



# הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות, צמתים ומחלפים

I

## תכן גיאומטרי של דרכים

אוגוסט 2012

אב תשע"ב

# הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים

## צוות המחברים:

אינג' רן זילברשטיין – ראש הצוות

ד"ר בני פרישר

ד"ר שי בסן



## החברה הלאומית לדרכים

### פתח דבר

הכרך שלפניכם מכיל הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות. כרך זה דן בתכן גיאומטרי של תוואי הדרך. הכרך מהווה עדכון מהותי למהדורה הקודמת משנת 1994, ומשקף את הידע הרב שנצבר מאז בעולם ובישראל.

בהנחיות אלה נקבעו קריטריונים מנחים לתכן בהתאם לסיווג הדרך ולאופייה, במטרה להשיג אחידות בתכנון באמצעות קריטריונים אלה, תוך התחשבות בכך, שהשיקול הכלכלי-הנדסי הוא השיקול המכריע בתהליך התכנון של הדרך, אולם הכרחי לשלבו בקריטריונים הבטיחותיים והסביבתיים.

העבודה לוותה ע"י ועדת היגוי נרחבת. ההנחיות מבוססות על שילוב הידע התיאורטי והנסיון הרב שנצבר בארץ עם נסיונם של אחרים, כפי שהוא משתקף בהנחיות ממדינות שונות. בהנחיות אלה מופיעים לראשונה בישראל נושאים חדשים בהנחיות בין-עירוניות, כגון תשתית לאופניים, תחבורה ציבורית, וכן דרכים מהירות מעויירות.

בהכנת ההנחיות הושקע מאמץ רב במטרה להפכן לכלי עזר לליווי שוטף בתהליך התכנון והתכן. המבחן המעשי של ההנחיות יהיה בהפעלתן הלכה למעשה ולשם כך דרוש המשך שיתוף פעולה מצדכם. הנסיון שיירכש בשימוש בהנחיות יאפשר את שיפורן והפיכתן לכלי תכנוני יעיל יותר. לכן, נשמח באם תביאו לידיעת צוות ההיגוי את הערותיכם והצעותיכם השונות.

ברצוננו להודות לצוות ולחברי ועדת ההיגוי על המאמץ הרב שהשקיעו בליווי ההנחיות. אנו משוכנעים שהנחיות אלו יהיו לתועלת רבה, ומקווים שתעודכנה בעתיד באורח שוטף על פי הניסיון שיצטבר והלקחים שיופקו מהן.

בברכה,



אדר' שי ברס

מנכ"ל החברה הלאומית לדרכים



אלכס לנגר

המפקח הארצי על התעבורה

הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות

## ועדת היגוי

– משרד התחבורה – יו"ר	אינג' ישעיהו רונן
– משרד התחבורה	אינג' עירית שפרבר
– משרד התחבורה	אינג' מריאן ברוק
– משרד התחבורה	אינג' יקי פרלשטין
– משרד התחבורה	אינג' מריה כהן-אתגר
– משרד התחבורה	אינג' טופז פלד
– החברה הלאומית לדרכים	אינג' אדולפו וורוביוף
– החברה הלאומית לדרכים	אינג' ניר קוגל
– החברה הלאומית לדרכים	אינג' אדריאן קוטרוש
– החברה הלאומית לדרכים	אינג' זאב פורקוש
– החברה הלאומית לדרכים	אינג' סימון בג'אלי
– הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים	ד"ר דן לינק
– נתיבי איילון	אינג' מילה מירקין
– יפה נוף	אינג' אריק פולונסקי
– הטכניון	פרופ' דורון בלשה
– כביש חוצה ישראל	אינג' ראובן לב-און
– כביש חוצה ישראל	אינג' גד וינשטיין
– כביש חוצה ישראל	אינג' אלכס ויאזמנסקי
– אגף התנועה, משטרת ישראל	רפ"ק אינג' ערן סדן
– אגף התנועה, משטרת ישראל	רפ"ק אינג' יוני גיז
– החברה הלאומית לדרכים, ולאחר מכן ע. סלעי הנדסה	אינג' עופר סלעי
– פרייברג מהנדסים	אינג' אילון פרייברג
– חסון-ירושלמי מהנדסים	אינג' הראל נחשתאי
– ש.קרני מהנדסים	אינג' שמואל קרני

## תוכן עניינים

<b>1-1</b> .....	<b>פרק 1: מבוא</b>	
1-1 .....	כללי	1.1
1-1 .....	מטרות	1.2
1-1 .....	הסיבות לעדכון ההנחיות	1.3
1-3 .....	מבנה ההנחיות	1.4
1-4 .....	תחולת ההנחיות ותקפותן	1.5
<b>2-1</b> .....	<b>פרק 2: מדיניות תכן בסיסית</b>	
2-1 .....	סיווג הדרכים הבין-עירוניות	2.1
2-1 .....	2.1.1 השיטות לסיווג דרכים	
2-1 .....	2.1.2 המאפיינים העיקריים של הסיווג התפקודי	
2-2 .....	2.1.3 סיווג הדרכים הבין-עירוניות בישראל	
2-5 .....	2.1.4 ריכוז סוגי הדרכים	
2-5 .....	2.2 מהירות התכן ומהירות הייעוד	
2-5 .....	2.2.1 סוגי מהירויות בתהליך התכנון	
2-6 .....	2.2.2 מהירויות הייעוד המומלצות לפי סוגי דרכים	
2-10 .....	2.2.3 קביעת מהירות התכן	
2-11 .....	2.3 מאפייני הדרכים השונות	
2-11 .....	2.3.1 מאפיינים נוספים בהתאם לחלוקה התפקודית	
2-13 .....	2.3.2 תיאור הדרכים השונות בסיווג התפקודי	
	2.3.3 הגדרות תכנוניות לשלב הביצוע לדרך דו-מסלולית	
2-16 .....	הנסללת בשלב ראשון כחד-מסלולית	
<b>3-1</b> .....	<b>פרק 3: החתך לרוחב הדרך</b>	
3-1 .....	3.1 מבוא	
3-1 .....	3.2 רוחב הכביש	
3-1 .....	3.2.1 מבוא	
3-2 .....	3.2.2 רוחב הנתיב בדרך ישרה	
3-2 .....	3.2.3 אופן מדידת הרוחב	
3-3 .....	3.2.4 רוחב הנתיב בעקום אופקי	
3-3 .....	3.3 שולי הדרך	
3-3 .....	3.3.1 תפקידי השוליים	

3-4	רוחב השוליים	3.3.2
3-5	אופן מדידת הרוחב	3.3.3
3-5	פני השוליים	3.3.4
3-6	המפרדה	3.4
3-6	מטרות המפרדה	3.4.1
3-7	רוחב המפרדה	3.4.2
3-7	אופן המדידה	3.4.3
3-8	פני המפרדה	3.4.4
3-8	השיפועים לרוחב הדרך	3.5
3-8	מבוא	3.5.1
3-8	השיפוע לרוחב הכביש בקטעים ישרים	3.5.2
3-8	השיפוע לרוחב השוליים בקטעים ישרים	3.5.3
3-9	השיפוע לרוחב המפרדה בקטעים ישרים	3.5.4
3-9	השיפוע לרוחב הכביש והשוליים בעקומים אופקיים ובמעברי שיפועים	3.5.5
3-9	שיפועי מדרונות לצידי הדרך	3.6
3-10	תכן סלחני ובטיחותי של חתך הדרך	3.7
3-10	כללי	3.7.1
3-10	מאפייני צידי הדרך לביטול הצורך במעקה בטיחות	3.7.2
3-11	הצבת מעקות בטיחות	3.7.3
3-11	חתכים אופייניים	3.8
3-21	חתכי ביניים	3.9
3-21	מבוא	3.9.1
3-22	נתיבי עקיפה	3.9.2
3-22	הצדקים ושיקולי בטיחות	3.9.2.1
3-23	יישום ותכן גיאומטרי	3.9.2.2
3-27	חתכים אופייניים	3.9.2.3
3-29	נתיבי זחילה (נתיבי עקיפה בשיפוע)	3.9.3
3-29	הגדרה ויעד	3.9.3.1
3-29	הצדקים למתן נתיבי זחילה בדרך דו-נתיבית	3.9.3.2
3-31	הצדקים למתן נתיבי זחילה בדרך דו-מסלולית	3.9.3.3
3-32	מיקום נתיבי הזחילה	3.9.3.4
3-33	המרכיבים הגיאומטריים של נתיב הזחילה	3.9.3.5
3-39	חתך 1+1	3.9.4
3-39	הצדק בטיחותי	3.9.4.1

3-40	3.9.4.2 חתכים אופייניים	
<b>4-1</b>	<b>פרק 4: מרחקי ראות</b>	
4-1	מבוא	4.1
4-1	מרחק ראות מזערי לעצירה	4.2
4-1	4.2.1 הגדרת מרחק הראות ומרכיביו	
4-2	4.2.2 חישוב מרחק הראות	
4-3	4.2.3 תכנון לרכב כבד	
4-6	4.2.4 השפעת השיפוע על מרחק הראות לעצירה	
4-6	מרחק ראות להחלטה	4.3
4-6	4.3.1 הגדרת מרחק הראות להחלטה	
4-8	4.3.2 הנחות החישוב וערכי התכן	
4-9	מרחק ראות לעקיפה מלאה	4.4
4-13	מרחק ראות לעקיפה דחוקה	4.5
4-14	ערכי התכן של הגובה בקצוות קו הראות	4.6
4-15	יישום ערכי התכן למרחקי הראות	4.7
<b>5-1</b>	<b>פרק 5: התואי האופקי</b>	
5-1	מבוא	5.1
5-1	רדיוסים והגבהות בעקומים אופקיים	5.2
5-1	5.2.1 הרדיוסים המזעריים בעקומים אופקיים	
5-3	5.2.2 הקשר בין רדיוסים גדולים מהמזעריים וההגבהה המתאימה	
5-4	5.2.3 הערך המזערי של הגבהה צידית אחידה בעקום האופקי	
5-6	5.2.4 עקומים אופקיים בעלי קימור רחבי רגיל	
5-6	5.2.5 מגבלות לאורך העקום ולזווית	
5-7	מעבר שיפועים	5.3
5-7	5.3.1 הגדרות	
5-7	5.3.2 אורך מעבר השיפועים	
5-12	5.3.3 אופן היישום וערכי תכן	
5-13	5.3.4 שיטות לביצוע מעבר השיפועים בדרך דו-נתיבית	
5-14	5.3.5 תכנון חתך אורכי רציף לקצות המיסעה	
5-15	5.3.6 מעבר השיפועים בדרך דו-מסלולית עם מפרדה	
5-18	הרחבה בעקומים אופקיים	5.4
5-18	5.4.1 מטרת ההרחבה	
5-18	5.4.2 חישוב ההרחבה	

5-19	ערכי תכן	5.4.3
5-21	אופן ביצוע ההרחבה	5.4.4
5-22	הגדרת רוחב הנתיב (W) לחישוב מעבר השיפועים	5.4.5
5-22	עקום מעבר	5.5
5-22	כללי	5.5.1
5-23	אורך עקום מעבר	5.5.2
5-24	אופן ביצוע עקום המעבר	5.5.3
5-26	שיקולי תכנון	5.5.4
5-26	עקום אופקי שאינו מחייב עקום מעבר	5.5.5
5-27	עיקרי תהליך התכנון של שילוב עקום מעבר בעקום אופקי	5.5.6
5-27	הראות בעקום אופקי	5.6
5-27	כללי	5.6.1
5-27	הראות בקשת המעגלית	5.6.2
5-31	שילוב עקומים עוקבים בתוואי האופקי	5.7
5-31	עקומים אופקיים לאותו כיוון	5.7.1
5-32	עקומים אופקיים מנוגדי כיוון	5.7.2
5-35	עקלתונים	5.8
5-35	הגדרה	5.8.1
5-35	הצדקים לשימוש בעקלתון	5.8.2
5-36	סיווג העקלתונים	5.8.3
5-37	התוואי הראשוני ובדיקתו	5.8.4
5-39	קריטריונים לתכן עקלתונים	5.8.5
5-44	בדיקות הכרחיות לתכנון התוואי הראשוני של העקלתון	5.8.6
5-48	בקרה כללית לתוואי האופקי	5.9
<b>6-1</b>	<b>פרק 6: התוואי האנכי</b>	
6-1	מבוא	6.1
6-1	שיפועים לאורך התוואי	6.2
6-1	שיפועים מרביים	6.2.1
6-3	שיפועים מזעריים	6.2.2
6-3	המרווח האנכי	6.3
6-3	עקומים אנכיים	6.4
6-3	הגדרה ויעד	6.4.1
6-5	תכן עקום אנכי קמור	6.4.2



6-9	תכן עקום אנכי קעור	6.4.3
6-15	שינוי שיפוע מרבי ללא עקום אנכי	6.4.4
6-16	נספח לפרק 6 – כבשי מילוט	
<b>7-1</b>	<b>פרק 7: שילוב התוואי האופקי והאנכי</b>	
7-1	מבוא	7.1
7-1	הנחיות כלליות	7.2
7-1	שילוב עקום אופקי עם עקום אנכי	7.2.1
7-2	כללים לשילוב התוואי האופקי והתוואי האנכי	7.2.2
7-5	שגיאות אופייניות הנובעות משילוב בלתי מתואם של התוואי האופקי והאנכי	7.2.3
7-6	היבטים סביבתיים	7.2.4
<b>8-1</b>	<b>פרק 8: קיבולת ורמת שירות</b>	
8-1	מונחים כלליים ועקרונות	8.1
8-1	מבוא	8.1.1
8-1	רמות השירות לתכן	8.1.2
8-2	הגדרת המונחים התנועתיים	8.1.3
8-6	הגדרת תנאי הבסיס	8.1.4
8-8	עקרונות המתודולוגיה לחישוב קיבולת ורמת שירות בתנאים שאינם תנאי בסיס	8.1.5
8-8	תנאי הטופוגרפיה	8.1.6
8-9	דרכים חד-מסלוליות דו-נתיביות	8.2
8-9	מבוא	8.2.1
8-10	סוגי דרך דו-נתיבית	8.2.2
8-10	הקיבולת	8.2.3
8-10	רמות השירות	8.2.4
8-14	נפחי השירות לתכן דרכים דו-נתיביות	8.2.5
8-16	הרחבת דרך דו-נתיבית	8.2.6
8-16	דרכים דו-מסלוליות רב-נתיביות	8.3
8-16	מבוא	8.3.1
8-16	הקיבולת	8.3.2
8-18	רמות השירות	8.3.3
8-21	גבולות הניתוח	8.3.4
8-22	נפחי השירות לתכן דרכים רב-נתיביות	8.3.5
8-24	דרכים דו-מסלוליות מהירות	8.4
8-24	מבוא	8.4.1

8-25	הקיבולת	8.4.2
8-25	רמות השירות	8.4.3
8-29	גבולות הניתוח	8.4.4
8-29	נפחי השירות לתכן דרכים מהירות	8.4.5

**פרק 9: תנועת אופניים**

9-1	מבוא	9.1
9-2	התייחסות להנחיות קיימות	9.2
9-2	נתוני הבסיס לתכן תשתית לאופניים	9.3
9-2	9.3.1 מהירות הנסיעה הטיפוסית ומהירות התכן	
9-2	9.3.2 מעטפת המרווחים האופקיים	
9-3	רמות הפרדה לתנועת אופניים	9.4
9-5	חתכי רוחב אופייניים	9.5
9-5	9.5.1 נתיב אופניים (רמת הפרדה ב') – תרשימים 9.4-9.3	
9-6	9.5.2 שביל אופניים (רמת הפרדה ג') – תרשימים 9.6-9.5	
9-7	9.5.3 תרשימים אופייניים	
9-15	תכן גיאומטרי	9.6
9-15	9.6.1 מבוא	
9-15	9.6.2 השיפוע האורכי	
9-15	9.6.3 השיפוע לרוחב	
9-16	9.6.4 מרווח בטיחות אנכי	
9-16	9.6.5 עקומים אופקיים	
9-16	9.6.6 עקומים אנכיים	
9-16	9.6.7 חציית קטע דרך בין-עירונית על ידי שביל אופניים	
9-17	9.6.8 חציות ברמפות מחלפים	
9-17	9.6.9 מעבר עילי או תחתי	
9-17	9.6.10 שימוש במעבר תחתי קיים	

**פרק 10: שילוב תחבורה ציבורית**

10-1	סקירת אמצעי התחבורה הציבורית לשילוב בחתך לרוחב	10.1
10-1	10.2 שילוב אמצעי התחבורה הציבורית בקטעי דרך	
10-2	10.2.1 נתיב תחבורה ציבורית (נת"צ) שמאלי	
10-2	10.2.2 מסלול תחבורה ציבורית (מת"צ)	
10-3	10.2.3 נתיב תחבורה ציבורית (נת"צ) ימני	
10-3	10.2.4 שילוב רכבת קלה או רכבת מקומית וארצית בחתך לרוחב דרך דו-מסלולית	

10-9	שילוב תחנות אוטובוס ו-BRT בקטעי דרך בין-עירונית	10.3
10-9	תחנת אוטובוס בקטע דרך הכולל מת"צ או נת"צ שמאלי (BRT ואוטובוס)	10.3.1
10-9	תחנת אוטובוס בסמוך לנת"צ ימני בדרך דו-מסלולית (אוטובוס)	10.3.2
10-9	תחנת אוטובוס בדרך חד-מסלולית (תנועה מעורבת ללא נת"צ)	10.3.3
10-12	תחנת אוטובוס מופרדת בדרך דו-מסלולית (תנועה מעורבת ללא נת"צ)	10.3.4
<b>11-1</b>	<b>פרק 11: דרכים מעויירות מהירות</b>	
11-1	מבוא	11.1
11-1	כללי	11.1.1
11-1	הכנת ההנחיות	11.1.2
11-2	מטרת ההנחיות	11.1.3
11-3	מבנה ההנחיות וייחודן	11.1.4
11-4	תחולת ההנחיות ותקפותן	11.1.5
11-4	קטעי דרך	11.2
11-4	מבוא	11.2.1
11-4	מהירות תכן	11.2.2
11-5	חתכי רוחב	11.2.3
11-5	מרחקי ראות	11.2.4
11-5	התוואי האופקי	11.2.5
11-5	התוואי האנכי	11.2.6
11-6	קיבולת הדרך	11.2.7
11-7	תחבורה ציבורית	11.2.8
11-8	נושאים נוספים	11.2.9
11-8	מחלפים	11.3
11-8	מבוא	11.3.1
11-9	אזורי המחלף כפונקציה של סוג הטיפול	11.3.2
11-11	רמפות	11.3.3
11-14	מחברי זרימה	11.3.4
11-17	מרחק בין מחלפים	11.3.5
11-18	צמתי המחלפים	11.3.6
11-18	מתקני דרך	11.3.7
11-19	היבטים אורבניים וכלליים בהנחיות לדרכים מעויירות	11.4
11-19	התפקיד התנועתי של הדרך המעויירת	11.4.1
11-21	מה עושה הדרך המעויירת לעיר	11.4.2

11-23 .....	ההשקה בין העיר לדרך המעויירת.....	11.4.3
11-26 .....	דיוקן הדרך המעויירת – משתמשים ומרחבים .....	11.4.4
11-35 .....	מרווחי בניה מדרך מעויירת.....	11.4.5
11-38 .....	התאמת דרך לפיתוח אורבני עתידי .....	11.4.6

<b>מ-1</b> .....	<b>מקורות</b> .....	
------------------	---------------------	--

## רשימת טבלאות

### פרק 2: מדיניות תכן בסיסית

טבלה 2.1:	הגדרות דרכים לפי פקודת התעבורה ותמ"א 3	2-3
טבלה 2.2:	מהירויות יעוד/מהירויות מרביות מותרות מומלצות בדרכים הבין-עירוניות	2-9
טבלה 2.3:	תחום מהירויות יעוד וממ"מ מומלצות למכונית נוסעים בהתאם לסוג הדרך	2-9
טבלה 2.4:	תחומים מומלצים של מהירויות התכן לפי סוגי הדרכים	2-11
טבלה 2.5:	סיווג הדרכים ומאפייניהן	2-13

### פרק 3: החתך לרוחב הדרך

טבלה 3.1:	רוחב הנתיב בקטע ישר לפי סיווג הדרך	3-3
טבלה 3.2:	רוחב השוליים לפי סיווג הדרך	3-6
טבלה 3.3:	הצדק מומלץ להוספת נתיבי עקיפה לדרך דו-נתיבית	3-23
טבלה 3.4:	מרווחים מומלצים להתקנת נתיבי עקיפה כתלות בנפח היומי	3-23
טבלה 3.5:	האורך המזערי של עלייה המצדיק נתיב זחילה בנפחים יומיים שונים	3-31
טבלה 3.6:	הצדק לנתיב זחילה בדרך דו-מסלולית	3-31
טבלה 3.7:	האורך הקריטי לשיפועים שונים	3-32
טבלה 3.8:	הצדק ליישום חתך ביניים 1+1	3-40

### פרק 4: מרחקי ראות

טבלה 4.1:	ערכי תאוטה, מקדמי החיכוך האקוולנטיים וערכי התכן למרחק ראות לעצירה למכונית נוסעים בקטע אופקי	4-3
טבלה 4.2:	ערכי תאוטה, מקדמי החיכוך האקוולנטיים וערכי התכן למרחק ראות לעצירה עבור משאיות בקטע אופקי	4-4
טבלה 4.3:	מרחקי ראות לעצירה בשיפוע אורכי בירידה – מכונית נוסעים	4-6
טבלה 4.4:	מרחק ראות לעצירה בשיפוע אורכי בעלייה – מכונית נוסעים	4-6
טבלה 4.5:	מרחק ראות לעצירה בשיפוע אורכי בירידה – רכב כבד	4-7
טבלה 4.6:	מרחק ראות לעצירה בשיפוע אורכי בעלייה – רכב כבד	4-7
טבלה 4.7:	מרחק ראות להחלטה	4-9
טבלה 4.8:	מרחק ראות לעקיפה מלאה	4-12
טבלה 4.9:	מרחק ראות לעקיפה דחוקה	4-14
טבלה 4.10:	יישום מרחקי הראות לתכן על בסיס סיווג הדרך	4-16



### פרק 5: התוואי האופקי

טבלה 5.1:	ערכי תכן לפרמטרים הבסיסיים בעקום אופקי למהירויות התכן השונות..... 5-3
טבלה 5.2:	ערכי המקדם $\gamma$ להגבהות מותרות..... 5-4
טבלה 5.3:	הרדיוסים הקטנים ביותר המתאימים להגבהה צידית מזערית אחידה (2%)..... 5-4
טבלה 5.4:	ערכי הרדיוסים שהחל מהם ניתן לשמור על הקמרון הרגיל בחתך לרוחב..... 5-6
טבלה 5.5:	זוויות הטיה מרביות שלא מצריכות עקום אופקי..... 5-7
טבלה 5.6:	הפרש שיפוע מרבי מותר בין ציר הדרך וקצות המיסעה בתלות במהירות התכן. 5-11
טבלה 5.7:	מקדמי התיקון $\delta w(n)$ ל- $\Delta n$ לחישוב אורך מעבר השיפועים
טבלה 5.8:	עבור החתכים הטיפוסיים שלדרך דו-מסלולית ( $n > 1$ )..... 5-12
טבלה 5.9:	מיקום יחסי של מעבר ההגבהה כאשר לא מתוכנן עקום מעבר..... 5-13
טבלה 5.10:	ערכי אורך מעבר ההגבהה ומעבר המשיק..... 5-14
טבלה 5.11:	ערכי ההרחבה הדרושה למיסעה דו-נתיבית בעקום אופקי..... 5-21
טבלה 5.12:	הגדרת רוחב הנתיב לחישוב מעבר ההגבהה או מעבר המשיק..... 5-22
טבלה 5.13:	ערכים גבוליים של מקדם הנוחות, מודול הקלוטואידה, ואורך עקום המעבר למהירויות התכן השונות..... 5-24
טבלה 5.14:	ערכי הרדיוסים המרביים המחייבים תכנון עקום מעבר..... 5-26
טבלה 5.15:	מהירויות תכן מומלצות לאורך העקלתון..... 5-40
טבלה 5.16:	רדיוסים מזעריים בעקומים משניים ובעקום הראשי בעקלתון..... 5-40
טבלה 5.17:	השיפוע המרבי לאורך בעקום הראשי בעקלתון..... 5-41
טבלה 5.18:	ערכי ההרחבה הדרושה למיסעה בעקלתון בתלות ברדיוס העקום עבור מיסעה ברוחב 6.0 מ' בקטע הישר..... 5-42
טבלה 5.19:	מקדמים לחישוב אורך עקומי מעבר ומעברי שיפועים בעקלתון..... 5-43

### פרק 6: התוואי האנכי

טבלה 6.1:	ערכי השיפועים המרביים לאורך בדרכים השונות לפי סוג האזור..... 6-2
טבלה 6.2:	רדיוסים מזעריים לתכן עקום אנכי קמור לפי מרחקי הראות השונים..... 6-6
טבלה 6.3:	רדיוסים מזעריים (לא מגבילי ראות) לתכן עקום אנכי קמור או קעור משיקולי נוחות..... 6-9
טבלה 6.4:	רדיוסים מזעריים לתכן עקום אנכי קעור למרחקי הראות השונים..... 6-10
טבלה 6.5:	הפרשי השיפוע המרביים ללא צורך בעקום אנכי..... 6-15
טבלה 6 א':	אורך כבש המילוט בהתאם לשיפוע לאורכו (ל- $f=0.2$ )..... 6-18

**פרק 8: קיבולת ורמת שירות**

8-2	רמות שירות לתכן דרכים בין-עירוניות	טבלה 8.1
8-4	מקדם שעת השיא (PHF) – ערכי ברירת מחדל	טבלה 8.2
8-11	קריטריוני רמת שירות עבור דרכים דו-נתיביות	טבלה 8.3
8-12	מתודולוגיה לרמת שירות עבור דרכים דו-נתיביות	טבלה 8.4
	ערכי נפחי שירות לתכן לרמות השונות	טבלה 8.5
8-15	דרכים דו-נתיביות בטופוגרפיה מישורית	טבלה 8.6
	ערכי נפחי שירות לתכן לרמות השונות	טבלה 8.6
8-15	דרכים דו-נתיביות בטופוגרפיה גבעית	טבלה 8.7
	ערכי נפחי שירות לתכן לרמות השונות	טבלה 8.7
8-15	דרכים דו-נתיביות בטופוגרפיה הררית	טבלה 8.8
	ערכי תכן לנפח היומי המרבי לרמות השונות בדרך חד-מסלולית	טבלה 8.8
8-17	דו-נתיבית, עבור 15% רכב כבד ומהירות זרימה חופשית 80 קמ"ש	טבלה 8.9
8-18	נפחי התכן המומלצים להרחבה מדרך דו-נתיבית לדרך דו-מסלולית	טבלה 8.9
8-19	קריטריוני רמת שירות לדרכים רב-נתיביות שאינן מהירות	טבלה 8.10
8-20	מתודולוגיה לרמת שירות עבור דרכים רב-נתיביות ודרכים מהירות	טבלה 8.11
	ערכי נפחי שירות לתכן לרמות השונות	טבלה 8.12
8-22	בדרך דו-מסלולית רב-נתיבית – מהירות הזרימה החופשית 98 קמ"ש	טבלה 8.13
	ערכי תכן לנפח היומי המרבי לרמות השונות בדרך דו-מסלולית	טבלה 8.13
	רב-נתיבית לא ממוחלפת, עבור 10% רכב כבד	טבלה 8.14
8-23	ומהירות הזרימה החופשית בפועל 98 קמ"ש	טבלה 8.14
	ערכי תכן לנפח היומי המרבי לרמות השונות	טבלה 8.14
	בדרך דו-מסלולית רב-נתיבית לא ממוחלפת, עבור 15% רכב כבד	טבלה 8.15
8-24	ומהירות הזרימה החופשית בפועל 98 קמ"ש	טבלה 8.15
8-26	קריטריוני רמת שירות לדרכים רב-נתיביות מהירות	טבלה 8.16
	ערכי נפחי השירות השעתיים לתכן לרמות השונות	טבלה 8.16
8-29	בדרך מהירה בין-עירונית – מהירות זרימה חופשית בפועל 115 קמ"ש	טבלה 8.17
	ערכי נפחי השירות השעתיים לתכן לרמות השונות	טבלה 8.17
8-30	בדרך מעויירת מהירה – מהירות זרימה חופשית בפועל 105 קמ"ש	טבלה 8.18
	ערכי תכן לנפח היומי המרבי לרמות השונות	טבלה 8.18
	בדרך מהירה בין-עירונית, עבור 15% רכב כבד	טבלה 8.18
8-31	ומהירות זרימה חופשית בפועל 115 קמ"ש	טבלה 8.18

טבלה 8.19:	ערכי תכן לנפח היומי המרבי לרמות השירות השונות בדרך מהירה בין-עירונית, עבור 10% רכב כבד ומהירות זרימה חופשית בפועל 115 קמ"ש	8-32
טבלה 8.20:	ערכי תכן לנפח היומי המרבי לרמות השירות השונות בדרך מהירה בין-עירונית, עבור 5% רכב כבד ומהירות זרימה חופשית בפועל 115 קמ"ש	8-33
טבלה 8.21:	ערכי תכן לנפח היומי המרבי לרמות השירות השונות בדרך מעויירת מהירה, עבור 5% רכב כבד ומהירות זרימה חופשית בפועל 105 קמ"ש	8-34

#### פרק 9: תנועת אופניים

טבלה 9.1:	הרדיוס האופקי המזערי לתכנון שבילי אופניים סלולים (מיסעה רטובה)	9-16
טבלה 9.2:	הרדיוסים המזעריים לעקומים אנכיים קמורים וקעורים	9-16

#### פרק 11: דרכים מעויירות מהירות

טבלה 11.1:	שיפועים מרביים לאורך התוואי	11-6
טבלה 11.2:	נפחי שירות מרביים לרמות השירות השונות בדרך מעויירת מהירה*	11-7
טבלה 11.3:	מהירויות תכן ברמפות	11-12
טבלה 11.4:	רדיוסים מזעריים ברמפות	11-13



## רשימת תרשימים

### פרק 2: מדיניות תכן בסיסית

תרשים 2.2: קשרי גומלין בין סוגי מהירות בתהליך התכנון..... 2-7

### פרק 3: החתך לרוחב הדרך

תרשים 3.1: חתך טיפוסי לרוחב דרך דו-מסלולית בת 4 נתיבים, עם תאורה בצידי הדרך..... 3-13

תרשים 3.2: חתך טיפוסי לרוחב דרך דו-מסלולית בת 4 נתיבים, עם תאורה במפרדה..... 3-14

תרשים 3.3: חתך טיפוסי לרוחב דרך דו-מסלולית בת 6 נתיבים, עם תאורה בצידי הדרך..... 3-15

תרשים 3.4: חתך טיפוסי לרוחב דרך דו-מסלולית מעוירת/פרברית מהירה

בת 6 נתיבים, עם תאורה בצידי הדרך..... 3-16

תרשים 3.5: חתך טיפוסי לרוחב דרך דו-מסלולית

בת 6 נתיבים, עם תאורה במפרדה..... 3-17

תרשים 3.6: חתך טיפוסי לרוחב דרך ראשית חד-מסלולית דו-נתיבית,

וכן אזורית למהירות תכן 80 קמ"ש..... 3-18

תרשים 3.7: חתך טיפוסי לרוחב דרך אזורית חד-מסלולית דו-נתיבית

למהירות תכן 60-70 קמ"ש..... 3-19

תרשים 3.8: חתך טיפוסי לרוחב דרך מקומית או גישה חד-מסלולית דו-נתיבית..... 3-20

תרשים 3.9: נתיב עקיפה – תנוחה..... 3-25

תרשים 3.10: סיום נתיבי עקיפה – תצורת ההתמזגות..... 3-26

תרשים 3.11: חתך ביניים אופייני לרוחב דרך ראשית חד-מסלולית דו-נתיבית

הכוללת נתיב עקיפה באחד הכיוונים..... 3-28

תרשים 3.12: אופן מדידת אורך השיפוע המצדיק נתיב זחילה..... 3-30

תרשים 3.13: ביצועי האטה של משאית אופיינית בעלייה, למהירות כניסה 70 קמ"ש..... 3-34

