

1° Παράδειγμα

Δίχνη οδός υπαίθρου (εννοείται δηλαδή μιας λωρίδας ανά κατεύθυνση), με περιορισμό προσβάσεων

- πλάτος λωρίδων 3,00 μ., χωρίς ερείσματα, κορμοί δένδρων στα 1,50μ εκατέρωθεν.
- έδαφος πεδινό
- $V_e = 112$ km/h
- ποσοστό ορατότητας 100%
- φορτηγά 5%, λεωφορεία 1%.

Ποιος ο φόρτος εξυπηρέτησης για το επίπεδο εξυπηρέτησης E (ικανότητα) και ποιος για το επίπεδο B;

Λύση:

Η εκφώνηση μας οδηγεί να επιλέξουμε την ομάδα Πινάκων για δίχνες οδούς (δεν υπάρχει πλέον ο πολλαπλασιαστής N για τον αριθμό λωρίδων ανά κατεύθυνση)

Κυκλοφοριακός φόρτος σχεδιασμού και για τις δύο κατευθύνσεις:

2000 x

(μειωτικός συντελεστής για το επίπεδο εξυπηρέτησης $\neq E$ ικανότητα v/c_b) x

(μειωτικός συντελεστής στενότητας κίνησης) x

(μειωτικός συντελεστής για φορτηγά και λεωφορεία ΜΕΑ, ανάλογα και με τη μηκοτομή) x

(μειωτικός συντελεστής για τη δυνατότητα προσπεράσεων)

Η διαφοροποίηση, συνεπώς εδώ είναι ότι $N=1$ και έχουμε επιρροή των δυνατοτήτων προσπέρασης. Οι δυνατότητες προσπέρασης είναι συνάρτηση 2 παραμέτρων: των φόρτων (ευκαιρίες) και της ορατότητας (ορατότητα προσπέρασης για πολλά μέτρα...)

Για τη c δεν υπάρχει μειωτικός συντελεστής.

Για τη στενότητα (Πίνακας 8), έχουμε εκατέρωθεν εμπόδια στο 1,5μ με πλάτος λωρίδας στα 3μ, άρα μειωτικός συντελεστής 0,81.

Όσον αφορά τα βαρέα οχήματα επειδή τα λεωφορεία δεν ξεπερνούν το 1%, μπορούμε είτε να τα αγνοήσουμε, είτε να τα θεωρήσουμε μαζί με τα φορτηγά. Λόγω του πεδινού εδάφους (ποιοτικός χαρακτηρισμός μηκοτομής), τα αγνοούμε. Για 5% φορτηγά και πεδινό έδαφος (Πίνακας 10) για το επίπεδο E έχουμε μειωτικό συντελεστή 0,95, ενώ για επίπεδο B: 0,93.

Συνεπώς, η κυκλοφοριακή ικανότητα είναι $2000 \times 0,81 \times 0,95 = 1539$ οχήματα/ώρα συνολικά.

Για το επίπεδο εξυπηρέτησης B έχουμε αλλαγή μειωτικού συντελεστή λόγω φορτηγών στο 0,93, αλλά και από τον Πίνακα 7, έχοντας διαθέσιμη ορατότητα προσπέρασης στο 100% του μήκους της οδού (ευθυτενές πεδινό οδικό τμήμα) προκύπτει μειωτικός συντελεστής 0,45.

Συνεπώς η κυκλοφορία για να έχουμε συνθήκες επιπέδου B θα πρέπει να είναι έως: $2000 \times 0,77 \times 0,93 \times 0,45 = 644$ οχήματα ωριαίως και για τις 2 κατευθύνσεις.

2° Παράδειγμα

Τμήμα 2400μ. υπεραστικής οδού 2 λωρίδων πλάτους 3,00 μ. δεν διαθέτει ερείσματα. Η κατά μήκος κλίση του τμήματος είναι 5%. Το ελεύθερο πλευρικό περιθώριο είναι μηδενικό στη μία πλευρά (τοιχίσκος ή πρανές). Στην άλλη, βρίσκεται εμπόδιο σε απόσταση 0,60 μ. από το άκρο του οδοστρώματος. Απόσταση ορατότητας στο προσπέραςμα εξασφαλισμένη για το 40% της οδού. Χάραξη με μειωμένα χαρακτηριστικά που επιτρέπουν ταχύτητα μελέτης $V_e=80$ km/h. Η σύνθεση της βαριάς κυκλοφορίας είναι 7% φορτηγά και 3% λεωφορεία. Ποιος ο φόρτος εξυπηρέτησης για το επίπεδο εξυπηρέτησης E (ικανότητα) και ποιος για το επίπεδο C;

Λύση:

Για την κυκλοφοριακή ικανότητα c (επίπεδο E). Μειωτικός συντελεστής στενότητας: από τη μια άκρη στα 0,6μ και από την άλλη στο 0, μέση τιμή 0,3μ και για λωρίδα 3μ προκύπτει συντελεστής $(0,62+0,69)/2=0,655$ (ενώ για τη στάθμη εξυπηρέτησης C, με παρεμβολή προκύπτει: $\sim 0,6$).

