	201	716	1265	1612	2055	1468
1,5x	5	142	98	415	203	716	1369	1663	2021	1347
1,6x	5	142	97	413	206	716	1468	1707	1984	1240
1,7x	5	142	96	411	209	716	1564	1745	1946	1145
1,8x	5	142	95	409	212	716	1656	1777	1907	1060

$L_i = 8300, \quad x=P_x, \quad xy = P_xP_y$
 $C=συρμ/24h, \quad z_{min}=[min], \quad \Sigma B=[min], \quad L_i()=[m]$

Πίνακας 19: Ελάχιστες χρονοαποστάσεις, χωρητικότητες, χρόνοι κατάληψης, μήκη τμημάτων αποκλεισμού για υποδιαίρεση P_x , $m=3$ και 3 κατηγορίες συρμών

λ	z_{min}	C	ΣB	ΣB	ΣB	ΣB	$L_i(P_4-P_3)$	$L_i(P_3-P_2)$	$L_i(P_2-P_1)$
			$V_k=V_{k+1}$	$V_k<V_{k+1}$	$V_k>V_{k+1}$		$L_i(P_3-P_2)$	$L_i(P_2-P_1)$	$L_i(P_1-P_0)$
							B_3	B_2	B_1
1	5,2	138	257	316	145	718	2133	2133	2133
x	5,7	128	287	320	121	728	1222	1978	3200
1	5,28	136	264	306	149	719	1934	2127	2340
x	5,6	130	284	321	122	728	1335	2017	3048
1	5,35	135	270	298	153	721	1758	2110	2532
x	5,5	131	281	321	123	725	1442	2048	2909
1	5,42	133	276	291	156	723	1604	2085	2711
x	5,5	133	278	321	125	723	1544	2073	2783
1	5,51	132	280	286	159	724	1468	2055	2877
x	5,4	134	275	320	127	722	1641	2092	2667
2	5,59	130	284	282	161	726	1347	2021	3032
x	5,4	135	271	319	131	721	1733	2107	2560
2	5,68	128	287	279	162	728	3175	1984	1240
x	5,3	135	268	318	134	720	1821	2117	2462
2	5,76	127	289	277	164	730	3309	1946	1145
x	5,3	138	265	318	137	720	1905	2125	2370
2	5,84	125	292	274	165	731	3433	1907	1060
x	5,3	137	282	317	140	719	1984	2130	2286
1,9x	5,2	137	258	318	143	718	2061	2132	2207
2x	5,2	138	257	316	145	718	2133	2133	2133

$L_i = 8300, \quad x = P_x$
 $C=\sigma\mu\mu/24h, \quad z_{min}=[min], \quad \Sigma B=[min], \quad L_i(\quad)=[m]$

Πίνακας 20: Ελάχιστες χρονοαποστάσεις, χωρητικότητες, χρόνοι κατάληψης, μήκη τμημάτων αποκλεισμού για υποδιαίρεση $P_x, P_x, P_y, m=4$ και 3 κατηγορίες συρμών

λ	z_{min}	C	ΣB	ΣB	ΣB	ΣB	$L_i(P_5-P_4)$	$L_i(P_4-P_3)$	$L_i(P_3-P_2)$	$L_i(P_2-P_1)$
			$V_k=V_{k+1}$	$V_k<V_{k+1}$	$V_k>V_{k+1}$		$L_i(P_4-P_3)$	$L_i(P_3-P_2)$	$L_i(P_2-P_1)$	
							$L_i(P_3-P_2)$	$L_i(P_2-P_1)$		
							B_4	B_3	B_2	B_1
1	4,79	148	247	322	140	708	1600	1600	1600	1600
x,y	4,84	147	265	312	132	709	1222	1978	1978	1222
1	4,88	145	255	310	144	710	1835	1669	1517	1379
x,y	4,85	146	266	310	133	709	1335	2017	1933	1115
1	4,97	143	263	300	149	712	2060	1717	1431	1192
x,y	4,86	146	267	307	135	709	1442	2048	1888	1021
x	4,9	145	268	320	123	711	1046	1486	2110	1758
1	5,06	141	270	291	153	714	2273	1748	1345	1034
1,3x	4,9	145	268	317	125	710	1157	1553	2085	1604
1,4x	4,9	146	267	315	128	710	1265	1612	2055	1468
1,5x	4,9	146	266	313	131	709	1369	1663	2021	1347
1,6x	4,9	146	264	311	134	709	1468	1707	1984	1240
1,7x	4,9	146	262	310	137	709	1564	1745	1946	1145
1,8x	4,9	146	260	309	140	709	1656	1777	1907	1060

$L_i = 8300, \quad x=P_x, \quad xy = P_xP_y$
 $C= \text{συρμ}/24h, \quad z_{min}=[\text{min}], \quad \Sigma B=[\text{min}], \quad L_i()=[m]$

Από τους πίνακες 16-20 παρατηρείται ότι:

- στην περίπτωση της διαίρεσης με $m=2$ και υποδιαίρεση P_x και με διαφορετικό λ , επιτυγχάνονται ίδιες τιμές χωρητικότητας και αντίστοιχα διαφοροποιημένες τιμές του μήκους του πρώτου και τρίτου τμήματος αποκλεισμού ως προς αυτήν από τη διαίρεση σε 3 ίσα τμήματα αποκλεισμού
- επίτευξη ίδιας χωρητικότητας, μολονότι διαφοροποιείται η θέση των σημάτων, δίνοντας έτσι μία άνεση ως προς την επιλογή της θέσης εγκατάστασής των

γ) οι συνολικοί χρόνοι κατάληψης των ακολουθιών, διαφοροποιούνται ελάχιστα σε σχέση με την ίδια τιμή της χωρητικότητας, ενώ η διαφοροποίηση αυτή αυξάνει με μεταβολή της χωρητικότητας όπως αυτό φαίνεται ενδεικτικά στον πίνακα 18.

δ) σημαντική διαφοροποίηση των τιμών ΣΒ κατά την ομαδοποίηση των 15 κατηγοριών σε 3, ιδίως της ακολουθίας $V_k=V_{k+1}$, που σημαίνει ότι ακολουθίες $V_k<V_{k+1}$ που λόγω της ομαδοποίησης σε 3 κατηγορίες έχουν ληφθεί όμοιες με $V_k=V_{k+1}$, στην πραγματικότητα χρειάζονται μεγαλύτερη χρονοαπόσταση, ειδικά θα εμφανίζεται κράτημα του επόμενου συρμού.

Στη συνέχεια και με βάση τον πίνακα 17, δίνεται η μεταβολή των μεγεθών ΣΒ και B_n σε συνάρτηση με τη μεταβολή της χωρητικότητας. Οι τιμές φαίνονται στον πίνακα 21. Το ίδιο μπορεί να γίνει για κάθε νέα περίπτωση πλήθους τμημάτων αποκλεισμού.

Πίνακας 21: Ποσοστιαία διαφοροποίηση του συνολικού χρόνου κατάληψης των διαφόρων ακολουθιών και του μήκους των τμημάτων αποκλεισμού σε σχέση με τη μεταβολή της χωρητικότητας

ΔC [%]	$\Sigma B_{V_k=V_{k+1}}$	$\Sigma B_{V_k<V_{k+1}}$ [%]	$\Sigma B_{V_k>V_{k+1}}$	B_3 [%]	B_2 [%]	B_1 [%]
0	+3,2	+1,7	-4,6	-10,7	-0,8	+11,1
-6,0	+12,8	+3,9	-9,1	-42,7	-7,3	+50,0

Στη συνέχεια υπολογίσθηκαν οι χωρητικότητες για σύστημα σηματοδότησης Η/Υ (κύριο σήμα – πρόσημα) και με διαίρεση του υπόψη τμήματος υπέρβασης σε ισομήκη τμήματα αποκλεισμού. Επειτα υπολογίσθηκαν οι χωρητικότητες για σύστημα σηματοδότησης Μ.Α.Σ. με την παραδοχή ότι για μήκη τμημάτων αποκλεισμού μεγαλύτερα των 2000 m, ισχύει όπως πριν το σύστημα Η/Υ. Τέλος υπολογίσθηκαν οι χωρητικότητες για όλες τις περιπτώσεις υποδιαιρέσεων, με συντελεστή λ από 1,0 έως 2,2 για σύστημα σηματοδότησης Η/Υ.

Ο υπολογισμός της χωρητικότητας έγινε κατ' αρχήν με βάση τους τύπους και τις παραδοχές που αναφέρονται στην οδηγία 405 E της UIC []. Η διαίρεση σε τμήματα αποκλεισμού πραγματοποιήθηκε με βάση τις σχέσεις που αναπτύχθηκαν στη νέα προτεινόμενη μέθοδο.

Τα αποτελέσματα αναγράφονται στον πίνακα 22.

Παρατηρείται ότι για την περίπτωση που δεν υφίσταται οποιαδήποτε υποδιαίρεση του πρώτου ή τελευταίου τμήματος, η τιμή $\lambda=1$ εμφανίζει τις μεγαλύτερες χωρητικότητες για κάθε m . Αυτό όμως αλλάζει για τις περιπτώσεις με υποδιαίρεση P_x , P_y και P_x, P_y όπου για συντελεστή $\lambda=1,1$ παρατηρούνται μεγαλύτερες τιμές χωρητικότητας. Οι τιμές αυτές απεικονίζονται στα διαγράμματα 10,11 και 12 όπου οι δύο βασικές καμπύλες δείχνουν τη χωρητικότητα που προέρχεται από τα συστήματα σηματοδότησης H/V και M.A.S., χωρίς υποδιαίρεση με $\lambda=1$ (μαύρη και βυσσινή καμπύλη αντίστοιχα), ενώ η καμπύλη κυανού χρώματος δηλώνει τις τιμές που προέρχονται από την εφαρμογή της νέας προτεινόμενης μεθόδου με υποδιαιρέσεις και διαφορετικό συντελεστή λ . Επίσης μέχρι πλήθος τμημάτων αποκλεισμού $m=14$ το σύστημα M.A.S. αντικαθίσταται από το H/V και καμπύλες (μαύρη και βυσσινή) συμπίπτουν.

Πίνακας 22: Χωρητικότητες για τμήμα υπέρβασης μήκους Li = 28 km

%	V120	V108	V106	V99	V97	V95	V89	V68	V63	V59	V56	V49	V44	V42	V40
	1,8	3,6	1,8	23,2	1,8	1,8	5,4	7,1	5,4	1,8	25	12,5	5,4	1,8	1,8
Χωρίς υποδιαίρεση															
m	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ
	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2		
	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm		
2	46,00	45,00	45,00	45,00	44,00	44,00	43,00	42,00	42,00	41,00	41,00	41,00	40,00		
3	56,00	56,00	55,00	54,00	53,00	51,00	50,00	49,00	48,00	47,00	46,00	45,00	45,00		
4	64,00	63,00	61,00	60,00	58,00	56,00	55,00	53,00	52,00	50,00	49,00	48,00	47,00		
5	69,00	68,00	66,00	64,00	61,00	59,00	57,00	55,00	53,00	52,00					
6	73,00	72,00	70,00	67,00	64,00	61,00	59,00								
7	77,00	75,00	72,00	69,00	65,00										
8	79,00	78,00	74,00	70,00											
9	82,00	80,00	76,00												
10	83,00	81,00	77,00												
11	85,00	83,00													
12	86,00	84,00													
13	88,00	85,00													
14	89,00	86,00													
15	90,00														
16	91,00														
17	91,00														
18	92,00														
19	93,00														
20	93,00														
21	94,00														
22	94,00														
23	95,00														
24	95,00														
25	95,00														
26	96,00														
27	96,00														
28	96,00														
Με υποδιαίρεση Px															
m	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ
	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2		
	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm		
2															
3	50,00	51,00	52,00	53,00	54,00	55,00	55,00	56,00	56,00	56,00	56,00	56,00	56,00		
4	61,00	62,00	63,00	63,00	63,00	64,00	64,00	64,00	64,00	63,00	63,00	62,00	62,00		
5	68,00	69,00	69,00	69,00	69,00	69,00	68,00	68,00	67,00	67,00	66,00	65,00	64,00		
6	73,00	74,00	74,00	73,00	73,00	72,00	71,00	70,00	69,00	68,00					
7	77,00	78,00	77,00	76,00	75,00	74,00	73,00								
8	80,00	80,00	80,00	78,00	77,00										
9	83,00	83,00	82,00	80,00											
10	85,00	85,00	83,00												
11	86,00	86,00	84,00												
12		87,00													
13		88,00													
14		89,00													
15		90,00													

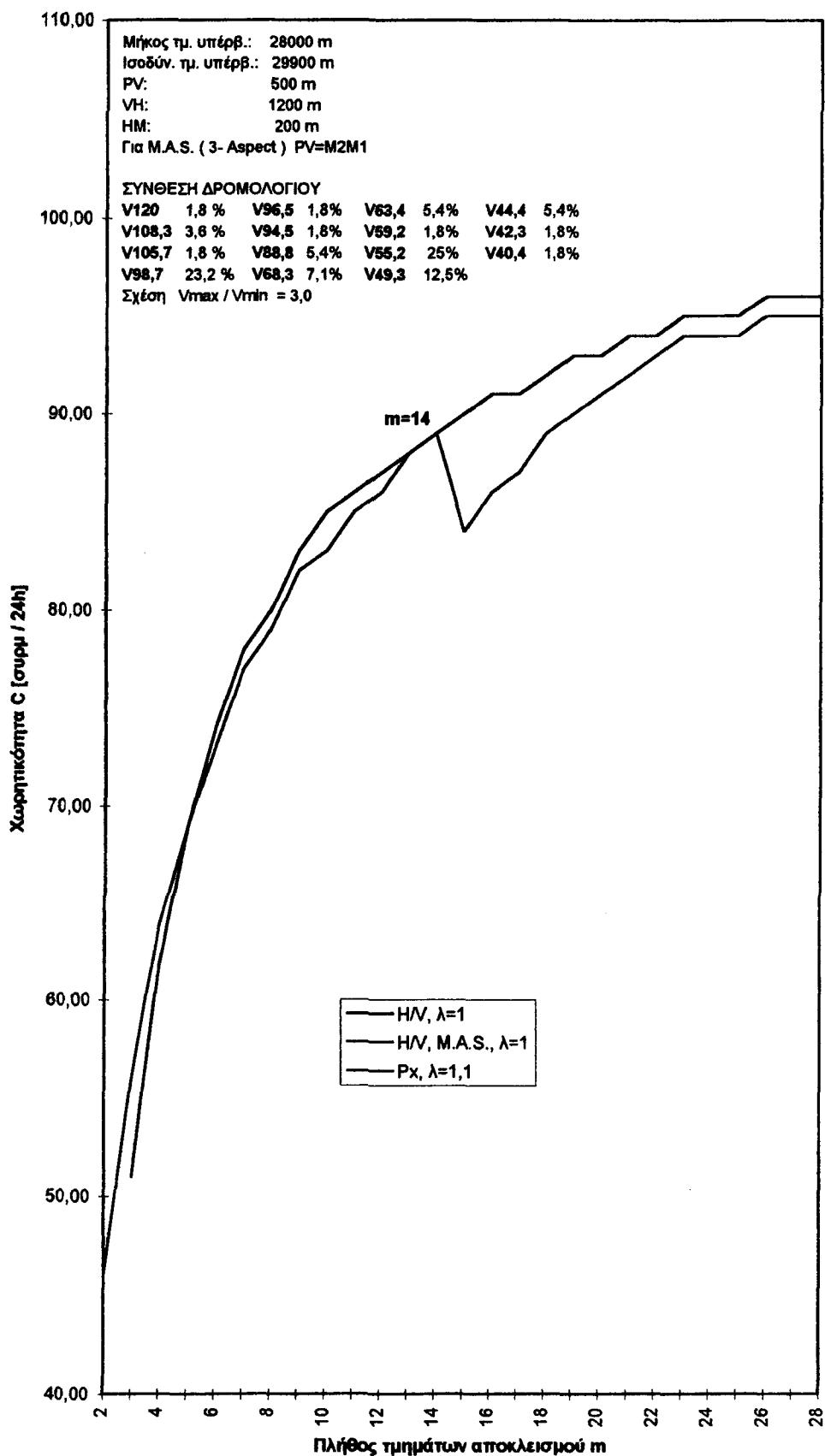
m	Με υποδιαίρεση Py												
	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ
	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm
2													
3	50,00	49,00	48,00	47,00	46,00	45,00	44,00	43,00	42,00	42,00	41,00	41,00	40,00
4	61,00	59,00	57,00	56,00	54,00	52,00	51,00	50,00	49,00	47,00	46,00		
5	68,00	66,00	63,00	61,00	59,00	57,00							
6	73,00	71,00	68,00	65,00									
7	77,00	74,00											
8	80,00	77,00											
9	83,00												
10	85,00												
11	86,00												

m	Με υποδιαίρεση Px Py												
	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ
	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm
2													
3													
4	64,00	64,00	63,00	63,00	63,00	62,00	62,00	62,00	61,00	61,00	60,00	60,00	59,00
5	66,00	66,00	66,00	66,00	65,00	65,00	65,00	64,00	64,00	63,00	63,00		
6	73,00	72,00	72,00	71,00	70,00	70,00							
7	78,00	77,00	76,00	75,00									
8	81,00	80,00											
9	84,00	83,00											
10	86,00												
11	88,00												
12	89,00												