תרשים 3.14: ביצועי האטה של משאית אופיינית בעלייה, למהירות כניסה 80 קמ"ש..... 3-35

תרשים 3.15: ביצועי האטה של משאית אופיינית בעלייה, למהירות כניסה 90 קמ"ש..... 3-36

תרשים 3.16: ביצועי האצה של משאית אופיינית בשיפועי עלייה וירידה..... 3-37

תרשים 3.17: תנוחת נתיב זחילה בדרך דו-נתיבית..... 3-38

תרשים 3.18: פרט מומלץ לאמצעי הפרדה רך (רצועת חייץ)..... 3-41

תרשים 3.19: חתך ביניים טיפוסי (1+1) לרוחב דרך ראשית חד-מסלולית דו-נתיבית

עם אמצעי הפרדה קשיח..... 3-43

תרשים 3.20: חתך ביניים טיפוסי (1+1) לרוחב דרך חד-מסלולית דו-נתיבית שאינה ראשית

עם אמצעי הפרדה רך..... 3-44

**פרק 4: מרחקי ראות**

תרשים 4.1: תאור שלבי תהליך עקיפה ..... 4-10

**פרק 5: התוואי האופקי**

תרשים 5.1: הקשר בין רדיוס העקום וההגבהה הצידיית למהירויות התכן השונות ..... 5-5

תרשים 5.2: מעבר השיפועים (לאורך עקום מעבר) ..... 5-8

תרשים 5.3: דוגמאות לסיבוב הנתיבים לצורך יישום מקדם התיקון ל-n

בחישוב מעבר ההגבהה, כאשר ציר הסיבוב הוא ציר הדרך ..... 5-10

תרשים 5.4: חתך לאורך שפות דרך דו-נתיבית במעבר השיפועים,

כאשר ציר הסיבוב הוא ציר הכביש ..... 5-15

תרשים 5.5: חתך לאורך שפות דרך דו-נתיבית במעבר השיפועים,

כאשר ציר הסיבוב הוא השפה הפנימית של המיסעה ..... 5-16

תרשים 5.6: מעבר השיפועים בדרך עם מפרדה,

כאשר הדרך כולה מסתובבת סביב ציר המפרדה ..... 5-17

תרשים 5.7: מעבר השיפועים בדרך עם מפרדה,

כאשר כל מסלול מסתובב סביב הקצה הפנימי שלו ..... 5-17

תרשים 5.8: מרכיבי ההרחבה בעקום האופקי ..... 5-20

תרשים 5.9: עקום מעבר עם הזזת הקשת המעגלית ..... 5-25

תרשים 5.10: ראות בעקום האופקי ..... 5-28

תרשים 5.11: המרחק הצידי הפנוי הדרוש בעקום אופקי

בתלות במרחק הראות לתכן וברדיוס העקום ..... 5-29

תרשים 5.12: מעטפת הראות בעקום אופקי ..... 5-30

תרשים 5.13: המרחק בין עקומים אופקיים עוקבים לאותו כיוון ..... 5-32

תרשים 5.14: חתך לאורך השפות במעבר השיפועים בעקומים אופקיים עוקבים

לאותו כיוון כאשר  $V_d < L_1 < 3 \cdot V_d$  ..... 5-33

תרשים 5.15: מעבר השיפועים בעקומים אופקיים מנוגדי כיוון ..... 5-34

תרשים 5.16: מרכיבי העקלתון ..... 5-35

תרשים 5.17: עקלתון מקטגוריה מס' 1: סימטרי ..... 5-37

תרשים 5.18: עקלתון מקטגוריה מס' 1: א-סימטרי ..... 5-38

תרשים 5.19: עקלתון מקטגוריה מס' 2 ..... 5-38

תרשים 5.20: סמי-עקלתון ..... 5-39

תרשים 5.21: עקלתון עם עקומי מעבר ..... 5-42

תרשים 5.22: כללי תכנון ה"קו האדום" בעקלתונים ..... 5-45

תרשים 5.23: המרחק הקרוב ביותר בין שני ענפי העקלתון ..... 5-47

### פרק 6: התוואי האנכי

6-4	תרשים 6.1: הסוגים השונים של עקומים אנכיים
6-7	תרשים 6.2: אורך מזערי לעקום אנכי קמור המתוכנן לפי מרחק ראות לעצירה
6-8	תרשים 6.3: אורך מזערי לעקום אנכי קמור המתוכנן לפי מרחק ראות להחלטה
6-11	תרשים 6.4: אורך מזערי לעקום אנכי קמור המתוכנן לפי מרחק ראות לעצירה
6-12	תרשים 6.5: אורך מזערי לעקום אנכי קמור המתוכנן לפי מרחק ראות להחלטה
6-14	תרשים 6.6: הסתרת קו ראות לרכב גבוה בעקום קמור עקב מכשול עילי
6-19	תרשים 6 א': תנוחה של כבש מילוט

### פרק 7: שילוב התוואי האופקי והאנכי

7-2	תרשים 7.1: השילוב הרצוי של עקום אופקי ועקום אנכי קמור
7-3	תרשים 7.2: השילוב הרצוי של עקום אופקי ועקום אנכי קמור
7-3	תרשים 7.3: השילוב הרצוי של סדרת עקומים אופקיים ועקומים אנכיים בתוואי
7-4	תרשים 7.4: שילוב אפשרי של תוואי אופקי ותוואי אנכי
7-4	תרשים 7.5: שילוב בלתי מוצלח של תוואי אופקי ותוואי אנכי
7-4	תרשים 7.6: אופן השילוב של עקום אופקי ארוך עם עקומים אנכיים
	תרשים 7.7: האפקט החזותי השלילי המתקבל כתוצאה מסדרת עקומים
7-5	אנכיים קצרים ומנוגדים המשולבים בעקום אופקי ארוך
7-6	תרשים 7.8: הזזה כתוצאה משילוב לא מוצלח של תוואי אופקי ואנכי
	תרשים 7.9: שילוב מסוכן של עקום אופקי חד מיד לאחר עקום אנכי קמור
7-7	הגורם להסתרת העקום אופקי
7-7	תרשים 7.10: שילוב מסוכן של צומת לאחר עקום אנכי קמור
	תרשים 7.11: אפקט חזותי שלילי המתקבל כתוצאה מעקום אנכי קמור קצר
7-8	המשולב בעקום אופקי ארוך
7-8	תרשים 7.12: הארכת עקום אנכי קמור המשולב בעקום אופקי לשיפור חזות התוואי

### פרק 8: קיבולת ורמת שירות

8-11	תרשים 8.1: קריטריוני רמת שירות עבור דרכים דו-נתיביות סוג I – הצגה גרפית
8-19	תרשים 8.2: שילוב עקומות מהירות-זרימה לקריטריוני רמות שירות – דרכים רב-נתיביות
8-26	תרשים 8.3: שילוב עקומות מהירות-זרימה לקריטריוני רמות שירות – דרכים מהירות

### פרק 9: תנועת אופניים

9-3	תרשים 9.1: מרווחים רוחביים נדרשים לאופניים
	תרשים 9.2: ההסדר המומלץ לאופניים בדרך בין-עירונית חד-מסלולית
9-4	בהתייחס למאפייני התנועה המנועית

9-5	תרשים 9.3: תרשים עקרוני למיקום נתיב אופניים בדרך חד-מסלולית ללא מעקה בטיחות.
9-6	תרשים 9.4: תרשים עקרוני למיקום נתיב אופניים בדרך חד-מסלולית עם מעקה בטיחות.
9-7	תרשים 9.5: תרשים עקרוני למיקום שביל אופניים מעבר לאזור המפלט.
9-7	תרשים 9.6: תרשים עקרוני למיקום שביל אופניים מעבר למעקה הבטיחות.
9-8	תרשים 9.7: נתיבי אופניים בדרך חד-מסלולית ללא מעקה בטיחות.
9-9	תרשים 9.8: נתיבי אופניים בדרך חד-מסלולית עם מעקה בטיחות.
9-10	תרשים 9.9: שבילי אופניים חד-סיטריים בדרך חד-מסלולית ללא מעקה בטיחות.
9-10	תרשים 9.10: שבילי אופניים חד-סיטריים בדרך חד-מסלולית עם מעקה בטיחות, בחפיפה חלקית עם הרחב הפעיל.
9-11	תרשים 9.11: שבילי אופניים חד-סיטריים בדרך דו-מסלולית מעבר לתעלה.
9-12	תרשים 9.12: שבילי אופניים חד-סיטריים בדרך דו-מסלולית עם מעקה בטיחות, בחפיפה חלקית עם הרחב הפעיל.
9-13	תרשים 9.13: שביל אופניים דו-סיטרי בדרך דו-מסלולית מעבר לתעלה.
9-14	תרשים 9.14: מחסום לפני מעביר מים/מעבר חקלאי קיים.

#### פרק 10: שילוב תחבורה ציבורית

10-4	תרשים 10.1: חתך לרחב בדרך דו-מסלולית הכוללת נת"צ שמאלי.
10-5	תרשים 10.2: חתך לרחב בדרך דו-מסלולית הכוללת מת"צ מרכזי עם עמודי תאורה.
10-6	תרשים 10.3: חתך לרחב בדרך דו-מסלולית הכוללת מת"צ מרכזי ועמודי תאורה בצד.
10-7	תרשים 10.4: חתך לרחב בדרך דו-מסלולית הכוללת נת"צ ימני.
10-8	תרשים 10.5: חתך לרחב בדרך דו-מסלולית הכוללת רצועת רכבת במרכז.
10-10	תרשים 10.6: מפרץ לתחנת אוטובוס בדרך דו-מסלולית (לא ממוחלפת) עם נת"צ ימני.
10-11	תרשים 10.7: מפרץ לתחנת אוטובוס בדרך חד-מסלולית דו-נתיבית ראשית או אזורית.
10-13	תרשים 10.8: תחנה מופרדת כמפרץ הסעה מופרד בדרך דו-מסלולית עם תנועה מעורבת ללא נת"צ.
10-14	תרשים 10.9: פרט לתחנת אוטובוס משולבת בתחנת הסעה.

#### פרק 11: דרכים מעויירות מהירות

11-10	תרשים 11.1: גבולות ההתייחסות בין הדרך המעויירת לבין הרחב העירוני.
11-15	תרשים 11.2: החלופות למחברי כניסה דו-נתיביים.
11-16	תרשים 11.3: החלופות למחברי יציאה לרמפות דו-נתיביות.
11-18	תרשים 11.4: מרחק השתזרות מזערי בדרך מעויירת.
11-24	תרשים 11.5: מרכיבי ההשקה בין הדרך המעויירת לבין העיר.

## פרק 1: מבוא

### תוכן עניינים

1-1 .....	כללי	1.1
1-1 .....	מטרות	1.2
1-1 .....	הסיבות לעדכון ההנחיות	1.3
1-3 .....	מבנה ההנחיות	1.4
1-4 .....	תחולת ההנחיות ותקפותן	1.5

## פרק 1: מבוא

### 1.1 כללי

כרך זה מכיל הנחיות לתכנון גיאומטרי של התוואי ולתכן מרכיביו השונים בדרכים בין-עירוניות. בהנחיות אלה נשתמש במונח שנקבע ע"י האקדמיה ללשון העברית, והמקובל בשימוש, של "דרכים בין-עירוניות". מונח זה מתייחס לדרכים הנקראות בחוק: "דרכים שאינן עירוניות".

התשתית התחבורתית הבין-עירונית היא בעלת חשיבות ראשונה במעלה בקיום הפעילות הכלכלית והחברתית במשק. הקצב המהיר של עליית רמת המינוע ושל הפיתוח המשקי מחייבים תכנון נאות של תשתית זו, כך שתענה הן לצרכי הנגישות, הנוחות, בטיחות המשתמשים בדרך, ויעילות התפעול השוטף, והן לדרישות סביבתיות ולשמירה על עקרונות כלכליים. ההנחיות המובאות להלן נבנו כך, שימלאו במידת האפשר את הדרישות הללו.

### 1.2 מטרות

מטרתן העיקרית של הנחיות בנושא תכן דרכים היא הנהגת כללי אחידות בתכנון באמצעות קביעת ערכים מנחים. ההנחיות מציגות בפני המתכנן את האפשרויות העומדות בפניו. יחד עם זאת, אין ההנחיות מיועדות להגביל את מחשבות המתכנן, אלא להגדיר לו מסגרת מחד, ולהרחיב את אופקיו מאידך, כדי לסייע בידיו להתמודד עם בעיות שאינן סטנדרטיות.

ההנחיות מאפשרות למתכנן להעמיק את מחשבת התכנון ועל ידי כך לשפר את התוצאה הסופית. בין השאר נועדו ההנחיות לשרת גם את המטרות הבאות: הענקת כלים ליזמים, לרשויות ולמזמיני תכנון להגדרת מדיניות, ויצירת בסיס אחיד ומשותף לתכנון ותכן מערכת הדרכים. הנחיות אלה כוללות המלצות לפתרון בעיות בהן עדיין לא נצבר בישראל ניסיון מספק (סוגיות אלה מופיעות כהמלצות או כנספחים).

### 1.3 הסיבות לעדכון ההנחיות

הכנת שלושת הכרכים הראשונים של מערכת ה"הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות, צמתים ומחלפים" של מע"צ התבצעה בין השנים 1992-2000, כאשר הכרך הראשון, שבו, בדומה לכרך שלפניו, עוגנה למעשה מדיניות התכן הכוללת שממנה נגזרו שני הכרכים האחרים, התפרסם ביוני 1994.

לקראת סוף 1999 התפרסם מסמך "מדיניות פיתוח התחבורה היבשתית למדינת ישראל" של משרד התחבורה, ומהדורה שנייה מעודכנת יצאה ב-2008. לאור זאת, מדיניות התכן הכוללת כפי שהתבטאה בשלושת הכרכים הראשונים בהנחיות מע"צ עדיין לא יכלה לשקף או לבטא חלק מהעקרונות אותם קבע משרד התחבורה בשנת 1999, ועדכן ב-2008.

בשל משך הזמן הממושך שנדרש להכנת מערכת הנחיות, בכל מדינה שהיא, המקורות הזרים העדכניים לתקופתם עליהן התבססה הכנת הכרכים 1-3 של ההנחיות היו עד המחצית הראשונה של שנות ה-90. עקב כך, גם המקורות הזרים גובשו בארצותיהם בטרם התבססה בהם תפיסת "תכנון בר-קיימא" ותפיסת "תכנון רגיש-מיקום", אשר החלו להתפתח באירופה, בארה"ב, באוסטרליה וכיוצא ב במחצית הראשונה של שנות ה-90, וכן בטרם אימוץ סופי של התפיסות הבטיחותיות והסביבתיות המתקדמות של המאה ה-21. חלק מעקרונות התכנון החדשים מצאו כבר את ביטויים בתכנית "ישראל 2000", בתמ"א 31 ו-35, בתמ"מ 21-3 ובמסמך המדיניות של משרד התחבורה לעיל. ב-15 השנים שחלפו, יצאו לאור מהדורות חדשות של הנחיות לתכן גיאומטרי במרבית המדינות המתקדמות עליהן התבססו ההנחיות הקודמות (ארה"ב, קנדה, בריטניה, אירלנד, גרמניה, אוסטרליה, ניו-זילנד, PIARC), ועודכנו בהן רבים מקריטריוני התכן הבסיסיים.

בכל נושא המדיניות הבסיסית של ההנחיות נדרשה חשיבה מחודשת, מהסיבות העיקריות הבאות:

א. במהלך 2010 התפרסמו מסמכי הנחיות חדשים של משרד התחבורה המתייחסים לסוגיות עקרוניות של תכנון הרשת הבין-עירונית:

(1) "הנחיות לקביעת מהירויות ברשת הדרכים" – ההנחיות קובעות מדיניות למהירויות הייעוד והתכן ברשת העירונית והבין-עירונית.

(2) "תבחיני תכן למזעור הפגיעה בקרקע ובסביבה בדרכים בין-עירוניות" – ההנחיות משלבות את השפעת השיקולים הסביבתיים והאורבניים על תכן הדרכים הבין-עירוני.

שני מסמכים אלה חוברו ע"י צוותים בראשות "אמי מתום" ובתיאום עם הנחיות מע"צ החדשות.

ב. צוות אחר הכין במקביל ביוזמת חברת "יפה נוף" טיוטת הנחיות לדרכים מהירות מעויירות (פרבריות מהירות), בעיקר בדגש על ההבדלים בין לבין הדרכים המהירות הבין-עירוניות. בעקבות קבלת ההחלטה על עדכון ההנחיות הבין-עירוניות, סוכם שהנחיות אלה ישולבו בפרקים המתאימים בהנחיות הבין-עירוניות, ומאפייניהן הייחודיים יופיעו בפרק נפרד בסוף ההנחיות.

ג. הן אופן חישוב רמת השירות והקיבולת בהנחיות מ-1994, והן רמות השירות שנבחרו לתכן, התבססו על מתודות שהתיישנו מאז: הכרך הראשון התבסס על HCM מ-1985, שעבר מאז שינוי יסודי, היות שהמדיניות לחישוב רמות שירות עברה מבסיס נפחים ביחס לקיבולת לבסיס צפיפויות. בנוסף לכך, פורסמה ב-2005 ע"י משרד התחבורה מהדורה "ישראלית" של HCM 2000, מתורגמת ומכוילת לתנאי ישראל, ויש לשקף אותה בעדכון ההנחיות.

ד. ההנחיות הקודמות הוכנו לפני כינונה של הוועדה הבין-משרדית לאישור התקני תנועה ובטיחות, ולכן לא כללו את הקריטריונים הבטיחותיים שנקבעו במסגרת ההנחיות לבחירה ולהצבה של התקני בטיחות שהוועדה מפיצה, אשר מעניקות כלים נוספים לתכנון בטיחותי של התוואי, אבל מחייבות שילוב בכל שלבי התכנון.

ה. בהנחיות הקודמות לא נכללו הסדרי העדפה לתחבורה ציבורית והסדרים לאופניים, המהווים מרכיב חשוב במדיניות התחבורתית הנוכחית.

כאמור, ההנחיות שלפניכם מבוססות על ההנחיות המעודכנות ביותר ממדינות בהן קיימות הנחיות מסוג זה, ועל המחקרים החדשים ביותר בארץ ובעולם, אשר עסקו בנושאים המובאים בהן. הנחיות אלה מבוססות על ניתוח קריטריונים המתאימים לתנאי הארץ, ועל הניסיון התכנוני שנצבר בארץ.

## 1.4 מבנה ההנחיות

כך זה של ההנחיות עוסק במדיניות התכן לרשת הדרכים הבין-עירונית (לרבות פרבריות), ובהנחיות תכן מפורטות למרכיבי חתך הרחב, למרחקי הראות, לתוואי האופקי, לתוואי האנכי, לשילוב בין המרכיבים, להסדרים לאופניים, להסדרי העדפה לתח"צ, ולדרכים מעויירות מהירות.

אופי ההנחיות הוא יישומי, כאשר כל פרק כולל: רקע כללי; הגדרת המושגים והמונחים; הסבר תמציתי של השיקולים וההנחות שביסודן של ההנחיות שבפרק; הצדקים, המלצות והנחיות לתכן; טבלאות לערכי תכן ושרטוטים מתאימים.

תהליך התכן של התוואי מחייב שילוב ההנחיות מהפרקים השונים למקשה אחת. להלן פרוט הפרקים הבאים המרכיבים את ההנחיות:

**פרק 2 – מדיניות תכן בסיסית:** סיווג הדרכים; מאפיינים עיקריים של הסוגים השונים; קביעת מהירויות הייעוד ומהירויות התכן והכללים ליישומן; הגדרות תכנוניות לשלב הביצוע לדרך דו-מסלולית הנסללת בשלב ראשון במסלול יחיד.

**פרק 3 – החתך לרוחב הדרך:** התכן המפורט של מרכיבי הרוחב של הדרך, בהתאם לסיווג הדרכים שנקבע בהנחיות: קביעת רוחב המיסעה, רוחב השוליים והמפרדה, השיפועים לרוחב הדרך, תכן סלחני ובטיחותי של החתך. פרק זה כולל גם חתכי רוחב מיוחדים כגון 1+1 ונתיבי עקיפה בקטעים מישוריים ומשופעים, וסקירת אמצעי הפרדה.

**פרק 4 – מרחקי ראות:** מרחקי הראות השונים שיש להבטיח בתכן התוואי – הגדרותיהם, ערכיהם ויישומיהם.

**פרק 5 – התוואי האופקי:** עקרונות התכנון הכללי של התוואי האופקי והתכן המפורט של המרכיבים, דהיינו: רדיוסים, הגבהות, הרחבות, מעברי שיפועים, עקומי מעבר, עקלתונים, וכן כללי בקרת התוואי האופקי והראות בו.

**פרק 6 – התוואי האנכי:** עקרונות התכנון הכללי של התוואי האנכי והתכן המפורט של מרכיביו, דהיינו: קביעת השיפועים לאורך התוואי והאורך הקריטי שלהם, עקרונות התכן של עקומים אנכיים, השפעת השיפועים על ביצועי כלי-רכב, כללי בקרה לתוואי האנכי, וכן המלצות לתכן כבשי מילוט (בנספח).



**פרק 7 – שילוב התוואי האופקי והאנכי:** הכללים לשילוב המרכיבים הנפרדים שנסקרו בפרקים הקודמים לתכנון שלם מבחינה מרחבית וסביבתית, ותאור הבעיות הנובעות משילוב שאינו מתואם.

**פרק 8 – קיבולת ורמת שירות של דרכים:** הגדרת מונחי הקיבולת ורמת השירות; עקרונות המתודולוגיה לחישוב רמת שירות; קביעת רמת השירות והקיבולת בדרכים דו-נתיביות, בדרכים רב-נתיביות ובדרכים מהירות, וערכי תכן אופייניים.

**פרק 9 – שילוב אופניים בדרכים הבין-עירוניות:** נתוני הבסיס לתכן, שילוב ההסדרים לאופניים בחתכי רוחב אופייניים, ופרטי תכן גיאומטרי לתשתית לאופניים.

**פרק 10 – שילוב תחבורה ציבורית בדרכים הבין-עירוניות:** סקירת הסדרי התחבורה השונים (נת"צ/צ"מ/צ), שילוב התח"צ בחתכי הרוחב האופייניים, אופן הטיפול בתחנות תח"צ בדרכים בין-עירוניות.

**פרק 11 – דרכים מהירות מעויירות:** מאפיינים והגדרות לדרכים אלה, ערכי התכן המשותפים עם הדרכים הבין-עירוניות האחרות וערכי תכן ייחודיים, סקירת המאפיינים הגיאומטריים הייחודיים לקטעי דרך ולמחלפים, ותיאור ההיבטים האורבניים בתכנון דרכים אלה.

## 1.5 תחולת ההנחיות ותקפותן

ההנחיות תיכנסנה לתוקף מיד עם פרסומן. הנחיות אלה נועדו בראש וראשונה לתכן דרכים חדשות, ויש ליישמן גם כאשר מתכננים שיפורים בדרכים קיימות. ההנחיות מקיפות את המקרים השכיחים והצפויים בתכן דרכים, אולם ייתכנו מצבים חריגים ואילוצים אשר יחייבו חריגה מן ההמלצות שבהנחיות. חריגות מן ההנחיות יבוצעו רק לפי הנחיות מיוחדות של הגורם המוסמך ברשות המזמינה. חשוב להדגיש, שההנחיות מציינות בדרך-כלל ערכים **מזעריים** (מינימליים) או ערכים **מרבניים** (מקסימליים) לתכן המרכיבים השונים, ואין בכך בשום אופן המלצה למתכנן להיצמד לערכים קיצוניים אלה. יש לשאוף תמיד לתכנון מאוזן המשתמש בערכים המיטביים (הרצויים) לתנאים הנתונים. על המתכנן לבדוק היטב את כל החלופות האפשריות. מצד שני יש לזכור, כי הנחיות אינן מסוגלות לצפות את כל התנאים האפשריים, ולכן הן בגדר המלצות, ואינן מהוות תקן או חוק.

מבנה ההנחיות מאפשר עדכון מעת לעת בהתאם לצורך, בהתאם לניסיון הנרכש עם הזמן ובהתאם למדיניות הנקבעת על ידי החברה, והמהדורה העדכנית של ההנחיות היא המחייבת את המתכנן.

## פרק 2: מדיניות תכן בסיסית

### תוכן עניינים

<b>2-1</b> .....	<b>סיווג הדרכים הבין-עירוניות</b>	<b>2.1</b>
2-1 .....	השיטות לסיווג דרכים	2.1.1
2-1 .....	המאפיינים העיקריים של הסיווג התפקודי	2.1.2
2-2 .....	סיווג הדרכים הבין-עירוניות בישראל	2.1.3
2-5 .....	ריכוז סוגי הדרכים	2.1.4
<b>2-5</b> .....	<b>מהירות התכן ומהירות הייעוד</b>	<b>2.2</b>
2-5 .....	סוגי מהירויות בתהליך התכנון	2.2.1
2-6 .....	מהירויות הייעוד המומלצות לפי סוגי דרכים	2.2.2
2-10 .....	קביעת מהירות התכן	2.2.3
<b>2-11</b> .....	<b>מאפייני הדרכים השונות</b>	<b>2.3</b>
2-11 .....	מאפיינים נוספים בהתאם לחלוקה התפקודית	2.3.1
2-13 .....	תיאור הדרכים השונות בסיווג התפקודי	2.3.2
	הגדרות תכנוניות לשלב הביצוע לדרך דו-מסלולית	2.3.3
2-16 .....	הנסללת בשלב ראשון כחד-מסלולית	

## פרק 2: מדיניות תכן בסיסית

### 2.1 סיווג הדרכים הבין-עירוניות

#### 2.1.1 השיטות לסיווג דרכים

מערכת סיווג דרכים מיועדת לחלק את הרשת למספר קבוצות הכוללות דרכים בעלות איפיונים דומים, המוגדרות בהתאם למטרות הייחודיות שלהן. קיימות שיטות שונות לסיווג הדרכים בהתאם למטרות ספציפיות כגון:

א. **סיווג אדמיניסטרטיבי:** נועד להצביע על הדרגים האחראיים בממשל על תכנון ומימון של רשת הדרכים.

ב. **סיווג דרכים לפי דפוסי תכן:** מבוסס על אלמנטים של תכן גיאומטרי, כגון מהירות תכן או קבוצות מהירות.

ג. **סיווג טכני:** לפי מאפיינים הנדסיים כגון צורת החתך האופייני.

ד. **סיווג לפי מספור הדרכים:** החלוקה השימושית יותר לשם תפעול התעבורה ברשת.

ה. **סיווג תפקודי:** חלוקה לפי קבוצות בהתאם לאופי השירות המתקבל. חלוקה זו פותחה למטרות של תכנון תחבורה בדרכים, אך משרתת גם את התכן הגיאומטרי של דרכים.

מתוך שיטות הסיווג המוזכרות לעיל, הסיווג התפקודי (הפונקציונאלי) הינו בין החשובים ביותר עבור מתכנן רשת הדרכים. הצעד הראשון בתהליך התכנון הוא קביעת התפקוד של הדרך. על המתכנן מוטלת החובה להתחשב במטרה הכוללת שאותה נועדה הדרך לשרת, למרות שניתן לקבוע מאפיינים גיאומטריים מסויימים גם מבלי להתייחס לסיווג התפקודי. בנוסף לכך, קשור תיווי הדרך מבחינה גיאומטרית קשר הדוק עם תכנון הרשת התחבורתית. לכן יש צורך בשיטת סיווג העונה הן לצרכי תכנון התחבורה בדרכים והן לתכן הגיאומטרי שלהן. הסיווג התפקודי נחשב כמתאים ביותר הן למתכנן רשת הדרכים והן למתכנן הדרך.

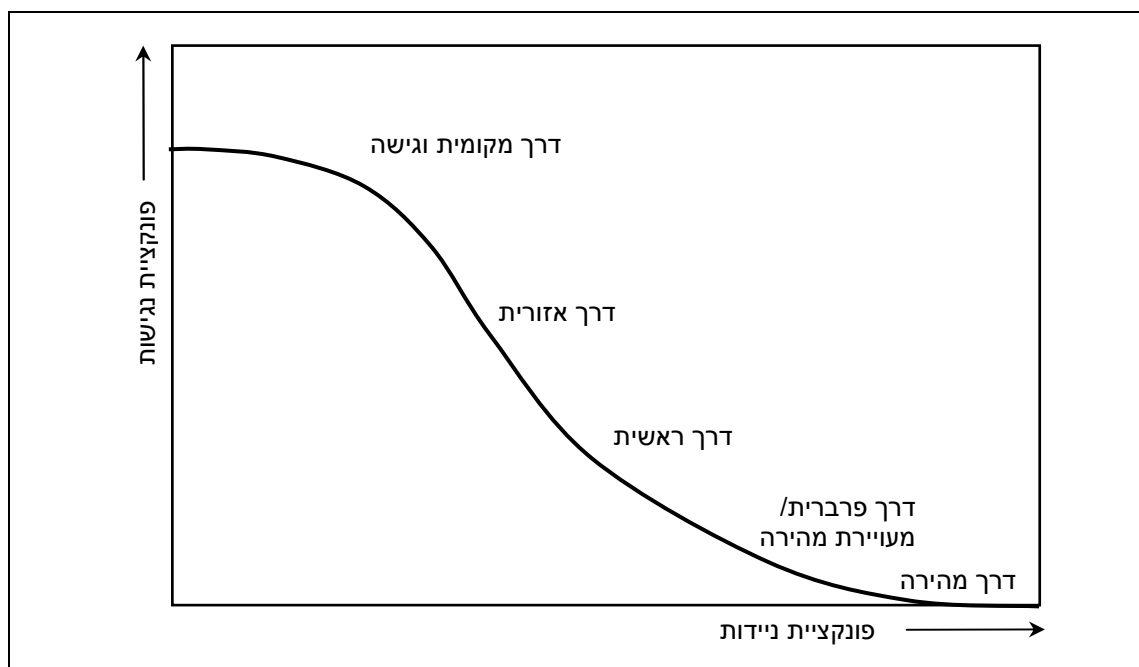
#### 2.1.2 המאפיינים העיקריים של הסיווג התפקודי

הסיווג התפקודי מחלק כאמור את הדרכים לפי אופי השירות שהן נועדו לספק. בסיווג התפקודי של רשת הדרכים נלקחות בחשבון הניידות והנגישות, המייצגות את התפקידים העיקריים של מערכת הדרכים, והנמצאות בסתירה מהותית אחת כלפי השנייה. יעוד הדרך להזרמת תנועה עוברת (ניידות) מחד, מחייב מתן איפיונים אשר יאפשרו נסיעה בלתי מופרעת ומהירה ככל האפשר, לכמויות גדולות של כלי רכב. מאידך, יעוד הנגישות מחייב ליצור דרך שתאפשר גישה נוחה וקלה לכל שימושי הקרקע הסמוכים אליה.

מערכת תפקודית של דרכים חייבת לספק מגוון של תנאי נסיעה הנובעים מהצורך למלא את הדרישות לנגישות ולניידות. מצד אחד קיימות דרכים מקומיות, המיועדות לנגישות, שכושר נשיאת התנועה שלהן

הוא נמוך, אולם הן מספקות נגישות טובה גם לאתרים קטנים ומבודדים. מנגד, קיימות דרכים מהירות וראשיות בעלות חשיבות ארצית, שכושר העברת התנועה שלהן הוא גבוה, אולם מידת הנגישות שהן מספקות היא נמוכה. בדרכים האזוריות, לשתי הפונקציות משקל יחסי דומה.

תיאור גרפי עקרוני של הניגוד (קונפליקט) בין פונקציית הניידות לבין פונקציית הנגישות מובא בתרשים 2.1, ביחד עם התפלגות הרשת לפי המדרג התפקודי, מדרכים מקומיות ועד לדרכים מהירות.



**תרשים 2.1:** תיאור עקרוני של היחס ניידות-נגישות בדרכים בין-עירוניות

### 2.1.3 סיווג הדרכים הבין-עירוניות בישראל

מבין שיטות הסיווג שהוזכרו לעיל, השיטה שנבחרה לשימוש בישראל היא שיטת הסיווג התפקודי, אשר מחלקת את הדרכים למיקומן במדרג על-פי אופי השירות המסופק על ידן, כמפורט להלן.