Οι συντελεστές μείωσης λόγω φορτηγών και λεωφορείων θα προκύψουν δια μέσω της ισοδυναμίας τους με ΜΕΑ, αφού έχουμε αναλυτική περιγραφή της μηκοτομής του τμήματος: Πίνακας 11 (φορτηγά) κλίση 5% και μήκος 2400μ: ισοδυναμία κάθε φορτηγού με 59 ΜΕΑ(!), ενώ για επίπεδο C: 51 ΜΕΑ, ενώ για τα λεωφορεία (Πίνακας 12) 2 ΜΕΑ για το E και 3 ΜΕΑ για το C.

Από την ισοδυναμία ΜΕΑ ενός εκάστου και για τα ποσοστά τους στους κφ θα πάμε στους μειωτικούς συντελεστές. Ο Πίνακας 13 δίνει μειωτικό συντελεστή για 2 ΜΕΑ και 3%: 0,97, για 3 ΜΕΑ και 3%: 0,94, 51 ΜΕΑ και 7%: 0,25 και για 59 ΜΕΑ και 7%: 0,22.

Συνεπώς, $c = 2000 \times 0,655 \times 0,22 \times 0,97 = 280$ οχήματα/ώρα.

Για τη στάθμη εξυπηρέτησης C, πέραν της αλλαγής των μειωτικών συντελεστών (σε 0,6, 0,25 και 0,94) εισάγεται και ο μειωτικός συντελεστής του Πίνακα 7 για την στάθμη αυτήν καθ' εαυτήν: ταχύτητα 80km/h, στο 40% του μήκους δυνατότητα προσπέραςμας: 0,38 (ουσιαστικά ο Πίνακας μας λέει ότι δεν μπορεί να επιτευχθεί επίπεδο ποιότητας B με τίποτα).

Συνεπώς: συνολικοί φόρτοι για επίπεδο εξυπηρέτησης C: $2000 \times 0,6 \times 0,25 \times 0,94 \times 0,38 =$ μόλις 107 οχήματα την ώρα και για τις 2 κατευθύνσεις.



3° Παράδειγμα

Να βρεθεί ο φόρτος εξυπηρέτησης στο επίπεδο Β καθώς και η ικανότητα, επί τμήματος ανηφορικής οδού 2 λωρίδων δύο διευθύνσεων μήκους 1200 μ. με κατά μήκος κλίση 3%. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της ανταποκρίνονται σε ταχύτητα μελέτης 96 km/h. Πλάτος λωρίδων 3,20 μ. ελεύθερο περιθώριο από τη μία πλευρά 0,50 μ. και από το άλλο μέρος απεριόριστο. Η ορατότητα προσπεράσματος σε μήκος 450 μ. εξασφαλισμένη για το 40% του μήκους της οδού. Η κυκλοφορία προβλέπεται να έχει ποσοστό φορτηγών 18% και αμελητέο ποσοστό λεωφορείων.

Λύση

Για την κυκλοφοριακή ικανότητα c (επίπεδο Ε). Μειωτικός συντελεστής στενότητας: από τη μια άκρη στα 0,5μ και από την άλλη απεριόριστο, άρα έχουμε εμπόδιο στο ένα μόνο άκρο. Η λωρίδα είναι 3,20μ. Έχουμε μειωτικό συντελεστή στενότητας για λωρίδα 3,30 και 3μ και απόσταση εμποδίου στα 0,6μ. Χρειάζεται μια μικρή προσαρμογή: αν είχαμε εμπόδιο στα 0,6 θα προέκυπτε 0,79, τώρα με το λίγο εγγύτερο εμπόδιο μπορούμε να παραμείνουμε στο 0,79, είτε να πάμε στο 0,78. Επιλέγω να πάω στα 0,78. [Αντίστοιχα για επίπεδο εξυπηρέτησης Β έχουμε μειωτικό συντελεστή 0,75].