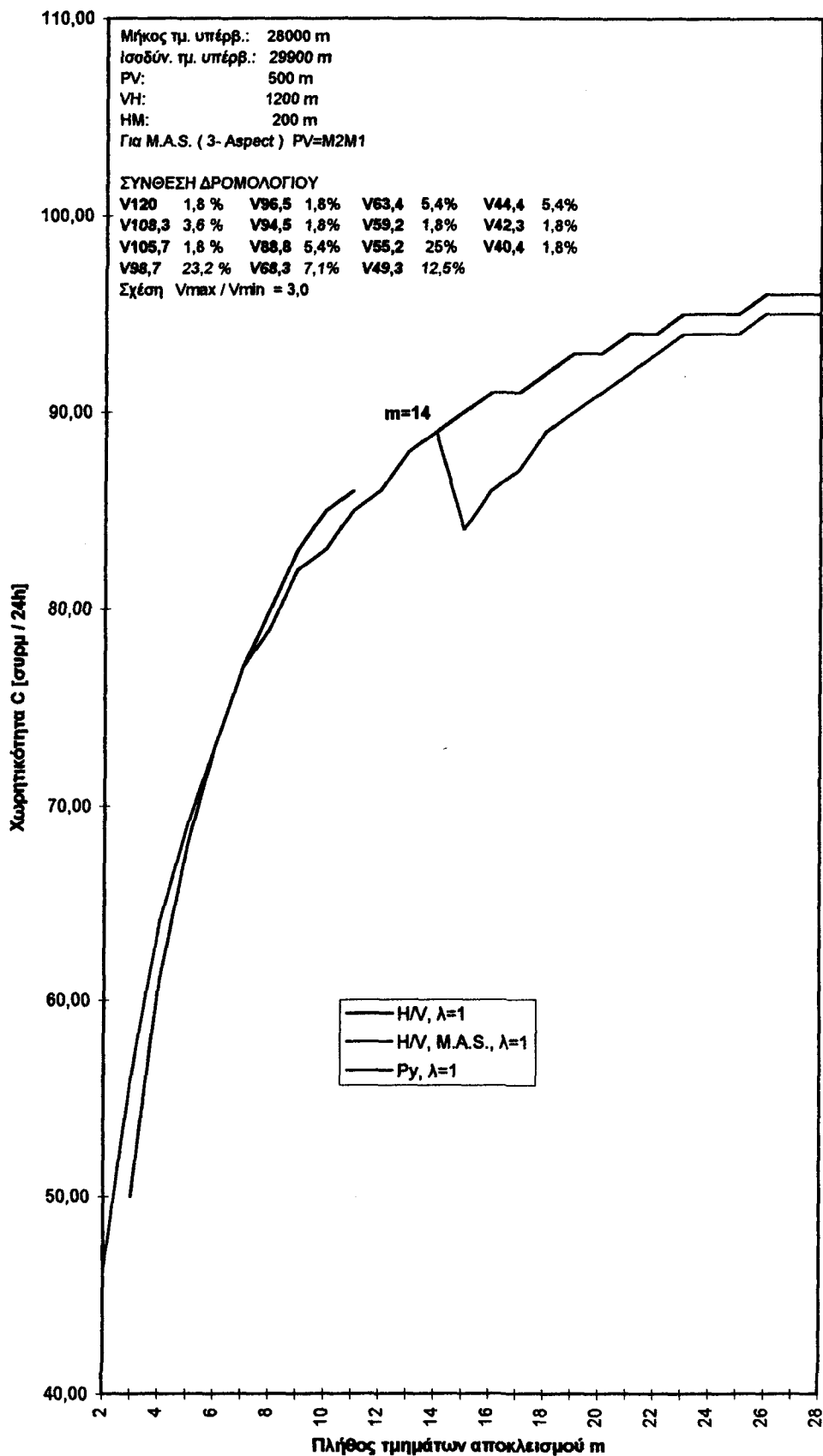
m	Με υποδιαίρεση Px' Px												
	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ
	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm
2													
3													
4	51,00	52,00	54,00	55,00	56,00	57,00	58,00	59,00	60,00	60,00	61,00	61,00	62,00
5	61,00	63,00	64,00	64,00	64,00	65,00	65,00	65,00	65,00	64,00	64,00	64,00	64,00
6		70,00	70,00	70,00	69,00	69,00	68,00	68,00	67,00	66,00	66,00	65,00	65,00
7			74,00	73,00	72,00	71,00	70,00	69,00	68,00	67,00			
8				76,00	74,00	73,00	71,00						
9				78,00	76,00								
10				79,00									

m	Με υποδιαίρεση Px' Px Py												
	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ
	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm	zm
2													
3													
4													
5	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
6	64,00	65,00	66,00	66,00	66,00	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00	67,00		
7		71,00	72,00	72,00	72,00	72,00							
8			76,00	76,00									

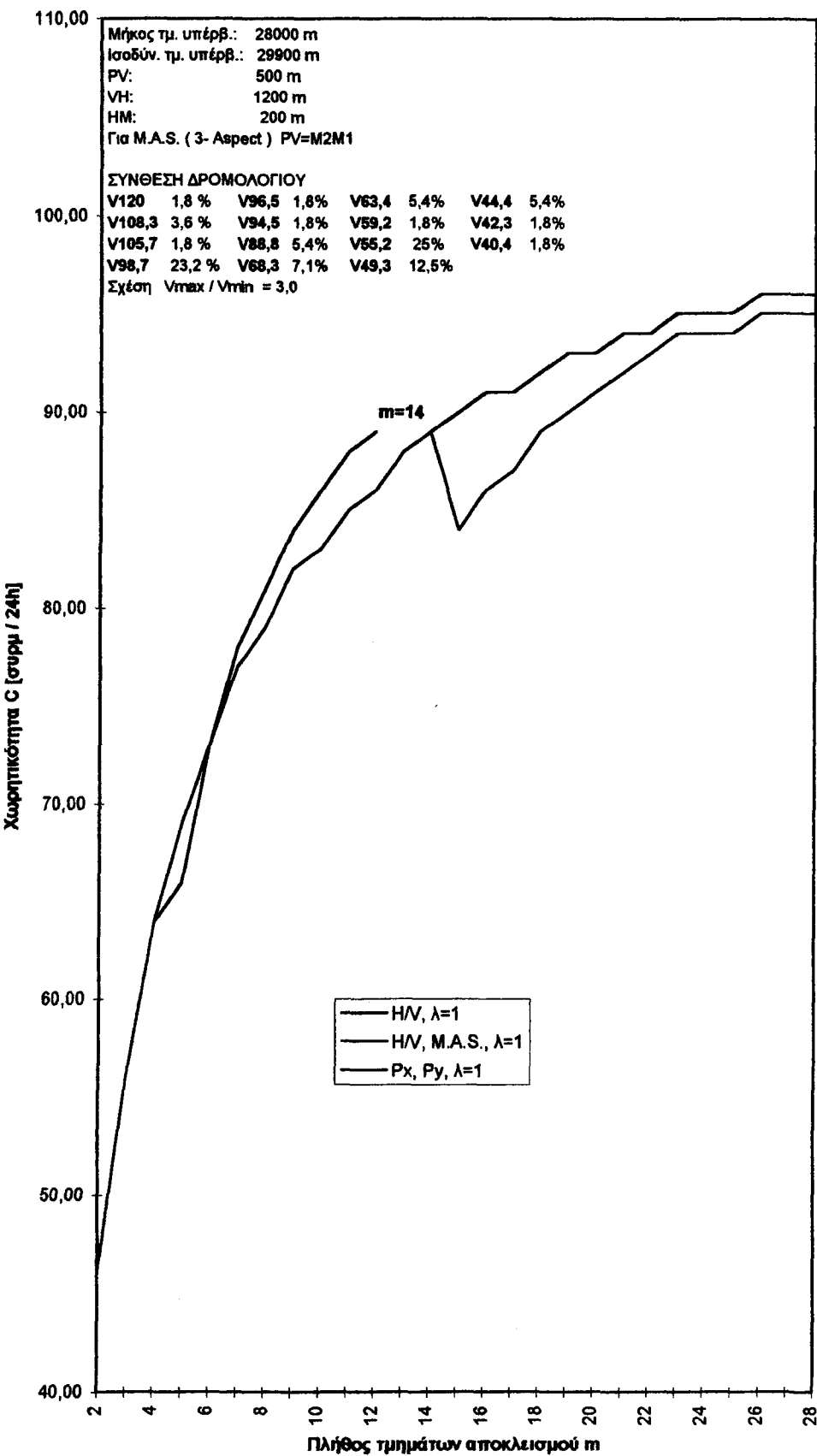
Διάγραμμα 10: Σχέση χωρητικότητας και πλήθους τμημάτων αποκλεισμού



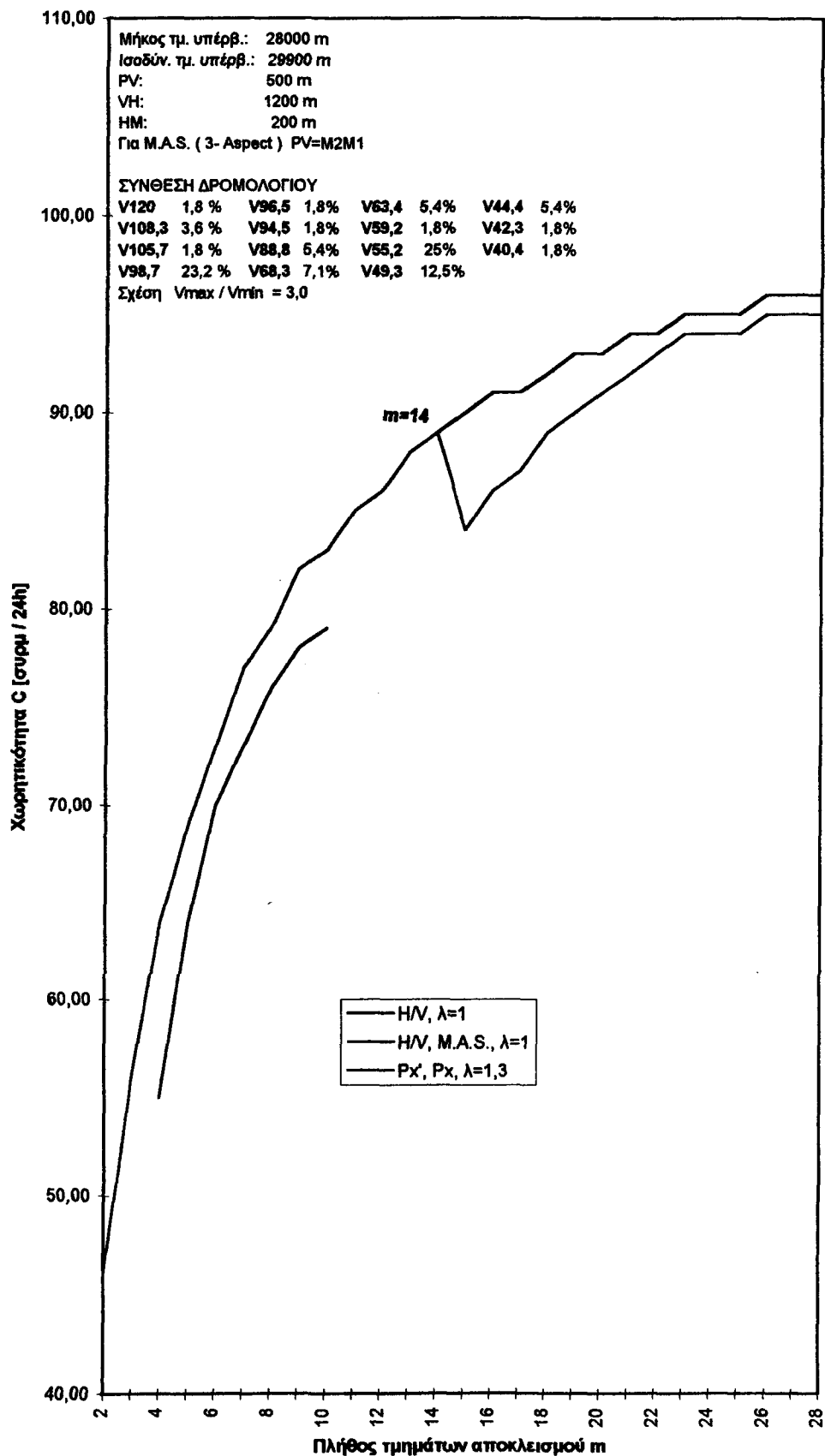
Διάγραμμα 11: Σχέση χωρητικότητας και πλήθους τμημάτων αποκλεισμού