#### א. הגדרות על פי תמ"א 3

בתמ"א 3, קיימות 6 קטגוריות של דרכים כמתואר בפירוט בטבלה 2.1. חמש הקטגוריות הראשונות הן מדרגיות, ואילו דרך נופית אמורה להיות תת-סיווג באחת הקטגוריות האחרות. ההבדלים בין הקטגוריות השונות בתמ"א 3 מתבטאים בעיקר במימדים הפיזיים המוקצים לרצועות הדרך (רוחב זכות הדרך, מרחקי קו בניין).

תמ"א 3 מגדירה את "רשת הדרכים הארצית" כ-"כלל הדרכים המהירות, הפרבריות, הראשיות והאזוריות".

**טבלה 2.1: הגדרות דרכים לפי פקודת התעבורה ותמ"א 3**

סוג הדרך	עפ"י תקנות התעבורה	תמ"א 3
דרך מהירה	דרך שאיננה דרך עירונית, יש בה שני כבישים לפחות המיועדים לתנועת כלי רכב מנועיים בלבד, בני שני נתיבים לפחות לכל כיוון נסיעה, בין הכבישים מפריד שטח הפרדה, אין גישה לדרך מחצרים סמוכים ואין בה מפגשי מסילת ברזל או צמתים פרט להתמזגות כבישים ובכניסה לדרך מוצב תמרור המורה על "דרך מהירה".	דרך המקשרת מוקדי פעילות היוצרים נפחי תנועה גדולים ואוספת תנועה מדרכים ראשיות ואזוריות.
דרך פרברית מהירה	(אין הבדל בהגדרה בתקנות ביחס למהירה, כל עוד מוצב תמרור 216).	דרך העוברת באזורים מטרופוליניים ומחלקת נפחי תנועה גדולים בתוך המטרופולין ומתחברת לרשת הדרכים הארצית.
דרך ראשית		דרך המקשרת בין אזורים שונים בארץ ואוספת תנועה מדרכים ראשיות אחרות ומדרכים אזוריות ומקומיות.
דרך אזורית		דרך המקשרת בין ישובים באזור אחד או יותר ואוספת תנועה מדרכים מקומיות.
דרך מקומית		כל דרך המהווה חלק ממערכת הדרכים הכללית ואינה מהווה חלק מרשת הדרכים הארצית.
דרך נופית		קטע מדרך העובר בתחום שטח שיועד בתכנית לשמורת טבע, לגן לאומי, לשמורת נוף או בתחום אזור המוגדר על ידי מוסד תכנון כאזור בעל רגישות נופית, בין אם הדרך היא חלק מרשת הדרכים הארצית ובין אם דרך מקומית שנקבעה בתכנית כ"דרך נופית" על ידי מוסד תכנון.
דרך עירונית	כל דרך בתחום המצוי בשטח שיפוטה של רשות מקומית או רשויות מקומיות הגובלות זו בזו ואשר בכניסה לאותו תחום מוצב תמרור שמשמעו "כניסה לתחום דרך עירונית".	

**ב. הגדרות שמעבר לתמ"א 3**

1) דרך מעויירת מהירה

במקביל לעדכון הנחיות מע"צ, פעלה ועדה להכנת "הנחיות לדרכים מהירות מעויירות", במטרה להתאים עבור אותן דרכים את הסוגיות השונות מדרכים מהירות אחרות בהיבטים ההנדסיים, התפעוליים והסביבתיים.

הדרך המעויירת המהירה מוגדרת בהנחיות כ"דרך מסוייגת גישה במלואה, בעלת צפיפות מחלפים גבוהה, העוברת באזורים מטרופוליניים ועירוניים, קיימים או מתוכננים, משרתת נפחי תנועה גבוהים ומחברת בין רשת הדרכים הארצית לבין רשת הדרכים העירונית". הדרך המעויירת המהירה מיועדת לכלי רכב מנועיים בלבד.

הגדרה זו מיועדת לכלול את כל הדרכים המסוייגות-גישה במלואן (כהגדרתן בסעיף 2.3.1 א' בהמשך) שאינן בין-עירוניות מהירות בעלות ספרה אחת, דהיינו הן כוללות גם את כל הדרכים המוגדרות "פרבריות מהירות" ב-תמ"א 3, כגון נתיבי איילון – דרך 20, נתיבי המפרץ – דרך 22, גם את "דרכי הרוחב" לדרך מס' 6 כגון 431, 471, 531, שלמרות המיספור ה"אזורי" הן דרכים מסוייגות-גישה במלואן בעלות מאפיינים של פרבריות מהירות, וכן דרכים מסוייגות גישה במלואן בתחום העירוני שאינן חלק מהרשת הארצית (כגון דרכים בגין ו-9 בירושלים).

המשותף לכל הדרכים האלו הוא אופן השירות שהן אמורות לספק ותפקידן במערכת, והמאפיינים הגיאומטריים והתפעוליים הנובעים מכך, שמכתיבים את האיפיון ההנדסי והתפעולי, גם אם לא הוגדרו כ"פרברית מהירה" בתמ"א 3 או כ"מהירה" על ידי הצבת תמרוך 216.

## 2) דרך גישה

לקטגוריית הדרכים המקומיות נוספו בהנחיות גם דרכי גישה, אשר הינן דרכים "ללא מוצא", שתחילתן בדרך מקומית או אזורית, וסופן ביישוב, במפעל או במחולל תנועה אחר. דרכים אלה כלולות ברשת הדרכים הכללית, אך אינן חלק מהרשת הארצית. בדרך כלל הן אינן ממוספרות, ולא בהכרח באחזקת החברה הלאומית לדרכים. עם זאת, מאפייניהן הגיאומטריים, התפעוליים והבטיחותיים אמורים להיות מקבילים לדרכים מקומיות בתנאים דומים.

## 3) דרך דלת-תנועה

דרכים דלות תנועה הן בעיקר דרכים מקומיות וגישה (לעיתים נדירות אזוריות), ומהוות תת-קטגוריה של דרכים אלה. דרך מוגדרת כדלת תנועה אם מתקיימים כל התנאים הבאים:

- א) הנפח היומי כ"ר  $AADT \leq 1500$  (לשני הכיוונים).
- ב) נפח שעת השיא כ"ר  $DHV \leq 150$  (לשני הכיוונים).
- ג) הדרך מובילה למחולל תנועה אחד או שניים.
- ד) ארכה עד 10 ק"מ.
- ה) משתמשי הדרך בעיקר יוממים.

לדרכים אלה ניתן לבחון את האפשרות להגמשת קריטריוני התכן ביחס לדרכים אחרות באותו סיווג.

## 4) דרך נופית

התיאור כפי שמופיע בתמ"א 3 מהווה איפיון לרגישות סביבת הדרך, ולא קריטריון לסיווג הדרך עצמה. דרכים אלו אינן בהכרח דלות תנועה, והן עשויות להיות מרובית דרגות הסיווג. דרכים אלה עשויות גם להיות שונות באופן מהותי מדרכים אחרות מאותו סיווג באופי התנועה ובהרכבה – אחוז יותר נמוך של יוממים לעומת הדרכים האחרות, ואחוז גבוה יותר של נהגים מזדמנים שאינם מכירים את הדרך. כמו כן

תיתכן התפלגות עונתית של נפחי התנועה על פני היממה ועל פני השנה, עם תקופות שיא מובהקות דווקא במועדים שאינם ימי עבודה (ואז אחוז היוממים אפסי). המתודולוגיה של השפעת הרגישות הסביבתית על שיקולי התכן מפורטת ב"תבחיני תכן למזעור הפגיעה בקרקע ובסביבה בדרכים בין-עירוניות", שפותחו במקביל להנחיות שלפניכם, ופורסמו ע"י משרד התחבורה בספטמבר 2010.

#### 2.1.4 ריכוז סוגי הדרכים

כפועל יוצא של הסעיף הקודם, סיווג הדרכים הבין-עירוניות בהנחיות אלה יהיה כדלהלן:

- א. דרך מהירה
- ב. דרך מעויירת/פרברית מהירה
- ג. דרך ראשית
- ד. דרך אזורית
- ה. דרך מקומית וגישה (עם תת-סיווג של דרך דלת-תנועה).

### **2.2 מהירות התכן ומהירות הייעוד**

(סעיף זה מתואם עם "הנחיות לקביעת מהירויות ברשת הדרכים", שפותחו במקביל להנחיות שלפניכם, ופורסמו ע"י משרד התחבורה ביולי 2010).

#### 2.2.1 סוגי מהירויות בתהליך התכנון

מדיניות התכן הבסיסית מורכבת מהעקרונות לסיווג דרכים ברשת, ומהקשר בין הסיווג לבין מהירות התכן ורמת השירות לתכן. הפרמטר המשפיע ביותר על כל אלמנטי התכן הגיאומטרי הוא מהירות התכן.

במונחים של מהירות, המטרה של תהליך התכנון הינה להגיע לאיזון בין שלושה סוגי מהירות, שהם: מהירות תכן, מהירות מותרת ומהירות תפעול, כאשר הערכים של סוגי מהירות אלה מתבססים על קביעת מהירות יעוד לסוג דרך מסויים.

הראייה המערכתית של ניהול מהירויות הנסיעה ברשת הדרכים מחייבת שלכל סוג דרך מוגדר תיקבע מהירות נסיעה רצויה – "מהירות הייעוד". מהירויות הייעוד לסוגי דרך שונים נקבעות בהתאם למגוון שיקולים: הניידות, הבטיחות, איכות הסביבה, איכות חיים בריכוזי מגורים ועוד, אשר נבחנים ברמה המערכתית (של כל רשת הדרכים).

**מהירות הייעוד (target speed)** – בראייה המערכתית, הינה מהירות הנסיעה הרצויה בסוג דרך מוגדר. בעיני המשתמש בדרך זוהי מהירות שמתאימה לנסיעה בדרך מסוימת, אשר תכן הדרך וסביבתה אמורים לשדר. השאיפה הינה שרוב כלי הרכב בסוג דרך זה יסעו בתנועה חופשית במהירות שקרובה למהירות הייעוד.

**המהירות המרבית המותרת** (ממ"מ) (maximum speed limit) – הינה המהירות המרבית שבה מותר לנהגים לנסוע בדרך זו, בתנאי תנועה ומזג אוויר רגילים.

**מהירות התכן** (design speed) – הינה המהירות הנקבעת לצורך התכן הגיאומטרי של הדרך: קביעת המאפיינים הגיאומטריים המשפיעים על תפעול כלי-רכב במרב הבטיחות.

**מהירות התפעול** (operating speed) – הינה המהירות בה נצפים הנהגים הנוסעים בתנאי זרימה חופשית. בקטעים ישרים ומישוריים, מהירות התפעול הינה מהירות נסיעה חופשית שמשמשת לבחינת רמת ציות הנהגים למהירות המרבית המותרת (ממ"מ). בקטעים אחרים (עקומים, שיפועים), מהירות התפעול משמשת כמדד כמותי להערכת עקביות תכן הדרך.

תרשים 2.2 מתאר קשרי גומלין בין סוגי המהירות במסגרת תהליך התכנון.

תהליך התכנון בדרכים בין-עירוניות מתבצע באופן הבא:

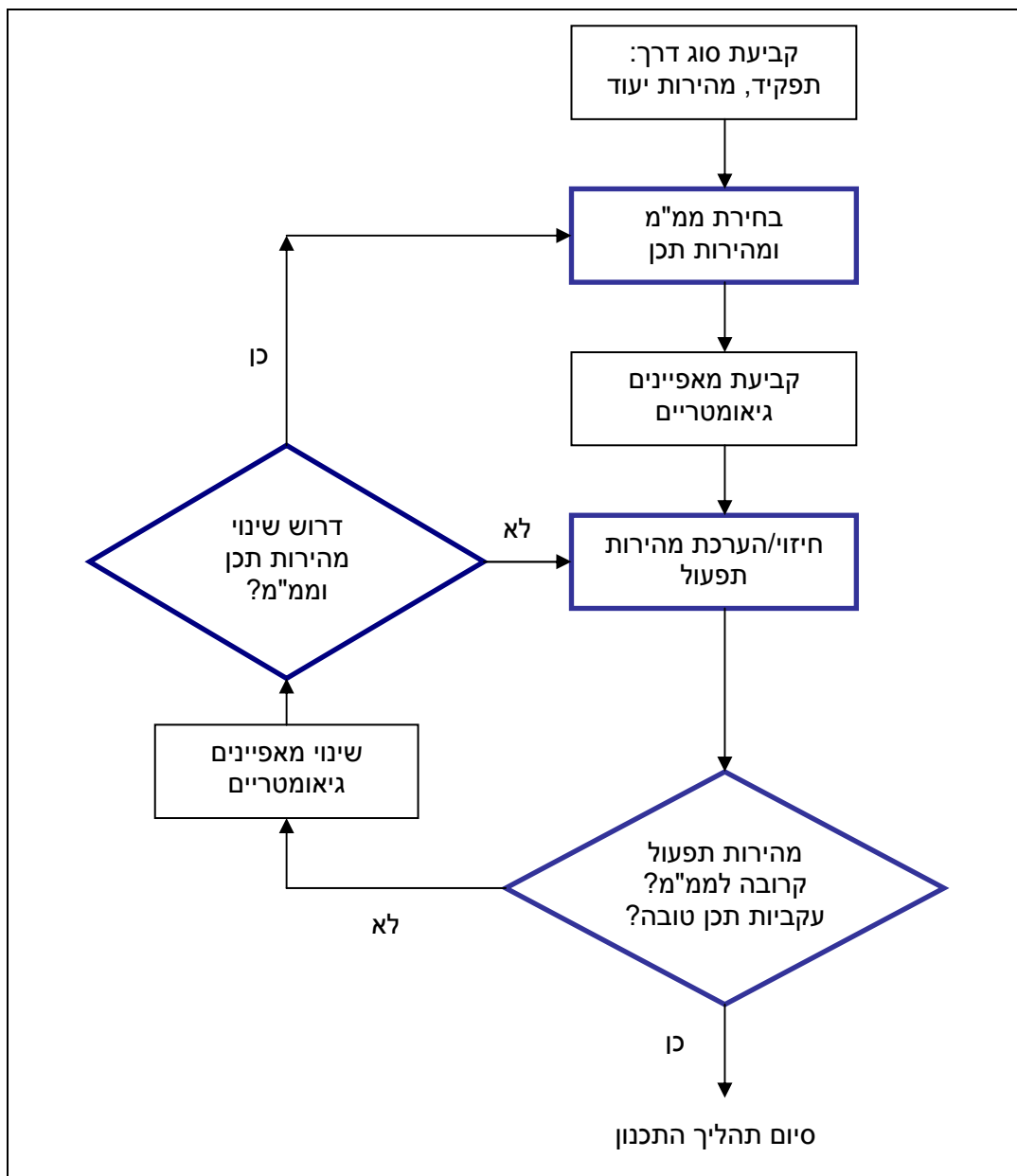
- בהיתן מדרג דרכים מוגדר, סוג הדרך לתכנון קובע את מהירות הייעוד. מהירות הייעוד תקבע את מהירות התכן ואת הממ"מ.
- הממ"מ תהיה קרובה ככל הניתן למהירות הייעוד, ובמצב האידיאלי שווה למהירות הייעוד.
- עקב מרווח בטיחות מסויים שנדרש בכל תהליך תכנון, מהירות התכן תהיה גבוהה יותר ממהירות הייעוד.
- על סמך המאפיינים הגיאומטריים שנקבעו, יבוצע חיזוי/הערכה של מהירויות הנסיעה בפועל (מהירות התפעול). כאשר נמצאה התאמה גבוהה בין הממ"מ והמהירות בפועל, וכמו כן תכן הדרך (עבור סוגי דרכים בין-עירוניות) עונה לסדרה של קריטריונים של עקביות תכן טובה, תהליך התכנון מסתיים.
- אם התאמה זו לא הושגה, ו/או התכנון (בדרך לא עירונית) לא עונה לקריטריונים של עקביות תכן טובה, יבוצע שינוי במאפיינים הגיאומטריים של הדרך. בעקבות שינוי המאפיינים הגיאומטריים יבוצעו הערכה חוזרת של מהירות התפעול, ובחינת תוצאות התכנון על-פי ההתאמה בין הממ"מ ומהירות התפעול לקריטריונים של עקביות תכן טובה. תהליך זה יכול לחזור על עצמו פעמים מספר עד לקבלת תוצאות משביעות רצון.
- אם הוכח שלא ניתן לעמוד בדרישות ההתאמה בין הממ"מ ומהירות התפעול, ו/או בקריטריונים של איכות התכן (בדרך לא עירונית) במסגרת ערכי הממ"מ ומהירות התכן שנקבעו לתכנון, יבוצע שינוי הערכים בשני סוגי המהירות, עם כל ההשלכות על מאפייני הדרך שנגזרות מכך.
- בשום מקרה הממ"מ לא תעלה על מהירות התכן המאפיינת את הדרך.

## 2.2.2 מהירויות הייעוד המומלצות לפי סוגי דרכים

בהתאם לרציונל של ניהול מהירויות הנסיעה ברשת הדרכים, וקשרי הגומלין בין סוגי המהירות בתהליך התכנון שהוצגו לעיל, לכל סוג דרך מוגדר יש לקבוע את מהירות הייעוד אשר למעשה תקבע את הממ"מ לסוג דרך זה.



בחירה של מהירות הייעוד לסוג דרך מסויים צריכה לבוא לידי ביטוי במאפייני הדרך שיתוכננו בסוג דרך זה, כגון: החתכים הטיפוסיים, סוגי צמתים, אביזרי תנועה ובטיחות, אמצעי סימון ותימרור וכו'. במהלך הזמן, מאפייני דרך אלה יזוהו בעיני הנהגים עם סוג דרך מסויים ועם מהירויות שמתאימות לנסיעה בסוג דרך זה. כלומר, השאיפה היא שניהול המהירויות יבוצע, קודם כל, באמצעות מאפייני התשתית, אשר מעבירים לנהגים מסר עיקבי וברור לגבי סוג הדרך בה הם נוסעים ומשטר המהירות המתאים, כאשר יתר האמצעים (הצבת ממ"מ, אכיפה, אמצעים טכנולוגיים) אמורים לסייע בתהליך זה.



**תרשים 2.2:** קשרי גומלין בין סוגי מהירות בתהליך התכנון (מתוך: "הנחיות לקביעת מהירויות ברשת הדרכים", 2010)

חשוב שקטעי דרכים עם מאפיינים הנדסיים דומים יאפשרו משטר מהירות זהה, וכמו כן, שהמסרים לגבי אופי הנסיעה בקטעי דרכים אלה יהיו ברורים בעיני הנהגים.

הדרכים המהירות, המעויירות-מהירות והראשיות במערכת הבין-עירונית מיועדות להזרמת תנועה מאזור לאזור, הן במרחב הארצי והן במרחב המטרופוליני. יש לשאוף ולתכנן כך, שדרכים אלה ישאו את עיקר התנועה, ויספקו רמת שירות גבוהה. דרכים אלה חייבות להיות מתוכננות בסטנדרט תכנוני גבוה, ולפיכך מהירות התכן שלהן והמהירויות המותרות בהן צריכות להיות גבוהות. כך גם תושג יעילות תפעולית וכלכלית, וכך גם יתקבל הדבר באופן חיובי ע"י החברה והפרט.

רמת הבטיחות באותן דרכים לא בהכרח תיפגע בתנאים אלה, אלא להיפך, כל עוד הן מתוכננות לרמת בטיחות גבוהה. המהירויות הנהוגות בדרכים אלו אינן מתיישבות עם הסיבולות של גוף האדם שאינו מוגן, במידה שמתרחשת תאונה. בקטגוריה זו נכללים הולכי הרגל, רוכבי האופניים ורוכבי האופנועים הקלים (הטוסטוסים). על כן בדרכים אלה יש לדאוג להפרדה בין המשתמש הפגיע בדרך לבין יתר התנועה.

לעומת זאת, הדרכים האזוריות והמקומיות במערכת הבין-עירונית נועדו בעיקר לצרכי נגישות. דרכים אלה חייבות לבטא את מעמדן הנחות גם בסטנדרטים הגיאומטריים וגם במהירויות התכן ובמהירויות המותרות. עצם נחיתותן של דרכים אלה לצרכי תנועה עוברת ותפקודן בעיקר לצרכי נגישות, יוצרים מצב שתנועה תעבור מהן באופן טבעי לדרכים ברמה הגבוהה יותר, שהן גם הדרכים הבטיחותיות יותר. מכאן, שהבטיחות תעלה לא רק בדרכים אלה, אלא גם בכלל רשת הדרכים.

בטבלה 2.2 מפורטות מהירויות הייעוד ומהירויות הנסיעה המרביות המומלצות בדרכים הבין-עירוניות למשתמשי הדרך המנועיים השונים, אלא אם מוצב תמרוך המגביל אחרת. כפי שניתן לראות בטבלה, המהירויות המרביות של כל-כלי-הרכב באותה דרך בין-עירונית הן זהות, מלבד מהירות של רכב מסחרי מעל 12 טון בדרכים ממוחלפות, ואוטובוס בדרך מהירה. מהירויות אלו נובעות מהצורך לשמור, מצד אחד, על אחידות מסויימת במהירויות הנסיעה ולמנוע עקיפות מסוכנות, מאחר שכיום גם כל-כלי-רכב כבדים יותר מסוגלים להגיע למהירויות גבוהות יותר, אך מצד שני ככל שמהירות הנסיעה של רכב כבד המעורב בתאונה גבוהה יותר, כך התאונה תהיה קטלנית יותר.

טבלה 2.3 מציגה את התחום של מהירויות הייעוד המומלצות (וממ"מ) לסוגי הדרכים הבין-עירוניות. תחום המהירויות שנקבע לכל סוג דרך מתחיל מהערך המרבי של מהירות הייעוד (וממ"מ) שמומלץ לסוג דרך זה כמפורט בטבלה, כאשר רוחב התחום עצמו נקבע באופן אחיד לכל סוגי הדרכים כערך מרבי פחות 20 קמ"ש, לצורך הגמשת ערכי התכן כמפורט בהמשך. טבלה זו מבוססת על המתודולוגיה שנקבעה ב"תבחיני תכן למזעור הפגיעה בקרקע ובסביבה בדרכים בין-עירוניות", לפיה הערך העליון בטבלה 2.3 הינו כאמור הערך של מהירות הייעוד והממ"מ המוצע ככלל לסוג דרך זה, והערכים הנמוכים יותר בתחום המהירויות מיועדים למקרים של הפחתה עקב אילוצים ומגבלות שונים כגון: טופוגרפיה, שיקולים סביבתיים, בעיות בטיחות מיוחדות, מחסור בקרקע ועוד. בין היתר, באזורים רגישים סביבית, הגדרת תחומי מהירות במקום ערך בודד למהירות הייעוד (והממ"מ) יאפשרו "הצנעת"

הדרישות לרמת התכן (מהירויות התכן) של הדרך, תוך כדי שמירה על מאפייני סוג הדרך שנקבע –  
ראו כאמור "תבחיני תכן למזעור הפגיעה בקרקע ובסביבה בדרכים בין-עירוניות".

**טבלה 2.2:** מהירויות יעוד/מהירויות מרביות מותרות מומלצות (קמ"ש) בדרכים הבין-עירוניות  
(מתוך: "הנחיות לקביעת מהירויות ברשת הדרכים", 2010)

סוג הדרך				סוג הרכב
חד-מסלולית	דו-מסלולית (מחולקת) אחרת	פרברית/ מעויירת מהירה ודו-מסלולית (מחולקת) ממוחלפת במלואה	מהירה	
70	90	100	110	מכונית נוסעים עד 3.5 טון* ואופנוע (מכל נפח ומשקל)
70	90	100	100	אוטובוס שמשקלו הכולל עולה על 10 טון
70	90	90	90	רכב מסחרי שמשקלו הכולל המותר עולה על 12 טון

\* וכן כל אוטובוס ורכב מסחרי שלא נכלל בשורות האחרות

**טבלה 2.3:** תחום מהירויות יעוד וממ"מ מומלצות למכונית נוסעים (קמ"ש) בהתאם לסוג הדרך  
(מתוך: "תבחיני תכן למזעור הפגיעה בקרקע ובסביבה בדרכים בין-עירוניות", 2010)

תחום מהירויות יעוד מומלצות*	מהירות הייעוד המרבית	סוג הדרך
90 – 110	110	דרך מהירה
80 – 100	100	דרך פרברית/מעויירת מהירה + דרך דו-מסלולית ממוחלפת
70 – 90	90	דרך דו-מסלולית אחרת
50 – 70	70	דרך חד-מסלולית**

\* הערך העליון בתחום – לאזור מישורי וללא הפחתה עקב רגישות

הערך האמצעי – לאזור גבעי או לאחר הפחתה בדרגה אחת

הערך התחתון – לאזור הררי או לאחר הפחתה בשתי דרגות

\*\* למעט דרכים שהותאמו למהירות גבוהה יותר, כמפורט בסעיף 4.5 ב-"הנחיות לקביעת מהירויות ברשת הדרכים".

### 2.2.3 קביעת מהירות התכן

בהתאם לרציונל המערכתי, לכל סוג דרך מוגדר יש לקבוע את מהירות התכן על פי מהירות הייעוד. כאמור, מהירות תכן הינה המהירות הנקבעת לצורך התכן הגיאומטרי של הדרך: קביעת המאפיינים הגיאומטריים המשפיעים על תפעול כלי-רכב במרב הבטיחות.

מרכיבי הדרך הקשורים באופן ישיר אל מהירות התכן הם: עקומים אופקיים, עקומי מעבר, הגבהות בעקומים, עקומים אנכיים, מרחקי ראות ושיפועים. יישומה של מהירות התכן הוא, אם כך, בקביעת הערכים הגבוליים של האלמנטים הגיאומטריים של הדרך (רדיוס מזערי בעקום אופקי ובעקום אנכי, מרחק ראות מזערי, שיפוע מרבי לאורך ולרוחב וכד'), והתיאום ביניהם. קביעה זו חייבת להיות מלווה בתכן גיאומטרי מאוזן (שילוב נכון של תוואי אופקי ותוואי אנכי), אשר בא לידי ביטוי במדדי עקביות התכן.

על סמך הבנת קשרי הגומלין בין סוגי המהירות שהוסברו לעיל, נקבע כי מהירות התכן תהיה גבוהה יותר ממהירות הייעוד שנבחרה עבור אותו סוג דרך. ערך גבוה יותר של מהירות התכן נדרש עקב מרווח הבטיחות שמקובל בכל תהליך תכנון. מרווח הבטיחות הינו כ-10% מערך מהירות הייעוד, שמעשית מביא לתוספת של 10 קמ"ש מעל למהירות הייעוד, בכל סוגי הדרכים הבין-עירוניות. בנוסף, בהתאם למוסבר בסעיף 2.2.2, ייקבע לכל סוג דרך תחום של מהירויות תכן מומלצות אשר ניתנות ליישום בתכנון קטעי דרך מסויימים, בהתחשב ברמות הרגישות שנקבעו. תחום זה מהווה הפחתה של 10-20 קמ"ש לעומת הערך העליון המומלץ. טבלה 2.4 מציגה את תחום מהירויות התכן הרצויות בהתאם לסוג הדרך ולרמת הרגישות שנקבעה.

ברמת העיקרון, המתכנן צריך לשאוף לתכנן את הדרך למהירות הגבוהה ביותר בתחום המאושר, משיקולי עקביות בתכנון הרשת. כאשר צוות התכנון מחליט כי יש צורך להגמיש את מהירות התכן, תיבחר מהירות תכן חדשה, נמוכה יותר, על פי מדרגות המהירות המופיעות בטבלה 2.4. במידה שמתקבלת החלטה להגמשת מהירות התכן, המתכנן ינסה לרדת במספר המדרגות המזערי שניתן בהתאם לסביבת הפרויקט, למשל: בתנאי שטח בעלי רגישות גבוהה תישקל הגמשה של דרגה אחת, ובמידה שהגמשה זו אינה מספקת, תיבחן הגמשה של 2 דרגות, לכל היותר. כאשר מתקבלת החלטה לשנות את מהירות התכן בקטע או במרכיב מסויים של הדרך, יש לבדוק את כל השלכות השינוי, החל מהשלכות בטיחותיות באותו מקום, וכלה בעקביות התכנון של הדרך כולה. לירידה בדרישה למהירות תכן בתכנון קטע דרך מסויים תתלווה ירידה בדרישה לממ"מ לנסיעה בקטע דרך זה, בהקבלה בין טבלאות 2.3 ל-2.4. בכל מקרה, משיקולי עקביות התכן, אין לרדת באותה דרך ירידה כוללת של יותר מ-20 קמ"ש במהירות התכן, ואין להחיל ירידה זו על מרכיב בודד, אלא על קטעים באורך 2 דקות נסיעה במהירות התכן לפחות. בנוסף, יש לשאוף שהפרש מהירויות התפעול או מהירויות התכן בין מרכיבים עוקבים בתוואי לא יעלה על 10 קמ"ש, ובמקרים חריגים – 20 קמ"ש.

עם זאת, משיקולי בטיחות, לא תמיד מומלץ להחיל הפחתות מלאות על כל קריטריוני התכן, גם ברמות הרגישות הגבוהות. מידת ההפחתה המותרת על פי הקריטריון המתאים מוצגת בטבלה 4.3 ב"תבחיני תכן" שהוזכרו לעיל.

כאשר נסלל בשלב ראשון רק מסלול אחד בדרך מתוך שניים שמתוכננים בשלב הסופי, ייסלל מסלול זה לפי מהירות התכן המיועדת לדרך במצבה הסופי, כדי למנוע הבדל בין הכיוונים בעתיד, ולאפשר עלייה למהירות הייעוד הסופית שתתאים לדרך בכללותה, גם אם בשלב הראשון ה-ממ"מ תהיה נמוכה יותר ותועלה רק עם הכפלת חתך הדרך.

**טבלה 2.4:** תחומים מומלצים של מהירויות התכן לפי סוגי הדרכים (קמ"ש)  
(מתוך: "תבחיני תכן למזעור הפגיעה בקרקע ובסביבה בדרכים בין-עירוניות", 2010)

סוג הדרך	מהירות התכן המרבית	תחום מהירויות תכן מומלצות (קמ"ש)
דרך מהירה	120	100 – 120
דרך פרברית/מעויירת מהירה + דרך דו-מסלולית ממוחלפת	110	90 – 110
דרך דו-מסלולית אחרת	100	80 – 100
דרך חד-מסלולית	80**	60 – 80

\* הערך העליון בתחום – לאזור מישורי וללא הפחתה עקב רגישות הערך האמצעי – לאזור גבעי או לאחר הפחתה בדרגה אחת הערך התחתון – לאזור הררי או לאחר הפחתה בשתי דרגות  
\*\* למעט מקרים מיוחדים בדרכים חד-מסלוליות, המפורטים בסעיף 4.5 ב-"הנחיות לקביעת מהירויות ברשת הדרכים", בהם יידון כל מקרה לגופו.

## 2.3 מאפייני הדרכים השונות

### 2.3.1 מאפיינים נוספים בהתאם לחלוקה התפקודית

חלוקת הדרכים השונות על פי המאפיינים העיקריים של ניידות ונגישות מובילה למידרג בסיסי של הסיווג התפקודי (דרכים מהירות רגילות ומעויירות, דרכים עורקיות, דרכים מאספות ודרכים מקומיות). יחד עם זאת, יש צורך באיפיון נוסף של הדרכים הנ"ל במטרה לקבוע ערכים ייחודיים לאלמנטים הגיאומטריים השונים. לכן, סיווג תפקודי זה דורש מאפיינים נוספים, שהם פועל יוצא של המאפיינים העיקריים, או משלימים אותם, כגון: בקרת הגישות, רמת השירות, מהירות התכן, נפח התנועה, מספר המסלולים והנתיבים, זכות הדרך וכד'.