Για την κυκλοφοριακή ικανότητα δεν υπάρχει (προφανώς) μειωτικός συντελεστής για το επίπεδο. Απομένει να βρούμε τον μειωτικό συντελεστή για τα πολλά φορτηγά. Έχουμε αναλυτική (κι όχι ποιοτική) περιγραφή της ανηφόρας: 1200μ με κλίση 3%. ΘΑ πρέπει να περάσουμε από το ενδιάμεσο στάδιο του υπολογισμού της ισοδυναμίας τους με ΜΕΑ. Για την c έχουμε ισοδυναμία με 14 (και για το επίπεδο εξυπηρέτησης Β επίσης), Πίνακας 11. Από τον Πίνακα 13 προκύπτει μειωτικός συντελεστής: 0,3.

$c = 2.000 \times 0,78 \times 0,30 = 468$ οχήματα/ώρα για όλη την οδό.

Για το Επίπεδο Β, έχουμε αλλαγή της μείωσης λόγω στενότητας στο 0,75 (από το 0,78), αλλά και κυρίως μείωση λόγω της άνεσης του επιπέδου αυτής καθ' εαυτής.

Πίνακας 7. Στις δίχνες οδούς, με την ισχυρή αλληλεπίδραση των αντίθετων ρευμάτων, βασική παράμετρος ορισμού των φόρτων είναι η ευχέρεια προσπέρασης. Για ταχύτητα μελέτης 96km/h και ορατότητα προσπεράσματος σε μήκος 450 μ. εξασφαλισμένη για το 40% του μήκους της οδού, για επίπεδο Β έχουμε μειωτικό συντελεστή 0,24.

Άρα, για Β: $2000 \times 0,75 \times 0,30 \times 0,24 = 108$. Για να λειτουργεί ο συγκεκριμένος δρόμος με την άνεση του επιπέδου Β θα πρέπει να κυκλοφορούν μόνο 108 οχήματα/ ώρα συνολικά.

4° Παράδειγμα

Τμήμα υπεραστικής οδού 2 λωρίδων μήκους 4.800 μ. έχει κατά μήκος κλίση 3%. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά ανταποκρίνονται σε ταχύτητα μελέτης 80 km/h. Πλάτος λωρίδων 3,30 μ. Ελεύθερο περιθώριο και από τις δύο πλευρές 0,60 μ. Η ορατότητα προσπεράσματος μήκους 450 μ. εξασφαλισμένη για το 40% του μήκους της οδού. Όταν η οδός εξυπηρετεί ένα φόρτο 100 οχημάτων την ώρα εκ των οποίων 19 οχήματα ανά ώρα είναι φορτηγά, σε ποιο επίπεδο λειτουργεί; Αν ο φόρτος αυξηθεί ομοιόμορφα κατά 50%, 100% και 150% σε ποιο επίπεδο θα λειτουργεί ο δρόμος; Προτείνετε παρεμβάσεις.

Λύση

Περιορισμός στενότητας (Πίνακας 8): μειωτικός συντελεστής 0,75 για επίπεδο E και 0,7 για B. Για τα ενδιάμεσα επίπεδα θα πάρουμε παρεμβολές, έστω, κατά προσέγγιση (αποδεκτή προσέγγιση, δεν χρειάζεται 3° δεκαδικό γενικά), 0,73 για D και 0,72 για C. Προκύπτουν 19% φορτηγά και θα πρέπει να δούμε σε πόσα ΜΕΑ αντιστοιχούν (αναλυτική περιγραφή ανηφόρας). Πίνακας 11: έχουμε ισοδυναμία με 31 ΜΕΑ για τα επίπεδα D και E, με 29 ΜΕΑ για το επίπεδο C και με 22 ΜΕΑ για τα A και B. Πάμε στον Πίνακα 13 για να προκύψουν οι μειωτικοί συντελεστές. Για 31 ΜΕΑ έχουμε μειωτικό συντελεστή 0,15 με κατ' εκτίμηση παρεμβολή, για 29 ΜΕΑ έχουμε συντελεστή 0,16 με διπλή παρεμβολή και για 22 ΜΕΑ, 0,2 με παρεμβολή.

Επίσης, για τη στάθμη εξυπηρέτησης έχουμε μειωτικούς συντελεστές (80km/h, 40% ορατότητα): η στάθμη B δεν μπορεί καν να επιτευχθεί. Άρα ότι υπολογίσαμε ως τώρα και αναφέρονταν στη στάθμη B έγινε άδικα. Για τη στάθμη C έχουμε μειωτικό συντελεστή 0,38, για την D 0,66, ενώ για την E (κυκλοφοριακή ικανότητα), δεν υπάρχει μειωτικός συντελεστής.