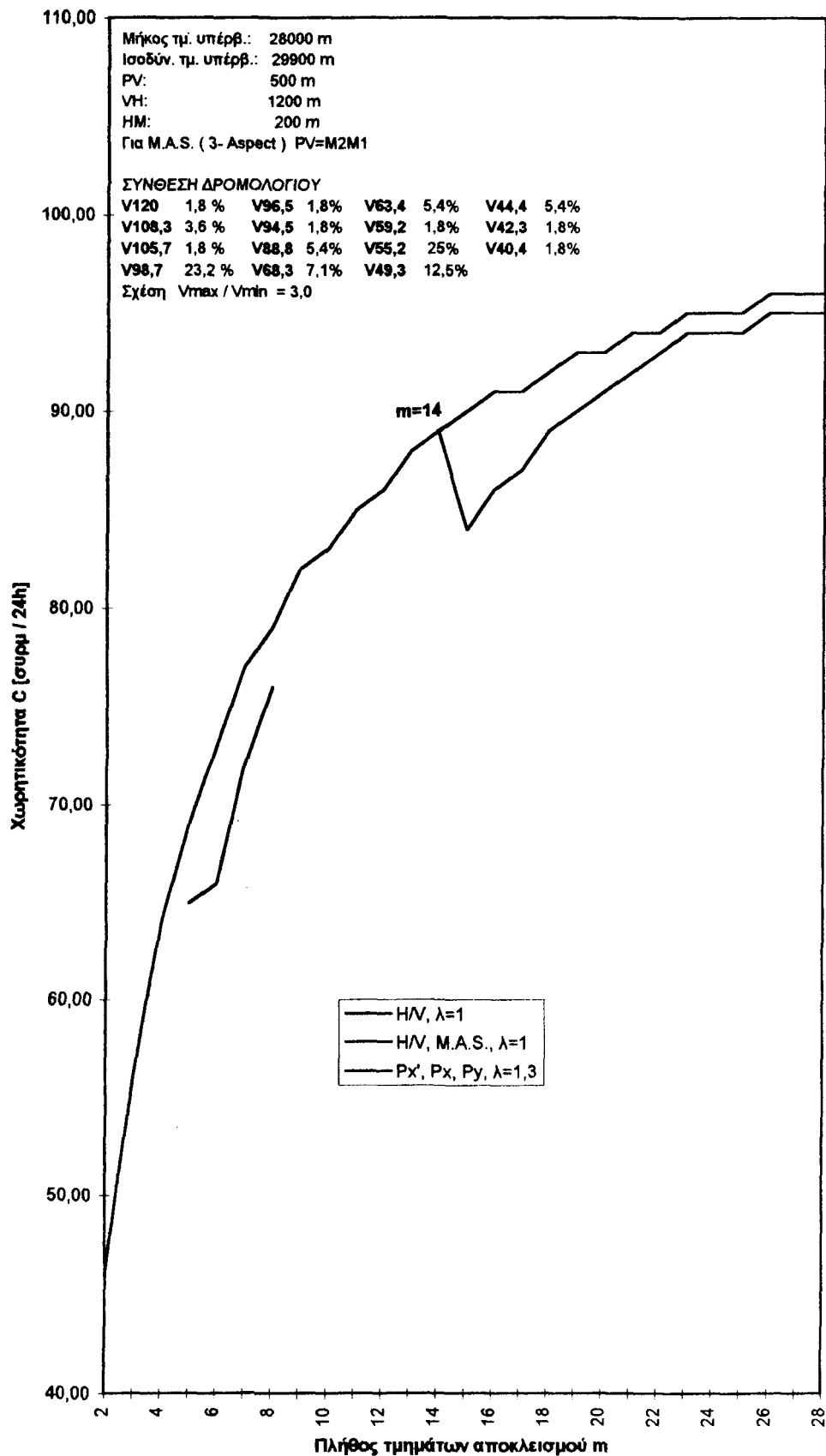
Διάγραμμα 12: Σχέση χωρητικότητας και πλήθους τμημάτων αποκλεισμού



Διάγραμμα 13: Σχέση χωρητικότητας και πλήθους τμημάτων αποκλεισμού



Διάγραμμα 14: Σχέση χωρητικότητας και πλήθους τμημάτων αποκλεισμού



Από τα διαγράμματα 10, 11, 12 διαφαίνεται ότι σε μία ορισμένη περιοχή, $m=6$ έως 11 τμήματα αποκλεισμού, οι τιμές της χωρητικότητας που προκύπτουν από την εφαρμογή της νέας προτεινόμενης μεθόδου είναι μεγαλύτερες (2-3 συρμοί επιπλέον) από αυτές των υφιστάμενων μεθόδων.

Εδώ θα πρέπει να τονισθεί, ότι τα ανισομήκη τμήματα αποκλεισμού, δεν είναι εφεύρεση της εργασίας αυτής. Η εργασία αυτή, διαχειρίζεται με τη νέα προτεινόμενη μέθοδο τον τρόπο διαίρεσης σε ανισομήκη τμήματα αποκλεισμού και την άμεση σύνδεση της διαίρεσης αυτής με τον υπολογισμό της μέσης ελάχιστης χρονοαπόστασης.

Αναλύοντας μία περίπτωση του πίνακα 22 (π.χ. $m=8$ $\lambda=1$ και $m=6+P_x, P_y$) λαμβάνονται τα στοιχεία του πίνακα 23.

Πίνακας 23: Σύγκριση των τιμών C και ΣΒ για τις περιπτώσεις χωρίς υποδιαίρεση, με υποδιαίρεση P_x και με υποδιαίρεση P_x, P_y

λ	z_{min}	C	ΣΒ	ΣΒ	ΣΒ	ΣΒ	$L_i(P_7-P_8)$	$L_i(P_8-P_7)$	$L_i(P_7-P_6)$	$L_i(P_6-P_5)$	$L_i(P_5-P_4)$	$L_i(P_4-P_3)$	$L_i(P_3-P_2)$	$L_i(P_2-P_1)$
			$V_k=V_{k+1}$	$V_k<V_{k+1}$	$V_k>V_{k+1}$		$L_i(P_7-P_8)$	$L_i(P_8-P_7)$	$L_i(P_7-P_6)$	$L_i(P_6-P_5)$	$L_i(P_5-P_4)$	$L_i(P_4-P_3)$	$L_i(P_3-P_2)$	$L_i(P_2-P_1)$
							$L_i(P_7-P_8)$	$L_i(P_8-P_7)$	$L_i(P_6-P_5)$	$L_i(P_5-P_4)$	$L_i(P_4-P_3)$	$L_i(P_3-P_2)$	$L_i(P_2-P_1)$	
							B_8	B_7	B_6	B_5	B_4	B_3	B_2	B_1
1	9,81	79	70	547	164	782	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
P_x	9,72	80	76	565	140	781	1528	2472	4000	4000	4000	4000	4000	4000
P_xP_y	9,59	81	85	543	152	780	1783	2884	4667	4667	4667	4667	2884	1783

$C=συρμ/24h$, $z_{min}=[min]$, $\Sigma B=[min]$, $L_i()=[m]$

Στην περίπτωση $\lambda=1$ χωρίς υποδιαιρέσεις, τα τμήματα αποκλεισμού είναι ισομήκη και το σύνολο των χρόνων κατάληψης $\Sigma B=782$ min. Στην περίπτωση $\lambda=1$ με υποδιαίρεση το συνδυασμό P_x, P_y , είναι σαφής η διαφοροποίηση του μήκους των τμημάτων αποκλεισμού, το $\Sigma B=780$ έχει μεταβληθεί ελάχιστα, όμως η χωρητικότητα αυξήθηκε κατά 2 συρμούς.

Με βάση τους πίνακες 24, 25, 26, 27 και 28 παρατηρείται μία εξοικονόμηση χρόνου 19,4 min. Η τιμή αυτή επιτρέπει 2 συρμούς επί πλέον επειδή η μέση χρονοαπόσταση

είναι περίπου 9,5 min. Μπορεί όμως ο χρόνος αυτός να δοθεί ως επί πλέον περιθώριο άνεσης και η χωρητικότητα να διατηρηθεί στην τιμή των 79 συρμών.

Πίνακας 24: Μητρώο ακολουθιών για 15 κατηγορίες συρμών

V [km/h]	120	108	106	99	97	95	89	68	63	59	56	49	44	42	40
120	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0
108	0,1	0,1	0,1	0,8	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1	0,9	0,4	0,2	0,1	0,1
106	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0
99	0,4	0,8	0,4	5,4	0,4	0,4	1,3	1,6	1,3	0,4	5,8	2,9	1,3	0,4	0,4
97	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0
95	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0
89	0,1	0,2	0,1	1,3	0,1	0,1	0,3	0,4	0,3	0,1	1,3	0,7	0,3	0,1	0,1
68	0,1	0,3	0,1	1,6	0,1	0,1	0,4	0,5	0,4	0,1	18,0	0,9	0,4	0,1	0,1
63	0,1	0,2	0,1	1,3	0,1	0,1	0,3	0,4	0,3	0,1	1,3	0,7	0,3	0,1	0,1
59	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0
56	0,4	0,9	0,4	5,8	0,4	0,4	1,3	1,8	1,3	0,4	6,2	3,1	1,3	0,4	0,4
49	0,2	0,4	0,2	2,9	0,2	0,2	0,7	0,9	0,7	0,2	3,1	1,6	0,7	0,2	0,2
44	0,1	0,2	0,1	1,3	0,1	0,1	0,3	0,4	0,3	0,1	1,3	0,7	0,3	0,1	0,1
42	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0
40	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0

Πίνακας 25: Χρονοαποστάσεις [min] για m=8 λ=1

V [km/h]	120	108	106	99	97	95	89	68	63	59	56	49	44	42	40
120	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
108	5,0	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
106	5,4	4,1	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
99	6,7	5,3	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
97	7,1	5,8	5,4	4,4	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
95	7,5	6,2	5,8	4,8	4,5	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
89	8,7	7,4	7,1	6,1	5,7	5,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
68	14,9	13,5	13,2	12,2	11,9	11,6	10,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
63	17,2	15,9	15,6	14,6	14,2	13,9	12,9	7,9	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
59	19,3	17,9	17,6	16,6	16,3	16,0	15,0	10,0	8,3	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
56	21,3	20,0	19,7	18,7	18,3	18,0	17,0	12,1	10,4	8,8	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
49	25,5	24,2	23,8	22,8	22,5	22,2	21,2	16,2	14,6	12,9	11,3	7,9	7,9	7,9	7,9
44	29,6	28,3	27,9	27,0	26,6	26,3	25,3	20,3	18,7	17,0	15,4	12,0	8,7	8,7	8,7
42	31,7	30,3	30,0	29,0	28,7	28,3	27,4	22,4	20,7	19,1	17,4	14,1	10,8	9,2	9,2
40	33,7	32,4	32,0	31,1	30,7	30,4	29,4	24,4	22,8	21,1	19,5	16,1	12,8	11,2	9,6

Στο [15] και [26] λαμβάνονται χρονοαποστάσεις με τυχαία παραγωγή αποστάσεων. Οι τιμές που προκύπτουν κυμαίνονται μεταξύ 2 και 34 min.

Πίνακας 26: Χρονοαποστάσεις [min] για m=6 λ=1 P_x,P_y

V [km/h]	120	108	106	99	97	95	89	68	63	59	56	49	44	42	40
120	4,0	3,7	3,7	3,5	3,4	3,4	3,2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
108	5,4	4,4	4,3	4,1	4,0	4,0	3,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
106	5,7	4,7	4,5	4,3	4,2	4,1	4,0	3,0	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
99	6,7	5,7	5,5	4,7	4,7	4,6	4,4	3,5	3,2	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
97	7,1	6,1	5,8	5,1	4,8	4,8	4,6	3,6	3,3	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
95	7,4	6,4	6,2	5,4	5,2	4,9	4,7	3,8	3,5	3,2	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
89	8,5	7,5	7,2	6,5	6,2	6,0	5,2	4,3	3,9	3,6	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
68	14,0	12,7	12,4	11,7	11,4	11,2	10,4	6,6	6,3	6,0	5,7	5,0	4,4	4,1	4,1
63	16,4	14,9	14,6	13,7	13,4	13,2	12,4	8,6	7,4	7,1	6,7	6,1	5,5	5,2	4,9
59	18,4	17,0	16,6	15,6	15,2	14,9	14,2	10,4	9,1	7,9	7,5	6,9	6,3	6,0	5,7
56	20,5	19,1	18,7	17,6	17,3	16,9	15,9	12,1	10,9	9,6	8,4	7,7	7,1	6,8	6,5
49	24,6	23,2	22,9	21,8	21,4	21,1	20,0	15,7	14,4	13,1	11,9	9,3	8,7	8,4	8,1
44	28,7	27,3	27,0	25,9	25,6	25,2	24,1	19,1	17,9	16,6	15,4	12,8	10,3	10,0	9,7
42	30,8	29,4	29,0	28,0	27,6	27,3	26,2	20,9	19,6	18,4	17,1	14,6	12,1	10,8	10,5
40	32,8	31,4	31,1	30,0	29,6	29,3	28,2	22,9	21,3	20,1	18,8	16,3	13,8	12,5	11,3

Πίνακας 27: ΔΤ χρονοαποστάσεων

V [km/h]	120	108	106	99	97	95	89	68	63	59	56	49	44	42	40
120	0,6	0,3	0,3	0,1	0,0	0,0	-0,2	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9
108	0,4	0,7	0,6	0,4	0,3	0,3	0,1	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9
106	0,3	0,6	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	-0,8	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
99	0,0	0,4	0,5	0,7	0,7	0,6	0,4	-0,5	-0,8	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
97	0,0	0,3	0,4	0,7	0,7	0,7	0,5	-0,5	-0,8	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1
95	-0,1	0,2	0,4	0,6	0,7	0,7	0,5	-0,4	-0,7	-1,0	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1
89	-0,2	0,1	0,1	0,4	0,5	0,6	0,8	-0,1	-0,5	-0,8	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1
68	-0,9	-0,8	-0,8	-0,5	-0,5	-0,4	-0,2	1,0	0,7	0,4	0,1	-0,6	-1,2	-1,5	-1,5
63	-0,8	-1,0	-1,0	-0,9	-0,8	-0,7	-0,5	0,7	1,1	0,8	0,4	-0,2	-0,8	-1,1	-1,4
59	-0,9	-0,9	-1,0	-1,0	-1,1	-1,1	-0,8	0,4	0,8	1,2	0,8	0,2	-0,4	-0,7	-1,0
56	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,0	-1,1	-1,1	0,0	0,5	0,8	1,3	0,6	0,0	-0,3	-0,6
49	-0,9	-1,0	-0,9	-1,0	-1,1	-1,1	-1,2	-0,5	-0,2	0,2	0,6	1,4	0,8	0,5	0,2
44	-0,9	-1,0	-0,9	-1,1	-1,0	-1,1	-1,2	-1,2	-0,8	-0,4	0,0	0,8	1,6	1,3	1,0
42	-0,9	-0,9	-1,0	-1,0	-1,1	-1,0	-1,2	-1,5	-1,1	-0,7	-0,3	0,5	1,3	1,6	1,3
40	-0,9	-1,0	-0,9	-1,1	-1,1	-1,1	-1,2	-1,5	-1,5	-1,0	-0,7	0,2	1,0	1,3	1,7

Πίνακας 28: Ακολουθίες x ΔΤ χρονοαποστάσεων

V [km/h]	120	108	106	99	97	95	89	68	63	59	56	49	44	42	40	
120	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,1	0,0	-0,4	-0,2	-0,1	0,0	0,0	
108	0,0	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	-0,3	-0,2	-0,1	-0,8	-0,4	-0,2	-0,1	-0,1	
106	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,1	0,0	-0,4	-0,2	-0,1	0,0	0,0	
99	0,0	0,3	0,2	3,8	0,3	0,2	0,5	-0,8	-1,0	-0,4	-5,8	-2,9	-1,3	-0,4	-0,4	
97	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1	-0,1	-0,1	0,0	-0,4	-0,2	-0,1	0,0	0,0	
95	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	-0,1	0,0	-0,4	-0,2	-0,1	0,0	0,0	
89	0,0	0,0	0,0	0,5	0,1	0,1	0,2	0,0	-0,2	-0,1	-1,4	-0,8	-0,3	-0,1	-0,1	
68	-0,1	-0,2	-0,1	-0,8	-0,1	0,0	-0,1	0,5	0,3	0,0	1,8	-0,5	-0,5	-0,2	-0,2	
63	-0,1	-0,2	-0,1	-1,2	-0,1	-0,1	-0,2	0,3	0,3	0,1	0,5	-0,1	-0,2	-0,1	-0,1	
59	0,0	-0,1	0,0	-0,4	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	
56	-0,3	-0,8	-0,4	-6,4	-0,4	-0,4	-1,4	0,0	0,7	0,3	8,1	1,9	0,0	-0,1	-0,2	
49	-0,2	-0,4	-0,2	-2,9	-0,2	-0,2	-0,8	-0,5	-0,1	0,0	1,9	2,2	0,6	0,1	0,0	
44	-0,1	-0,2	-0,1	-1,4	-0,1	-0,1	-0,4	-0,5	-0,2	0,0	0,0	0,6	0,5	0,1	0,1	
42	0,0	-0,1	0,0	-0,4	0,0	0,0	-0,1	-0,2	-0,1	0,0	-0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	
40	0,0	-0,1	0,0	-0,4	0,0	0,0	-0,1	-0,2	-0,2	0,0	-0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	Σύνολο
	-0,7	-1,6	-0,6	-8,5	-0,5	-0,6	-2,3	-1,8	-1,0	-0,1	2,5	-0,7	-1,7	-0,8	-1,0	-19,4

9.2 Σύγκριση με μέθοδο Dilli

Όπως προαναφέρθηκε (βλ. § 4.2.1.1), ο Dilli παρουσίασε ένα σκεπτικό με το οποίο προβάλλει έναν τρόπο υποδιαίρεσης σ' ένα υφιστάμενο τμήμα γραμμής με 7 ισομήκη τμήματα αποκλεισμού, για να μειώσει τη χρονοαπόσταση μεταξύ των ακολουθιών, προκειμένου να εξυπηρετηθούν καλύτερα οι ακολουθίες με $V_k < \text{ή} > V_{k+1}$ αφενός και να μη χρειασθεί να μετακινηθούν όλα τα υφιστάμενα τμήματα αφετέρου. Προς τούτο υποδιαιρούνται τα 2 πρώτα και 2 τελευταία τμήματα αποκλεισμού καταλλήλως.