להלן תיאור קצר של מאפיינים אלה (ערכים אופייניים לדרכים השונות מובאים בסעיף 2.3.2 להלן):

- א. בקרת הגישות:** פרמטר זה מוגדר כמגבלות הנגישות, דהיינו הגבלת זכויות הציבור להתחבר לדרך מהקרקע הגובלת עמה. בקרת הגישות הינה פועל יוצא של היחס ההדדי בין ניידות לנגישות, הקובע את הסיווג התפקודי הבסיסי של הדרכים. מבדילים בין מספר סוגים של בקרת גישות:
- (1 בקרה מלאה,** בה ההתחברות נעשית רק לדרכים מסויימות, וזאת באמצעות מחלפים בלבד. התחברויות לקרקע גובלת אסורה בהחלט. דרך כזו נקראת "מסוייגת-גישה".
- (2 בקרה חלקית,** בה ההתחברויות לדרכים מסויימות נעשות הן ע"י מחלפים והן ע"י צמתים במפלס אחד.
- (3 בקרה מצומצמת,** בה ההתחברות לדרך נעשית במפלס אחד ובתדירות גבוהה יותר.
- ב. רמת השירות:** המאפיינים העיקריים בסיווג התפקודי, והמאפיין המשלים – מהירות הייעוד, מהווים פרמטרים בסיסיים בקביעת רמת השירות של הדרכים השונות. דרכים הנמצאות בחלק העליון של הסיווג התפקודי, דורשות רמת שירות גבוהה יותר. באזורים רגישים מותרת לעיתים ירידת רמת השירות בדרגה אחת. רמת השירות המומלצת מכתובה, יחד עם גורמים אחרים (כמו נפח התנועה לתכן), את מספר המסלולים והנתיבים. עקרונות ופתרונות מפורטים לחישוב רמת השירות והנפחים המתאימים מובאים במסמך "HCM 2000 מתורגם ומותאם לתנאי ישראל" של משרד התחבורה משנת 2005.
- ג. נפח התנועה:** כאמור בסיווג התפקודי, אין נפח התנועה מהווה גורם עיקרי בקביעת סיווג הדרך, אלא משמש כסיוע בקביעת המאפיינים של כל סוג וסוג. גם האלמנטים הגיאומטריים תלויים במידה עיקרית בתפקיד שממלאת הדרך, ובמידה משנית בנפח התנועה. שתי דרכים בעלות נפחי תנועה שווים אך מדרג תפקודי שונה, עשויות להיות בעלות אלמנטים גיאומטריים שונים (לרבות חתכים לרוחב).
- ד. מספר המסלולים:** מספר המסלולים הינו פועל יוצא של הסיווג התפקודי של הדרך מחד, ושל נפח התנועה מאידך. הקריטריון העיקרי המחייב את קביעת הדרך כדו-מסלולית (לפחות 4 נתיבים), הוא הצורך לבנות יותר מנתיב אחד לכל כיוון, הנובע מנפח התנועה התכנוני ומרמת השירות המבוקשת. קריטריון זה תקף בעיקר בדרכים מאספות. דרכים מהירות מחייבות תמיד חתך רוחב דו-מסלולי, וכן מרבית הדרכים הראשיות. אין לתכנן דרך חד-מסלולית דו-סטרית שבה יותר משני נתיבים, ללא אמצעי הפרדה כלשהם, כמפורט בפרק 3 – "חתכי רוחב אופייניים" להלן.
- ה. זכות הדרך:** זכות הדרך נקבעת בהתאם לרוחב הכולל של כל המתקנים של הדרך (לרבות דרכים מאספות-מחלקות או שירות במידת הצורך, בדרכים מהירות וממוחלפות אחרות), ולרבות עבודות עפר וניקוז בהתאם לאזור הטופוגרפי. רוחב זכות הדרך הבסיסי נקבע לפי תמ"א 3 עבור אזור טופוגרפי מישורי. יש לצרף לזכות הדרך הנ"ל ולעגן בתב"ע את התוספות הנדרשות ע"י עבודות העפר, ומתקנים שונים כגון מערכות ניקוז.

### 2.3.2 תיאור הדרכים השונות בסיווג התפקודי

ההגדרות, התפקידים והמאפיינים של הדרכים השונות בסיווג התפקודי מתוארים בסעיף זה ומרוכזים בטבלה 2.5.

**טבלה 2.5:** סיווג הדרכים ומאפייניהן

מאפייני הדרך	סוג הדרך			
	מהירה	"מעויירת" (פרברית) מהירה <sup>(1)</sup>	ראשית	אזורית
יחס ניידות- נגישות	ניידות אופטימלית ללא נגישות	ניידות אופטימלית ללא נגישות	ניידות עדיפה על נגישות	ניידות שווה לנגישות
בקרת הגישות	מלאה	מלאה	מלאה או חלקית	חלקית או מצומצמת <sup>(4)</sup>
מאפייני זרם התנועה	זרימה חופשית	זרימה חופשית	זרימה בלתי מופרעת להוציא אזורים מתומררים	זרימה מופרעת
מהירות התכן (קמ"ש)	100-120	90-110	דו-מסלולית: 80-110 חד-מסלולית: 60-80	דו-מסלולית: 80-100 <sup>(5)</sup> חד-מסלולית: 60-80
רמת השירות לתכן <sup>(3)</sup>	C באזור לא רגיש, D בשאר	D	D	D, E באזורי רגישות גבוהה
מספר מסלולים	2 לפחות	2 לפחות	בד"כ 2, לעתים 1	בד"כ 1, לעתים 2

(1) דרך מסוייגת גישה במלואה, בעלת תדירות מחלפים גבוהה, העוברת באזורים מטרופוליניים ועירוניים קיימים או מתוכננים, משרתת נפחי תנועה גבוהים, ומחברת בין רשת הדרכים הארצית לרשת הדרכים העירונית.

(2) דרך מקומית/גישה דלת תנועה תוגדר כדלהלן:

א.  $AADT < 1500$ ,  $DHV < 150$  (לשני הכיוונים);

ב. אורך עד 10 ק"מ;

ג. מובילה למחולל תנועה אחד או שניים;

ד. משמשת בעיקר יוממים.

(3) הגדרת רמות השרות בהתאם ל-HCM הישראלי.

(4) בקרה חלקית לדרך דו-מסלולית ובקרה מצומצמת לדרך חד-מסלולית.

(5) רק עבור דרך ממוחלפת במלואה – 80-110 קמ"ש.

## א. דרך מהירה

לפי תקנות התעבורה, בדרכים אלה מותרת התנועה לכלי רכב מנועיים בלבד, המסוגלים ומורשים לנסוע במהירות של 55 קמ"ש לפחות.

מבחינה תפקודית, יש להדגיש שתפקידה של הדרך המהירה הוא לא רק להעביר נפחי תנועה גדולים, אלא להעבירם בתנאים של מהירויות גבוהות ושל זרימה חופשית. בהתחשב באופי הדומיננטי של התנועה העוברת, המאפיינים העיקריים של הדרך המהירה הם: ניידות אופטימלית ואי נגישות לקרקע הגובלת.

דרך מהירה הינה בעלת שני מסלולים מופרדים או יותר, שכל אחד מהם בן שני נתיבים לפחות. מספר הנתיבים במסלול נקבע על בסיס נתוני נפח התנועה ונפח השירות.

בקרת הגישות בדרכים המהירות היא מלאה, כלומר ההתחברות עם דרכים אחרות היא באמצעות מחלפים בלבד. תחום מהירויות התכן המומלץ בדרכים מהירות הנו בין 100 ל-120 קמ"ש, בהתאם לרמת הרגישות של האזור. רמת השירות המומלצת לתכן דרכים מהירות היא רמת שירות C באזור בעל רגישות נמוכה ו-D בשאר. קצבי זרימת שירות מרביים לרמות שירות אלה לפי HCM הישראלי הם 1600-2200 מכוניות נוסעים (יר"ם/ית"ן) לנתיב לשעה (1600-1840 לרמת שירות C, ו-2065-2200 לרמת שירות D), למהירויות זרימה חופשית של 100-120 קמ"ש לפי תנאי הדרך. רמת השירות נקבעת לפי צפיפות התנועה (כ"ר נוסעים לק"מ לנתיב).

## ב. דרך מעויירת/פרברית מהירה

המאפיינים העיקריים של הדרך המעויירת המהירה דומים לדרך המהירה: שני המסלולים מופרדים, בקרת גישות מלאה, כניסה לרכב מנועי בלבד, ניידות מרבית והיעדר נגישות ישירה – כל אלה מתקיימים, גם אם משיקולים שונים, הדרך אינה מוגדרת בתמרוך כמהירה.

דרכים אלה מיועדות להגעה או לחצייה של אזורים מטרופוליניים, וכתוצאה מכך יהיו בעלות תדירות מחלפים גבוהה מאשר הדרכים המהירות הבין-עירוניות, ומחלפים גם עם רחובות עירוניים, ולא רק עם דרכים בין-עירוניות. הן תאופיינה ברמות גודש שונות והתפלגות יומית אחרת מהדרכים המהירות שמחוץ לאזורים המטרופוליניים. מרחקי הנסיעה בהן קצרים מאשר בדרכים המהירות הבין-עירוניות.

עקב כל זאת, הדרכים המעויירות יאופיינו במהירויות יעוד ותכן נמוכות בכ-10 קמ"ש מהדרכים המהירות ברמות רגישות סביבתית מקבילות, וברמת שירות נמוכה יותר לתכן באזורי רגישות נמוכה (D). ברמת שירות זו, קצב זרימת השירות המרבי בדרכים אלו לפי HCM הישראלי הוא 1955-2135 כ"ר נוסעים לנתיב לשעה למהירות זרימה חופשית 90-110 קמ"ש. רמת השירות נקבעת לפי צפיפות התנועה (כ"ר נוסעים לק"מ לנתיב).

## ג. דרך ראשית

דרכים ראשיות נועדו להעביר כמויות גדולות של תנועה בין חבלי ארץ שונים במהירויות גבוהות. ביחד עם הדרכים המהירות, נועדו דרכים אלו לשמש כרשת דרכים המקשרת בין ערים המושכות אליהן אחוז



גדול של נסיעות המאופיינות בטווחן הארוך. באזורים בהם ביקוש התנועה איננו מצדיק דרכים מהירות, משמשות הדרכים הראשיות כסוג הגבוה ביותר של הדרכים ברשת.

הדרכים הראשיות מספקות רמת ניידות גבוהה לנסיעות לא קצרות. מאחר שאין ממטרותן של דרכים אלו לספק גישות תכופות לקרקע הסמוכה לדרך, ניתן להגביל גישות אלה. בקרת הגישות בדרכים הראשיות היא חלקית. חשוב להדגיש שסוג בקרת הגישות הינו ההבדל העיקרי בין דרכים מהירות לבין דרכים ראשיות דו-מסלוליות.

השאיפה היא שכל הדרכים הראשיות יהיו בנות שני מסלולים מופרדים, שכל אחד מהם בן שני נתיבים לפחות. במקרים מיוחדים, כאשר מתקיימים המאפיינים של דרך ראשית, אך נפח התנועה אינו מצדיק ביצוע דרך דו-מסלולית, אפשר לבצע דרך חד-מסלולית דו-נתיבית כשלב ביניים, אם כי רצוי ליישם אמצעי ביניים לשיפור התפעול והבטיחות, כדוגמת נתיבי עקיפה, כמפורט בפרק 3 להלן.

דרכים ראשיות ממוחלפות במלואן יתוכננו למהירויות תכן גבוהות יותר מאשר דרכים ראשיות שאינן ממוחלפות, אם כי למהירויות תכן נמוכות מאשר דרכים מהירות בתנאים דומים, היות שבדרכים הראשיות יש גם משתמשי דרך אחרים, תחבורה ציבורית וכיוצ"ב.

בכל הדרכים הראשיות, רמת השירות לתכן תהיה D. בדרכים ראשיות ממוחלפות, קצבי זרימת השירות המרביים יהיו דומים לדרכים המעויירות המהירות. בדרכים הדו-מסלוליות שאינן ממוחלפות, הקצב ינוע בין 1705-2015 מכוניות נוסעים לנתיב לשעה, עבור מהירות זרימה חופשית של 80-100 קמ"ש בהתאמה. רמת השירות בדרך ראשית דו-מסלולית נקבעת לפי צפיפות התנועה (כ"ר נוסעים לק"מ נתיב). בדרך ראשית דו-נתיבית, רמת השירות נקבעת לפי אחוז זמן העקיבה ומהירות הנסיעה הממוצעת (HCM ישראלי).

#### ד. דרך אזורית

לדרכים האזוריות תפקיד כפול: לשרת נסיעות בעלות אורך בינוני, ולהזין את הדרכים הראשיות. עליהן להיות בעלות דרגה מסויימת של ניידות מחד, ולשרת את הקרקע הגובלת מאידך. זרימת התנועה נקטעת על ידי הרימזור בצמתים עם דרכים אחרות. בקרת הגישות בדרכים אזוריות היא חלקית עבור דרך דו-מסלולית, ומצמצמת עבור דרך חד-מסלולית (סוגי בקרת הגישות הוגדרו בסעיף 2.3.1 לעיל).

רמת השירות המומלצת לתכן דרכים אזוריות היא רמת שירות D באזורים בעלי רמת רגישות שאינה גבוהה, E-ו ברמה גבוהה. תחום מהירויות התכן המומלץ בדרכים האזוריות הינו בין 60 ל-100 קמ"ש, בהתאם למספר המסלולים ולרמת הרגישות של הסביבה. רק בדרכים ממוחלפות במלואן ניתן ליישם גם מהירות תכן 110 קמ"ש.

קצב זרימת השירות המרבי לדרך חד-מסלולית במהירות התכן המרבית היא כ-1830 מכוניות נוסעים לשעה לשני הכיוונים יחד לרמת שירות D, ו-3200 מכוניות נוסעים לשעה לשני הכיוונים יחד לרמת שירות E (קיבולת הדרך). במקרים בהם מתקיימים המאפיינים של הדרך האזורית אך נפח התנועה

התכנוני גדול מכוסר העברה זה, מומלץ לתכנן דרך דו-מסלולית, או ליישם חתכי ביניים כמפורט בפרק 3.

רמת השירות לדרך דו-מסלולית נקבעת לפי צפיפות התנועה (מכוניות נוסעים לק"מ לנתיב), ולדרך דו-נתיבית – לפי אחוז זמן עקיבה ומהירות נסיעה ממוצעת (במהירות תכן גבוהה 80-90 קמ"ש), או לפי אחוז זמן עקיבה בלבד (במהירות תכן נמוכה 60-70 קמ"ש).

#### ה. דרכים מקומיות וגישה

תפקידן העיקרי של דרכים מקומיות וגישה הוא לספק גישות לשימושי הקרקע הגובלים. דרכים אלו משרתות נסיעות קצרות או קצות נסיעה. לדרכים אלו אין, כאמור, דרישה לניידות במהירות גבוהה, ולכן בקרת הגישות מצומצמת. דרכים מקומיות אופייניות הן חד-מסלוליות, ולכן תחום מהירויות התכן המומלץ הינו בין 60 ל-80 קמ"ש, בהתאם לדרגת הרגישות של האזור. רמת השירות המומלצת לתכן דרכים מקומיות הינה רמת שירות E. רמת השירות תחושב בהתאם ל-HCM הישראלי לפי אחוז זמן עקיבה (דרך דו-נתיבית).

תת-סיווג של דרכים דלות-תנועה הוגדר בסעיף 2.1.3. בדרכים אלה תיתכן הפחתה בקריטריוני תכן מסויימים, כמפורט בפרקים המתאימים.

טבלה 2.5 מרכזת כאמור את מאפייני הדרכים השונות.

### 2.3.3 הגדרות תכנוניות לשלב הביצוע לדרך דו-מסלולית הנסללת בשלב ראשון כחד-מסלולית

התכנון והמאפיינים המפורטים בפרק זה לדרכים השונות, הינם לתנאים הסופיים המתוכננים לתקופת האופק התכנוני. עם זאת, ייתכנו מקרים בהם, משיקולים שונים כגון התפתחות הרשת, התפתחות שימושי קרקע וכיוצ"ב, הדרך עדיין לא נזקקת עם פתיחתה למיצוי מלא של קיבולתה התחבורתית, ולכן ייתכן שלא יידרש מיד עם הפתיחה החתך המלא המתוכנן של הדרך מבחינת מספר המסלולים או הנתיבים. במקרה כזה, אפשר שלמרות שהדרך תוכננה כדו-מסלולית לשלב הסופי, ייפתח בשלב הראשון רק מסלול אחד לתנועה. מצב כזה מעמיד אתגר לא פשוט בפני המתכנן, מאחר שבהנחיות הנוכחיות יש בידול מובהק בין קריטריוני התכן לדרכים חד-מסלוליות לעומת דרכים מחולקות, וזאת במטרה להבטיח לכל סוג דרך את קריטריוני התכן הבטיחותיים המתאימים לו.

כדי לא לגרום לדרך להיות בקריטריונים בטיחותיים ירודים לאחר הכפלתה, יתוכנן גם המסלול הראשון לפי מהירות התכן הסופית של הדרך המחולקת, שתהיה גבוהה מאשר מהירות התכן לדרך חד-מסלולית. עם זאת, המהירות המרבית המותרת תהיה מוגבלת במצב הדו-סיטרי, בהתאם לקריטריונים שנקבעו בסעיף 4.5 ב-"הנחיות לקביעת מהירות ברשת הדרכים" מ-2010. חתך הרחב של המסלול יהיה בהתאם לחתך הרחב הדרוש לדרך חד-מסלולית למהירות תכן 80 קמ"ש ומעלה לפי פרק 3, ויישקל הצורך בנתיבי עקיפה או זחילה לשלב החד-מסלולי, כמפורט בסעיף 3.9 באותו פרק, לרבות תכנון אמצעי הפרדה 'רכים' בין הכיוונים למניעת תאונות. במידה שנפח התנועה והרכבה מצדיקים

בניית נתיב עקיפה בקטע ספציפי, יש לשקול את הרחבת הדרך בקטע זה לחתך הדו-מסלולי הסופי כבר בשלב זה, במידה שזה אפשרי מבחינה תקציבית וביצועית. מאפייני התכן לתוואי האופקי והאנכי יתוכננו בהתאמה למצב הסופי, כדי למנוע את הצורך בשינויים מרחיקי לכת ובהפרעות לתנועה בשלב ההרחבה של הדרך. **תשומת לב מיוחדת יש להקדיש לקיום דרישות מרחקי הראות לעקיפה בשלב החד-מסלולי**, שכן בגלל שאינם קריטריוני תכן לשלב הסופי, הם עלולים להיות בחסר בשלב הביניים. לפיכך יש לשקול יישום נתיבי עקיפה כאמור לעיל בשלב הביניים. כן יש לשים לב לכך, שגובה החפץ לתכנון לעצירה בדרך חד-מסלולית נמוך מאשר בדרך מחולקת, כמתואר בסעיף 4.6 להלן, ולכן יש לוודא בהתאם שרדיוסי העקומים האנכיים יאפשרו קיום מרחק הראות הדרוש למהירות הגבוהה ב-10 קמ"ש מהמהירות המותרת הזמנית המתוכננת, ושמרחקי הראות נבדקים במסלול זה לשני כיווני הנסיעה, ולא רק לכיוון הנסיעה באותו מסלול בשלב הסופי.

## פרק 3: החתך לרוחב הדרך

### תוכן עניינים

3-1	מבוא	3.1
3-1	רוחב הכביש	3.2
3-1	מבוא	3.2.1
3-2	רוחב הנתיב בדרך ישרה	3.2.2
3-2	אופן מדידת הרוחב	3.2.3
3-3	רוחב הנתיב בעקום אופקי	3.2.4
3-3	שולי הדרך	3.3
3-3	תפקידי השוליים	3.3.1
3-4	רוחב השוליים	3.3.2
3-5	אופן מדידת הרוחב	3.3.3
3-5	פני השוליים	3.3.4
3-6	המפרדה	3.4
3-6	מטרות המפרדה	3.4.1
3-7	רוחב המפרדה	3.4.2
3-7	אופן המדידה	3.4.3
3-8	פני המפרדה	3.4.4
3-8	השיפועים לרוחב הדרך	3.5
3-8	מבוא	3.5.1
3-8	השיפוע לרוחב הכביש בקטעים ישרים	3.5.2
3-8	השיפוע לרוחב השוליים בקטעים ישרים	3.5.3
3-9	השיפוע לרוחב המפרדה בקטעים ישרים	3.5.4
3-9	השיפוע לרוחב הכביש והשוליים בעקומים אופקיים ובמעברי שיפועים	3.5.5
3-9	שיפועי מדרונות לצידי הדרך	3.6
3-10	תכן סלחני ובטיחותי של חתך הדרך	3.7
3-10	כללי	3.7.1
3-10	מאפייני צידי הדרך לביטול הצורך במעקה בטיחות	3.7.2
3-11	הצבת מעקות בטיחות	3.7.3

<b>3-11</b> .....	<b>חתיים אופייניים</b>	<b>3.8</b>
<b>3-21</b> .....	<b>חתי ביניים</b>	<b>3.9</b>
3-21 .....	מבוא	3.9.1
3-22 .....	נתיבי עקיפה	3.9.2
3-22 .....	הצדקים ושיקולי בטיחות	3.9.2.1
3-23 .....	יישום ותכן גיאומטרי	3.9.2.2
3-27 .....	חתיים אופייניים	3.9.2.3
3-29 .....	נתיבי זחילה (נתיבי עקיפה בשיפוע)	3.9.3
3-29 .....	הגדרה ויעד	3.9.3.1
3-29 .....	הצדקים למתן נתיבי זחילה בדרך דו-נתיבית	3.9.3.2
3-31 .....	הצדקים למתן נתיבי זחילה בדרך דו-מסלולית	3.9.3.3
3-32 .....	מיקום נתיבי הזחילה	3.9.3.4
3-33 .....	המרכיבים הגיאומטריים של נתיב הזחילה	3.9.3.5
3-39 .....	חתך 1+1	3.9.4
3-39 .....	הצדק בטיחותי	3.9.4.1
3-40 .....	חתיים אופייניים	3.9.4.2

## פרק 3: החתך לרוחב הדרך

### 3.1 מבוא

חתך הרוחב של הדרך קובע במידה רבה את חזותה של הדרך ואת התיפקוד התנועתי שלה. קביעת חתך הרוחב מהווה איזון בין אילוצים סביבתיים, כלכליים וחזותיים, לבין שיקולים תנועתיים, תפקודיים ובטיחותיים. חתך הרוחב של הדרך הבין-עירונית כולל את הכביש, השוליים, המפרדה, תעלות ניקוז, מדרונות חפירה ומילוי, ומתקני בטיחות ושירות שונים לאורך הדרך, כגון מעקות בטיחות, תאורה, מעבירי מים וכיוצ"ב.

מרכיבי חתך הרוחב הכולל של הדרך מושפעים משורה של גורמים: סיווג הדרך, מהירות התכן שלה, הטופוגרפיה, מאפייני התנועה (הנפח התכנוני וסוגי כלי-הרכב), חומרי הסלילה, שיקולים בטיחותיים, שיקולי תחזוקה, ניקוז, עלויות, תנאים אקלימיים ושימושי קרקע.

פרק זה מפרט את הנחיות התכן למרכיבים של החתך לרוחב. לפרק שני חלקים – החלק הראשון (סעיפים 3.2-3.8) עוסק בחתכים הסטנדרטיים (חד ודו-מסלולי), וחלקו השני (סעיף 3.9) בחתכי ביניים מיוחדים (נתיבי עקיפה, נתיבי זחילה, 1+1), שחלקם מופיע לראשונה בהנחיות אלה. לפתרונות נוספים העוסקים בהתאמת חתך הרוחב למשתמשים מיוחדים (אופניים ותחבורה ציבורית), ראו פרק 9 להלן (אופניים) ופרק 10 (תחבורה ציבורית – תח"צ).

### 3.2 רוחב הכביש

#### 3.2.1 מבוא

רוחב נתיבי הכביש הוא הגורם בעל ההשפעה הגדולה ביותר על נוחות הנסיעה ובטיחותה. בדרך חד-מסלולית דו-נתיבית נועד רוחב הנתיבים לאפשר הן תנועת כלי-רכב זה מול זה, והן יציאת רכב לנתיב הסמוך לשם עקיפת רכב הנוסע לפניו באותו כיוון. בדרך מחולקת רב-נתיבית אמור רוחב המסלול לאפשר תנועה בלתי מופרעת של כלי-רכב בכל הנתיבים במקביל. בשני המקרים צריך רוחב הנתיב להספיק הן למרווח בטוח בין כלי-רכב רחבים (אוטובוסים ומשאיות), והן למרווח בין כלי-הרכב לקצה הנתיב או המיסעה, תוך השארת חופש תמרון לכלי-הרכב.

נתיב צר מדי מקשה על הנהגים להישאר בתוך הנתיב כאשר נוצר צורך לתקן את הכיוון, גורם לעלייה בהוצאות האחזקה של השוליים עקב ריבוי השימוש בהם לנסיעה, וכן לקיצור אורך חיי המיסעה עקב תיעול צר יותר של עקבות הרכב הכבד לרוחב הנתיב. נתיב צר גם גורר צורך בהרחבות גדולות בעקומים אופקיים. ככל שהנתיב פחות צר, הרגשת הנהגים נוחה יותר.

מאידך, רוחב נתיב מוגזם יחסית לנפח התנועה ולמהירות התכן, גורר חופש תמרון רב מדי על פני המיסעה, ועשוי לגרום לעלייה מוגזמת של מהירות התפעול.

לרוחב הנתיב יש גם השפעה על כושר ההעברה של הדרך, כמפורט במדריך HCM 2000 הישראלי (משהת"ח 2005). כל הפחתה ברוחב הנתיב מתחת ל-3.6 מטר מקטינה את מהירות הזרימה החופשית, ולכן את שיעור הזרימה ואת רמת השירות של הדרך.

### 3.2.2 רוחב הנתיב בדרך ישרה

לאור כל האמור לעיל, נקבע רוחב הנתיב בהתאם לגורמים הבאים:

- א. סיווג הדרך.
- ב. מהירות התכן.
- ג. נפח התנועה (בדרך מקומית וגישה).

בטבלה 3.1 מפורטים הערכים המומלצים לרוחב הנתיב עבור סוגי הדרכים השונות. תיאור הדרכים השונות על פי הסיווג התפקודי הוא בהתאם למפורט בסעיף 2.1 "סיווג הדרכים" בפרק 2 – "מדיניות תכן" של הנחיות אלה. הקשר בין מהירות התכן לתנאי האזור הוא כמפורט בסעיף 2.2 "מהירות התכן ומהירות הייעוד" באותו פרק.

הקריטריונים לקביעת רוחב הנתיב הם:

א. בכל הדרכים למעט דרכים מקומיות חד-מסלוליות דו-נתיביות, וכן אזוריות למהירות תכן עד 70 קמ"ש: 3.60 מטר. רוחב הנתיב בדרך דו-נתיבית בסיווג גבוה יהיה זהה לרוחב בדרך דו-מסלולית, מאחר שכפי שהוסבר בסעיף 2.2.3, החתך החד-מסלולי הוא בחלק מהמקרים שלב ביניים לפני ביצוע חתך דו-מסלולי מלא.

ב. בדרכים אזוריות דו-נתיביות במהירות תכן 60 או 70 קמ"ש – 3.30 מטר ו-3.50 מטר בהתאמה.  
ג. בדרכים מקומיות ודרכי גישה, בהן נפחי התנועה נמוכים, מהירויות התכן קטנות, מיעוט תנועה עוברת ורכב משא ואוטובוסים, ינוע הרוחב בין 3.50 מטר בדרך רגילה ל-3.00 מטר בדרך דלת-תנועה כמוגדר בסעיף 2.1.3 לעיל.

### רוחב הנתיבים לדרכים השונות מפורט בטבלה 3.1 ומוצג בתרשימים 3.1-3.8.

### 3.2.3 אופן מדידת הרוחב

רוחב הנתיב המוגדר בסעיף 3.2.2 יימדד כמפורט להלן:

א. **בדרך דו-נתיבית:** מציר המיסעה (אמצע הסימון הלבן 801, 803, 805, 806), ועד לתחילתו של קו הגבול הצהוב (807) המסמן את שפת הכביש.

ב. **בדרך רב-נתיבית:**

(1) בנתיב ימני: מאמצע קו הנתיב המקוטע (801), ועד לתחילתו של קו הגבול הצהוב (807) הסמוך לשול הימני.

(2) בנתיב אמצעי: בין אמצעי קווי הקטעים המקבילים (801) התוחמים אותו נתיב.

3) בנתיב שמאלי ("המהיר"): מאמצע קו הנתיב המקוטע שמימין לנתיב (801), ועד לתחילתו של קו הפרדה הלבן הכפול (803) שלשמאל הנתיב. כל רוחבו של קו הגבול הצהוב 807 או קו הפרדה הלבן הכפול 803, וכן המרחק מהם לקצה הכביש, לא ייכללו ברוחב הנתיב אלא ברוחב השול. המבנה המלא של המיסעה יימשך לכיוון השול מעבר לקצה הקו המסמן את שפת הנתיב (803 או 807), כמפורט בתרשימים 3.1-3.8.

### טבלה 3.1: רוחב הנתיב בקטע ישר לפי סיווג הדרך

רוחב הנתיב (מ')	מהירות תכן (קמ"ש) <sup>(1)</sup>	סוג הדרך
3.6-3.7 <sup>(2)</sup>	100-120	מהירה בין-עירונית
3.6	90-110	מהירה מעויירת / פרברית
3.6	80-100 <sup>(3)</sup>	דו-מסלולית ראשית / אזורית
3.6	60-80	חד-מסלולית ראשית
3.6	80	חד-מסלולית אזורית
3.5	70	
3.3	60	
3.0-3.5 <sup>(4)</sup>	60-80	חד-מסלולית מקומית וגישה

- 1) בהתאם להגדרות ולהסבר על תחום המהירויות בסעיף 2.2.
- 2) אפשרי רוחב 3.7 מ' למהירות תכן 120 קמ"ש.
- 3) רק עבור דרך דו-מסלולית ממוחלפת במלואה, אפשרית גם מהירות תכן של 110 קמ"ש.
- 4) 3.0 מ' בדרך דלת-תנועה.

### 3.2.4 רוחב הנתיב בעקום אופקי

בעקומים אופקיים ברדיוסים קטנים יש לעיתים צורך להרחיב את הנתיב. חישוב ההרחבה יוסבר בסעיף 5.4 בפרק "התוואי האופקי" של הנחיות אלה. הרוחב בתפניות דרך וברמפות יפורט בכרכים הבאים של הנחיות אלה, המוקדשים לצמתים ולמחלפים.

## **3.3 שולי הדרך**

### 3.3.1 תפקידי השוליים

השוליים הם השטח הצמוד במקביל למיסעה לכל אורכה משני צידיה – שול מכל צד. תפקידי השוליים הם:



- א. מתן שטח לעצירת כלי-רכב במקרה חירום או תקלה ולפעולות חילוץ, בלי שיפריעו לתנועה הזורמת בדרך.
- ב. "שטח מפלט" כדי לאפשר תמרון לנהג אשר חרג, תוך כדי נסיעה, מתחום הכביש, תוך איבוד שליטה או בניסיון למנוע פגיעה או תאונה.
- ג. סיוע בתמיכת מבנה המיסעה מצידיה.
- ד. הגדלת מרחקי הראות בעקומים אופקיים, בעיקר בחפירה.
- ה. סיוע בניקוז המים לרוחב המיסעה, ומניעת חתירה.
- ו. מתן הרגשת רוחב פנוי ממכשולים לנהגים, לניצול מלא של קיבולת הדרך, ולנוחות הנהיגה.
- ז. נתיב להפניית או להטיית התנועה בעת פעולות אחזקה בכביש.

### 3.3.2 רוחב השוליים

**א. משני צידי דרך חד-מסלולית דו-נתיבית ומימין למסלול בדרך מחולקת:**  
רוחב השול שמימין לכיוון הנסיעה נקבע כך, שיאפשר העמדת רכב משא בשול ועמידת אנשים לצידו, בלי שתיגרם הפרעה לתנועה וסיכון לרכב העומד ולנוסעיו. רוחב זה הוא 3.00 מטר. רק בדרכים חד-מסלוליות אזוריות, שהן בעלות מהירות תכן נמוכה ונפח תנועה ואחוז משאיות נמוך, וכן בדרכים מקומיות, ניתן להקטין את רוחב השוליים ל-2.0 או 2.5 מטר, כיוון שההסתברות לעצירת רכב משא או אוטובוס נמוכה, וחסימה חלקית של נתיב אחד אינה מפריעה באופן ניכר לתנועה.