Ο τρόπος για να επιλυθεί η άσκηση είναι να υπολογίσουμε τις οριακές κυκλοφοριακές ροές για κάθε στάθμη εξυπηρέτησης και να κάνουμε συγκρίσεις με τα δεδομένα των φόρτων.

Για την ικανότητα έχουμε: $2000 \times 0,75 \times 0,15 = 225$ οχήματα συνολικά

Για τη στάθμη εξυπηρέτησης D έχουμε: $2000 \times 0,73 \times 0,15 \times 0,66 = 145$ οχήματα.

Μεταξύ 145 και 225 οχημάτων έχουμε λειτουργία σε επίπεδο E, στο πάνω όριο έχουμε την κυκλοφοριακή ικανότητα (capacity) (σύννορο με ασυνεχή ροή, level of service F).

Για τη στάθμη εξυπηρέτησης C έχουμε όριο: $2000 \times 0,72 \times 0,16 \times 0,38 = 88$ οχήματα.

Μεταξύ 88 και 145 οχημάτων έχουμε λειτουργία σε επίπεδο D.

Αν είχαμε λιγότερα από 88 οχήματα (και αν είχε ο δρόμος καλύτερη χάραξη) θα λειτουργούσε σε επίπεδο C. Το επίπεδο B δεν μπορεί να επιτευχθεί.

Συνεπώς έχοντας 100 οχήματα θα λειτουργεί σε επίπεδο D, αν αυξηθεί κατά 50% (=150 οχήματα) σε επίπεδο E, αν αυξηθεί κατά 100% (=200) παραμένει στο E, αλλά αν αυξηθεί κατά 150% (=250 οχήματα), ξεπερνιέται η κυκλοφοριακή ικανότητα και ο δρόμος θα είναι μποτιλιαρισμένος.

Συνεπώς, προτού φθάσουμε σε επίπεδο αύξησης φόρτων κατά 150%, θα πρέπει ο δρόμος να αναβαθμιστεί.

Τι αναβάθμιση μπορούμε να πετύχουμε; Μπορούμε, προφανώς, να πάμε στη ριζική αναβάθμιση διαπλάτυνσης με 2+2 λωρίδες συνολικά, οπότε πάμε σε άλλον τύπο υπολογισμού (εισάγεται ο N). Αλλά πρόκειται για ριζική αναβάθμιση. Μπορούμε να πάμε σε φθηνότερη λύση της βελτίωσης της χάραξης (πχ στα 96km/h) είτε στην αύξηση της ορατότητας προσπέρασης, πχ στα 60% του μήκους της οδού; Δεν είναι αρκετό, διότι δεν επηρεάζεται από αυτά η κυκλοφοριακή ικανότητα c (επίπεδο εξυπηρέτησης E). Μπορούμε να διαπλατύνουμε λίγο το οδόστρωμα, ώστε να γίνουν οι λωρίδες 3,60μ και να απομακρύνουμε επιπρόσθετα τα εμπόδια από τα 0,60μ στα 1,20μ; Ναι αυτό είναι μια μικρής κλίμακας και οικονομική παρέμβαση και θα μειώσει τον συντελεστή στενότητας από 0,75 στο 0,94, οπότε η κυκλοφοριακή ικανότητα $2000 \times 0,94 \times 0,15 = 282$ οχήματα επαρκεί. Μήπως και μόνο η απομάκρυνση των εμποδίων από τα 0,6μ στα 1,2μ, χωρίς διαπλάτυνση των λωρίδων επαρκεί. Από τον Πίνακα 8, για λωρίδες 3,30μ, εμπόδιο και στα 2 άκρα στο 1,20μ και επίπεδο εξυπηρέτησης E προκύπτει συντελεστής στενότητας: 0,83, άρα ικανότητα: $2000 \times 0,83 \times 0,15 = 249$ οχήματα οριακά στα 250. Αυτή η τελευταία παρέμβαση, ως η φθηνότερη, είναι και η προτεινόμενη.



5° Παράδειγμα

Μελετάται η βελτίωση υπεραστικής οδού 2 λωρίδων με μήκος 2000 μ. και κατά μήκος κλίση 6%, ώστε η ικανότητά της τουλάχιστον να διπλασιαστεί. Σήμερα, το πλάτος λωρίδων της είναι 3,00 μ. ελεύθερο περιθώριο και από τις δύο πλευρές 0.60 μ. Κυκλοφορούν φορτηγά 10% επί του συνόλου των οχημάτων. Διερευνήστε.