Διερευνώντας τη διαδικασία αυτή και χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του παραδείγματος που αναφέρεται, με πιθανή μείξη συρμών (20/60/20 %) προκύπτει ο πίνακας 29. Στον πίνακα αυτόν φαίνονται οι πιθανές ακολουθίες για πλήθος τμημάτων αποκλεισμού $m=11$ και $m=7$ οι οποίες πηγάζουν από τις χωρητικότητες 93 και 85 [συρμ./24h] αντίστοιχα. Επίσης αναγράφονται οι αντίστοιχες χρονοαποστάσεις καθώς και οι συνολικοί χρόνοι κατάληψης για κάθε είδος ακολουθίας.

Στη συνέχεια, εφαρμόζοντας τη νέα προτεινόμενη μέθοδο για $m=7$ και διατηρώντας το ποσοστό μείξης υπολογίζεται η χωρητικότητα σε 91 [συρμ./24h] με υποδιαίρεση P_x, P_y και $\lambda=1$ (συνολικά 9 τμήματα αποκλεισμού). Διαφαίνεται ότι με υποδιαίρεση μόνο των δύο ακραίων τμημάτων αποκλεισμού (πρώτου και τελευταίου) η χωρητικότητα πλησίασε αυτή των 11* τμημάτων αποκλεισμού. Η σύγκριση αυτή είναι ανόμοια, αφού οι 93 συρμοί προέρχονται από συνολικό πλήθος τμημάτων αποκλεισμού $m=11$ και οι 91 από $m=9$. Εγινε όμως, διότι η νέα προτεινόμενη μέθοδος δεν δύναται προς το παρόν να διαιρέσει περισσότερα από τα 2 ακραία τμήματα αποκλεισμού, στην περίπτωση υφιστάμενης κατάστασης με ισομήκη τμήματα αποκλεισμού. Αν υποθεθεί ότι σ' ένα νέο τμήμα γραμμής ίδιου μήκους πρέπει να τοποθετηθούν 11 τμήματα αποκλεισμού, τότε στην περίπτωση

* Με διαίρεση σε 10 ισομήκη τμήματα η χωρητικότητα ανέρχεται επίσης σε 91 συρμούς.

ανισομήκου διαίρεσης η νέα προτεινόμενη μέθοδος προσφέρει τις χωρητικότητες που αναφέρονται στον πίνακα 30.

Πίνακας: 29 Χωρητικότητα σύμφωνα με το παράδειγμα Dilli

		n(7)= 85		συρμ / 24 h				
		n(11)= 93		συρμ / 24 h				
Li(P-P)=	Li(M-M)	ni(11)		%	ni(7)			
PV=	300	V90	18,6	20	17			
VH=	1000	V60	55,8	60	51			
HM=	200	V30	18,6	20	17			
LZ=	300	<u>93</u>		<u>85</u>				
Fb=	0,2							
r=	5							
ΑΚΟΛΟΥΘΙΕΣ								
		m=11			m=7			
Li(P ₁₂ -P ₁₁)	1000	V90	V60	V30	V90	V60	V30	
Li(P ₁₁ -P ₁₀)	1600	V90	3,7	11,2	3,7	3,4	10,2	3,4
Li(P ₁₀ -P ₉)	2300	V60	11,2	33,5	11,2	10,2	30,6	10,2
Li(P ₉ -P ₈)	3100	V30	3,7	11,2	3,7	3,4	10,2	3,4
Li(P ₈ -P ₇)	4000							
Li(P ₇ -P ₆)	4000							
Li(P ₆ -P ₅)	4000							
Li(P ₅ -P ₄)	3100	V90	V60	V30	ΣB(V _k =v _{k+1}) 260 min			
Li(P ₄ -P ₃)	2300	V90	4,1	2,1	2,1	ΣB(V _k <v _{k+1}) 657 min		
Li(P ₃ -P ₂)	1600	V60	12,1	6,0	3,0	ΣB(V _k >v _{k+1}) 65 min		
Li(P ₂ -P ₁)	1000	V30	41,8	32,8	11,8	981 min		
		zm= 10,6 min						
		C= 93 συρμ / 24 h						
		ΧΡΟΝΟΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ m=11			ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΤΑΛΗΨΗΣ			
Li(P ₈ -P ₇)	4000							
Li(P ₇ -P ₆)	4000	V90	V60	V30	ΣB(V _k =v _{k+1}) 238 min			
Li(P ₆ -P ₅)	4000	V90	4,1	4,1	4,1	ΣB(V _k <v _{k+1}) 657 min		
Li(P ₅ -P ₄)	4000	V60	14,0	6,0	6,0	ΣB(V _k >v _{k+1}) 117 min		
Li(P ₄ -P ₃)	4000	V30	43,8	35,8	11,8	1012 min		
Li(P ₃ -P ₂)	4000							
Li(P ₂ -P ₁)	4000							
		zm= 11,9 min						
		C= 85 συρμ / 24 h						

Οι συνολικοί χρόνοι κατάληψης για κάθε είδος ακολουθίας, δίνονται στον πίνακα 30.

Πίνακας 30: Συνολικοί χρόνοι κατάληψης των τριών ακολουθιών

m	λ	$\bar{z}_{min}$	C	ΣB	ΣB	ΣB	ΣB
				$V_k=V_{k+1}$	$V_k<V_{k+1}$	$V_k>V_{k+1}$	
7	1,0	11,9	85	238	657	117	1012
11		10,6	93	260	657	65	981
9 _{xy}	1,0	10,3	94	225	672	72	968
10 _x	1,1	10,0	91	246	660	77	983
10 _x	1,0	10,4	93	209	696	68	973
11	1,0	10,6	93	196	685	96	977

$L_i=29500 \quad xy=P_xP_y \quad x=P_x$

$C=συρμ/24h, \bar{z}_{min}=[min], \Sigma B=[min]$

Αν τεθεί ως βάση σύγκρισης για τους συνολικούς χρόνους κατάληψης η περίπτωση $m=11 \lambda=1$ τότε

Πίνακας 31: Ποσοστιαία [%] μεταβολή των μεγεθών C και ΣB

m	λ	C	ΣB	ΣB	ΣB	ΣB
			$V_k=V_{k+1}$	$V_k<V_{k+1}$	$V_k>V_{k+1}$	
11	1,0	93	196	685	96	977
		ΔC				
7	1,0	-9,4	+21,4	-4,3	+21,9	+3,6
11	-	0	+32,7	-4,3	-47,7	+0,5
9 _{xy}	1,0	1,0	+14,8	-1,9	-33,3	-0,9
10 _x	1,1	-2,2	+25,5	-3,8	-24,7	+0,6
10 _x	1,0	0	6,6	1,6	-41,2	-0,4

$C=συρμ/24h, \bar{z}_{min}=[min], \Sigma B=[min]$

Γενικά διαφαίνεται μία έντονη πτώση του χρόνου κατάληψης στις ακολουθίες $V_k > V_{k+1}$ και αντίθετα μία επιβάρυνση στις ακολουθίες $V_k = V_{k+1}$, ενώ στις ακολουθίες $V_k < V_{k+1}$ η πτώση του χρόνου κατάληψης είναι μικρή. Σε όλες τις περιπτώσεις ο συνολικός χρόνος κατάληψης παραμένει σχεδόν αμετάβλητος. Η χωρητικότητα σε συνολικό πλήθος τμημάτων αποκλεισμού $m = 11$ παραμένει σχεδόν αμετάβλητη.

9.3 Σύγκριση με μέθοδο Sasse και Potthoff

Οι Sasse και Potthoff διαιρούν ένα τμήμα γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού, αναφερόμενοι στο ίδιο παράδειγμα, όμως με διαφορετική μέθοδο (βλ. §4.2.1.2 και 4.2.1.3).

Η απαίτηση είναι, ο χρόνος αποκλεισμού για κάθε τμήμα αποκλεισμού να είναι 5 min. Από τη διαίρεση του τμήματος γραμμής των 9,0 km προκύπτουν τα εξής μήκη

Πίνακας 32: Μήκη τμημάτων αποκλεισμού που προκύπτουν στο παράδειγμα των Sasse και Pothoff

	L_iB_5	L_iB_4	L_iB_3	L_iB_2	L_iB_1	Σ
Sasse	2100	2100	2000	1500	1300	9000
Potthoff	2750	2200	1650	1300	1100	9000

Οι χρόνοι αποκλεισμού που προκύπτουν κατά Sasse, διαφοροποιούνται μεταξύ τους και πλην ενός απέχουν από την επιθυμητή τιμή των 5 min. Αυτό οφείλεται στη στρογγυλοποίηση του αποτελέσματος που αφορά στο αναγκαίο πλήθος τμημάτων αποκλεισμού. Το ίδιο συμβαίνει και με τους χρόνους αποκλεισμού κατά Potthoff. Οι χρόνοι αποκλεισμού υπολογίσθηκαν με βάση τις μέσες ταχύτητες V_m (βλ. Πιν. 2) και τα παρακάτω δεδομένα:

- απόσταση σημείου ορατότητας – προσήματος : 200 m.
- απόσταση προσήματος – κυρίου σήματος : 1000 m.
- απόσταση κυρίου σήματος – θέση τέλους συρμού : 200 m.

- ταχύτητες και μήκη αποκλεισμού όπως στον πίνακα 2
- κυκλοφορία συρμών με βάση τη θεωρία του τμήματος αποκλεισμού.

Στη συνέχεια υπολογίζεται η ελάχιστη χρονοαπόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών συρμών D_{g1} και D_{g2} .

Ο συρμός D_{g2} επιτρέπεται να ευρίσκεται στη θέση P_6 στη χρονική στιγμή που ο συρμός D_{g1} έχει διέλθει με τον τελευταίο του άξονα στη θέση τέλους συρμού M_5 . Στη συνέχεια θα πρέπει να ελεγχθεί η πορεία του D_{g2} ως προς πιθανό κράτημα ή στάθμευση προ των επόμενων κυρίων σημάτων.

Για τον υπολογισμό της ελάχιστης χρονοαπόστασης, εφαρμόσθηκε η θεωρία του τμήματος αποκλεισμού με βάση το σύστημα σηματοδότησης H/V.

Υπολογισμός ελάχιστης χρονοαπόστασης (πιν. 33).

1. Χρόνος αποκλεισμού του 1ου τμήματος αποκλεισμού από το συρμό D_{g1} .

$$T_{(62)}(P6 - M5) = \frac{\ell_1 + L_1(P - M) + L_z}{V_{12} \cdot 60} \cdot 3,6 [\text{min}]$$

Αν η χρονική στιγμή του D_{g1} στη θέση P_6 είναι $t=0 \text{ min}$, τότε η χρονική στιγμή του D_{g2} στη θέση P_6 είναι $T_{(62)}(P6 - M5)$.

2. Υπολογισμός του χρόνου $T_{(62)}(P6 - P5)$ για το D_{g2} και σύγκρισή του με το χρόνο $T_{(56)}(M5 - M4)$ του D_{g1} . Αν ο χρόνος του D_{g2} είναι μεγαλύτερος ή ίσος του D_{g1} , τότε η ελάχιστη χρονοαπόσταση μεταξύ των δύο συρμών είναι $T_{(62)}(P6 - M5)$. Αν είναι μικρότερος, τότε η ελάχιστη χρονοαπόσταση μεταξύ των δύο συρμών είναι $T_{(62)}(P6 - M5) + |\Delta[T_{(62)}(P6 - P5) - T_{(56)}(M5 - M4)]|$ κ.ο.κ.