**ב. משמאל למסלול (בשטח המפרדה) בדרך מחולקת בת 2 נתיבים למסלול:**  
השול השמאלי המהווה חלק מהמפרדה שבין שני המסלולים של דרך מחולקת, שבכל מסלול שלה רק שני נתיבים, אינו מיועד לשמש כשטח לעצירת חירום ולתנועת כלי-רכב איטיים ועוברי דרך אחרים, אלא בעיקר ל"שטח מפלט" למניעת תאונה ולהשתלטות על הרכב, בנוסף לתפקידים הרשומים בשורות ג'ז' בסעיף 3.3.1 לעיל. לאור זאת יהיה רוחב השול השמאלי של כל מסלול דו-נתיבי 1.20 מטר. בדרך פרברית/ מעויירת מהירה יחול כלל זה גם על מסלול תלת-נתיבי, בשל המרחק הקטן יותר בין מחלפים והימצאות מערכות בקרה.

**ג. משמאל למסלול (בשטח ההפרדה) בדרך מחולקת בת 3 נתיבים ומעלה למסלול:**  
במסלול בו יש 3 נתיבים או יותר לכל כיוון, עשוי נהג המצוי במצוקה בנתיב השמאלי ביותר להתקשות בחציית כל הנתיבים שמימינו לשול שבצד ימין. לכן יהיה השול שבצד שמאל ברוחב מלא הזהה לרוחב השול שבצד ימין, דהיינו 3.0 מטר. בדרך פרברית/מעויירת מהירה יחול כלל זה על מסלול שבו 4 נתיבים ויותר.

**ד. מעקות בטיחות:**  
התקנת מעקה בטיחות בשול מחייבת להרחיב את המיסעה מעבר למעקה בשיעור הסטייה הדינמית או הרוחב הפעיל למעקה, בהתאם לנסיבות, בנוסף למידות הרשומות לעיל. רוחב זה דרוש להצבת המעקה ולהבטחת תפקודו הנאות. ראו פירוט נוסף בסעיף 3.7.3 להלן.

במפרדה יש להבטיח את הרוחב הפעיל מכל צד של המעקה (מכל מסלול).

#### ה. עמודי תאורה:

במקרה בו נדרש להציב עמודי תאורה, יש להרחיב את השוליים עוד מעבר למידות לעיל לצורך ביסוס העמוד. אם העמודים אינם סלחניים ונדרש גם מעקה בטיחות, תוצב התאורה מעבר לרוחב הפעיל של מעקה הבטיחות.

#### רוחב השוליים לדרכים השונות מפורט בטבלה 3.2 ומוצג בתרשימים 3.1-3.8.

השוליים יהיו סלולים ויימשכו ברוחב אחיד לאורך כל הדרך משני צידיה. אם יש צורך בהצבת מכשולים נמשכים כגון מעקות בטיחות או עמודי תאורה כמפורט לעיל, הם ימוקמו כך שדופן המכשול הקרובה לכביש תימצא מעבר לרוחב השול המצויין לעיל, כדי לאפשר ניצול מלא של השול ללא חשש של הנהג מהקרבה למכשול. רוחב שול קטן יותר מקשה על התמרון של הנהגים, מהווה הפרעה, ומפחית את כושר ההעברה של הדרך, כמפורט במדריך HCM 2000 הישראלי.

#### 3.3.3 אופן מדידת הרוחב

רוחב השול יימדד באופן שיתאים להסבר שניתן בסעיף 3.2.3 לעיל לגבי רוחב הנתב. רוחב השוליים משני צידי דרך דו-נתיבית ומימין לדרך מחולקת נמדד החל מקצהו הקרוב לנתיב של קו הגבול הצהוב (807), וכולל את רוחב הסימון עצמו, כמפורט בתרשימים 3.1-3.8.

רוחב השול משמאל למסלול של דרך מחולקת, יימדד החל מהקצה הסמוך לכביש של קו הפרדה הלבן הכפול (803), וכולל את רוחב הסימון עצמו, כמפורט בתרשימים.

#### 3.3.4 פני השוליים

השוליים חייבים להיות יציבים ומהודקים כדי לשאת בעומס אקראי של כלי-רכב מכל הסוגים, בכל תנאי מזג אוויר.

מומלץ שהשוליים משני צידי המסלול יהיו מצופי שכבת אספלט, למען בטיחות הירידה לשוליים במהירויות גבוהות. הציפוי מקל על אחזקת השוליים, תורם לבטיחות, משפר את ניקוז המיסעה ומונע היווצרות הפרשי גובה בין המיסעה לשוליים עם הזמן.

ציפוי השול יבוצע לפחות לכל הרוחב הנתון בטבלה 3.2, ובמידה שיש עמודי תאורה, יבוצע אף לרוחב גדול יותר.

### טבלה 3.2: רוחב השוליים לפי סיווג הדרך

במפרדה משמאל למסלול בדרך דו-מסלולית				משני צידי דרך חד-מסלולית ומימין לדרך דו-מסלולית				מהירות התכן <sup>(1)</sup> (קמ"ש)	סוג הדרך
תוספת רוחב פעיל	מסלול 4 נתיבים	מסלול 3 נתיבים	מסלול 2 נתיבים	דרך מחולקת		דרך דו-נתיבית			
	רוחב שול שמאלי	רוחב שול שמאלי	רוחב שול שמאלי	תוספת רוחב פעיל	רוחב שול ימני	תוספת רוחב פעיל	רוחב שוליים		
(W) <sup>6</sup>	3.0	3.0	(1.2) <sup>5</sup>	(W) <sup>4</sup>	3.0	-	-	100-120	מהירה בין-עירונית
(W) <sup>6</sup>	3.0	(1.2) <sup>5</sup>	(1.2) <sup>5</sup>	(W) <sup>4</sup>	3.0	-	-	90-110	מעויירת/ פרברית מהירה
(W) <sup>6</sup>	3.0	3.0	(1.2) <sup>5</sup>	(W) <sup>4</sup>	3.0	-	-	(80-100) <sup>2</sup>	דו-מסלולית ראשית / אזורית
-	-	-	-	-	-	(W) <sup>4</sup>	3.0	60-80	חד-מסלולית ראשית
-	-	-	-	-	-	(W) <sup>4</sup>	3.0 (2.0/2.5) <sup>3</sup>	80 60-70	חד-מסלולית אזורית
-	-	-	-	-	-	(W) <sup>4</sup>	2.0	60-80	חד-מסלולית מקומית וגישה

- 1) בהתאם להגדרות ולהסבר על תחום המהירויות בסעיף 2.2.
- 2) רק עבור דרך דו-מסלולית ממוחלפת במלואה, אפשרית גם מהירות תכן של 110 קמ"ש.
- 3) המידה הקטנה למהירות תכן 60 קמ"ש, והמידה הגדולה למהירות תכן 70 קמ"ש.
- 4) W – הרוחב הפעיל הדרוש להצבת מעקה בטיחות לפי רמת התפקוד הנדרשת ובהתאם לסוג המעקה הנבחר.
- 5) אין לתכנן רוחב שבין 1.2-3.0 מ'.
- 6) (W) – כאשר אין מכשול בשטח המפרדה: רוחב המעקה עצמו (שאר הרוחב הפעיל חופף את השול, ובתנאי שאינו חורג לתוך הנתיב הנגדי). כאשר יש מכשול (כגון עמוד תאורה): תוספת הרוחב הפעיל הדרושה בשטח המפרדה היא 2W למעקות החד-צדדיים המותקנים, בתוספת רוחב המכשול.

## 3.4 המפרדה

### 3.4.1 מטרות המפרדה

שטח ההפרדה בין המסלולים נקרא מפרדה, ונועד ליצור מרווח בין הגבולות הפנימיים של שני מסלולים שכיווני הנסיעה בהם מנוגדים. אין לסלול דרך מחולקת (רב-נתיבית) ללא מפרדה.

מטרות המפרדה, מעבר לתפקידי השול שפרטו בסעיף 3.3.1 לעיל, הן:

א. ליצור מרווח לשול השמאלי משני הצדדים ולמעקה הבטיחות המפריד בין הנתיבים (על פי ההנחיות להצבת מעקות בטיחות בדרך בין-עירונית, חובה להציב מעקה בטיחות במפרדה בכל רוחב שהוא).

- ב. להוות "שמורת קרקע" לתוספת נתיבים בעתיד, אם יתווספו 'פנימה' ולא 'החוצה'.
- ג. להקטין סינוור בלילה.
- ד. להוות אתר למיקום מכשולים הכרחיים נוספים כגון: תאורה, ניציבי גשרים, תמרורים לקראת צמתים, מתקני ניקוז וכדומה.
- ה. לשפר את חזות התוואי.
- ו. במסלולים בעלי שלושה נתיבים ויותר – לשמש כשול-חירום שמאלי (בדרך פרברית/מעויירת מהירה במסלול בן 4 נתיבים).
- ז. לאפשר הפרשי רום בין מסלולים.
- ח. שטח למתן נתיבי פנייה שמאלה לקראת צמתים ולהגנה על כלי-רכב חוצים ופונים (ידרוש הרחבות במפרדה צרה עם רוחב שול של 1.2 מ').

### 3.4.2 רוחב המפרדה

רוחב מפרדה ללא מכשולים נקבע כך, שיכלול את השול השמאלי של כל אחד משני המסלולים, ואת מעקה הבטיחות המפריד בין הכיוונים לרבות הרוחב הפעיל הדרוש להצבתו, ובתנאי שאינו חורג לנתיב הנגדי.

הרוחב המזערי של מפרדה ללא תאורה ומכשולים:

- א. בדרך מחולקת בת 2 נתיבים למסלול: 2.4 מטר בתוספת רוחב המעקה.
- ב. בדרך מחולקת בת 3 נתיבים למסלול (פרברית/מעויירת מהירה בת 4 נתיבים למסלול): 6.0 מטר בתוספת רוחב המעקה.
- ג. כאשר המפרדה כוללת שמורה לתוספת נתיב שלישי בכל כיוון (רביעי בדרך פרברית/מעויירת מהירה): 10.8-11.0 מטר (רוחב המספיק עבור הוספת שני נתיבי דרך מהירה, והרחבת השול השמאלי לרוחב מלא).

כאשר יש מכשול במפרדה (כמו תאורה, ניציבי גשר וכו'), יש להוסיף למידות לעיל את המידה הדרושה להצבת המכשול עצמו וכן רוחב מעקה חד-צדדי נוסף, והבטחת הרוחב הפעיל בין שני המעקות לבין המכשול.

### **3.1-3.5 האפשרויות השונות לתכנון המפרדה מוצגות בתרשימים**

### 3.4.3 אופן המדידה

רוחב המפרדה נמדד בין שני קווי ההפרדה הלבנים הכפולים (803) המסומנים לשמאלו של כל מסלול, וכולל את רוחב הקווים עצמם. רוחב המפרדה כולל בתוכו את רוחב השול השמאלי המפורט בסעיף 3.3 לעיל, כמתואר בתרשימים 3.1-3.5.

### 3.4.4 פני המפרדה

פני המפרדה חייבים להיות מצופי אספלט לפחות עד רוחב השול המצוין בטבלה 3.2, להבטחת תפקודם כשטח מילוט. שיפועי הרוחב במפרדה הם כמפורט בסעיף 3.5.4 להלן.

## 3.5 השיפועים לרוחב הדרך

### 3.5.1 מבוא

השיפוע לרוחב הדרך בקטע ישר נועד לנקז את המים לרוחב המיסעה, כך שלא יעמדו על פני הדרך, ללא תלות בשיפוע לאורך. זאת, להבדיל מהשיפוע לרוחב בקשת מעגלית, הנובע משיקולים דינמיים של נסיעת רכב בעקום אופקי. שיפוע צידי גדול משפר את איכות הניקוז, אך אינו נאה מבחינה חזותית ומקטין את נוחות הנהיגה, ולכן השיפוע לרוחב יהיה פשרה בין המאפיינים המנוגדים.

### 3.5.2 השיפוע לרוחב הכביש בקטעים ישרים

השיפוע לרוחב הכביש בקטעים ישרים תלוי בסוג המיסעה, כמפורט:

א. 2.0-2.5 אחוז במיסעה אספלטית.

ב. 1.5 אחוז במיסעת בטון.

כאשר הדרך מצויה בשיפוע קטן לאורך, יש להגדיל את השיפוע לרוחב, כמפורט בסעיף 6.2.2 בפרק "התוואי האנכי".

בקטע ישר בדרך דו-נתיבית, הנקודה הגבוהה ביותר בחתך לרוחב תהיה בציר בין שני הנתיבים, והשיפוע ירד לשני הצדדים לרוחב הנתיבים לכיוון השוליים.

בקטע ישר בדרך מחולקת, יינתן לכל מסלול שיפוע אחיד היורד כלפי השול הימני שלו (הנקודה הגבוהה ביותר בכל מסלול היא בקצה השמאלי שלו, בצד המפרדה).

### 3.5.3 השיפוע לרוחב השוליים בקטעים ישרים

#### א. דרך דו-נתיבית:

השיפוע לרוחב השוליים בקטעים ישרים בדרך דו-נתיבית ירד לכיוון החיצוני בשיפוע שאינו קטן משיפוע המיסעה. מידת השיפוע היא בהתאם לסוג השוליים:

(1) בשוליים מצופי שכבה אספלטית: 2-2.5 אחוז עם אפשרות הגדלה עד 4 אחוז לצורך שיפור הניקוז בשיפוע אורכי מתון.

(2) בשוליים גרנולריים מטופלי שטח הפנים: 3-4 אחוז.

(3) בשוליים גרנולריים ללא כל טיפול: 4 אחוז.

## ב. דרך מחולקת:

שיפוע השול החיצוני (הימני) בדרך מחולקת ייקבע בדומה לשיפועו בדרך דו-נתיבית. השול השמאלי (הפנימי בין שני המסלולים) בדרך מחולקת מהווה חלק מהמפרדה, ושיפועו הוא פועל יוצא של אופן ניקוז שטח זה, כמפורט בסעיף 3.5.4 להלן.

### 3.5.4 השיפוע לרוחב המפרדה בקטעים ישרים

השיפוע לרוחב המפרדה נקבע בהתאם לשיטת הניקוז של השוליים השמאליים של שני המסלולים, המהווים חלק מהמפרדה:

א. מפרדה שבמרכזה יש מעקה בטיחות ואין מערכת ניקוז, תצופה שכבת אספלט ותשופע לכיוון המסלול הסמוך בשיפוע רוחבי זהה לשיפוע בכביש, כך שניקוז כל מחצית שטח המפרדה ממעקה הבטיחות תבוצע לרוחב המסלול, לכיוון השול החיצוני.

ב. במפרדה שבמרכזה יש מערכת ניקוז, או במפרדה רחבה (בד"כ מעל 9.0 מטר), ישופעו השוליים שבמפרדה לכיוון ציר המפרדה, ושטח המפרדה שמעבר לרוחב השול ישופע בשיעור של 5% לעבר מרכז המפרדה, וינוקז במערכת תת-קרקעית.

### 3.5.5 השיפוע לרוחב הכביש והשוליים בעקומים אופקיים ובמעברי שיפועים

השיפוע לרוחב המיסעה בעקומים אופקיים ובמעברי השיפועים יבוצע בהתאם לתכנון ההגבהה ומעברי השיפועים, כמפורט בהמשך ההנחיות בסעיף 5.3 בפרק "התוואי האופקי".

## 3.6 שיפועי מדרונות לצידי הדרך

החתך הרוחבי של הדרך עשוי להימצא במילוי או בחפירה, בהתאם לתכנון "הקו האדום" בהתייחס לפני הקרקע. מיקום נקודות הדיקור של עבודות העפר (המילוי והחפירה) בחתך הרוחב עם המשך הקרקע הקיימת נקבע בהתאם לשיפועי המדרונות בהם מיישמים חתך זה. מחד, ככל ששיפועים אלה מתונים יותר, נפח עבודות העפר ועלות ביצוע הקטע גדולים יותר. מאידך, ככל שהשיפוע מתון יותר, גדלים בטיחות הנסיעה בקטע ויציבות המדרונות, אפשרויות השיקום הנופי וכיוצ"ב – ראו פירוט ב"תבחיני תכן למזעור הפגיעה בקרקע ובסביבה בדרכים בין-עירונית" (משרד התחבורה 2010).

שיפוע המדרון אותו ניתן לבצע, נובע משיקולי מכניקת הקרקע של החומר הקיים באתר, וביכולת לייצב אותו באמצעים חיצוניים כגון צמחייה או רשת, ויציבות המדרונות תיקבע משיקולים אלה.

השיפוע הצידי המרבי למדרון, המומלץ משיקולים בטיחותיים (מניעת נזק לרכב העוזב את המיסעה עקב איבוד שליטה), נע בין 1:4 ל-1:6 במילוי (שיפוע יורד, foreslope) ו-1:3 עד 1:6 בחפירה (שיפוע עולה, backslope), כאשר בשיפועי צד חריפים יותר יש להציב מעקה בטיחות בקצה השול הסמוך, כמפורט בסעיף 3.7 להלן.

## 3.7 תכן סלחני ובטיחותי של חתך הדרך

### 3.7.1 כללי

רצוי לתכנן את מרכיבי הדרך על סמך תפיסת התכן המאפשרת נוחיות ובטיחות מרבית גם למיעוט הנהגים הנקלעים למצוקה. גישה זו מכונה בשם תכן דרך "סלחנית" (forgiving road design), ומטרתה ליצור תנאי דרך בהם חומרת ההשלכות מעזיבת הדרך ע"י כלי-הרכב תהיה נמוכה עד כמה שאפשר. תנאי דרך סלחניים אמורים לאפשר לנהג הרכב הסוטה מדרכו לתקן את הטעות ולחזור למסלול נסיעתו, ואם לא – לעצור בבטחה בצד הדרך.

הבטחת תנאי דרך סלחניים הינה בהרחקת הסכנות בצידי הדרך ובהבטחת אזור מפלט לרכב שסוטה מדרכו; בתפיסה זו יש לתכנן את מרכיבי חתך הדרך במימדים מרביים עד כמה שהדבר סביר, ובכך לתרום לנוחיות הנסיעה ובטיחותה, מבלי להזדקק למעקות בטיחות, ומכשולים קשיחים כגון עמודי תאורה יותקנו כך שיהיו סלחניים בעת התנגשות.

כאשר לא ניתן להרחיק את המכשולים או לעשותם לשבירים בעת ההתנגשות, יש להשתמש במגינים מפני הסכנות, כאשר צורתם הנפוצה ביותר היא מעקות בטיחות<sup>(1)</sup>.

### 3.7.2 מאפייני צידי הדרך לביטול הצורך במעקה בטיחות

רצוי לתכנן את צידי הדרך כך שיוכלו לשמש כאזור מפלט לרכב שסטה מנתיבו. במידה ואזור המפלט מתקיים, אין צורך בהתקנת מעקה בטיחות.

אזור המפלט הינו רצועת שטח נקייה ממכשולים המקבילה למיסעה, שתחילתה בקצה המיסעה, ואשר כוללת את שולי הדרך ומדרון מתון בחפירה או במילוי, והמאפשרת לנהג רכב שסטה מנתיבו לבלום או להאט ללא תאונה בתוך רצועת שטח זו.

מאפייני חתך הדרך אשר יש לדון בהם כדי לשפר את השטח בצד הדרך הם:

- רוחב צידי הדרך בכלל, ורוחב כל מרכיב בפרט.
- שיפועים מתונים מעבר לשוליים, במילוי ובחפירה.
- מכשולים בצידי הדרך – סוגם ומרחקם מקצה המיסעה.

לפירוט ראו פרק 2 "תכנון פרטי הדרך לביטול הצורך במעקה" ב"הנחיות לבחירה ולהצבה של מעקות בטיחות קבועים בדרכים בין-עירוניות", בהוצאת משרד התחבורה, במהדורתן העדכנית, וכן "הנחיות לבחירה ולהצבה של עמודים סלחניים" בהוצאה כנ"ל.

(1) צורה אחרת היא סופגי אנרגיה שמאפשרים פתרון נקודתי למיגון הסכנות – ראו "הנחיות לבחירה ולהצבה של סופגי אנרגיה", משרד התחבורה, 2004.

### 3.7.3 הצבת מעקות בטיחות

מעקה בטיחות נמשך המוצב בצידי הדרך, צריך להוות פתרון המועדף פחות לעומת תכנון או שיפור של חתך הדרך לביטול הצורך במעקה, כמפורט בסעיף 3.7.2. זאת, היות שהמעקה עצמו עלול להפוך לגורם המגדיל את שכיחותן של תאונות מסוג מסויים, או את חומרתן של תאונות אחרות. לכן, יש בכל מקרה לשקול אם התאונה המתרחשת במקום מסויים בשולי הדרך, תסתיים בדרגת חומרה קשה יותר עם מעקה או בלעדיו.

במקרים בהם לא ניתן להפוך את צידי הדרך לאזור מפלט לרכב שסטה מנתיבו, וכמו כן נמצא כי מעקה הבטיחות עשוי לתרום לצמצום של שכיחות ו/או חומרת התאונות באתר מסויים, מעקה הבטיחות מהווה חלק מתכן "דרך סלחנית".

מעקה הבטיחות נועד למלא שני תפקידים סותרים: מחד, לעצור את הרכב כדי למנוע ממנו לצאת מתחום הדרך, ומאידך, להפחית למינימום את הפגיעה בנוסעי הרכב. ככל שהמעקה קשיח יותר, הוא ימלא טוב יותר את הדרישה הראשונה, אך כדי למלא אחר הדרישה השנייה, על המעקה להיות גמיש. המעקה היעיל צריך, על כן, להימצא ב"שביל הזהב" בין דרישות מנוגדות אלה.

השיקולים להצבת מעקה הבטיחות נובעים משילוב של שני התנאים: ההסתברות שרכב יסטה מתחום הדרך, וההסתברות שהרכב יתקל במכשול אשר יגרום לפגיעה בנוסעים או לנזקים לרכב. המכשול הוא, לרוב, עצמים קבועים כגון: עמודי תאורה ושילוט, מעקה גשר, תעלה עמוקה, סלע וכו', או כלי-רכב אשר נוסע בכיוון הנגדי. מבחינת הצורך בהצבת המעקה, יש לשקול האם הנזק הנגרם לאחר הצבת המעקה אינו גדול יותר מאשר הנזק לרכב ולנוסעים אשר היה נגרם באותם התנאים ללא המעקה. כמו כן, יש לשקול תחילה האם אפשר לתכנן את סביבת הדרך בצורה שלא תצריך מעקה כלל. עקב שיקולים אלה, ניתן להתייחס למעקה הבטיחות כאל אלמנט מפריע אך חיוני, אותו מציבים רק כאשר הנזק שלאחר הצבתו קטן יותר מהנזק אשר היה נגרם לולא הוצב, או לו נבחרה חלופה אחרת.

לפירוט ראו פרקים 3 – "הצדקים להצבת מעקות בטיחות", 4 – "הגדרות התנאים לבחירת מעקות בטיחות" ו-5 – "פרטי הצבה של מעקות הבטיחות" ב-"הנחיות לבחירה ולהצבה של מעקות בטיחות בדרכים בין-עירוניות", במהדורתן העדכנית.

### 3.8 חתכים אופייניים

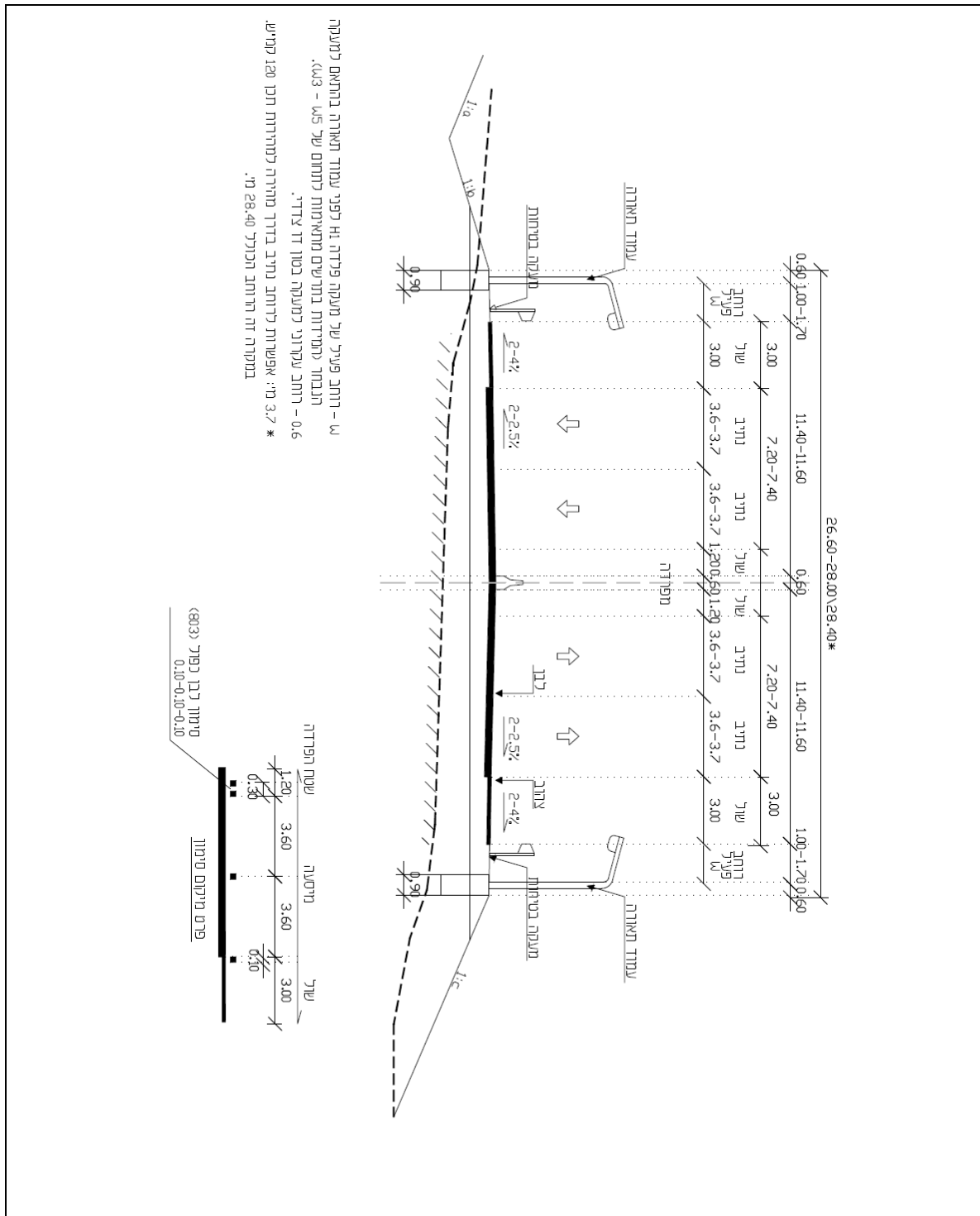
תרשימים 3.1-3.8 מציגים חתכי רוחב אופייניים למספר טיפוסים של דרכים בין-עירוניות, כמפורט:

- תרשים 3.1: חתך טיפוסי לרוחב דרך דו-מסלולית (מהירה או מעויירת/פרברית מהירה או ראשית או אזורית) בת 4 נתיבים, עם תאורה בצידי הדרך.
- תרשים 3.2: חתך טיפוסי לרוחב דרך דו-מסלולית (מהירה או ראשית או אזורית) בת 4 נתיבים, עם תאורה במפרדה.

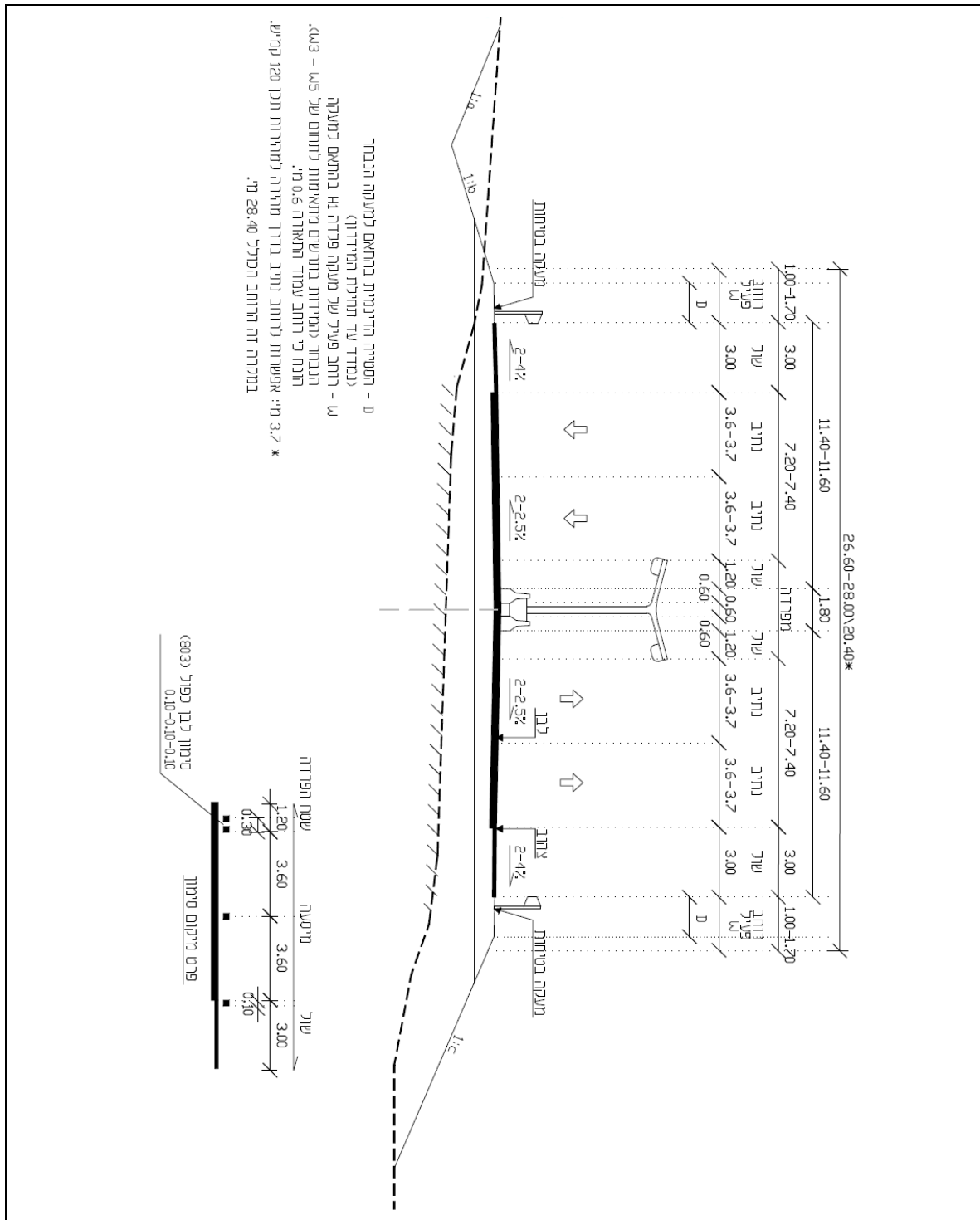


- תרשים 3.3: חתך טיפוסי לרוחב דרך דו-מסלולית (מהירה או ראשית או אזורית) בת 6 נתיבים, עם תאורה בצידי הדרך.
  - תרשים 3.4: חתך טיפוסי לרוחב דרך דו-מסלולית מעויירת/פרברית מהירה בת 6 נתיבים, עם תאורה בצידי הדרך.
  - תרשים 3.5: חתך טיפוסי לרוחב דרך דו-מסלולית (מהירה או ראשית או אזורית) בת 6 נתיבים, עם תאורה במפרדה.
  - תרשים 3.6: חתך טיפוסי לרוחב דרך חד-מסלולית דו-נתיבית ראשית, וכן אזורית למהירות תכן 80 קמ"ש.
  - תרשים 3.7: חתך טיפוסי לרוחב דרך אזורית חד-מסלולית דו-נתיבית למהירות תכן 60-70 קמ"ש.
  - תרשים 3.8: חתך טיפוסי לרוחב דרך מקומית או גישה חד-מסלולית דו-נתיבית.
- כל תרשים מציג את מרכיבי חתך הרוחב הרלוונטיים לאותו סוג דרך, על פי הנתונים שהוצגו בסעיפים לעיל ובטבלאות 3.1, 3.2.