Λύση

Αυτή η άσκηση μπορεί να λυθεί, χωρίς καν να υπολογίσουμε φόρτους για κυκλοφοριακή ικανότητα. Ο τύπος είναι $2000X(\text{μειωτικός συντελεστής στενότητας}) X$ (μειωτικός συντελεστής λόγω επιρροής φορτηγών).

Ο μειωτικός συντελεστής στενότητας είναι 0,69. Το μέγιστο που μπορεί να αυξηθεί είναι στο 1. Θα πρέπει, προς τούτο, να διαπλατύνουμε τις λωρίδες στο 3,60μ και να απομακρύνουμε τα πλευρικά εμπόδια στο 1,5μ. Οι επεμβάσεις αυτές είναι εφικτές και σχετικά οικονομικές. Η απόδοσή τους θα είναι $1/0,69=1,45 = 45\%$, ενώ ο στόχος του διπλασιασμού απαιτεί απόδοση 100%.

Η σύνθεση του κυκλοφοριακού φόρτου δεν είναι εφικτό να αλλάξει. Τα φορτηγά θα παραμείνουν στο 10%. Θα πρέπει να βρούμε τι μειωτικό συντελεστή δίνουν. Για τις συνθήκες της ανηφόρας ισοδυναμούν (Πίνακας 11) με 72-73 ΜΕΑ (παρεμβολή) και (Πίνακας 13) μειωτικός συντελεστής μεταξύ 0,12 και 0,13. Αν κάναμε επαναχάραξη μηκοτομής (ποιο ήπια κλίση) θα πετυχαίναμε μικρότερη δυσχέρεια κίνησης των φορτηγών και συνεπώς καλύτερο μειωτικό συντελεστή. Στόχος μας είναι ένας μειωτικός συντελεστής ψ , ώστε $\psi X1=2(\text{φορές})0,69X0,125 \rightarrow \psi=0,17$. Για να δώσουν τα 10% φορτηγά μειωτικό συντελεστή 0,17 θα πρέπει (Πίνακας 13) να αντιστοιχούν με 50 ΜΕΑ. Πάμε στον Πίνακα 11. Θεωρούμε δεδομένο το μήκος της ανηφόρας (2000 μέτρα). Αν η κλίση μειώνονταν στο 5% θα είχαμε ισοδυναμία ΜΕΑ 56. Αν η κλίση μειώνονταν στο 4% θα είχαμε ισοδυναμία ΜΕΑ 42. Με παρεμβολή προκύπτει ότι η κλίση θα πρέπει να μειωθεί στο 4,6%, ώστε στην κορυφή της ανηφόρας τα φορτηγά να ισοδυναμούν με 50 ΜΕΑ.

Πώς θα μειωθεί υφιστάμενη ανηφόρα μήκους 2000 μέτρων από το 6% στο 4,6%; Θα πρέπει να σκάψουμε στο ψηλότερο σημείο της και να αυξήσουμε τυχόν όρυγμα. Η εκσκαφή θα είναι σε βάθος $(6\%-4,6\%)X2000=28$ μέτρα. Πρόκειται, δηλαδή για μια πολύ μεγάλου βάθος εκσκαφή, για μια ακριβή παρέμβαση. Εναλλακτικά θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε κατασκευή σήραγγας στο ψηλότερο σημείο, είτε cut and cover. Εναλλακτικά θα μπορούσαμε να προτείνουμε τη διαπλάτυνση της οδού, όχι μόνο ως προς τις υφιστάμενες λωρίδες και την απομάκρυνση των εμποδίων, αλλά στην κατασκευή εκατέρωθεν λωρίδων, ώστε η οδός να έχει 2 λωρίδες ανά κατεύθυνση, Έτσι, έχουμε μεγάλη αύξηση της ικανότητας (N/ανά κατεύθυνση). Πρόκειται, επίσης, για μια πολύ ακριβή παρέμβαση. Η δόκιμη λύση ίσως είναι η κατασκευή μιας μόνο λωρίδας βραδυπορείας στην κατεύθυνση της ανηφόρας. Δηλαδή η οδός θα έχει 2 λωρίδες στην ανηφόρα και μια στην κατηφόρα. Έτσι τα βραδυπορούντα φορτηγά δεν θα παρεμποδίζουν την κίνηση των άλλων οχημάτων. Μπορούν να αγνοηθούν εντελώς (τα μισά, αυτά που κινούνται στην ανηφόρα) θεωρώντας ότι κινούνται αποκλειστικά στην πρόσθετη λωρίδα βραδυπορείας. Έτσι ο μειωτικός συντελεστής τους επιρροής μεταβάλλεται σημαντικά και έχουμε το ζητούμενο της άσκησης.