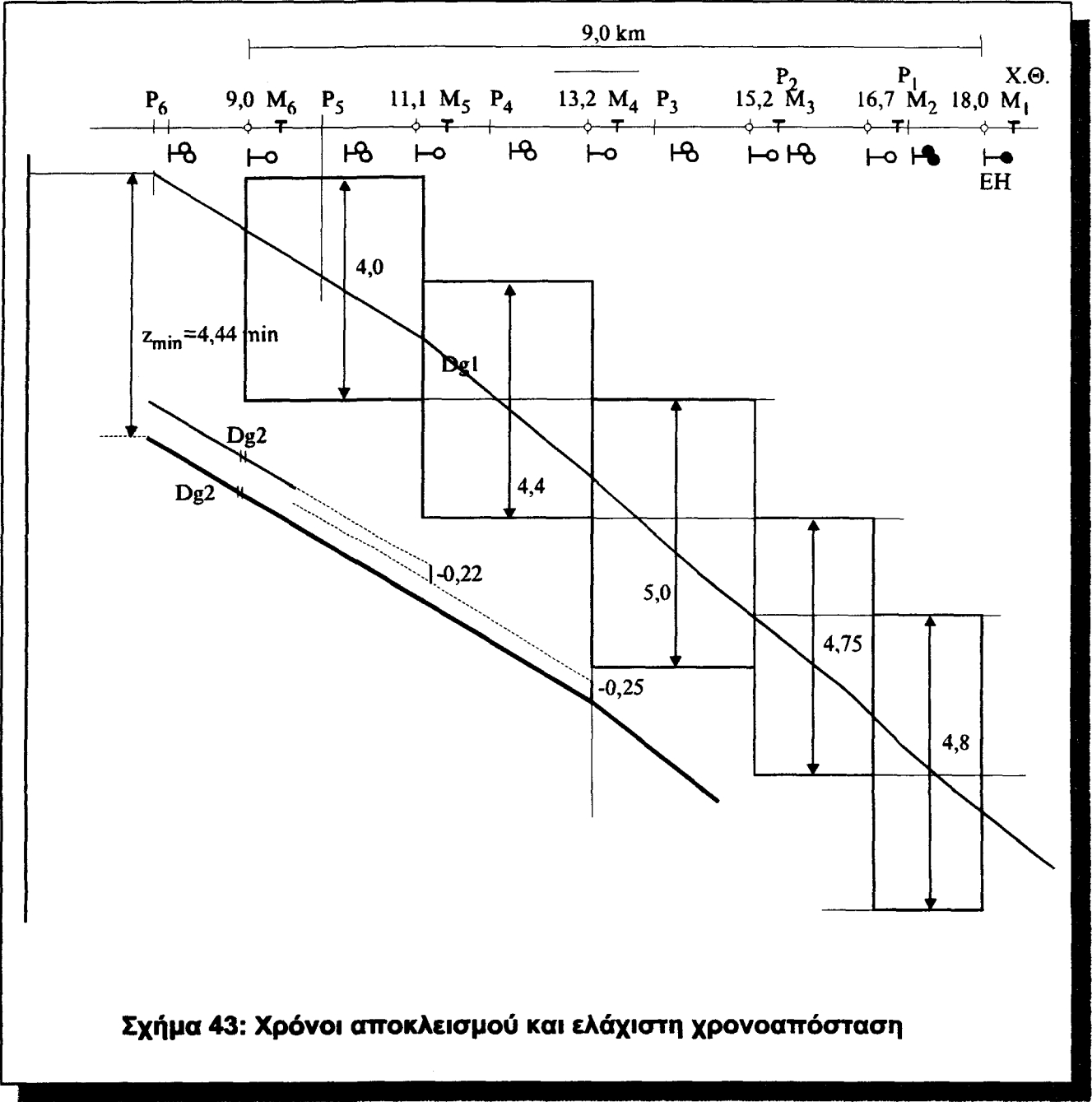
Πίνακας 33: Υπολογισμός ελάχιστης χρονοαπόστασης κατά βήματα

συρμός D _{g2}	συρμός D _{g1}	ΔT [min]	ελάχιστη χρο/σταση [min]
	$T_{(62)}(P_6 - M_5) = \frac{4100 \cdot 3,6}{62 \cdot 60} = 3,97 \approx 4,0 \text{ min}$		3,97
$T_{(62)}(P_6 - P_5) = \frac{2100 \cdot 3,6}{62 \cdot 60} = 2,03 \text{ min}$	$T_{(56)}(M_5 - M_4) = \frac{2100 \cdot 3,6}{56 \cdot 60} = 2,25 \text{ min}$	|-0,22|	4,19
$T_{(56)}(P_5 - P_4) = \frac{2100 \cdot 3,6}{56 \cdot 60} = 2,25 \text{ min}$	$T_{(48)}(M_4 - M_3) = \frac{2000 \cdot 3,6}{60 \cdot 48} = 2,50 \text{ min}$	|-0,25|	4,44
$T_{(48)}(P_4 - P_3) = \frac{2000 \cdot 3,6}{48 \cdot 60} = 2,5 \text{ min}$	$T_{(44)}(M_3 - M_2) = \frac{1500 \cdot 3,6}{44 \cdot 60} = 2,05 \text{ min}$	|+0,45|	4,44
$T_{(44)}(P_3 - P_2) = \frac{1500 \cdot 3,6}{44 \cdot 60} = 2,0 \text{ min}$	$T_{(41)}(M_2 - M_1) = \frac{1300 \cdot 3,6}{41 \cdot 60} = 1,9 \text{ min}$	|+0,14|	4,44 = z _{min}

Οι αρνητικές τιμές -0,22 και -0,25 σημαίνουν καθυστέρηση του D_{g2} στο P₅ και P₄ ενώ οι τιμές 0,45 και 0,14 σημαίνουν περίσσεια χρόνου στο P₃ και P₂.

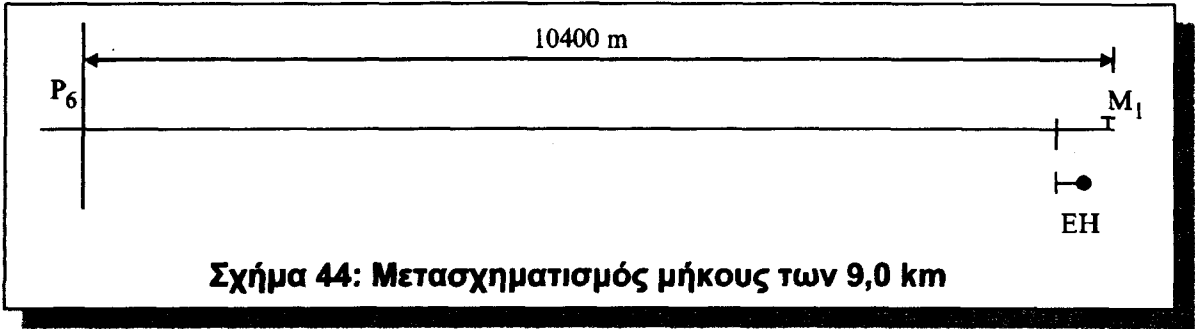
Για τη διευκόλυνση του υπολογισμού της ελάχιστης χρονοαπόστασης καταγράφεται η διαδικασία σ' ένα φύλλο εργασίας EXCEL 7.0.

Στο σχήμα 43 απεικονίζονται οι χρόνοι αποκλεισμού μέσω των επιφανειών αποκλεισμού καθώς και η ελάχιστη χρονοαπόσταση.



Σχήμα 43: Χρόνοι αποκλεισμού και ελάχιστη χρονοαπόσταση

Εφαρμόζοντας τη νέα προτεινόμενη μέθοδο στο παράδειγμα των Sasse και Potthoff, το τμήμα γραμμής μετασχηματίζεται σε τμήμα από P_6 έως M_1 όπως φαίνεται στην παρακάτω απεικόνιση.



Από τις ταχύτητες των δύο συρμών Dg σε ακολουθία προκύπτουν οι σχέσεις του Πίνακα 34.

Πίνακας 34: Σχέση λ για κάθε περιοχή ταχύτητας των συρμών Dg2, Dg1

Επόμενος συρμός Dg2 $V_{επ}$	Προηγούμενος συρμός Dg1 $V_{πρ}$	Σχέση $V_{επ}/V_{πρ}$
62	56	1,11
56	48	1,17
48	44	1,09
44	41	1,07

Παρατηρείται μία μέγιστη σχέση επομ./προηγ. =1,17 στην οποία αποδίδεται και η ελάχιστη χρονοαπόσταση $z_{min}=4,44\text{ min}$. Με τη νέα προτεινόμενη μέθοδο και συντελεστή $\lambda=1,17$ προκύπτουν τα παρακάτω μήκη τμημάτων αποκλεισμού.

Πίνακας 35: Τμήματα αποκλεισμού με Sasse και νέα προτεινόμενη μέθοδο

	m	L_iB_5	L_iB_4	L_iB_3	L_iB_2	L_iB_1
Sasse	5	2100	2100	2000	1500	1300
$\lambda = 1,17$	5	2404	2055	1756	1501	1283

Εφαρμόζοντας τη νέα προτεινόμενη μέθοδο και με άλλους συντελεστές λ , 1,00 και 1,25 προκύπτουν τ' αποτελέσματα του πίνακα 36. Στον πίνακα αυτόν, περιέχονται και τα μήκη των τμημάτων αποκλεισμού που προέκυψαν από τη διαίρεση κατά Sasse και Potthoff, οι χρόνοι αποκλεισμού καθώς και οι ελάχιστες χρονοαποστάσεις. Για τη σύγκριση των επιτευχθέντων χρόνων αποκλεισμού, παρατίθενται ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση αυτών [77].

Πίνακας 36: Τμήματα αποκλεισμού, χρόνοι αποκλεισμού, ελάχιστες χρονοαποστάσεις με υφιστάμενες και νέα προτεινόμενη μέθοδο

	λ	L_iB_5	L_iB_4	L_iB_3	L_iB_2	L_iB_1	AVER	STDEV
Sasse		2100	2100	2000	1500	1300		
$T_kL_iB_n$		3,97	4,39	5,00	4,77	4,83	4,59	0,414
Z_{min}				4,44				
Potthoff		2750	2200	1650	1300	1100		
$T_kL_iB_n$		4,60	4,50	4,56	4,50	4,54	4,54	0,042
Z_{min}				4,60				
N. Πρ. Μεθ.	1,17	2404	2055	1756	1501	1283		
$T_kL_iB_n$		4,26	4,34	4,70	4,77	4,80	4,58	0,254
Z_{min}				4,26				
N. Πρ. Μεθ.	1,25	2677	2142	1713	1371	1097		
$T_kL_iB_n$		4,53	4,44	4,64	4,60	4,53	4,55	0,077
Z_{min}				4,53				
N. Πρ. Μεθ.	1,1	2158	1962	1784	1622	1474		
$T_kL_iB_n$		4,02	4,25	4,73	4,94	5,08	4,60	0,454
Z_{min}				4,17				

Μήκη σε m, χρόνοι σε min

Αναλύοντας τα αποτελέσματα του πίνακα 36 παρατηρούνται τα εξής:

- μόνο σε ένα τμήμα (L_iB_3) εξασφαλίζεται η απαίτηση για χρόνο αποκλεισμού 5,0 min
- στη διαίρεση κατά Potthoff ικανοποιείται η μικρότερη διαφοροποίηση μεταξύ των χρόνων αποκλεισμού $T_kL_iB_i$ (STDEV = 0,042)
- πολύ κοντά στο αποτέλεσμα του Potthoff, κυμαίνονται αυτά της νέας προτεινόμενης μεθόδου με συντελεστές $\lambda = 1,25$
- με τη νέα προτεινόμενη μέθοδο επιτυγχάνεται ελάχιστη χρονοαπόσταση μικρότερη των άλλων μεθόδων ($z_{\min} = 4,17 \text{ min}$)
- η νέα προτεινόμενη μέθοδος προσφέρεται για τη διαίρεση σε ανισομήκη τμήματα αποκλεισμού, αφού μπορεί να χρησιμοποιεί οποιοδήποτε συντελεστή λ , και μάλιστα μείωση του μήκους των Block προς τη φορά κίνησης του συρμού

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την εργασία αυτή προέρχονται

- από την διερεύνηση της χωρητικότητας ελεύθερης γραμμής
- από την εφαρμογή της νέας προτεινόμενης μεθόδου με δεδομένα κοινά με αυτά των υφιστάμενων μεθόδων

α) από την χωρητικότητα

- οι υφιστάμενες μέθοδοι προϋποθέτουν την θέση των κυρίων σημάτων και ως εκ τούτου των τμημάτων αποκλεισμού
- η ελάχιστη χρονοαπόσταση, ως βάση για τον υπολογισμό της χωρητικότητας, προκύπτει από την δημιουργία μητρώων στα οποία καταγράφονται όλες οι ελάχιστες χρονοαποστάσεις των διαφόρων ακολουθιών για κάθε τμήμα αποκλεισμού, προκειμένου να εντοπισθεί η μεγαλύτερη εξ αυτών
- η χωρητικότητα για παράλληλο δρομολόγιο (μία κατηγορία συρμών), αυξάνει ανάλογα με την ταχύτητα των συρμών, όπου η μέγιστη τιμή της επιτυγχάνεται με μέγιστο πλήθος τμημάτων αποκλεισμού
- η χωρητικότητα επηρεάζεται σημαντικά από το πλήθος των τμημάτων αποκλεισμού στα οποία διαιρείται το υπόψη τμήμα γραμμής
- η χωρητικότητα επηρεάζεται σημαντικά από την τιμή του περιθωρίου άνεσης
- αυξανόμενου του πλήθους των τμημάτων αποκλεισμού από μία τιμή και μετά ($\sim 40 - 50\%$ του $m_{\max}$), η χωρητικότητα δεν μεταβάλλεται σημαντικά
- στην περίπτωση μεικτής σύνθεσης δρομολογίων, η χωρητικότητα παρουσιάζει ελάχιστη τιμή στην περιοχή 60% βραδείς - 40% ταχείς συρμοί περίπου
- στην περίπτωση πολλών κατηγοριών στο δρομολόγιο, η χωρητικότητα παρουσιάζει μέγιστη τιμή για συντελεστή δεσμοποίησης $\rho = +1$ κι ελάχιστη τιμή για $\rho = -1$

β) από την εφαρμογή της νέας προτεινόμενης μεθόδου

- με την νέα προτεινόμενη μέθοδο δεν απαιτείται πλέον η δημιουργία μητρώων για τον υπολογισμό της ελάχιστης χρονοαπόστασης μιας ακολουθίας. Από τη σύγκριση των V_k και V_{k+1} μεταξύ τους, οδηγείται κανείς από τον συγκεντρωτικό πίνακα θ απ'ευθείας στην σχέση που υπολογίζει την ελάχιστη χρονοαπόσταση για την υπόψη ακολουθία, χωρίς την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Συντομεύεται η διαδικασία υπολογισμού των ελάχιστων χρονοαποστάσεων, διευκολύνοντας έτσι αρμόδιους Σιδ/κών Οργανισμών να έχουν μία γρήγορη εικόνα της κατάστασης της γραμμής από λειτουργικής άποψης
- στην περίπτωση των παράλληλων δρομολογίων η χωρητικότητα παρουσιάζει λίγο μικρότερες τιμές
- στην περίπτωση δρομολογίων με περισσότερες κατηγορίες συρμών, η χωρητικότητα παρουσιάζει υπό ορισμένη διαίρεση βελτιωμένες τιμές σε σχέση με αυτές που προέρχονται από τις υφιστάμενες μεθόδους
- η εφαρμογή της νέας προτεινόμενης μεθόδου βελτιώνει την χρονοαπόσταση στην περίπτωση διαίρεσης τμημάτων γραμμής στα οποία η ταχύτητα των συρμών μεταβάλλεται
- με την νέα μέθοδο και για $\lambda=1$, λαμβάνονται τα ίδια αποτελέσματα με αυτά από την ισομήκη διαίρεση τόσο για H/V όσο και για M.A.S. σύστημα σηματοδότησης
- η νέα μέθοδος προτείνεται για εφαρμογή σε τμήματα γραμμής με ταχύτητα συρμών έως 160 km/h. Για μεγαλύτερες ταχύτητες προτείνεται το σύστημα “moving block”
- η νέα προτεινόμενη μέθοδος δίνει τη δυνατότητα σε επιλεγμένες ακολουθίες, να επιτυγχάνουν τον ελάχιστο συνολικό χρόνο κατάληψης ΣΒ
- η νέα μέθοδος προτείνεται για την περίπτωση γραμμών με εναρμόνιση ταχυτήτων [132] π.χ. αν $V_1 > V_2 > V_3$ και η ακολουθία είναι V_1, V_2, V_3 επαναλαμβανόμενη, τότε η διαίρεση σε τμήματα αποκλεισμού μπορεί να γίνει με βάση τη σχέση V_1/V_3 .