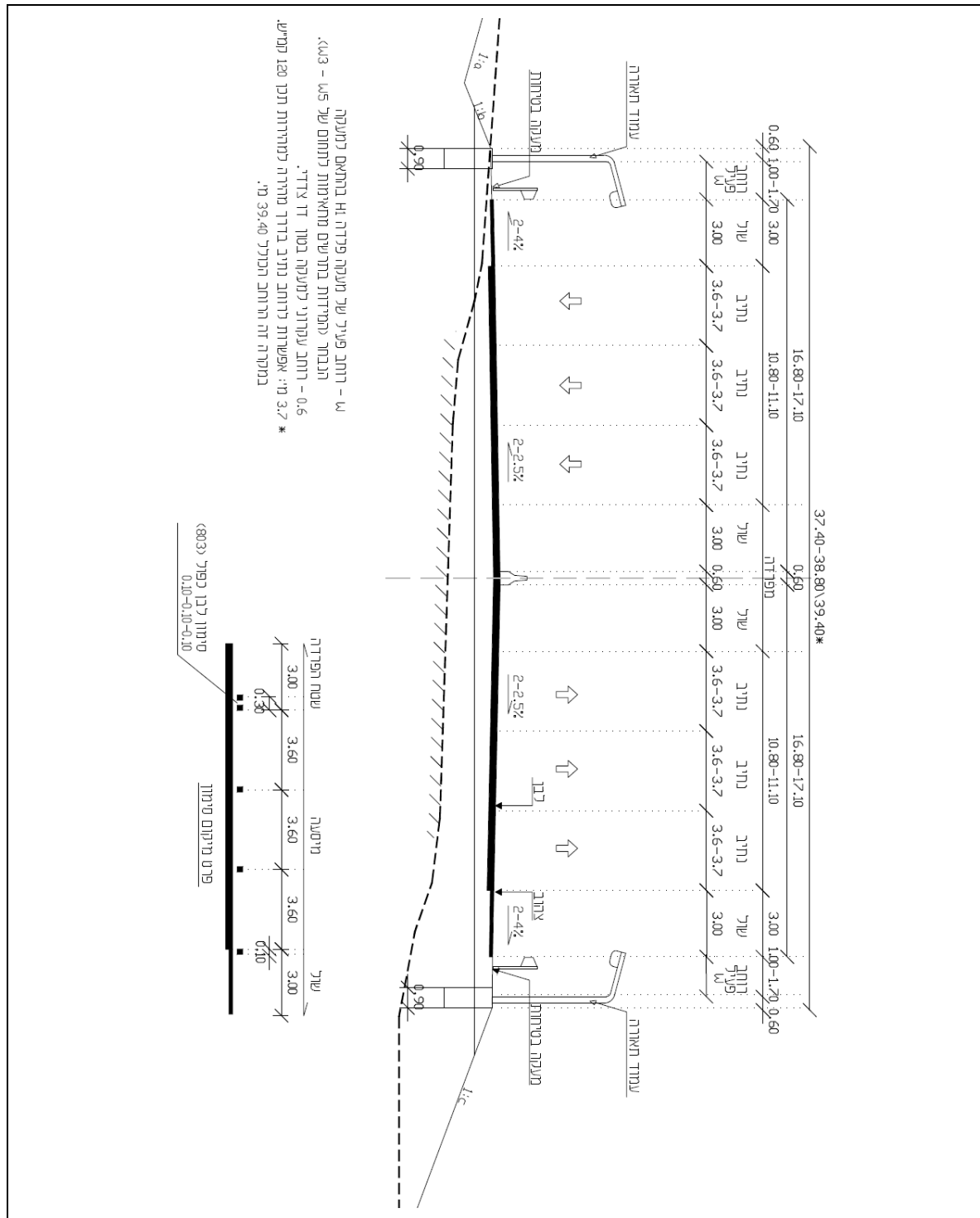
בדרכים המחולקות הבין-עירוניות מוצגות שתי חלופות למיקום התאורה בחתך – בצד או במפרדה. בדרך מעויירת/פרברית מהירה מוצגת רק אפשרות של תאורה בצד. לצורך האחידות הוצגו כל התרשימים עם מעקות בטיחות, שהצבתם מחייבת הרחבת החתך, כמסומן בתרשים, והונח רוחב אחיד של 60 ס"מ למעקה בטון במפרדה, ורוחב אחיד נוסף של 60 ס"מ עבור עמודי התאורה, כאשר בסיס העמוד הוא ברוחב 90 ס"מ ובמפלס השול, ולכן אינו מהווה מכשול. נתוני הרוחב הפעיל למעקות הינם נתונים מייצגים לרמות התפקוד הבסיסיות של המעקות כפי שנקבעו ב"הנחיות לבחירה ולהצבה של מעקות בטיחות קבועים בדרכים בין-עירוניות", דהיינו רמה N2 לדרך חד-מסלולית ורמה H1 לדרך דו-מסלולית. תחום ערכי הרוחב הפעיל המייצגים נבחרו מתוך "התקני תנועה ובטיחות מאושרים להצבה בדרך" של הוועדה הבין-משרדית להתקני תנועה ובטיחות, מהדורת 2012. (גם במידה שנדרשת עלייה ברמת המעקות לרמה H2 לפי התנאים באותן הנחיות, יש דגמי מעקות רבים שלא יחייבו עלייה ברוחב הפעיל מעבר לתחום הנתון בתרשימים האופייניים. קיימים גם דגמי מעקות המאפשרים רוחב פעיל קטן יותר מ-W3 (לרמות אלה). בכל מקרה הנתונים עשויים להשתנות בהתאם להתעדכנות דגמי המעקות ובהתאם לפרטים הסטנדרטיים של החברה הלאומית לדרכים.



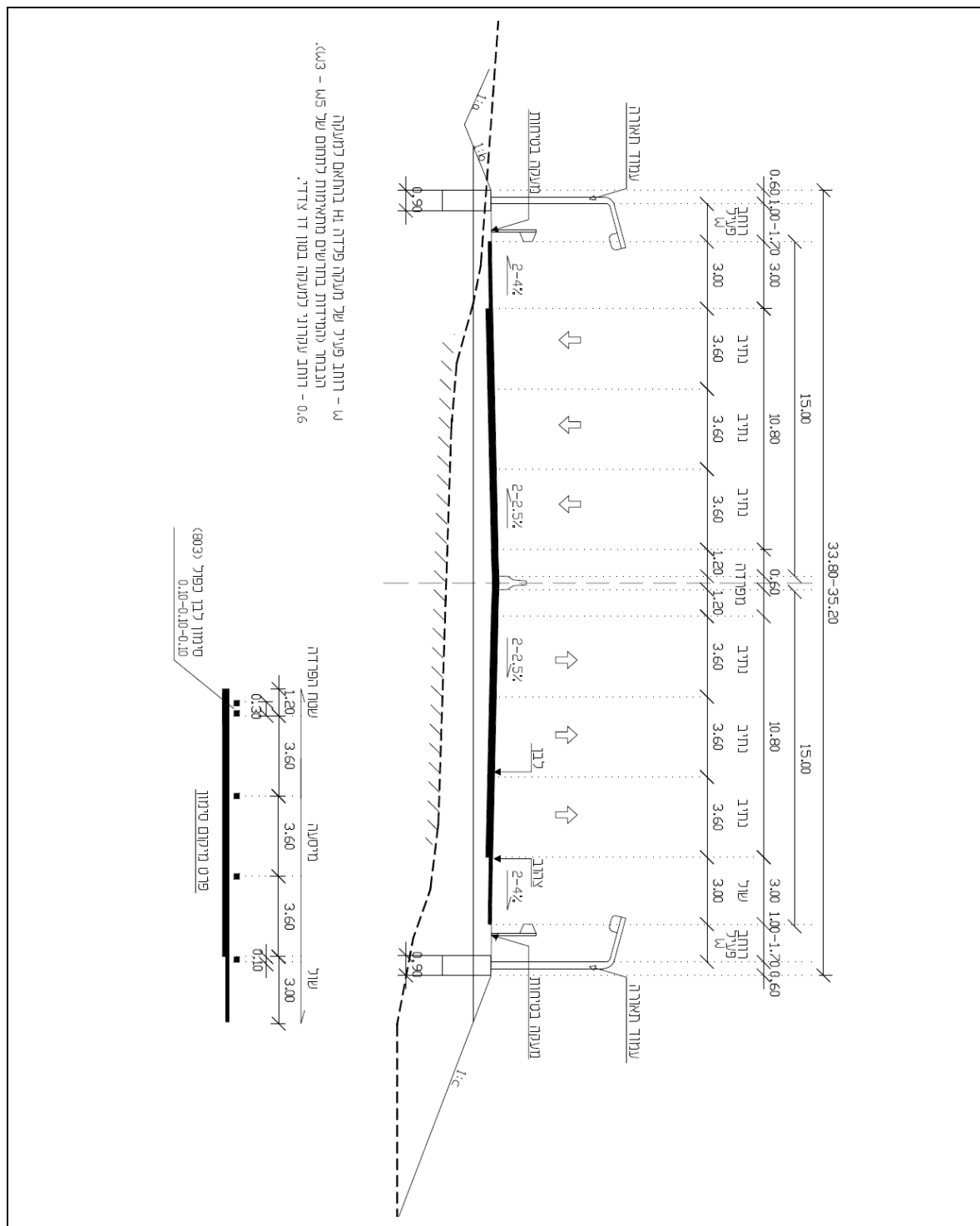
**תרשים 3.1:** חתך טיפוסי לרוחב דרך דו-מסלולית (מהירה או מעויירת/פרברית מהירה או ראשית או אזורית) בת 4 נתיבים, עם תאורה בצידי הדרך (סכימתי, ללא קנ"מ)



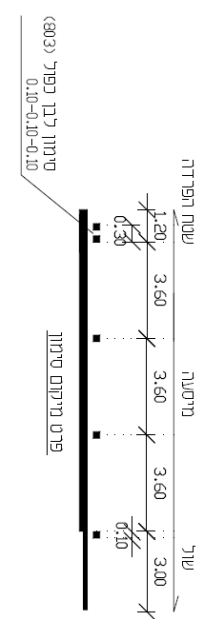
**תרשים 3.2:** חתך טיפוסי לרוחב דרך דו-מסלולית (מהירה או ראשית או אזורת) בת 4 נתיבים, עם תאורה במפרדה (סכימתי, ללא קנ"מ)



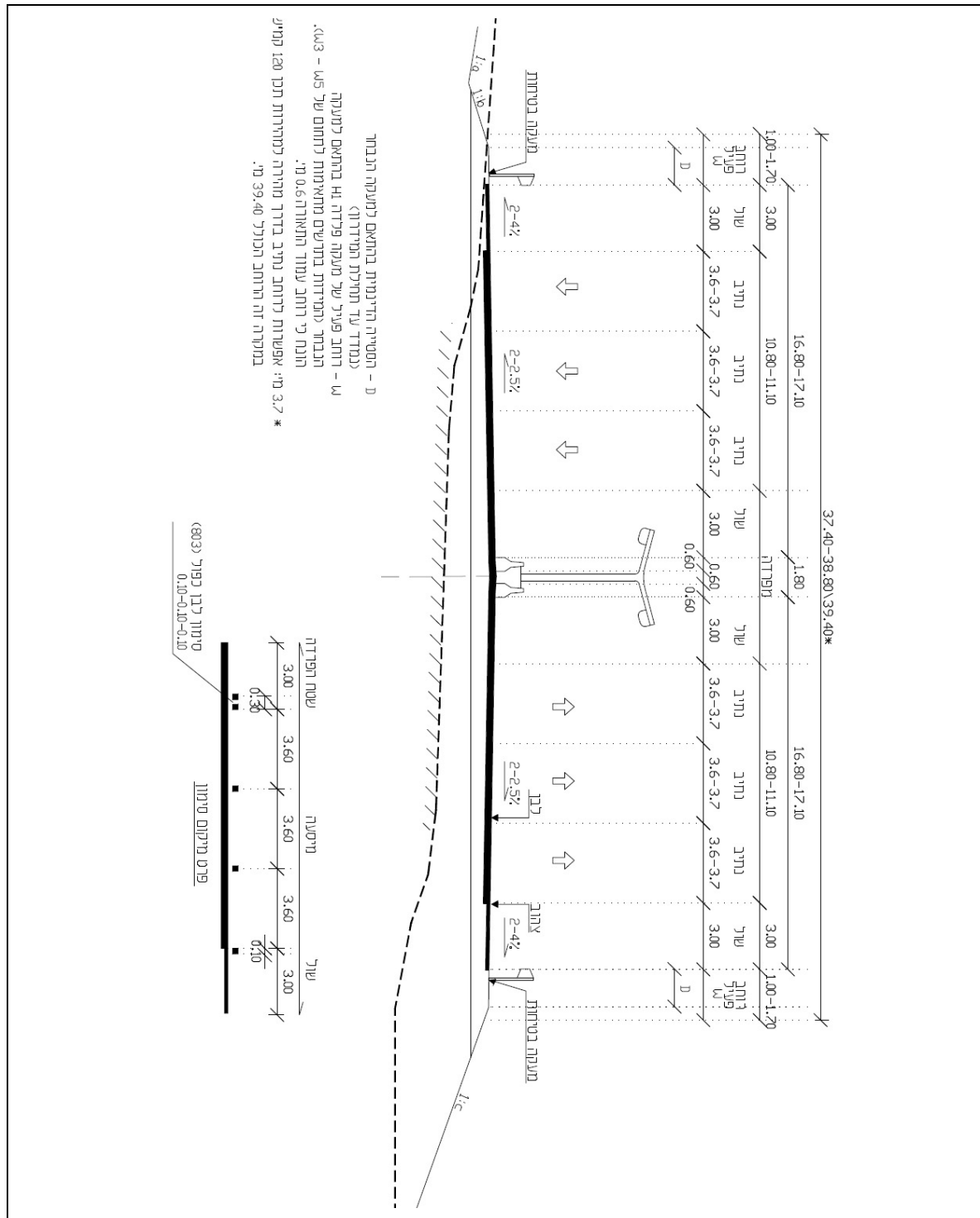
**תרשים 3.3:** חתך טיפוסי לרוחב דרך דו-מסלולית (מהירה או ראשית או אזורית) בת 6 נתיבים, עם תאורה בצידי הדרך (סכימתי, ללא קנ"מ)



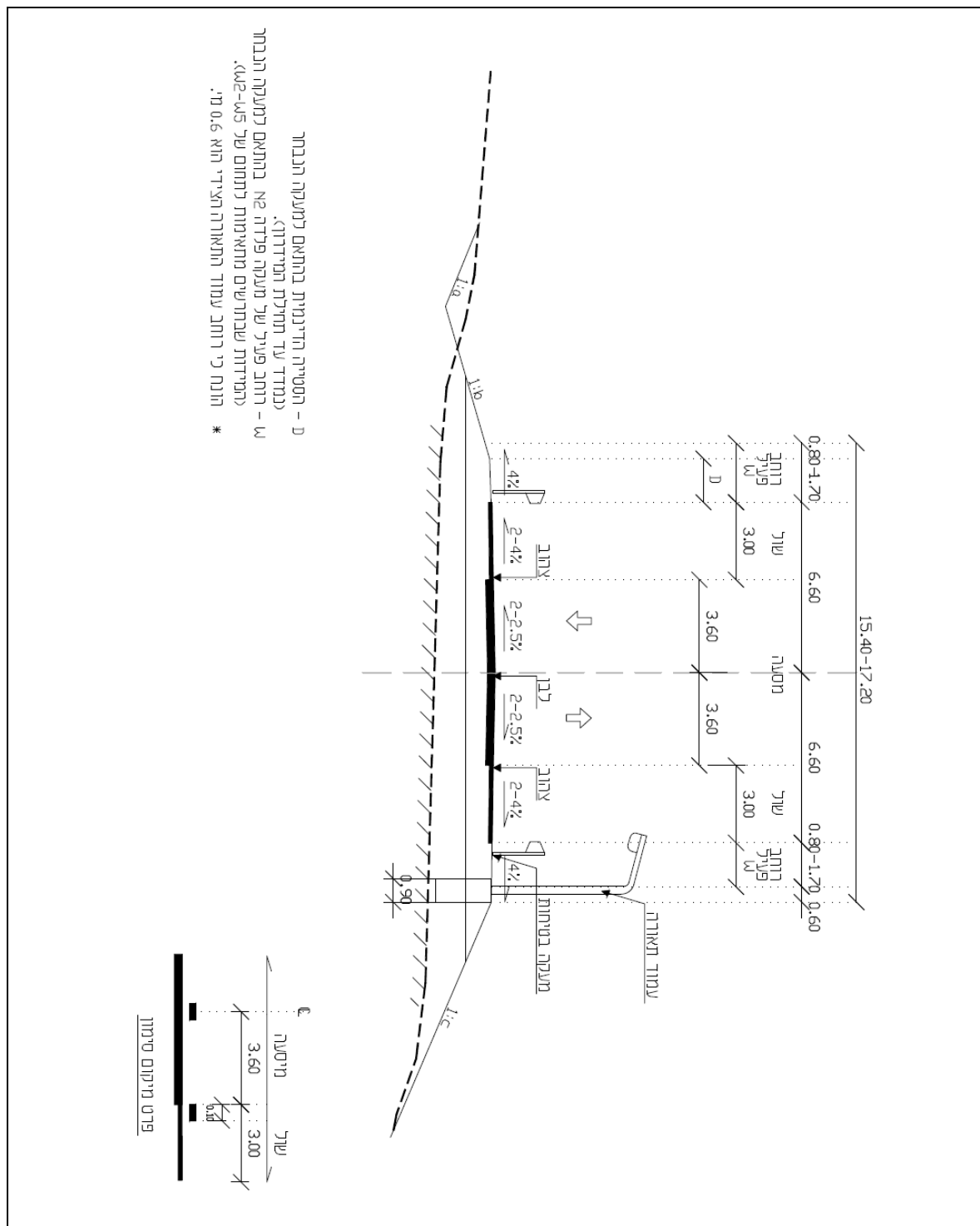
רוחב פסגה של מעקה פרדה זה בהתאם למעקה הגבוה והפרדות בתושים מתאימות לתחום של 5א - 5א3.  
 מ - רוחב עמודי למעקה בסוף דו צדדי.  
 0.6 - רוחב עמודי למעקה בסוף דו צדדי.



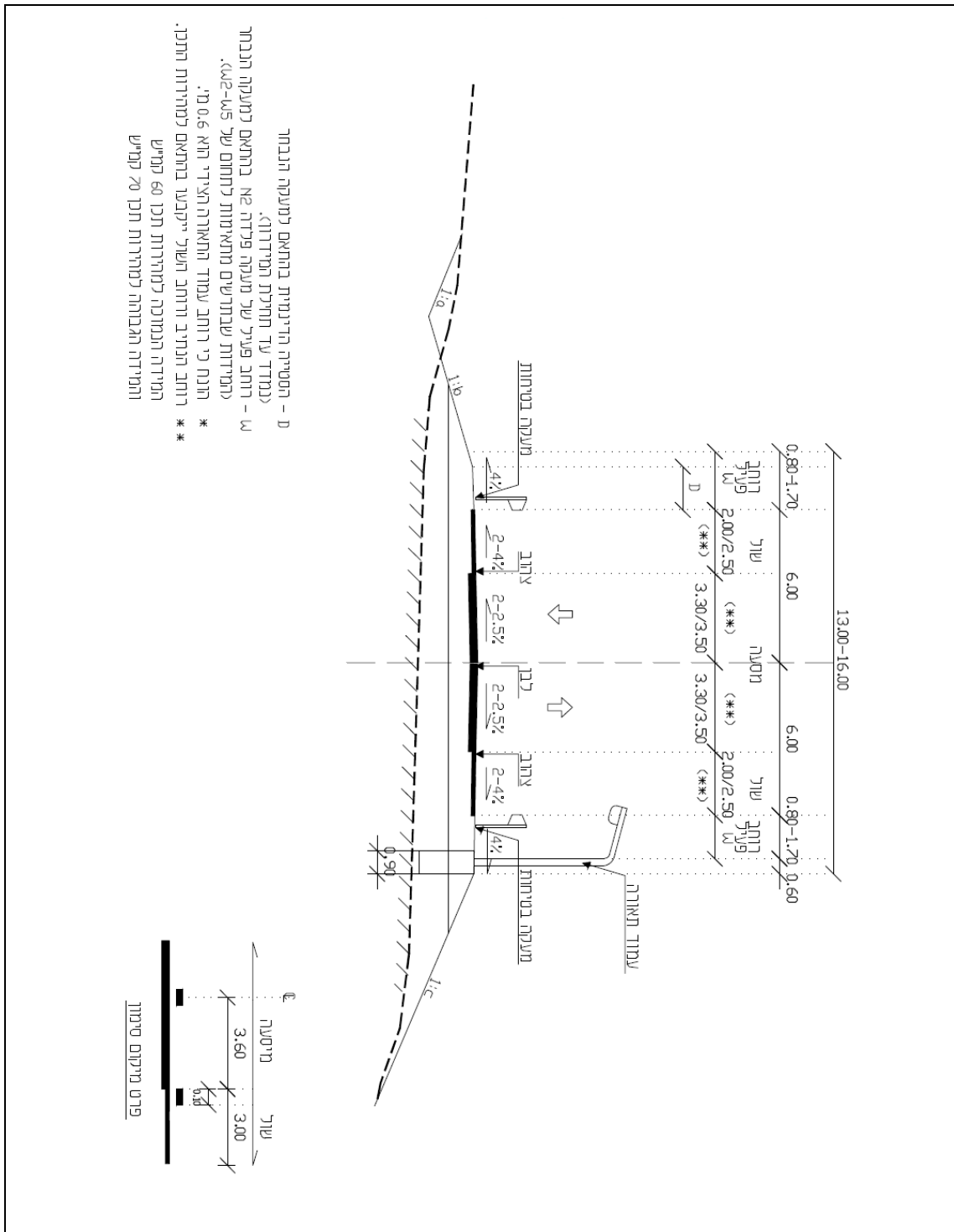
**תרשים 3.4:** חתך טיפוסי לרוחב דרך דו-מסלולית מעויירת/פרברית מהירה בת 6 נתיבים, עם תאורה בצידי הדרך (סכימתי, ללא קנ"מ)



**תרשים 3.5:** חתך טיפוסי לרוחב דרך דו-מסלולית (מהירה או ראשית או אזורית) בת 6 נתיבים, עם תאורה במפרדה (סכימתי, ללא קנ"מ)

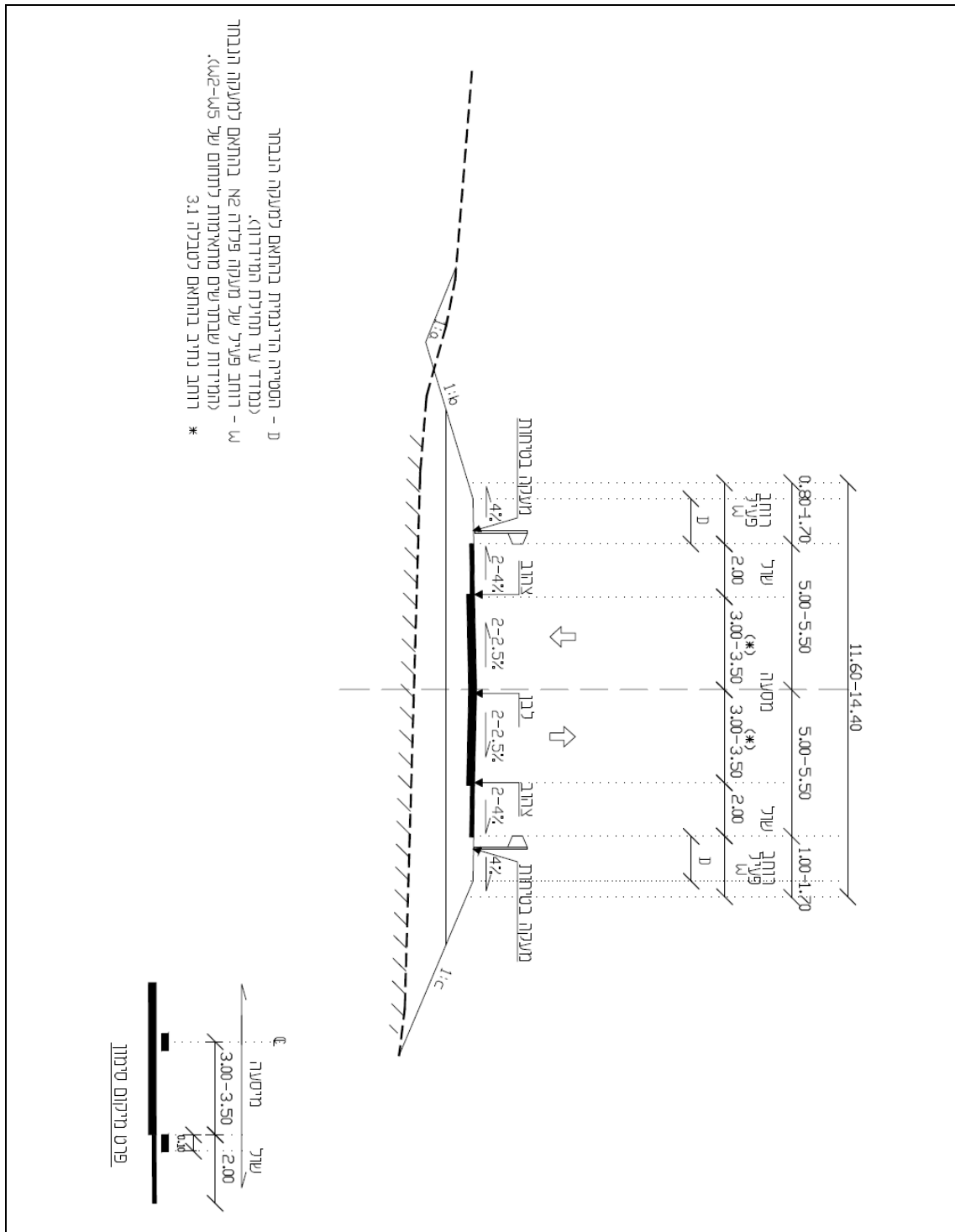


**תרשים 3.6:** חתך טיפוסי לרוחב דרך ראשית חד-מסלולית דו-נתיבית, וכן אזורית למהירות תכן 80 קמ"ש (סכימתי, ללא קנ"מ)



**תרשים 3.7:** חתך טיפוסי לרוחב דרך אזורית חד-מסלולית דו-נתיבית למהירות תכן 60-70 קמ"ש (סכימתי, ללא קנ"מ)





נ - המטרייה הדינמית בהתאם למעקה הנבחר  
 לנמדד עד החיכה המידרתי.  
 ו - רוחב פעיל של מעקה פלדה א2 בהתאם למעקה הנבחר  
 מהמידות שבתושים מתאימות לוחוס של א2-א3.  
 רוחב נתיב בהתאם לטבלה 3.1 \*

**תרשים 3.8:** חתך טיפוסי לרוחב דרך מקומית או גישה חד-מסלולית דו-נתיבית (סכימתי, ללא קנ"מ)

## 3.9 חתכי ביניים

### 3.9.1 מבוא

חתך הביניים מהווה פתרון ביניים לשיפור התפעול והבטיחות של החתך הדו-נתיבי הרגיל עד להרחבה לחתך הדו-מסלולי המלא. מבין הפתרונות הנהוגים בעולם, פתרונות אשר אומצו להנחיות הישראליות הינם נתיבי עקיפה (passing lanes) ונתיבי זחילה (climbing lanes). בהקשר הבטיחותי מאומץ גם חתך 1+1, לטיפול נקודתי המאפשר את שיפור הבטיחות בדרך דו-נתיבית קיימת.

#### א. נתיבי עקיפה ונתיבי זחילה

נתיבי עקיפה משמשים בעיקר כאמצעים לשיפור זרימת התנועה בדרכים דו-נתיביות ארוכות בקטעי דרך מישוריים עד גבעיים, שבהם אחוז גבוה של רכב כבד, ובמיוחד משאיות מורכבות ומחבורות שעקיפתן בעייתית. נתיבי העקיפה, שאינם רציפים ואין בהכרח תלות בין יישומם בכיוונים השונים, מיועדים לשיפור רמת השירות בנפחי ביניים הנמוכים בדרך כלל מנפחי ההצדק להרחבת הכביש, ומהווים אמצעי ביניים לדחיית הצורך בהרחבת הכביש. מבחינת התפעול התנועתי, העקיפה מתבצעת בנתיב השמאלי מבין השניים שבכיוון נסיעה זה של הכביש (תרשימים 3.9, 3.10).

המצבים בהם ניתן לשקול התקנת נתיבי עקיפה:

- האורך והמיקום של האזורים המותרים לעקיפה בחתך הרגיל הינם פחות מהרצוי.
- נפח התנועה גבוה ומביא למצב של רמת שירות נמוכה של הדרך.
- מתוכנן פרויקט חדש המשפיע על התנועה, כך שצפויה עלייה משמעותית בנפח התנועה.

מבחינת עלות-תועלת ניתן לשקול בניית נתיבי עקיפה כאשר:

- יש עלייה משמעותית בנפח התנועה, כך שהסיכוי להיווצרות שיירות גבוה.
- בניית נתיבי העקיפה תביא לדחיית בניית דרך דו-מסלולית 4 נתיבית (מחולקת).

נתיבי עקיפה אינם נתיבי זחילה – ההצדק למתן נתיבי עקיפה מתבסס על האופי הכללי בקטעים ארוכים של הדרך, בעוד שנתיבי הזחילה נקבעים לפי חישוב מפורט של שיעור השיפוע וארכו בקטע ספציפי. בשונה מנתיבי זחילה, נתיבי עקיפה מיועדים לכלל התנועה העוברת, לרבות כלי הרכב הכבדים. במידה שרכב יצטרך לבצע עקיפה, הוא יעקוף משמאל באמצעות הנתיב השמאלי.

נתיבי הזחילה הינם לפיכך מקרה פרטי של נתיבי עקיפה לשיפועים גדולים, בהם זחילת המשאיות מתבצעת בנתיב הימני מבין השניים שבאותו כיוון, ועקיפתן – בשמאלי. לפירוט על נתיבי עקיפה ראו סעיף 3.9.2, ולנתיבי זחילה – ראו סעיף 3.9.3. ההנחיות כוללות הצדקים, תכן גיאומטרי וחתכי רוחב.

#### ב. חתך 1+1

חתכי 1+1 עם אמצעי הפרדה רכים או קשים מהווים פתרונות ביניים לשיפור הבטיחות, אולם אינם משפרים את קיבולת התנועה, ויתכן שאף מגבילים אותה ויוצרים בעיות תפעוליות (למשל כשרכב

נתקע). ניתן לשקול יישום חתכים אלו במידה שיש בעיות בטיחותיות קשות בדרך הדו-נתיבית הקיימת והיסטוריית תאונות דרכים, ללא צורך בתוספת לקיבולת, ולא נמצא פתרון בטיחותי אחר. סעיף 3.9.4 מפרט את ההנחיות ליישום חתך זה. ההנחיות כוללות הצדקים, תכנון גיאומטרי וחתכי רחב.

### ג. יישום בצמתים

את שלושת האמצעים האמורים ניתן ליישם רק בקטעים ללא צמתים או התחברויות אחרות לדרך. לקראת צומת יש לחזור לחתך הדו-נתיבי הרגיל, כדי להביא את הצומת למצב אליו הנהגים רגילים בדרך דו-נתיבית, ולא ליצור ניגודים נוספים.

## 3.9.2 נתיבי עקיפה

### 3.9.2.1 הצדקים ושיקולי בטיחות

#### א. הצדקים

ההצדק הנפחי להוספת נתיבי עקיפה מפורט בטבלה 3.3. ההצדק מתאים לתכנון במרווחים של 3-10 קילומטרים בין נתיבי העקיפה. ההצדק קושר את אחוז קטעי הדרך המאפשר עקיפה ל-AADT (כלי רכב ליום בממוצע שנתי) ולאחוז הרכב הכבד.

האחוז מהדרך המאפשר עקיפה נקבע לפי הנוסחה שלהלן:

$$P_C = \frac{\sum L_i}{L} \cdot 100$$

כאשר:

- $P_C$  – אחוז של קטעי הדרך המאפשרים מתן עקיפה (בהתאם לסימון);
- $\sum L_i$  – סכום אורכי הקטעים המאפשרים מתן עקיפה;
- $L$  – סך כל אורך הדרך הנבדקת.

המרווחים המומלצים בין נתיבי עקיפה לאותו כיוון מפורטים בטבלה 3.4. רצוי שהאורך הכולל של נתיבי עקיפה בקיום הצדק זה לא יעלה על 25% מאורך הקטע הנבדק.

#### ב. שיקולי בטיחות

יישום חתך ביניים בדרך חד-מסלולית דו-נתיבית נבחן בין היתר בהפחתה בשיעור תאונות הדרכים. מבחינת בטיחות והיסטוריית תאונות דרכים, חשוב לקבל מידע, לבחון את מיקום התאונות לאורך הדרך, ולשפר את אמצעי הבטיחות באופן נקודתי על בסיס מאפייני התאונות שנסקרו. מאחר שזמינות הנתונים, מדגם התאונות עליו מתבססים ותדירות התאונות משתנים בין דרך אחת לשנייה, לא מומלץ להתבסס על פרמטר כללי בקביעת הצדק להתקנת נתיבי עקיפה. הפרמטר של אחוז קטעי הדרך המאפשרים עקיפה, הנכלל בהצדקים המוצעים, מייצג באופן עקיף את הסיכוי לתאונות. ככל שאחוז זה נמוך יותר (באותה רמת נפח תנועה), גדל הסיכוי לתאונות.

**טבלה 3.3:** הצדק מומלץ להוספת נתיבי עקיפה לדרך דו-נתיבית

נפח יומי ממוצע בשני כיוונים, AADT (כ"ר ליום)			מתן נתיבי עקיפה כל 3-10 ק"מ
אחוז רכב כבד (%)			
20%	10%	5%	אחוז קטעי דרך המאפשרים עקיפה, $P_c$ (%)
4330	5000	5670	70 – 100
3330	3670	4330	30 – 70
2470	2800	3130	10 – 30
1730	2000	2270	5 – 10
1130	1330	1530	0 – 5
670	800	930	0

**טבלה 3.4:** מרווחים מומלצים להתקנת נתיבי עקיפה כתלות בנפח היומי

תחום המרווח המומלץ בין קטעי נתיבי עקיפה לאותו כיוון (ק"מ)	נפח תנועה יומי ממוצע לשנה, AADT (כ"ר/יום)
8.0 – 10.0 ק"מ	1001-3000
6.5 – 8.0 ק"מ	3001-5000
4.5 – 6.4 ק"מ	5001-7000
4.0 – 4.5 ק"מ	7001-9000
3.0 – 4.0 ק"מ	>9000

3.9.2.2 יישום ותכן גיאומטרי

א. אורך

האורך המומלץ להתקנת נתיב עקיפה (לא כולל לוכסנים) הינו 1500-2000 מטר. אורך בתחום זה יאפשר מספיק הזדמנויות עקיפה, כולל עקיפת רכב איטי על ידי מספר רכבים. האורך המזערי של נתיב עקיפה הינו 800 מטר.

### ב. מיקום יחסי

יישום נתיבי עקיפה יהיה רק באחד מצדי הדרך לסירוגין, ואין ליישם במקביל בשני צידי הדרך (פרט לאזור סיום התמזגות, ראו להלן תכן גיאומטרי בתרשים 3.10), מאחר שהוספת נתיבי עקיפה בשני הכיוונים במקביל עשויה להקנות לנהג הרגשה של דרך דו-מסלולית טיפוסית בה ניתן להעלות את מהירות הנסיעה, מה שאינו רצוי ואינו בטיחותי, בהעדר הפרדה פיזית בין כיווני הנסיעה.

### ג. תכן גיאומטרי

ליצירת נתיב העקיפה יוסט צידה הימני של הדרך, כאשר כלל התנועה העוברת תכוון לנסיעה דרך נתיב זה. עקיפות יבוצעו תוך מעבר לנתיב השמאלי בדומה לדרך דו-נתיבית רגילה, אלא שאין סכנה מהתנועה ממול. תרשים 3.9 מציג סכימתית תנוחה של נתיב עקיפה. הנתיב שייפתח וייסגר יהיה הימני.

מבחינת הקונפיגורציה של תחילת וסיום נתיבי העקיפה, מומלץ לאמץ תכנון נתיבי עקיפה מופרדים (separated) (לכל כיוון) או בחפיפה חלקית (overlapping), כאשר ההתחלה והסיום של ההתמזגות לכיוונים השונים מופרדות באמצעות 3 שניות נסיעה או יותר (תרשים 3.10). הנ"ל שקול לאורך קריטי המבוטא לפי הנוסחה שלהלן:

$$X_{cr} = 0.833 \cdot V_d$$

כאשר:

$X_{cr}$  – המרחק בין נקודת התחלת ההתמזגות (סיום נתיב העקיפה) בצד אחד של הדרך לבין נקודת סיום ההתמזגות (סיום הלוכסן) בצד השני (מטר);  
 $V_d$  – מהירות התכן (קמ"ש).

אין לתכנן נקודות התמזגות סימולטניות מנתיב עקיפה בשני הכיוונים.

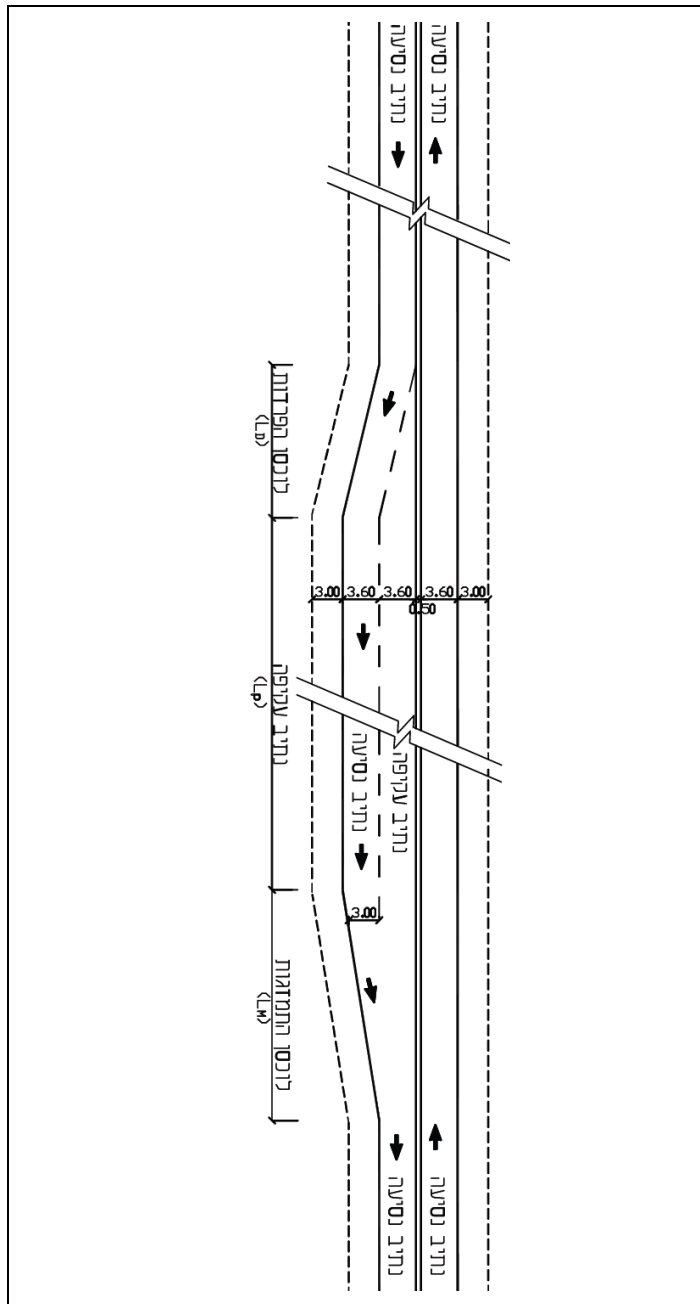
### ד. לוכסנים

האורך המומלץ ללוכסן ההתמזגות (merge) (להפחתת נתיב),  $L_M$ , יחושב באמצעות הנוסחה:

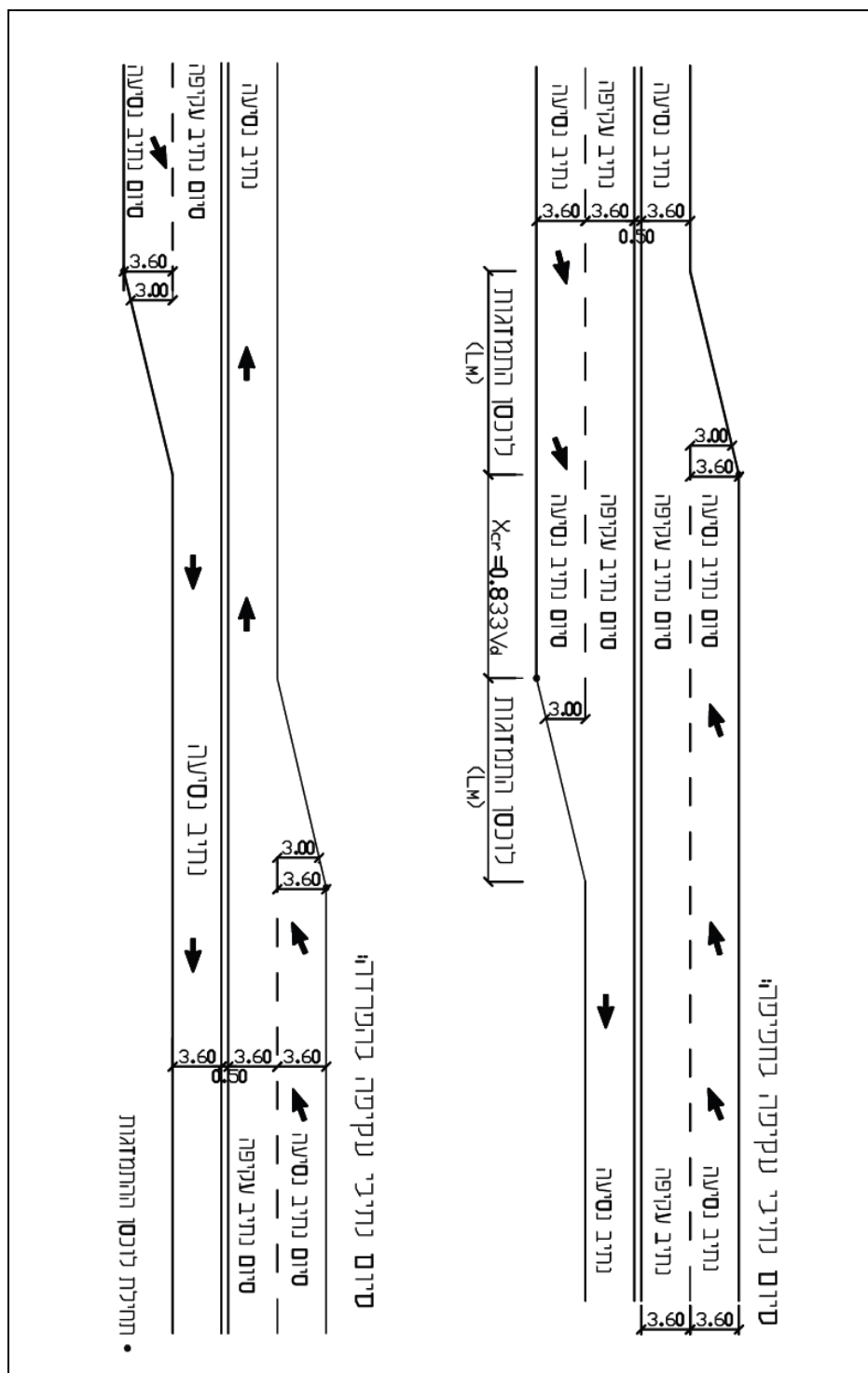
$$L_M = 0.6 \cdot V \cdot W$$

כאשר:

$V$  – מהירות התכן (קמ"ש);  
 $W$  – רוחב הנתיב (מטר).



**תרשים 3.9:** נתיב עקיפה – תנוחה (סכימתי, ללא קנ"מ)



**תרשים 3.10:** סיום נתיבי עקיפה – תצורת ההתמזגות (סכימתי, ללא קנ"מ)

אורך לוכסן היפרדות (diverge) (לתוספת הנתיב),  $L_D$ , יחושב לפי הנוסחה:

$$L_D = 0.4 \cdot V \cdot W$$

בהתאם להגדרות הקודמות.

#### ה. נתיבים ושוליים

רוחבי הנתיב והשול בנתיבי עקיפה מבוססים על ההמלצות לרוחב נתיב ורוחב שוליים בחתכים הרגילים, כמפורט בסעיפים 3.2.2 ו-3.3.2 לעיל.

רוחב שני הנתיבים יהיה כרוחב הרגיל המומלץ לנתיב לדרך זו, דהיינו 3.6 מטר לכל דרך ראשית וכן לאזורית במהירות תכן 80 קמ"ש, או 3.3/3.5 מטר לדרך אזורית דו-נתיבית במהירות תכן 70 קמ"ש או 60 קמ"ש בהתאמה.

רוחב השול המומלץ מימין לנתיבי העקיפה יהיה כרוחב הרגיל המומלץ לשול בדרך זו, דהיינו 3.0 מטר לכל דרך ראשית וכן לאזורית במהירות תכן 80 קמ"ש, או 2.0/2.5 מטר לדרך אזורית דו-נתיבית במהירות תכן 70 קמ"ש או 60 קמ"ש בהתאמה.

במקרים מאולצים (תקציבית), במצב של שינוי בדרך דו-נתיבית קיימת, ניתן לאפשר לכל הפחות שול ימני מופחת מזערי ברוחב 1.2 מטר לצד נתיב העקיפה. אין להקטין השול בכיוון ההפוך.

#### ו. סימון ותימור

מומלץ לסמן את ההפרדה בפס צבע לבן כפול (803) ומרעיד, ברוחב הפרדה כולל של 50 ס"מ. אם אין תאורת כביש, רצוי להוסיף שתי שורות סמנים מחזירי אור בצדי הפרדה כל 6 מטר.

נתיב העקיפה, אליו תכוון התנועה העוברת, יופרד מהנתיב שלצידו-בעזרת קו קטעים (801) ביחס 3:3. בהתקרבות לנתיב העקיפה יוצב תמרור 620, ולקראת סיומו תמרור 622 (בהתאם לנדרש בהנחיות להצבת תמרורים), בתוספת תמרור הודעה 629, במידה שנדרש.

#### 3.9.2.3 חתכים אופייניים

בתרשים 3.11 מוצג חתך אופייני לנתיב עקיפה בכיוון אחד. יש להפריד בין הכיוונים באמצעות מפרדה צבועה ברוחב 0.50 מטר, התחומה בסימון 803 מורחב ומרעיד למניעת סכנה של עקיפה נגדית בנתיב משותף. ההרעדה יכולה להיעשות באמצעות סימון משונן או פסי הרעדה מוטבעים במיסעה. כאשר אין תאורת כביש, מומלץ להוסיף בשני צידי המפרדה סמנים מחזירי אור (עיני חתול) כל 6 מטר.





### 3.9.3 נתיבי זחילה (נתיבי עקיפה בשיפוע)

#### 3.9.3.1 הגדרה ויעד

נתיב זחילה הוא נתיב נוסף לצד הנתיבים הקיימים בדרך דו-נתיבית, או לצידו של המסלול בדרך דו-מסלולית, אשר מיועד לשימוש כלי-רכב הנעים באיטיות בקטעים משופעים. הצורך הבסיסי בנתיבי זחילה נובע מכך, שבקטעי עלייה וירידה בעלי שיפוע גדול, נגרמת הפחתה ניכרת במהירויות כלי-הרכב הכבדים, ועקב כך מתקבצות שיירות אשר גורמות עיכוב לכלי-הרכב האחרים. עיכוב זה גורם להפחתה משמעותית בכושר ההעברה של הקטע המשופע ביחס לכושר ההעברה של הדרך כולה, ולירידה ברמת השירות של הקטע המשופע לעומת רמת השירות של קטעים מישוריים סמוכים. בנוסף לכך, קיימת סכנה בטיחותית עקב הפרש המהירויות בין כלי הרכב השונים, וניסיונות העקיפה אשר בדרך כלל מוגבלים בקטעים אלה עקב מרחקי ראות מצומצמים. השימוש בנתיבי הזחילה לנסיעת כלי-הרכב האיטיים מאפשר ביצוע עקיפות ללא "חיכוך" עם התנועה בכיוון הנגדי. סעיף זה מפרט את ההצדקים למתן נתיבי זחילה ואת אופן ביצועם.

בעת נסיעה בעליות יורדת מהירותם של כלי-הרכב בהדרגה לאורך השיפוע בהתאם למהירות הכניסה לשיפוע, לחומרת השיפוע ולאורכו. בתרשימים 3.13-3.15 מוצגת הפחתת מהירות המשאית האופיינית לאורך העלייה, כתלות בשיפוע ובאורכה, למהירויות כניסה שבין 70 ל-90 קמ"ש. הפחתת המהירות מחושבת למשאית עמוסה בעלת ההספק הסגולי המזערי המותר לפי תקנות התעבורה התקפות בעת כתיבת הנחיות אלה, בשיעור של 8.0 כ"ס (דין) ל-1,000 ק"ג משקל מרבי כולל מותר (5.9 קוו"ט/טון), שמהירותה לפני העלייה 70-80 קמ"ש בדרך דו-נתיבית, בהתאם למהירות המרבית המותרת באותה דרך, או 80-90 קמ"ש בדרך מחולקת, בהתאם למותר למשאיות באותה דרך. (למרות שלמשאית מורכבת או מחוברת הספק סגולי מותר נמוך יותר של 6.12 כ"ס לטון, הוחלט לא להגדירן כרכב התכן, בשל היותן כ-7% מכלל המשאיות, דהיינו רק כ-1% מכלל כלי הרכב.)

#### 3.9.3.2 הצדקים למתן נתיבי זחילה בדרך דו-נתיבית

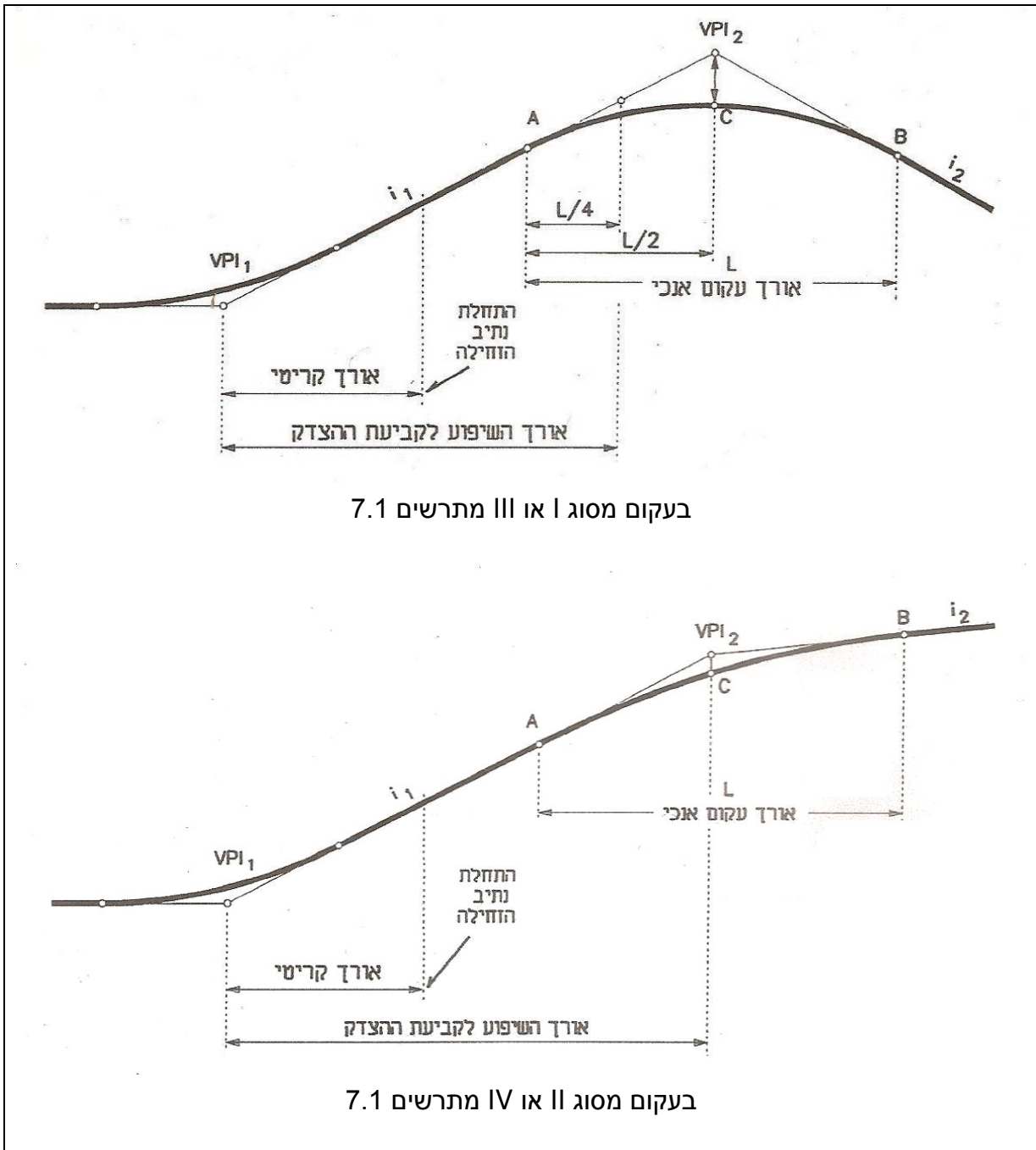
בדיקת ההצדק למתן נתיב זחילה בקטע משופע בדרך דו-נתיבית תעשה על סמך שני מדדים:  
א. סיווג הדרך כראשית או כאזורית, בנפח יומי לתכן החל מ-6,000 כ"ר לשני הכיוונים.  
ב. הפחתת מהירות המשאית לאורך הקטע המשופע, והעיכוב הנגרם לתנועה בשל כך.

כאשר הדרך מקומית או בנפח נמוך מהנקוב, יש לחשב במפורט האם רמת השירות בעלייה יורדת לרמה E או F לפי הסעיף המתאים לקטע ספציפי ב-"HCM 2000 מתורגם ומותאם לתנאי ישראל".

טבלה 3.5 מציגה את האורך המזערי של עלייה המצדיק נתיב זחילה בנפחים שונים. אופן מדידת אורך השיפוע לקביעת ההצדק הוא כמתואר בתרשים 3.12.

ככלל, אין לשקול התקנת נתיב זחילה בקטעים ששיפועם קטן מ-4%, ואין הצדק לנתיב זחילה בקטעים הקצרים מ-500 מטר.

בכל מקום בו יבוצע נתיב זחילה בעלייה, יש לבצע במקביל נתיב זחילה בירידה, למניעת עקיפות אסורות, היות שהמסלולים יופרדו בסימון 803, כמפורט בסעיף 3.9.3.5 להלן.



**תרשים 3.12:** אופן מדידת אורך השיפוע המצדיק נתיב זחילה

**טבלה 3.5:** האורך המזערי של עלייה (מטר) המצדיק נתיב זחילה בנפחים יומיים שונים (15% רכב כבד)

נפח יומי לתכן ל-2 הכיוונים (כ"ר)			שיפוע ב-%
12000	8000	6000	
500	800	1000	4-5
350	500	625	6-7
220	300	440	8-9

### 3.9.3.3 הצדקים למתן נתיבי זחילה בדרך דו-מסלולית

שיפועים ארוכים גורמים בדרך דו-מסלולית לעיכוב קטן יותר מאשר בדרך דו-נתיבית, בשל האפשרות המתמדת לעקיפה. ההצדק לנתיבי זחילה (נתיב שלישי במסלול) קיים רק בקטעים משופעים בהם נפח התנועה מתקרב לקיבולת, וגורם להורדת רמת השירות בקטע המשופע ביחס לקטעים סמוכים.

מתן נתיב זחילה בדרך דו-מסלולית יוצדק על סמך קיומם המשותף של שני מדדים:

- שיפוע הקטע 4% לפחות, ואורכו כמפורט בטור האמצעי בטבלה 3.5.
- יכולת הנתיב השמאלי להעביר כלי רכב שיעברו מהנתיב הימני עד לנקודות מעברו של נפח התנועה בנתיב השמאלי מרמת שירות D ל-E. נפח התנועה השעתי לתכן (בתום תקופת התכנון) המתקבל מכך נתון בטבלה 3.6.

גם בדרך דו-מסלולית רצוי לבצע נתיב זחילה בירידה במקביל לנתיב בעלייה, אולם אם יש מצוקת מקום העדיפות כמובן לכיוון העולה.

**טבלה 3.6:** הצדק לנתיב זחילה בדרך דו-מסלולית (15% רכב כבד)

נפח שעתי לנתיב השמאלי לשעה (ית"ן)		שיפוע ב-%
דרך מהירה	דרך דו-מסלולית	
2040	1865	4
1980	1795	5-6
1855	1655	7-8

### 3.9.3.4 מיקום נתיבי הזחילה

#### א. תחילת הנתיב בעלייה

מיקום נקודת ההתחלה של נתיב הזחילה בעלייה נקבעת בנקודת "האורך הקריטי" לאותו שיפוע (תרשים 3.12), שהוא המרחק מתחילת העלייה בו יורדת מהירות המשאית העמוסה האופיינית בשיעור של 20 קמ"ש מתחת למהירות הכניסה לעלייה. "האורך הקריטי" לשיפועים שונים נתון בטבלה 3.7. בנקודה בה המרחק מתחילת העלייה שווה ל"אורך הקריטי" לאותו שיפוע, חייב נתיב הזחילה להיות ברוחבו המלא (ראו תרשים 3.17). ההנחה היא, שמהירות הכניסה לעלייה היא מהירות הייעוד של הדרך כשהקטע שלפני העלייה מישורי, ומוגדלת ב-10 קמ"ש מעל מהירות הייעוד כאשר הקטע שלפני העלייה הוא ירידה ששיפועה עולה על 3%, ולכן ההפחתה תהיה 30 קמ"ש, כל עוד אין עקום אופקי לפני העלייה.

כאשר הקטע הקודם לעלייה נמצא אף הוא בעלייה, מוקטנת מהירות המשאית בהתאם לביצועיה בעלייה הקודמת, בהתאם לתרשימים 3.13-3.15, והאורך הקריטי יתקצר. במקרה כזה יש למצוא מהגרף המתייחס למהירות הכניסה המתאימה את שיעור ירידת המהירות לאורך השיפוע הראשון בהתאם לאורכו, ואז לעבור בגרף אופקית לקו השיפוע החדש המתאר את המשך ירידת המהירות.

**טבלה 3.7:** האורך הקריטי לשיפועים שונים

אורך קריטי (מ')		שיפוע (%)
לאחר ירידה של 3% לפחות	לאחר קטע אופקי	
600	400	4
400	270	5
300	200	6
260	170	7
220	150	8
200	140	9

#### ב. סיום הנתיב לאחר העלייה

הרוחב המלא של נתיב הזחילה יימשך מסוף הקטע המשופע בעלייה עד לנקודה בה האיצה המשאית העמוסה האופיינית למהירות המצויה 25 קמ"ש מתחת למהירות הכניסה לעלייה כפי שהוגדרה בסעיף 3.9.3.1. המרחק הדרוש להאצה תלוי בחתך האורכי של הדרך לאחר העלייה, וניתן למצוא אותו מתוך תרשים 3.16, בו מוצגים ביצועי התאוצה של המשאית העמוסה האופיינית בעליות מתונות ובירידות. ההאצה מתחילה מהמהירות אליה הגיעה המשאית בסוף העלייה. מהירות זו תלויה באורך העלייה

ובשיפועה, וניתן למצוא אותה מתוך הקו המתאים באחוזון התרשימים 3.13-3.15, בהתאם למהירות הכניסה לעלייה.

עם זאת, אין זה מעשי להאריך את נתיב הזחילה, כאשר נדרשת האצה ממושכת, למשל: כאשר לאחר עלייה תלולה מצויה עלייה מתונה שאינה מצדיקה המשכת נתיב הזחילה. במקרה כזה ניתן להפסיק את רוחבו המלא של נתיב הזחילה 300 מטר לאחר תום העלייה התלולה, ובתנאי שמרחק הראות לאורך הדרך לקראת נקודה זו שווה למרחק הראות לעקיפה דחוקה.

### ג. נתיבי זחילה בירידה

נקודת ההתחלה והסיום של נתיבי זחילה ברוחבם המלא בירידה תימצאנה מול הנקודות המקבילות של נתיב הזחילה בעלייה (תרשים 3.17).

#### 3.9.3.5 המרכיבים הגיאומטריים של נתיב הזחילה

בתרשים 3.17 מוצגת תנוחה אופיינית לנתיב זחילה בדרך דו-נתיבית. הנתיב השמאלי יהיה ההמשכי, והימני ייפתח וייסגר באמצעות לוכסנים. המרכיבים הגיאומטריים של הנתיב מפורטים להלן:

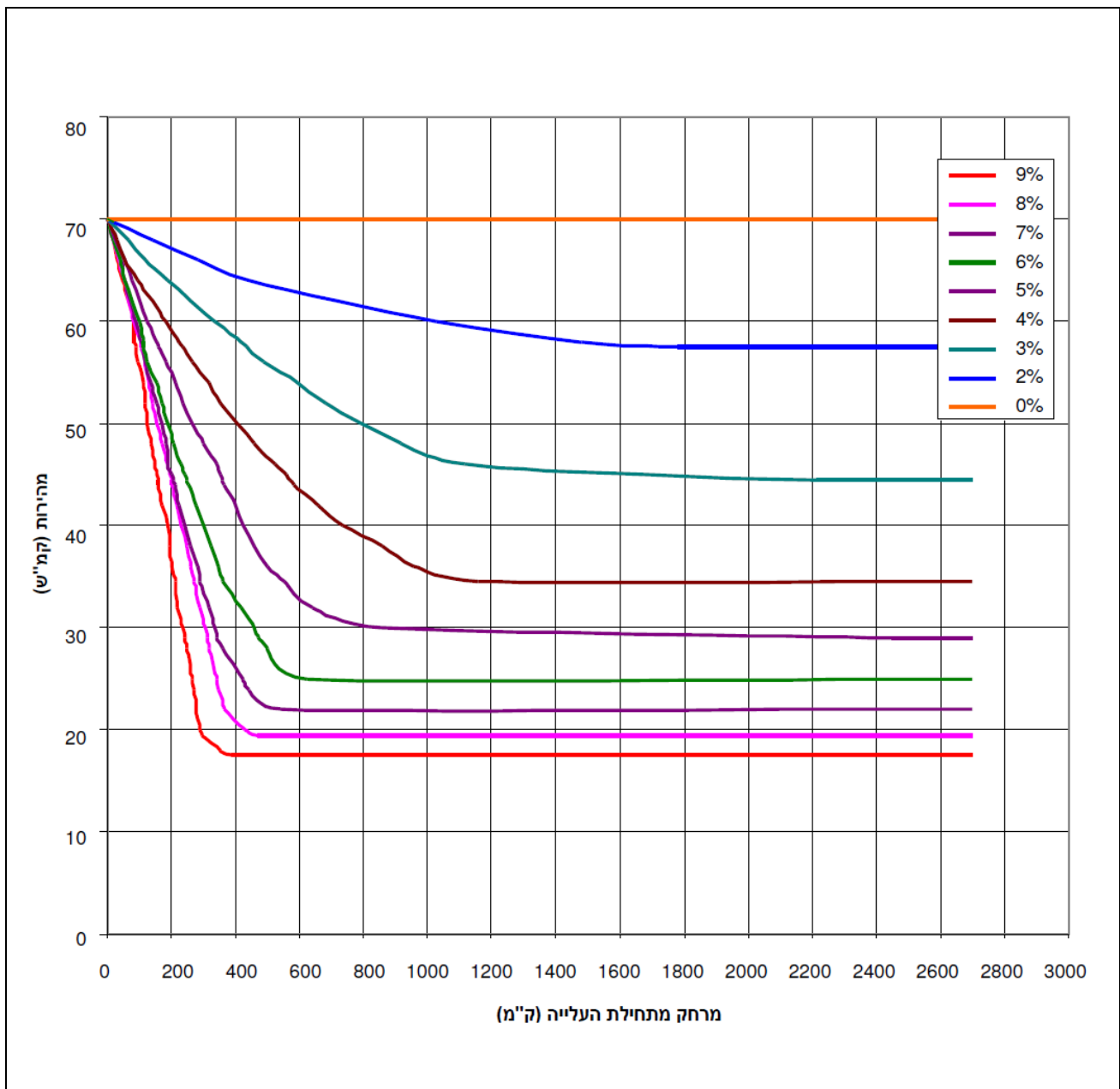
א. **אורך הלוכסנים** – הוספת נתיב הזחילה מתבצעת בעזרת לוכסנים. מאחר שהכניסה לנתיב הזחילה מתבצעת ביתר קלות מאשר ההשתלבות חזרה בסוף הנתיב, מומלץ לתכנן היסטים מתונים עבור הלוכסן שבסוף הנתיב (1:50 לפחות), והיסטים גדולים עבור לוכסן הכניסה (1:25 לפחות). כאשר בסיום הנתיבים יש עקמומיות המסייעת להמשכיות, ניתן להפחית היסט לוכסן היציאה ל-1:40.