Συμπερασματικά η νέα προτεινόμενη μέθοδος μπορεί να εφαρμοσθεί για οποιαδήποτε περίπτωση διαίρεσης σε τμήματα αποκλεισμού με $\lambda = 1$ έως $V_{\max} / V_{\min}$ και οποιοδήποτε πλήθος κατηγοριών συρμών. Σε κάθε περίπτωση και για δεδομένο μήκος τμήματος γραμμής προκύπτουν

- τα μήκη των τμημάτων αποκλεισμού
- η θέση των τμημάτων αποκλεισμού
- οι ελάχιστες χρονοαποστάσεις κάθε ακολουθίας
- η μέση ελάχιστη χρονική απόσταση και
- η χωρητικότητα του τμήματος γραμμής

11. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Σημαντικός παράγων για τον υπολογισμό της χωρητικότητας είναι το περιθώριο άνεσης. Στην ουσία, στο περιθώριο άνεσης αντικατοπτρίζεται το επίπεδο λειτουργίας του υπόψη τμήματος γραμμής. Το επίπεδο λειτουργίας είναι τόσο πιο ικανοποιητικό όσο πιο πολύ περιορίζονται χρονικά οι εμφανιζόμενες ανωμαλίες υπό μορφή καθυστερήσεων. Επειδή συνήθως οι καθυστερήσεις εκτιμώνται για ένα μεγαλύτερο μήκος γραμμής (μεταξύ 2 σταθμών κόμβων) και σε σχέση με το περιθώριο άνεσης, θα είχε ενδιαφέρον η εκπόνηση νέων εργασιών σε συνέχεια της παρούσης με θέματα

α) την ανάλυση των θετικών χρονικών διαφορών ΔT που παρουσιάζουν ακολουθίες $V_{k+1}/V_k < V_{\text{επ}}/V_{\text{πρ}}$ στις θέσεις σημείων ορατότητας, καθόσον οι χρόνοι αυτοί θα έδιναν τη δυνατότητα σ' έναν καθυστερημένο συρμό V_{k+1} ν' αυξήσει την ταχύτητά του προκειμένου να καλύψει ένα μέρος ή ολόκληρη την καθυστέρησή του

β) τη μελέτη της υπέρβασης των βραδένων συρμών στους σταθμούς υπέρβασης, σε σχέση με την προτεινόμενη διαίρεση των τμημάτων γραμμής σε τμήματα αποκλεισμού

Από τα δύο παραπάνω προτεινόμενα θέματα, μπορεί ν' αναλυθεί και να συσχετισθεί με την χωρητικότητα, η εκτεταμένη έννοια της ελάχιστης χρονοαπόστασης που είναι "η ελάχιστη χρονοαπόσταση μεταξύ συρμών σε μία γραμμή"

Επίσης, προτείνεται η διερεύνηση του χαρακτήρα των εμφανιζόμενων ελάχιστων χρονοαποστάσεων ως χρονικά διαστήματα αφίξεων σ' ένα σταθμό κόμβο με τη βοήθεια προσομοίωσης μιας γραμμής και των μοντέλων αναμονής που αναφέρονται στις βιβλιογραφικές αναφορές.

12. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- *[1]** Αμπακούμκιν, Κ.: “Σιδηρόδρομοι”, Επανάδοση (1986)

- *[2]** Abakoumkin, K. und Liberis, K.: “Ermittlung der Mindestzugfolgezeit jeder beliebigen Zugfolge, aufgrund eines bestimmten Geschwindigkeitsquotienten”, Schriftenreihe des Instituts für Verkehrssystemtheorie und Bahnverkehr Technische Universität Dresden, 2. Eisenbahnbetriebswissenschaftliches Kolloquium in Utrecht, Taktfahrplan und Kapazität, Band 2, (1996), S. 65...81, Dresden

- [3]** Adler, G.: “Die Ermittlung des Gesamtbelegungsgrades verketteter Streckeabschnitte” DET 16, 12/1968, S, 601...603

- *[4]** Andersen, S.: “Zur Problematik des Mischbetriebes von Personen- und Güterzügen bei hohen Geschwindigkeitsunterschieden”, ETR 44 (1995), H.5, S.351...160

- *[5]** Arnold, H.-J.: “Automatischer Streckenblock und Streckendurchlassfähigkeit” Deutsche Eisenbahntechnik, jahrgang 14, (1996), S. 17...21

- *[6]** Audouin Jacques: “Augmentation du debit des lignes” Revue Generale des Chemins de Fer (1983), p. 371...374

- *[7]** Bauer, J./ Hertel, G./ Dietmar, L.: “Leistung und Qualität im Eisenbahntransport” Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Verkehrswesen Friedrich List in Dresden”, 34, (1987), H. 2, S. 207...224

- [8]** BD Stuttgart Pi 3, 4/87 “Grundbegriffe der Leistungsfähigkeit” (1987)

- [9] Beiträge zum Eisenbahnbetriebswissenschaftlichen Kolloquium 23. - 25. Juli 1986 in Aachen " Leistungsfähigkeit und Bemessung von Bahnanlagen"
Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Institutes der Rhein.-
Westf. Techn. Hochschule AACHEN, Band 41, (1987)

- *[10] Bernstein, G.: "Streckenleistungsfähigkeit und Bahnhofsgestaltung",
Veröffentlichungen des Institutes für Strassenbau und Eisenbahnwesen der
Universität Karlsruhe, Wissenschaftliche Beiträge und Tätigkeitsbericht,
(1979), H.14, S.170...181

- *[11] Bidinger, A.: "CIR - Ein Beitrag der Signal - und
Telekommunikationstechnik zur Leistungssteigerung im Eisenbahnbetrieb"
ETR41 (1992), H. 10 - Oktober, S. 641...650

- *[12] Blind, W.: "Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit und des
Verspätungsabbaues auf Engpaßstrecken von der Aufeinanderfolge der
Züge verschiedener Geschwindigkeit" AET, (1971), Folge 26, S. 45...70

- [13] Braun, A.: "Bremsen für Hochgeschwindigkeitszüge" ETR 35 (1986), H. 11-
November, S. 753...761

- [14] Breimeier, R.: "Die verkehrswirtschaftliche Bewertung von Massnahmen zur
Fahrzeitverminderung im Schienenpersonenverkehr - dargestellt am Beispiel
einer Linieverbesserung" ETR 36 (1987), H. 3 - März, S. 167...171

- *[15] Brettmann, E.: "Simulation des Betriebsablaufes auf einer Abzweigstelle"
AET, 11/79, Folge 26, S. 71...84

- *[16] Brettmann, E.: "Der Einfluss von Verspätungen auf die Leistungsfähigkeit einer eingleisigen Strecke in Abhängigkeit von der Streckenlänge" Archiv für Eisenbahntechnik, 12/1962, Folge 16, S. 63...98
- *[17] Bronstein - Semendjajew: "Taschenbuch der Mathematik", Verlag Harri Deutsch Zürich und Frankfurt / Main (1956)
- *[18] Brux, G. Feige, G.: "Zur Leistungsfähigkeit von Eisenbahnstrecken" Eisenbahningenieur 27, (1976), H. 1, S. 17...18
- *[19] Cascetta, E. et Nuzzolo A.: "Un modello analitico per il calcolo della capacita di circolazione delle linee ferroviarie" Ingegneria Ferroviaria Febbrario 1980, p. 118...126
- [20] Cerny, J., Brunovsky, P. and Klemanova B.: "On the GOP - 2 method" Rail International May 1979, p. 492...495
- [21] Cerny, J. and Vasicek, R.: "The GOP – 1 method and its use in the time-table preparation" Rail International, February 1977, p. 97...103
- [22] Chaine, H.: "Lyon adopts unmanned trains" Railway Gazette International, May 1987, p. 291...293
- [23] Cronen, H.: "Nutzen aus der Steigerung der Reisegeschwindigkeit im Personenfernverkehr auf der Schiene" Veröffentlichungen des Institutes für Strassenbau und Eisenbahnwesen der Universität Karlsruhe, Heft 1, 1975
- *[24] Dachwald, R.: "Neue Signaltechnik auf Strecken mit schwachem und mässigem Verkehr" Eisenbahningenieur 40, (1989), H. 7, S. 347...350

- *[25] DB AG: "Leistungsuntersuchungen von Eisenbahnbetriebsanlagen durchführen", Teilheft 01 (1994)
- *[26] DB: "Richtlinien für die Ermittlung von Sperrzeiten" (1974)
- *[27] DB: "Richtlinien für die Ermittlung der Leistungsfähigkeit von Strecken"(1974)
- *[28] Dilli, G.: "Ihre Majestät die Toleranz" ETR 1 (1952), H. 1, S. 21...28, H. 2, S.60...68
- *[29] Dilli, G.: "Der wandernde Engpass und sein Gefolge" ETR 3, (1954), H. 1, S.1...11, H.2, S.63...80
- [30] Ellwanger, G.: " Die Verteilung der Zugankünfte in Personenbahnhöfen der Deutschen Bundesbahn" Die Bundesbahn 3/1980, S. 187... 191
- [31] Engelmann, H.: "Betriebserschwerisse bei Streckengleissperrungen" ETR 35 (1986), H. 5 - Mai, S. 333...339
- *[32] Fickert, R.: "Bestimmung der Leistungsfähigkeit langer zweigleisiger Eisenbahnstrecken" ETR 7, (1958), H. 2, S. 51...58
- [33] Fischer, Richter, Schneider.: "Statistische Methoden für Verkehrsuntersuchungen" transpress VEB Verlag für Verkehrswesen Berlin, 1974
- *[34] Fleischer, K.: "Die zeitliche Verteilung der Belegung von Eisenbahnstrecken" Deutsche Eisenbahntechnik, Jahrgang 16, 9/1968, H. 9, S.436...438

- [35] Florio, L.: "Studio dell' andamento temporale degli arrivi e delle partenze in cinque grandi stazioni italiane" *Ingegneria Ferroviaria* Settembre 1978, p. 817...826
- *[36] Frauscher, O.: "Ermittlung der Leistungsfähigkeit eines grossen Personenbahnhofes" *ETR* 8, (1959), H. 9, S. 414...422
- [37] Fricke, E.: "CIR - ELKE mehr Leistung mit modernster Technik" *Eisenbahningenieur* 43 (1992) 10, S. 596...601
- *[38] Fülling, F.: "Überholungen und Streckenleistung bei zweigleisigen Bahnen" *ETR* 6, (1957), H. 3, S. 89...94
- *[39] Gast, I.: "Wartezeiten infolge stehender Überholungen auf Eisenbahnstrecken" *Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Institutes der Rhein. - Westf. Techn. Hochschule AACHEN*, Band 39, 1986
- [40] Gröpler, O. und Jentsch, E.: "Innovation der methodischen Basis für Fahrzeugermittlungen und ihre Anwendung bei der Zugfahrtsimulation" *Schriftenreihe des Instituts für Verkehrssystemtheorie und Bahnverkehr Technische Universität Dresden*, Band 1, (1995), S. 14...36
- [41] Gengchou, X.: "CTC and radio will raise capacity" *Railway Gazette International* January 1981, p. 46...48
- [42] Geissler, G.: "Reduzierte Zugfolgeabschnitt- Belegungszeit und reduzierte Zugfolgezeit" *Die Eisenbahntechnik (DET)*, 29 (1981) 12, S. 503...506
- [43] Ginzel, T. und Meier, H.: "Die automatische Fahrzeugsteuerung für das geplante Integrierte Eisenbahnlabor" *Schriftenreihe des Instituts für*

**Vekehrssystemtheorie und Bahnverkehr Technische Universität Dresden,
Band 1, (1995), S. 170...180**

- [44] Glatzel, L.: "Infrastrukturparameter japanischer
Hochgeschwindigkeitsstrecken" ETR 37 (1988), H. 9 - September
S.599...603**

- [45] Greenberg, S. B., Leachman C. R. and Wolff, W. R.: "Predicting
Dispatching Delays on a Low Speed, Single Track Railroad" Transportation
Science Vol. 22, No 1, February 1988, p. 31...38**

- *[46] Griesbach, K.: "Geschwindigkeitsbegriffe im Eisenbahnbetrieb" Deutsche
Eisenbahntechnik, Jahrgang 9, (1961), S. 578...581**

- [47] Habich, G. und Eickmann, F.: "DYNAMIS - ein Simulayionsmodell zur
Bearbeitung fahrdynamischer Fragestellungen" ETR 39 (1990), H. 1/2 -
Januar/ Februar, S. 83...86**

- *[48] Hahn, E. Hillig, F.: "Wechselbetrieb auf dreigleisiger Eisenbahnstrecke" ETR
3, (1954), H. 3, S. 89...101**

- *[49] Hammermeister, G. und Pacht, J.: "Eisenbahnknoten Hamburg wieder mit
leistungsstarker Berlin-Magistrale", ETR 46(1997), H.9, S. 573...580**

- *[50] Happel, O.: "Sperrzeiten als Grundlage für die Fahrplankonstruktion" ETR 8,
(1959), H. 2, S. 79...90**

- [51] Hertel, G.: "Die maximale Verkehrsleistung und die minimale
Fahrplanempfindlichkeit auf Eisenbahnstrecken", ETR 41 (1992), (1992),
H.10 - Oktober, S. 665...671**

- [52] Hertel, G.: "Leistungsfähigkeit und Leistungsverhalten von Eisenbahnbetriebsanlagen –Modelle und Berechnungsmöglichkeiten" Schriftenreihe des Instituts für Verkehrssystemtheorie und Bahnverkehr Technische Universität Dresden, Band 1, (1995), S. 62...104
- *[53] Hertel, G.: "Gesetzmässigkeiten von Zugverspätungen" AET (34), (1979), S.53...58
- [54] Hertel, G. und Illhardt, H.: " Berechnung der notwendigen Pufferzeit für Züge auf Eisenbahnstrecken sowie die Bestimmung einer theoretischen Leistungsfähigkeit" Wissenschaftl. Zschr. D. Hochschule für Verkehrswesen "Friedrich List" Dresden 30 (1983), H. 4, S. 821...829
- *[55] Hertel, G.: "Grenzwerte für den Rückstau vor Bedienungsknoten bei einigen GI/G/s - Wartesystemen" Die Eisenbahntechnik, 30, H. 9, (1982), S.479...481
- *[56] Heissmann, R. und Slama, A.: "Kombinationssignale- das ortsfeste Signalsystem der Deutschen Bahnen", Edition ETR, 1993, S. 77,...82
- [57] Heinisch, R.: "CIR - ELKE mehr als ein Infrastrukturprojekt" Eisenbahningenieur 44 (1993) 3, S. 116...124
- *[58] Hiller, W.: "Beitrag zur Ermittlung der grössten Streckenbelegung" Deutsche Eisenbahntechnik, Jahrgang 16, (1968), H. 8, S. 391...392
- *[59] Hofmann, U. u. Kämpfer, F.: "Erste Ergebnisse bei der Anwendung der Fundamentaltheorie auf Eisenbahnstrecken" Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Verkehrswesen Friedrich List in Dresden", 39, (1992), H.1, S. 65...67

- [60] Hofmann, U.: "Bemessung der Gleisanzahl bei gemischt-starrem Fahrplan", DET - Die Eisenbahntechnik 30 (1982) 12, S. 608...609

- *[61] Holgate, D. and Lawrence, P.: "The relative performance benefits of fixed and moving block", World Congress on Railway Research, Vol. C, (1997), p.699...706

- [62] Horstel, J. und Klahn, V. und Wegel, H.: "Planung eines sehr schnellen Güterverkehrs auf der Schnellfahrstrecke Hannover - Würzburg", ETR 42 (1993), H. 1-2 Januar / Februar, S. 79...84

- [63] Horstel, J., Klahn, V. und Haupt, D.: "Interaktive Fahrplankonstruktion mit dem Simulationsmodell SIMU VII" ETR 42 (1993), H. 9 - September, S.589...593

- [64] Iida, Y. and Ohkawa, M.: "An experimental Timetable Planning System Using a Computer Complex", QUARTERLY REPORTS, Vol. 20, No. 4 1979, p.157...164

- [65] Institut für Strassenbau u. Eisenbahnwesen TU Karlsruhe 1975: "Vorlesungen u. Übungen"

- *[66] Jung, G. Sliwka, H.: "Die Ermittlung der notwendigen Durchlassfähigkeit" Deutsche Eisenbahntechnik, Jahrgang 10, (1962), S. 100...107, S. 154...157

- [67] Kempfert, O.: "Rechnerunterstützte Zugüberwachung - System PHILIPS" ETR 39 (1990), H. 3 - März, S.133...137

- [68] Klahn, V.: "Graphentheoretische Grundlagen zur Abbildung grosser Eisenbahnbereiche" ETR 41 (1992), H. 10 – Oktober, S. 659...664

- [69] Klahn, V.: "Die betriebliche Simulation von Eisenbahnstrecken" ETR 41 (1992), H. 3 - März, S. 163...170
- [70] Kluger, H.: "Progressive Disposition in der Betriebsleitzentrale Stuttgart" DB1988
- [71] Kölbl, W und Weigel, E.: "Zur Bewertung von gefährlichen Ereignissen im Bahnbetrieb" Schriftenreihe des Instituts für Verkehrssystemtheorie und Bahnverkehr Technische Universität Dresden, Band 1, (1995), S. 152...158
- [72] Kollmannsberger, F.: "Das neue LZB - Betriebsverfahren ist eingeführt", ETR 37 (1988), H. 10 - Oktober, S. 639...643
- [73] Kollmannsberger, F.: "Linienzugbeeinflussung 1991", Eisenbahningenieur 41 (1990) 9, S. 448...452
- [74] Kollmannsberger, F.: "Die Zugbeeinflussung als Instrument zur Erhöhung der Geschwindigkeit", ETR 35 (1986), H. 11 - November, S. 717...724
- [75] Kracke, R.: "Wieviel Kapazität hat die Bahn?", ETR 42 (1993), H. 1-2 Januar/Februar, S. 13...14
- [76] Kraft, K.-H.: "Mindestzugfolgezeiten bei Hochleistungsschnellbahnen mit berührungsfreier Fahrtechnik" ETR (28) 1/2-1979, S. 111...114
- *[77] Kreyszig, E.: "Statistische Methoden und ihre Anwendungen", Vandenhoeck & Ruprecht in Göttingen (1968)
- [78] Kulaev, K. V.: "Enhancement of line capacity on Soviet Railways" Rail International June 1980p. 345...355

- *[79] Kupsch, P.: "Die Pufferzeit im Streckenabschnitt" Die Eisenbahntechnik, 24, , (1976), H. 5, S. 212...214
- *[80] Lagershausen, H.: "Das Fahren auf elektrische Sicht. Warum und wie?" ETR 14, (1965), H. 6, S. 221...239
- [81] Lancien, D. et Calvez, J-P.: "La fluidication des circulation de son interet", Revue General des Chemins de Fer, Septembre 1980, p. 467...476
- *[82] Laszkiewicz, R.: "Degree of utilization of the circulation capacity of railway routes" Rail International, (1984), S. 27...31
- [83] Leibbrand, K.: "Betriebsuntersuchungen grosser Verkehrsknotenpunkte" ETR 1 (1952), H. 11, S. 363...380
- *[84] Liberis, K.: "Ερεθίσματα για τον υπολογισμό της ικανότητας ελεύθερης γραμμής στον υπεραστικό σιδηρόδρομο", Τεχνικά Χρονικά 3/93, (1993), σ.88...97
- [85] Lindner, H.R.: "Special aspects of production planning for high-speed passenger and freight traffic", 38-Rail international - 10/1988
- *[86] Löflund, E.: "Der Betriebsablaufplan eine Darstellung von Betriebsvorgängen in Gleisknoten" Archiv für Eisenbahntechnik, Folge 16, (1962), S. 50...62
- *[87] Lütgert, R.: "Signalübertragung für Schnellfahrten mit 200 km/h Geschwindigkeit bei der Deutschen Bundesbahn" ETR, H. 3, (1966), S.69...75

- *[88] Maak, H.: "Leistungsfähigkeit der Eisenbahnachse München-Verona zur marktgerechten Abwicklung der prognostizierten Verkehrsmengen", ETR 43(1994), H.6, S. 379...385**
- *[89] Manual for Railway Engineering: "Line Capacity" (1992), p. 16-4-12...16-4-25**
- [90] Mühlans, E.: "Mathematische Beschreibung der Ankunftsverteilung", ETR(28) 5 - 1979, S. 377...382**
- [91] Mühlans, E.: "Wie misst man die Betriebsqualität ?", ETR(31) 4 - 1982, S.233...236**
- [92] Mühlans, E.: "Die Gleisgruppe als Bedienungssystem", ETR 31 (1982), H.6 - Juni, S. 472...475**
- *[93] Nebelung, H.: "Wirtschaftliche Zuggeschwindigkeiten in Engpassabschnitten von Eisenbahnstrecken" Archiv für Eisenbahntechnik, (1961), Folge 15, S.57...72**
- *[94] OSE: "Μελέτη Επιβατικών Μεταφορών στην Γραμμή Αθήνας - Κορίνθου - Πάτρας" Αθήνα 8/91 (Εντολή Γ. Δ/σης αρ. 101040/16.7.91)**
- *[95] Pacht, J.: "Die verschränkte Dreigleisigkeit" Ein innovatives Ausbaukonzept für Mischbetriebsstrecken, Eisenbahningenieur (49), (1998), 3/98, S. 27...29**
- [96] Pannek, G.: "Simulation von Signalsystemen zur Abstandshaltung von Schienenfahrzeugen unter besonderer Berücksichtigung digitaler Weginformation" Schriftenreihe Institut für Verkehr, Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung der Technischen Universität Braunschweig 1 - 1971**

- [97] Paradissopoulos, I. and Fotini, H.: "Optimum Traffic Mix over a Partially Double-Track Railway Line" 10 - Rail International - January 1991, p.10...17

- *[98] Pilger, M.: "Untersuchungen über die Leistungsfähigkeit zweigleisiger Eisenbahnstrecken mit Mischbetrieb zwischen S-Bahnen und Fernbahnen", Veröffentlichungen des Institutes für Strassenbau und Eisenbahnwesen der Universität Karlsruhe (1970), H. 4,

- [99] Potthoff, G.: "Verkehrsströmungslehre" Band 5, Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen Berlin, 1975

- *[100] Potthoff, G.: "Kybernetische Maßstäbe für die Durchlassleistung von Eisenbahnstrecken und Bahnhöfen" Deutsche Eisenbahntechnik, Jahrgang 16, (1968), H. 2, S. 62...64

- *[101] Potthoff, G.: "Gemischt - starrer Fahrplan" Deutsche Eisenbahntechnik, Jahrgang 30, (1982), H. 4, S. 164...166

- *[102] Potthoff, G.: "Fahrplannetze mit sehr schnellen und langsamen Zügen" Deutsche Eisenbahntechnik, Jahrgang 16, (1968), H. 6, S. 286...290

- *[103] Potthoff, G.: "Nichtzufällige Ankunfts- und Bedienungsverteilungen" Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Verkehrswesen Friedrich List in Dresden", 13, (1966), H. 1, S. 79...83

- [104] Potthof G.: "Die Zahl der Bahnsteiggleise" Die Eisenbahntechnik (DET) 7, 7/1959, S. 347...353

- [105] Potthof G.: "Die Zugdichte" Die Eisenbahntechnik (DET), 28 (1980) 7, S.289...290
- *[106] Raymond, A. Serway: "Physics", for Scientists & Engineers with Modern Physics, 3rd edition, Τόμος Ι, Μηχανική [1990]
- [107] Richey, A.: "Ausbau von Fernstrecken in Abhängigkeit von Betriebsprogramm und Verspätungsniveau" ETR(27) 7/8 - 1978, S.439...446
- [108] Rockenfelt, R. B.: "EDV im Fahrplandienst der Deutschen Bundesbahn" ETR 35 (1986), H. 7/8 - Juli / August, S. 489...495
- [109] Rudd D. A. and Storry A.J. : "Single track railway simulation -New models and old" Rail International, June 1976, p. 335...342
- *[110] Runge, W.-R.: "Streckenkapazität - Einflussparameter und ihre Bedeutung" ETR 42, (1993), H. 1/2, S. 75...78
- *[111] Runge, W. - R. und Klahn, V.: "Leistungsfähigkeitsreserven im Eisenbahnbetrieb" ETR 40, (1991), H. 9, S. 563...566
- *[112] Sasse, H.: "Signalteilung von Selbstblockanlagen auf Fernbahnen" Eisenbahntechnik Organ für das deutsche Eisenbahnwesen, Jahrgang 3, (1949), H.9, S.171...180
- *[113] Sasse, H.: "Sperrzeit und Signalteilung bei Selbstblock" Der Eisenbahningenieur, (1953), H. 11, S. 261...266
- [114] Satoh, A.: "Study on an On - line Simulation System (Train traffic system for the Shikansen)" QUARTERLY REPORTS, Vol. 21, No. 2 1980, p. 67...71

- [115] Sauer, W.: "Die Produktivität von Eisenbahnstrecken, eine Untersuchung über die Abhängigkeit der Produktionskosten einer Eisenbahnstrecke von betrieblichen Parametern wie Streckenbelastung, Mischungsverhältnis und Mindestzugfolgezeiten" Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Institutes der Rhein. - Westf. Techn. Hochschule AACHEN, Band 35, 1984
- [116] Schrader, U.: "Die Zugfahrtrechnung - ein vielseitiges Planungsinstrument" ETR 38 (1989), H. 7/8 - Juli / August, S.445...451
- [117] Schwanhäusser, W.: "Theoretische und praktische Grundlagen zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit von Eisenbahnnetzen, Ergebnisse einer Forschungsarbeit im Auftrag des Bundesministers für Verkehr" Wissenschaftlicher Ausschuss für Bau- und Betriebstechnik (WABB), Anlage 11, 21. Sitzung des WABB
- [118] Schwanhäusser, W.: "Bewertungsmaßstäbe für eisenbahnbetriebswissenschaftliche Untersuchungen" Wissenschaftlicher Ausschuss für Bau- und Betriebstechnik (WABB), Anlage 3.2, 18. Sitzung des WABB
- [119] Schwanhäusser, W.: "Die Bemessung der Pufferzeiten im Fahrplangefüge der Eisenbahn" Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Institutes der Rhein. -Westf. Techn. Hochschule AACHEN, Band 20, (1974)
- [120] Schwanhäusser, W.: "Vorläufige Festlegung der zulässigen Summe von Folgeverspätungen" Wissenschaftlicher Ausschuss für Bau- und Betriebstechnik (WABB), Anlage 9, 20. Sitzung des WABB

- [121] Schwanhäusser, W.: "Anwendungsbereiche des Bedienungsmodells G/G/1 für Fahrstrassenknotenuntersuchungen" Wissenschaftlicher Ausschuss für Bau- und Betriebstechnik (WABB), Anlage 11.2, 20. Sitzung des WABB

- [122] Schwanhäusser, W.: "Untersuchungsverfahren nach der Bedienungstheorie, Alternative Fahrmöglichkeiten in komplexen Fahrstrassenknoten" Wissenschaftlicher Ausschuss für Bau- und Betriebstechnik (WABB), Anlage 2.2, 17. Sitzung des WABB

- [123] Schwanhäusser, W.: "Vereinheitlichung der Modellvorstellungen für Leistungsuntersuchungen im Eisenbahnbetrieb" Wissenschaftlicher Ausschuss für Bau- und Betriebstechnik (WABB), Anlage 5, 22. Sitzung des WABB

- *[124] Schwanhäusser, W.: "Qualitätsmassstäbe für Leistungsuntersuchungen von Bahnanlagen" Beiträge zum Eisenbahnbetriebswissenschaftlichen Kolloquium in Aachen H. 41, (1986), S.17...31

- *[125] Schultze, K. und Brünger, O.: "Ermittlung der Leistungsfähigkeit vom Eisenbahnstrecken auf Personal - Computer", Demonstration des Programmpaketes STRELE. Beiträge zum Eisenbahnbetriebswissenschaftlichen Kolloquium in Aachen H. 41, (1986), S.140...158

- *[126] Schultze, K.: "Modell für asynchrone Simulation des Betriebes in Teilen des Eisenbahnnetzes", Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Institutes der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, H. 38, Diss. 82 (TH Aachen), (1985), S. 8...15

- [127] Sitzmann, E. und Eilers, W.: "Betriebliche Untersuchung von Eisenbahnknoten" ETR 39 (1990), H. 11- November, S. 691...698

- [128] Sitzmann, E. und Eilers, W.: "Signalisierter Zugleitbetrieb, Infrastruktur und Betriebsabwicklung" ETR 37 (1988), H. 11 - November, S. 743...749

- *[129] Smith, M. E. and Resor, R. R. and Patel, P.: "Train Dispatching Effectiveness with Respect to Communications-Based Train Control" Transportation Research Record 1584, (1997), p. 23...30

- *[130] Stalder, O.: "Bahn 2000 prompts SBB resignalling" Railway Gazette International, Oktober 1987, p. 669...672

- [131] Stoyan, D.: "Ermitteln der Behinderungen an Fahrstrassenkreuzungen", DET - Eisenbahntechnik 23 (1975) 9, S. 404...406

- *[132] Streit, K-D. und Partsch, L.: " "Netz 21" - die künftige Netzstrategie der Deutschen Bahn AG", ETR 45 (1996), H. 9, S. 525...528

- [133] Suwe, K.-H.: "Führerraumsignalisierung mit der LZB" ETR 38 (1989), H. 7/8 - Juli / August, S. 445...451

- [134] Suwe, K.-H.: "Entwicklungsschwerpunkte der Signaltechnik und Telekommunikation" Eisenbahningenieur 40 (1989) 7, S. 343...346

- [135] Suwe, K.-H.: "Einsatz elektronischer Stellwerke bei der DB" Eisenbahningenieur 38 (1987) 12, S. 596...601

- [136] Svennar, O.: "Der neue Zentralbahnhof Oslo" ETR 38 (1989), H. 10 - Oktober, S. 631...639

- [137] Takahashi, T.: "Theories of Track Capacity Calculation" Japan. Railway Eng. 3, (1962), H. 3, S. 22...26
- [138] Thiessen, R.: "Interaktives Modell zur Taktfahrplangestaltung in Systemen des spurgeführten Fernverkehrs" ETR 31 (1982), H. 7/8 - Juli/August, S.571... 576
- [139] Übel, H.: "Geschwindigkeits- Vorgabe und -Regelung für automatisch gesteuerte Schienenfahrzeuge" ETR (27) 1/2 - 1978, S. 55.58
- [140] Übel, H.: "SIG L90 - Sicherungs- und Steuerungssystem mit integrierter Gleisfreimeldung" ETR 38 (1989), H. 7/8 - Juli / August, S. 453...456
- *[141] UIC 405 E, "Ermittlung der Leistungsfähigkeit von Strecken"
- *[142] UIC - Achsengruppe Basel - Milano: "Ermittlung des Belegungsgrades und der Leistungsfähigkeit von Strecken mit Einrichtungsbetrieb" (1971)
- [143] Verkehrswissenschaftliches Institut der Rhein. - Westf. Techn. Hochschule AACHEN: "Eisenbahnbetriebswissenschaftliche Untersuchung über eine Zugverbindung im 20-Minuten-Takt der Flughafen Düsseldorf und Köln/Bonn über vorhandene rechtsrheinische Eisenbahnstrecken" April 1990
- [144] Voigt, W.: "Gleisplanbemessung" Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen Berlin, 1975
- [145] Völz, W.-D. und Lothar, J.: "EDV - gestützte Betriebsplanung für die Bemessung von Bahnanlagen im Bereich Bochum - Langendreer- Dortmund - Lütgendortmund- Witten Hbf" ETR (28) 1/2 - 1979, S. 95...101

- [146] Völz, W.-D. und Kretschmer, W.: "Untersuchung von Fahrstrassenknoten und Ermittlung einer Belastungsgrenze" ETR (27) 1/2 - 1978, S. 45...48

- *[147] Vonka, J und Hertel, G.: "Kritische Bemerkungen zum Stand der Berechnung der Leistungsfähigkeit von Eisenbahnstrecken bei der CSD und der DR" Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Verkehrswesen Friedrich List in Dresden", 33, (1986), H. 2, S. 297...306

- [148] Wakob, H. "Ableitung eines Generellen Wartemodells zur Ermittlung der planmässigen Wartezeiten im Eisenbahnbetrieb unter besonderer Berücksichtigung der Aspekte Leistungsfähigkeit und Anlagenbelastung" Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Institutes der Rhein. - Westf. Techn. Hochschule AACHEN, Band 36, 1985

- [149] Walther, H. und Lennartz, K.: "Das Betriebsleitsystem der Deutschen Bundesbahn im Übergang von RAMSES zu DIANE" ETR 37 (1988), H. 5/6 - Mai/Juni, S. 317...322

- [150] Walther, H. und Lennartz, K.: "Perspektiven für eine künftige europäische Betriebsleittechnik" ETR 35 (1986), H. 7/8 - Juli / August, S. 483...488

- *[151] Wehner, L. u. Suwe K-H.: "Das Signalsystem für die Neubaustrecken der DB" ETR 33, (1984), H. 11, S. 811...816

- [152] Wehner, L.: "Signalsystem der S-Bahn München" Siemens AG Eisenbahn-Signaltechnik aus INTERNATIONALES VERKEHRSWESSEN 24 (1972) Nr. 3

- [153] Weigand, W.: "Verspätungsübertragungen in Fernverkehrsnetzen" ETR (30) 12-1981, S. 915...920

- *[154] Weigand, W.: "Erfolge der japanischen Eisenbahnen im Markt des Personenfernverkehrs", ETR 45(1996), H.11, S.709...718

- [155] Weigand, W.: "Mischbetrieb und rhythmischer Fahrplan im Fernverkehr - Probleme der Überlagerung verschiedener Zugsysteme in vermaschten Verkehrsnetzen" ETR (28) 12- 1979, S. 953...958

- *[156] Yokota Hideo: "Performance Analyses of Passing Track and Planning Principles for its Layout on Double - Track Lines" Quarterly Reports Vol.20 No 1 (1979), P.9...14

- *[157] Yoshimura, H. and Yoshikoshi, S.: "Railway Signal", the 4th Edition, (1983), p. 1 - 5...1 - 6 and 8 -32...8 - 33

- [158] Zehme, I.: "Statistisch gesicherte Einflüsse auf die Betriebsqualität einer Eisenbahnstrecke, dargestellt am Beispiel der Strecke Aachen - Köln" Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Institutes der Rhein. - Westf. Techn. Hochschule AACHEN, Band 26, 1977

- [159] Zeilhofer, M. und Kollmannsberger, F.: "Projekte für eine Europäische Betriebsleittechnik: DIBMOF, DEUFRAKO = M und ETCS", ETR 42 (1993), H. 1-2 Januar / Februar, S. 43...50

- [160] Zeilhofer, M. und Kuhn, H.: " Zugsteuerung und Zugsicherung" ETR (28) 1/2- 1979, S. 103...110

- [161] Zeiske, W.: "Die Zuglenkung ZLL800" ETR 37 (1988), H.10 - Oktober, S.633...637

- *[162] Zwernemann, W.: "Verfahren zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit zweigleisiger Strecken durch Berechnung der Mindestzugfolgezeiten" Die Bundesbahn .-35/15, (1961), S. 650...661

13. ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Όνομα:	Κωνσταντίνος Λυμπέρης
Ημερομ. γέννησης:	1.12. 1947
Εθνικότητα:	Ελληνική
Εκπαίδευση:	Πολυτεχνείο Καρλσρούης πρώην Δυτ. Γερμανίας
Ακαδημαϊκός τίτλος:	Διπλωματούχος Μηχανικός της σχολής των Πολιτικών Μηχανικών
Ειδικότητα:	Συγκοινωνιολόγος με κύρια ειδίκευση στον τομέα της Σιδηροδρομικής Τεχνικής
Ξένες γλώσσες:	Γερμανικά 100 %, Αγγλικά 50 %

Άδεια άσκησης επαγγέλματος κατόπιν επιτυχών εξετάσεων (οκταώρων) 1977 στο ΕΜΠ.

• Επαγγελματική εμπειρία

1976 - 1978	Οικοδομικές μελέτες και κατασκευές στην Ελληνική Αεροπορία, κατά τη διάρκεια της στρατιωτικής θητείας στο Θ.Α.Α.
1979 - 1981	Συμβασιούχος μηχανικός στον ΟΑΣ, εκπονώντας μελέτες στον τομέα Μεταφορών της Αθήνας και ειδικότερα στις μεταφορές με Ταξί.
1981 - 1989	Συμβασιούχος μηχανικός στη Διεύθυνση μελετών των ΗΣΑΠ, εκπονώντας σχετικές μελέτες τόσο για τους ΗΣΑΠ όσο και για το ΜΕΤΡΟ της ΑΘΗΝΑΣ:

A. ΗΣΑΠ

1. Ανακατασκευή των σταθμών Πειραιά, Φαλήρου, Κηφισιάς, Αττικής και Α. Πατησίων με δίκτυο σε λειτουργία. Σχετικές μελέτες:

- γραμμολογίας
- των χώρων συντήρησης και εναπόθεσης συρμών
- σχεδιασμού και κατασκευής αλλαγών τροχιάς για ειδικές θέσεις σύνδεσης με τα αμαξοστάσια.

2. Νέος σταθμός στην περιοχή του Ταύρου. Σχετικές μελέτες:

- γραμμολογίας
- σταθμού
- παρακαμπτηρίου γραμμής

3. Αναθεώρηση εγκαταστάσεων της γραμμής Πειραιά - Κηφισιά.

4. Βελτίωση των συνθηκών εργασίας στο χώρο συντήρησης συρμών.

5. Επέκταση της γραμμής των ΗΣΑΠ. Σχετικές μελέτες:

- σύνδεσης σταθμού Ν. Ηρακλείου με το Κοντόπευκο Αγ. Παρασκευής μέσω της γραμμής Λαυρίου
- σύνδεσης του σταθμού Φαλήρου των ΗΣΑΠ με τον Πειραιά, μέσω υπόγειων εναλλακτικών χαράξεων διερχόμενων από τις περιοχές Καστέλλας και Ευαγγελίστριας.

6. Σχεδιασμός αλλαγών τροχιάς στο σταθμό Ομόνοιας.
7. Προέλευση - προορισμός στο δίκτυο των ΗΣΑΠ.
8. Επιβατική κίνηση στους σταθμούς των ΗΣΑΠ με σκοπό τη δημιουργία συστήματος Park + Ride.
9. Καταγραφή προορισμού επιβατών υπεραστικών λεωφορείων προερχόμενων από επαρχιακές πόλεις, για την ενδεχόμενη σύνδεση των λεωφορειακών αυτών γραμμών με σταθμούς των ΗΣΑΠ.

B. ΜΕΤΡΟ Αθήνας, γραμμές 2 και 3

1. Υπολογισμός περιτυπώματος για τη σήραγγα Σεπόλια - Αττική.
2. Συμμετοχή στην ομάδα ελέγχου της προμελέτης των γραμμών 2 και 3 κατά την παράδοση από την Ελληνογαλλική κοινοπραξία.
3. Εναλλακτική χάραξη της γραμμής 2 με δύο χωριστές σήραγγες.
4. Διάταξη γραμμών στους χώρους επισκευής, συντήρησης και εναπόθεσης συρμών στα Σεπόλια.
5. Σύνδεση σταθμού Αττικής των ΗΣΑΠ και της γραμμής 2.

Σχετικές μελέτες:

- χάραξης

6. Συμμετοχή στην επιτροπή αξιολόγησης στο διαγωνισμό για την ανάθεση κατασκευής του ΜΕΤΡΟ, για θέματα σιδηροδρομικής τεχνικής.

1981 - σήμερα

- Επιστημονικός συνεργάτης στο ΕΜΠ, στον Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής και ειδικότερα στο εργαστήριο Σιδηροδρομικής.
 - Επιμελητής στη ΣΤΕΑΜΧ, διδάσκων το μάθημα της Σιδηροδρομικής.
 - Συμμετοχή σε ερευνητικές δραστηριότητες του Τομέα Μεταφορών και Συγκοινωνιακής Υποδομής:
1. Έρευνα ΕΟΚ για τη σχέση κυκλοφορίας και ρύπανσης στην Αθήνα.
 2. Ερευνητικό πρόγραμμα μελλοντικής κυκλοφορίας της ΕΟΚ "DRIVE".
 3. Ερευνητικό πρόγραμμα για τη σκοπιμότητα σύνδεσης της Ελλάδας με την Αλβανία καθώς και της Ηγουμενίτσας με το υφιστάμενο δίκτυο του ΟΣΕ.
 4. Ερευνητικό πρόγραμμα για τον υπολογισμό της χωρητικότητας του τμήματος γραμμής ΤΙΘΟΡΕΑ - ΔΟΜΟΚΟΣ του άξονα Αθήνας - Θεσσαλονίκης.

5. Ερευνητικό πρόγραμμα για τη σύνταξη προδιαγραφών δημοπράτησης και ελέγχου στρωτήρων από προεντεταμένο σκυρόδεμα.
6. Ερευνητικό πρόγραμμα για συνδυασμένες μεταφορές στο σιδηροδρομικό άξονα Αθήνας - Πάτρας.

1979 - σήμερα

Συμμετοχή με την ιδιότητα του συμβούλου-συγκοινωνιολόγου σε διάφορα τεχνικά γραφεία των Αθηνών έχοντας εκπονήσει τις παρακάτω μελέτες:

1. Ενιαίο πάρκο τριών χιλιομέτρων στην Αθήνα από Αρδηττό μέχρι Κεραμεικό.
2. Μελέτη υπογείου χώρου στάθμευσης ΙΧ αυτοκινήτων στο Ζάππειο.
3. Ενοποίηση του χώρου κατά μήκος της γραμμής των ΗΣΑΠ από Αγ. Μελετίου μέχρι Κ. Πατήσια.
4. Κυκλοφοριακή και πολεοδομική μελέτη του κέντρου του Πειραιά.
5. Μελέτη χώρου στάθμευσης οχημάτων στον Κεντρικό Αερολιμένα Κέρκυρας.
6. Κυκλοφοριακή μελέτη του Πολιτιστικού Κέντρου των Αθηνών.

7. Κυκλοφοριακή μελέτη Χαλκίδας.
8. Μελέτη για τους αυτοκινητόδρομους στην Ελλάδα.
9. Μελέτη για τη σήμανση του κόμβου προ της γέφυρας σύνδεσης Ρίου - Αντιρρίου.
10. Μελέτη αλλαγής θέσης του τμήματος της γραμμής των ΗΣΑΠ υπεράνω του ποταμού Κηφισσού, προκειμένου να καλυφθεί ο Κηφισσός στην υπόψη θέση.

1989 - σήμερα

1. Μελέτη υπογειοποίησης του υφιστάμενου σταθμού του Ν. Ηρακλείου της γραμμής των ΗΣΑΠ.
2. Μαθητεία στους Μηχανικούς των ΗΣΑΠ, σε θέματα γραμμής (θεωρία και εφαρμογή).
3. Οριστική κατασκευαστική Μελέτη γραμμολογίας σταθμού Κηφισιάς, για την υποδοχή συρμών 6 οχημάτων
4. Οριστική Μελέτη επανασχεδιασμού των γραμμών του Θησείου, με σκοπό την αύξηση της χωρητικότητας του αμαξοστασίου, τη βελτίωση της ταχύτητας καθώς και την ομαλοποίηση της κύλισης των συρμών στην κύρια γραμμή.
5. Μελέτη χάραξης σε συντεταγμένες ΟΜΑ, Δυτική επέκταση της Γραμμής 3 του ΜΕΤΡΟ ΑΘΗΝΩΝ

6. Μελέτη επανασχεδιασμού διάταξης γραμμών στους χώρους εναπόθεσης της Γραμμής των ΗΣΑΠ
7. Μελέτη διερεύνησης χωρητικότητας στη Γραμμή των ΗΣΑΠ
8. Μελέτη γραμμολογίας, αμαξοστασίων, συνεργείων και συντήρησης στο σταθμό Αγιο Σάββα, της γραμμής 3 του ΜΕΤΡΟ ΑΘΗΝΩΝ

Συμμετοχή σε συνέδρια

ΣΕΣ: Μεταφορές και Ατυχήματα Μάρτιος 1984

Θέμα: "Ατυχήματα στις σιδηροδρομικές μεταφορές"

ΟΣΕ: Ο σιδηρόδρομος οικολογικό μέσο μεταφοράς Οκτώβριος 1987

Θέμα: "Αστικός σιδηρόδρομος και περιβάλλον"

Παγκόσμιο Συνέδριο Σιδηροδρομικής Έρευνας Παρίσι 1994

Abacoumkin, K., Liberis, K., "Line Capacity analysis over Tithorea – Domokos Section between Athens and Thessaloniki" WCRR 94, Vol. 2 p. 977...978

Δημοσιεύσεις

Liberis, K.: "Ερεθίσματα για τον υπολογισμό της ικανότητας ελεύθερης γραμμής στον υπεραστικό σιδηρόδρομο", Τεχνικά Χρονικά 3/93, (1993), σ.88...97

Abakoumkin, K. und Liberis, K.: "Ermittlung der Mindestzugfolgezeit jeder beliebigen Zugfolge, aufgrund eines bestimmten Geschwindigkeitsquotienten", Schriftenreihe des Instituts für Verkehrssystemtheorie und Bahnverkehr Technische Universität Dresden, 2. Eisenbahnbetriebswissenschaftliches Kolloquium in Utrecht, Taktfahrplan und Kapazität, Band 2, (1996), S. 65...81, Dresden

14. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Kurzfassung

Ein Verfahren für die Blockeinteilung einer Teilstrecke wurde entwickelt. Die Blocklängen welche sich aus dieser Einteilung ergeben, stehen wie die Glieder einer geometrischen Progression zueinander. Die Einteilung basiert auf das Verhältnis der Geschwindigkeiten zwei einander folgenden Züge V_n/V_v , welcher durch den Koeffizient λ ausgedrückt wird. Da $V_n \geq V_v$ vorausgesetzt wird, folgt dass gleiche oder ungleiche Blockabschnitte vorkommen können. Die Blockabschnitte am Anfang und am Ende der Teilstrecke können weiter in zweckmässiger Weise mit Hilfe der Koeffizienten λ', λ'' und μ durch neu eingeschaltete Blockstellen unterteilt werden. Die Koeffizienten λ', λ'' und μ , beziehen sich auf λ .

Mit diesem Verfahren, quantifiziert sich die Mindestzugfolgezeit $z_{\min}$ zweier Züge V_k und V_{k+1} einer beliebigen Zugfolge, mit mathematischen Beziehungen der allgemeinen Form

$$z_{\min} = f(\lambda, \text{Länge des Blockabschnittes, Zuglänge, kürzester Blockabschnitt})$$

Diese Beziehungen bieten die Möglichkeit einer mittelbaren Ausrechnung der Mindestzugfolgezeit, ohne die Anwendung eines PC und ohne das Suchen nach der grösste unter mehreren solchen, an.