ב. **רוחב נתיב הזחילה** – רוחב נתיב הזחילה יהיה שווה לרוחב הרגיל של נתיב באותה דרך, הנתון בסעיף 3.2.2 לעיל.

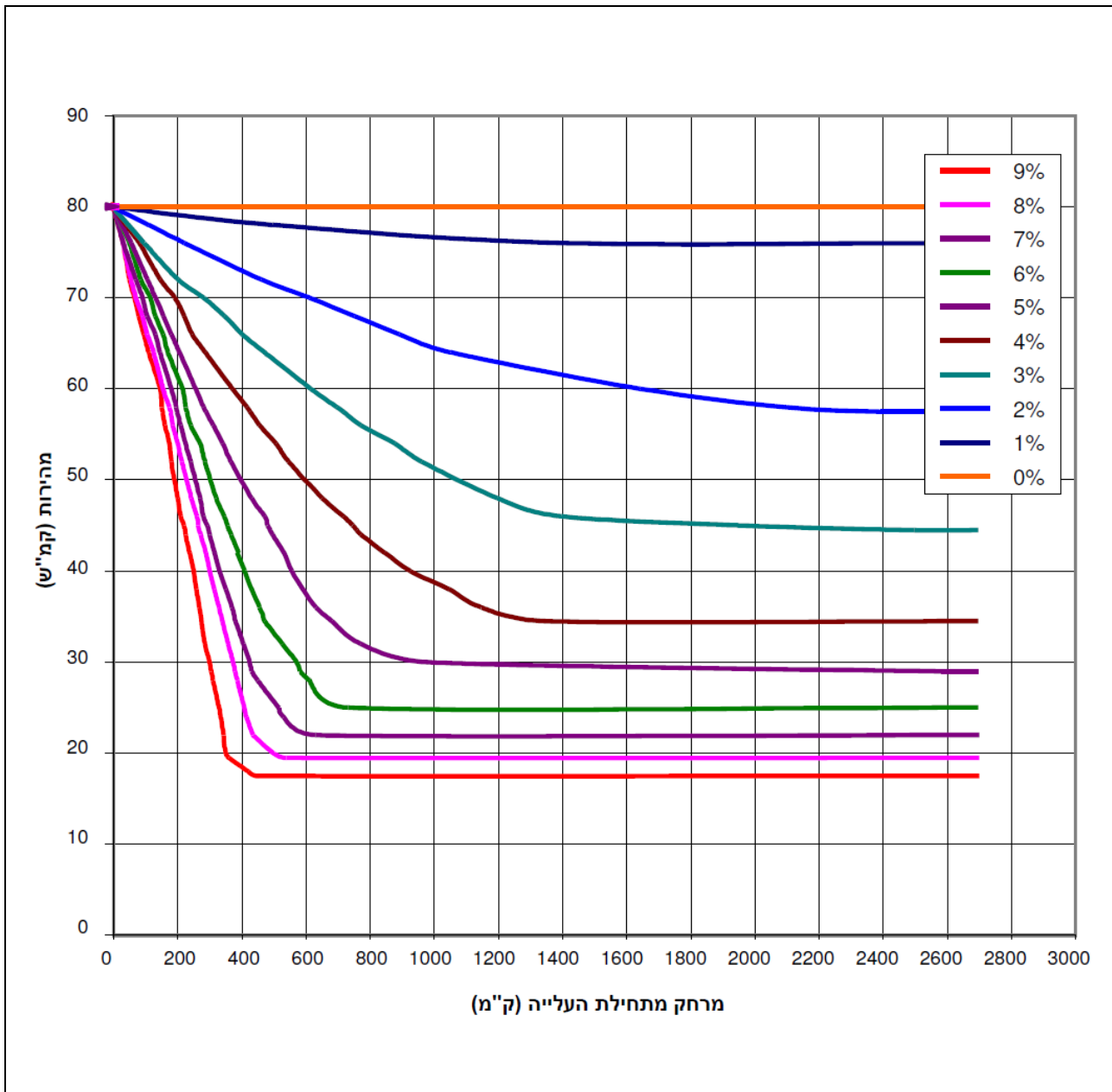
ג. **שיפוע צידי** – השיפוע הצידי של נתיב הזחילה הוא כשיפוע הנתיב הסמוך לו, הן בקטע ישר והן בעקומות אופקיות, בהן מוגבהת המיסעה.

ד. **שוליים** – רוחב השול הסמוך לנתיב הזחילה יהיה זהה לרוחב השול הרגיל באותה דרך, הנתון בסעיף 3.3.2 לעיל. שול ברוחב זה מאפשר הזרמת התנועה האיטית ללא הפרעה לתנועה המהירה, אף במקרה שרכב כבד נאלץ לעמוד בשול.

ה. **סימון ותימור** – נתיב הזחילה יופרד מהנתיב שלצידו בעזרת קו קטעים (801). לאורך כל הקטע בו יש נתיב זחילה, תסומן באמצע הכביש (בין שני כיווני הנסיעה) מפרדה ברוחב 50 ס"מ באמצעות קו הפרדה כפול (סימון 803) בתוספת סמנים מחזירי-אור ("עיני חתול") להבלטת הפרדה בין כיווני התנועה. בהתקרבות לנתיב הזחילה יוצב תמרור 619, ולקראת סיומו תמרור 621, בהתאם לנדרש בהנחיות להצבת תמרורים, וכן תמרור 629 במידת הצורך.

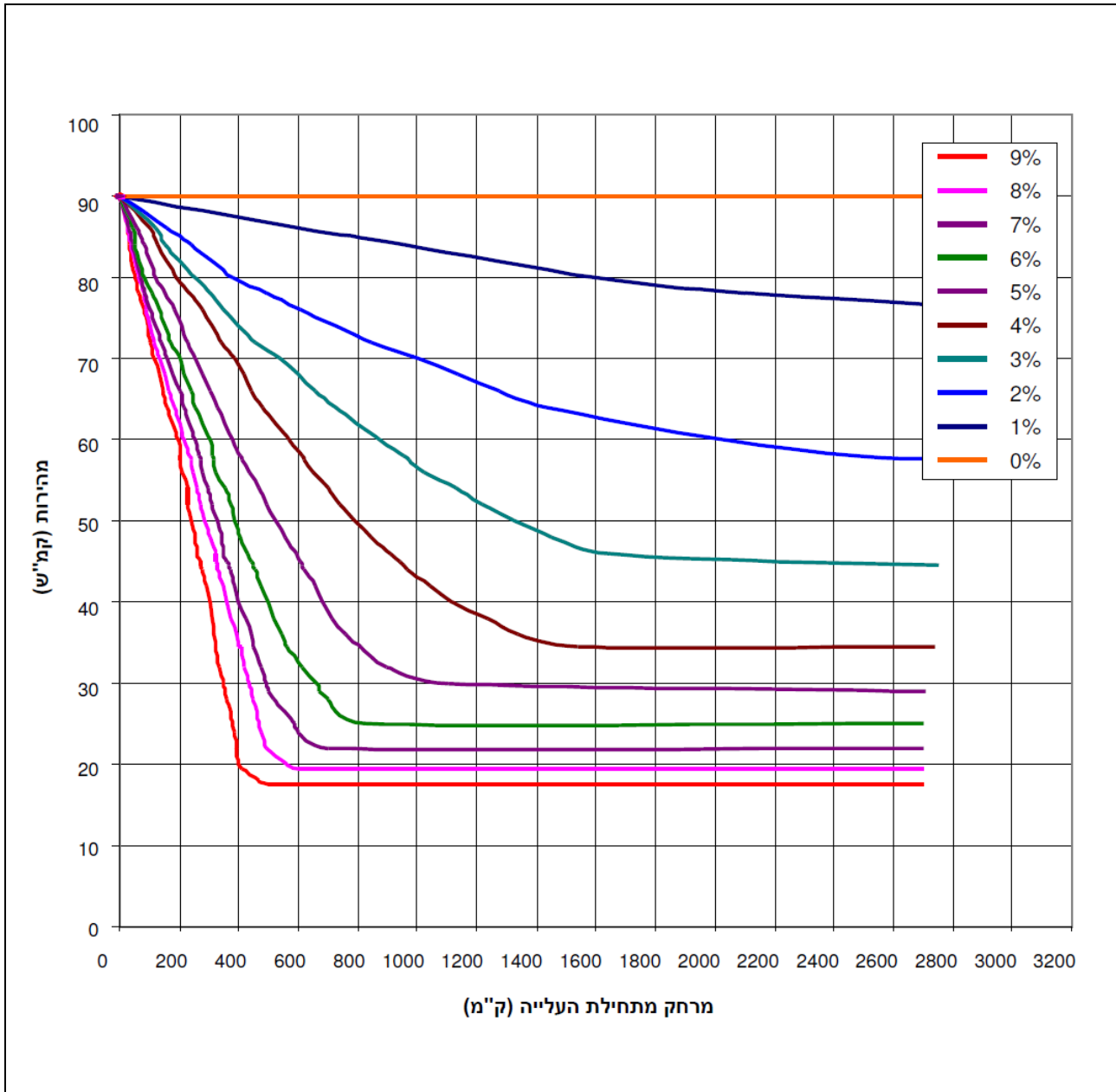


**תרשים 3.13:** ביצועי האטה של משאית אופיינית בעלייה, למהירות כניסה 70 קמ"ש

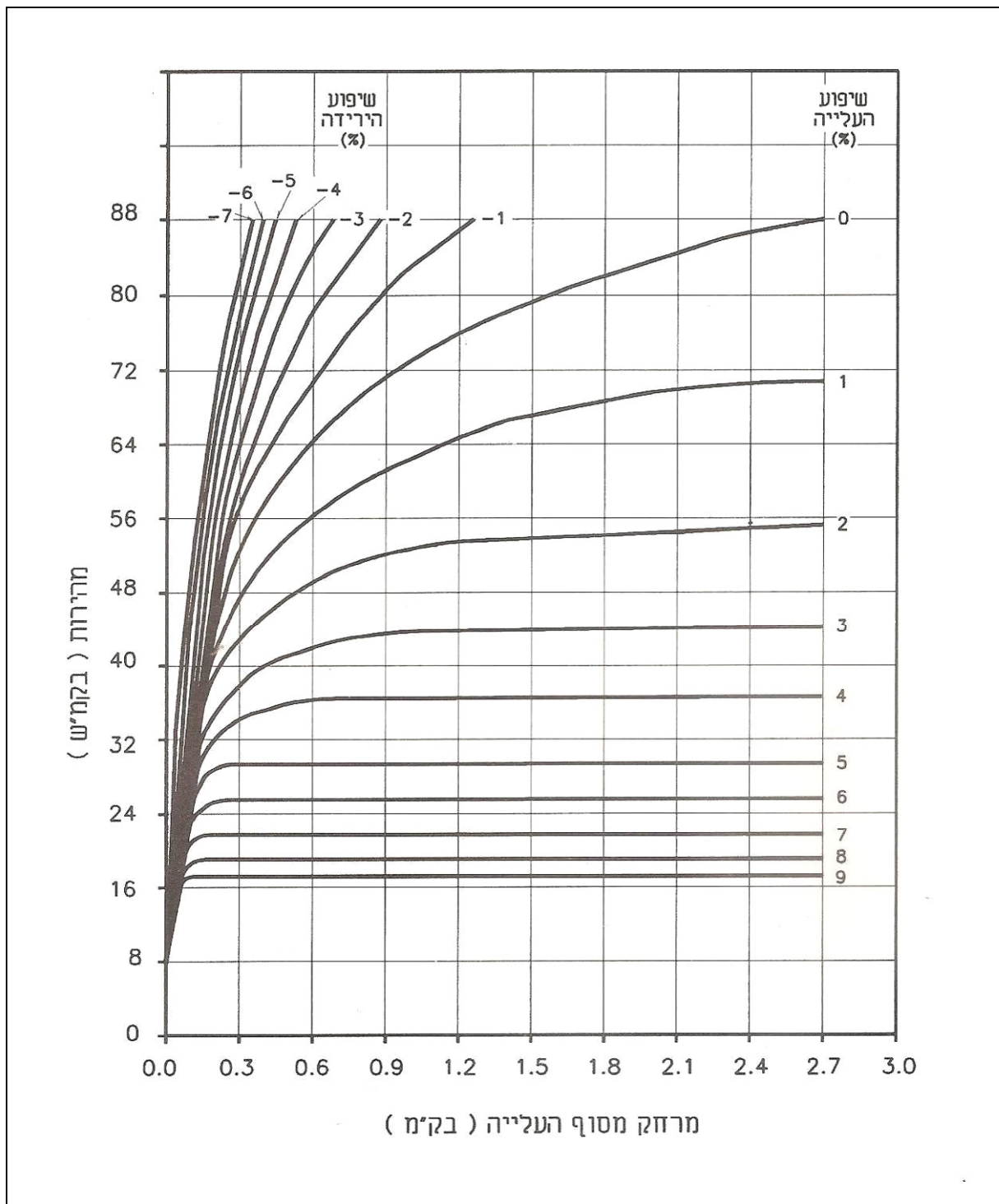


**תרשים 3.14:** ביצועי האטה של משאית אופיינית בעלייה, למהירות כניסה 80 קמ"ש

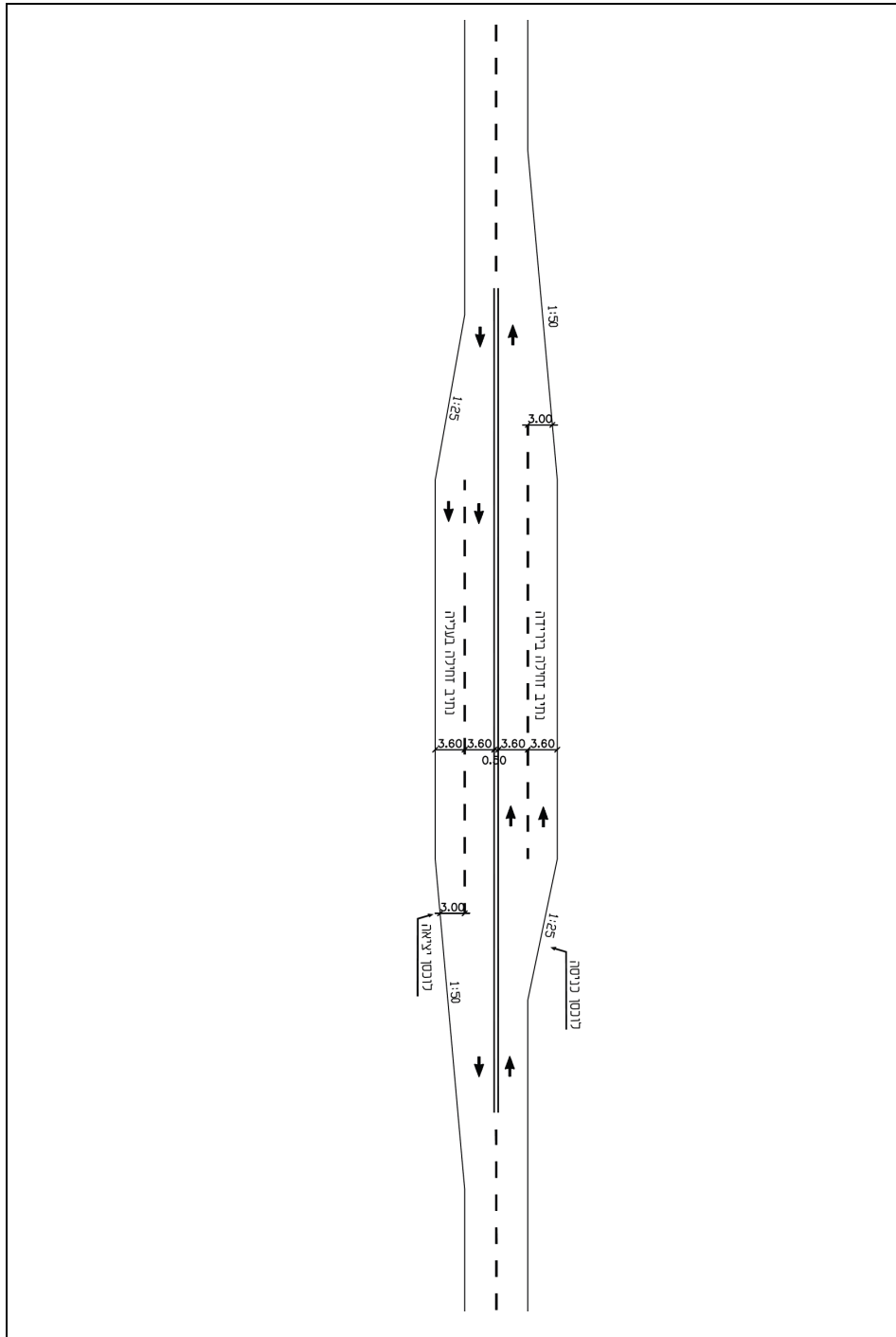




**תרשים 3.15:** ביצועי האטה של משאית אופיינית בעלייה, למהירות כניסה 90 קמ"ש



**תרשים 3.16:** ביצועי האצה של משאית אופיינית בשיפועי עלייה וירידה



**תרשים 3.17:** תנוחת נתיב זחילה בדרך דו-נתיבית (סכימתי, ללא קנ"מ)

1. **צמתים והתחברויות** – בקטע בו יש נתיבי זחילה לא רצויים צמתים והתחברויות לדרך, בשל הקושי בחציית 4 נתיבים ובקיום פניות שמאלה. במידה שנדרש חיבור לשימושי קרקע או לדרכים אחרות, יש לבצעם באמצעות פניות ימין-ימין בלבד ומפרידנים.

מודגש, כי למרות ההפרדה בין כיווני הנסיעה, אין להתייחס לקטעים של דרך דו-נתיבית בהם יש נתיבי זחילה, מבחינת סיווג ותפעול, כאל דרך דו-מסלולית, אלא, בדומה לנתיבי העקיפה, כאל דרך חד-מסלולית לה נוספו נתיבים לקטע קצר ומוגדר.

### 3.9.4 חתך 1+1

#### 3.9.4.1 הצדק בטיחות

כאשר נפחי התנועה בדרך דו-נתיבית קיימת אינם מגיעים לקיבולת, אך קיימות בעיות בטיחותיות המתבטאות במספר גבוה של תאונות דרכים קטלניות וקשות, מומלץ לשקול שידרוג של הדרך לחתך 1+1 עם אמצעי הפרדה רך (רצועת חייץ), או עם אמצעי הפרדה קשיח כפי שיושם בישראל בדרכים 66, 75. אמצעי הפרדה יכול להיקבע בהתאם למהירות התכן של הדרך. אמצעי הפרדה קשיח יתאים יותר למהירות תכן 80 קמ"ש (דרכים חד-מסלוליות ראשית או אזורית ללא הפחתה). אמצעי הפרדה רך יתאים למהירות תכן של 70 קמ"ש ומטה (דרכים חד-מסלוליות אזורית, מקומית או גישה, עם הפחתה עקב רגישות סביבתית או אורבנית).

ההצדק מבוסס על המדדים של שיעור התאונות הקטלניות והקשות וצפיפות התאונות, בשלוש השנים האחרונות (בממוצע שנתי) בקטע הנבדק. שיעור התאונות מחושב לפי הנוסחה:

$$AR = \frac{\text{Accidents} \cdot 10^6}{\text{AADT} \cdot 365 \cdot T \cdot L}$$

צפיפות התאונות הקטלניות והקשות מחושבת לפי הנוסחה:

$$AD = \frac{\text{Accidents}}{T \cdot L}$$

כאשר:

AR – שיעור התאונות הקטלניות והקשות (מספר תאונות למיליון כלי רכב-ק"מ);

AD – צפיפות התאונות הקטלניות והקשות (מספר התאונות לקילומטר לשנה);

AADT – נפח כלי הרכב היומי הממוצע בשנה (כלי רכב ל-24 שעות);

L – אורך הקטע הנדון (ק"מ);

T – משך התקופה הנבדקת (3 שנים);

365 – מספר ימים לשנה.

עבור אמצעי הפרדה קשיח, מומלצים קריטריונים של שיעור התאונות ושל צפיפות התאונות. עבור אמצעי הפרדה רך, מומלץ קריטריון אחד של צפיפות התאונות בלבד. ההצדקים הבטיחותיים המוצעים ליישום חתך 1+1 מובאים בטבלה 3.8.

**טבלה 3.8: הצדק ליישום חתך ביניים 1+1**

שיעור התאונות AR (תאונות למיליון כ"ראק"מ)*	צפיפות התאונות AD (תאונות לק"מ לשנה)*	מהירות התכן (קמ"ש)	אמצעי הפרדה
> 4.23	> 3.13	80	קשיח
–	> 3.13	60-70	רך

\* מדד משוקלל לשלוש השנים האחרונות בקטע הנבדק לסך כל התאונות הקטלניות והקשות.

**3.9.4.2 חתכים אופייניים**

**א. אמצעי הפרדה**

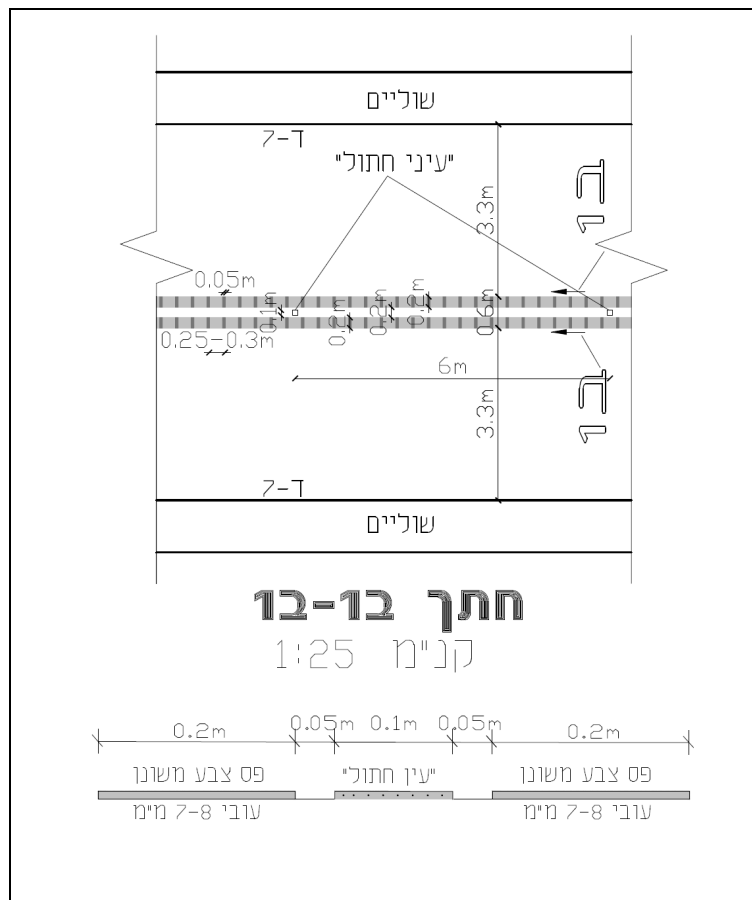
בחתך 1+1 אפשרי הן אמצעי הפרדה קשיח והן אמצעי הפרדה רך. בחתך עם אמצעי הפרדה קשיח מומלץ במפרדה מעקה בטון דו-צדדי מאושר יצוק או ממקטעים, או מעקה פלדה דו-צדדי, ושוליים של 1.2 מטר מצדדיו (תרשים 3.19). בקצות שטח ההפרדה יסומן הקו הכפול 803. החתך בתרשים מתאים לשדרוג דרכים דו-נתיביות חד-מסלוליות במהירות תכן של 80 קמ"ש. הכרחי לדאוג לכך שקצות המעקה הפונים לתנועה בשני הצדדים יהיו מוגנים מפגיעה ע"י רכב מתקרב באמצעות התקנים סלחניים.

בחתך עם אמצעי הפרדה רך מוצע ליישם במרכז אמצעי הפרדה מסוג "רצועת חייץ" ברוחב 0.6 מטר (תרשים 3.20). רצועת החייץ מורכבת משני פסי סימון כדוגמת 803 במרקם משונן (גובה 7-8 מ"מ), אך ברוחב 0.2 מטר כל אחד, כאשר הרוחב בין גבולותיהם החיצוניים של פסי הסימון הינו 0.6 מטר. בציר רצועת החייץ (ציר הכביש) מומלצת התקנת סמנים מחזירי אור ("עיני חתול") דו-צדדיים כל 6 מטר (תרשים 3.18). החתך מומלץ לשדרוג דרכים חד-מסלוליות שאינן ראשיות במהירות תכן של 70 קמ"ש ומטה, אם כי ניתן ליישמו גם בדרכים חד-מסלוליות עם מהירות תכן 80 קמ"ש.

**ב. רוחב נתיב ושוליים**

רוחב הנתיבים ורוחב השוליים המומלצים לדרך זו יהיו בהתאם לרוחב הרגיל, דהיינו נתיב ברוחב 3.6 מטר ושול ברוחב 3.0 מטר לכל דרך ראשית וכן לאזורית במהירות תכן 80 קמ"ש, או נתיב ברוחב 3.3/3.5 מטר ושול ברוחב 2.0/2.5 מטר לדרך אזורית דו-נתיבית במהירות תכן 70 קמ"ש או 60 קמ"ש בהתאמה.

בחתך 1+1 הפתרונות מבוססים על שיפור בטיחותי של מצב קיים. בדרך חד-מסלולית חדשה, או כשהמצב הקיים מאפשר להגדיל את רוחב הדרך המקורית, מומלץ כאמור לתכנן את השוליים לפי רוחב השוליים המלא ללא הפחתה. בדרך קיימת שלא ניתנת להרחבה, רוחב הנתיב יישמר בהתאם לחתך המקורי של הדרך החד-מסלולית, אך רוחב השוליים יופחת כך שלא תהיה חריגה מרוחב הדרך. אם רוחב הדרך הקיימת קטן מהרוחב האופייני המומלץ בהנחיות פרק זה, רצוי לא לחרוג מרוחב השוליים למצב מאולץ כפי שמוצג בתרשימים 3.19 ו-3.20, כלומר להגדיל את רוחב רצועות הדרך הקיימת.



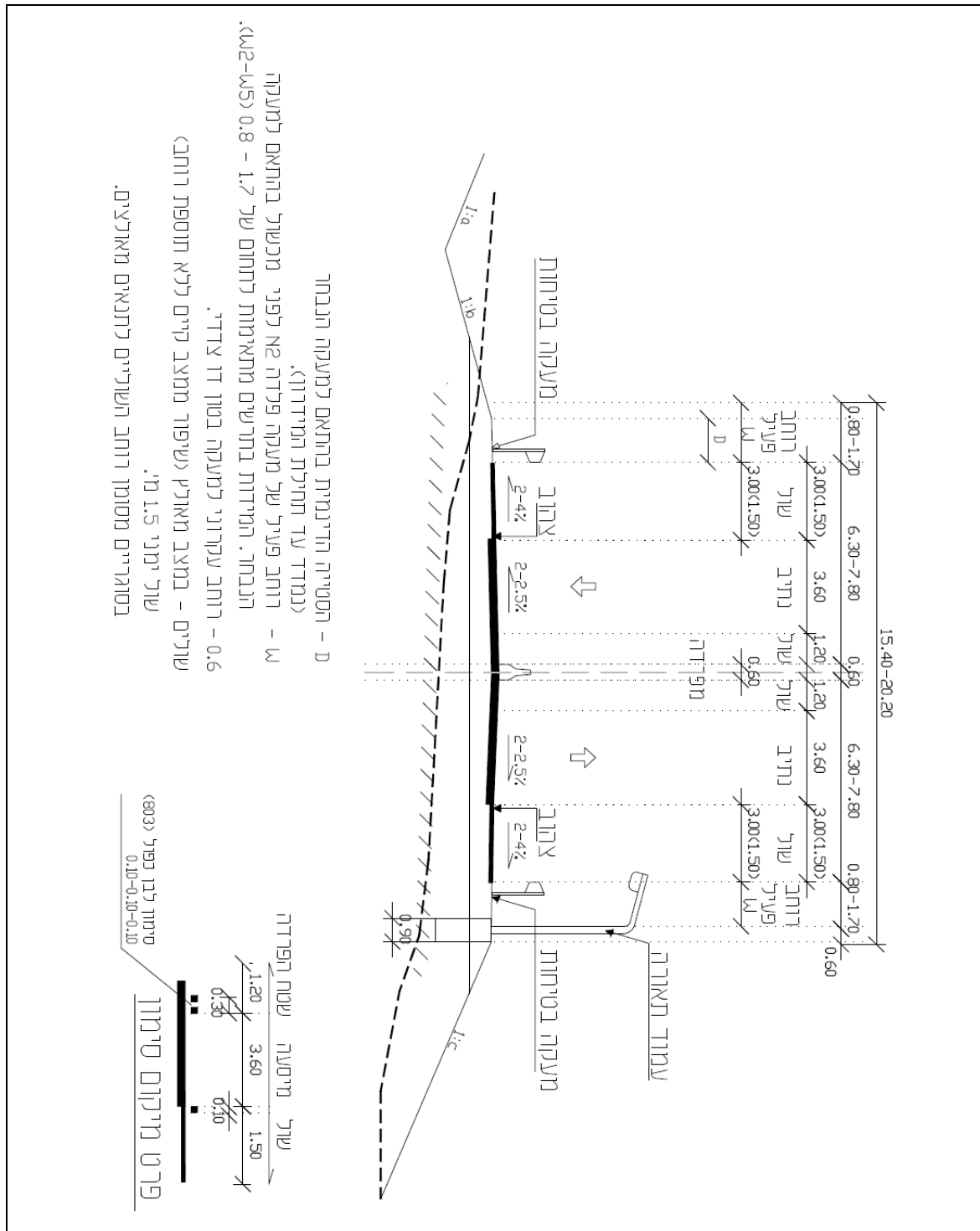
**תרשים 3.18:** פרט מומלץ לאמצעי הפרדה רך (רצועת חייץ)

רק במקרים מיוחדים (אילוצים פיסיים ואילוצי תקציב), במעבר ממצב של דרך דו-נתיבית קיימת לחתך 1+1 באמצעי הפרדה קשיח (כאשר רוחב הדרך הקיימת קטן מהרוחב האופייני המומלץ בהנחיות פרק זה), ניתן לאפשר שולי ימני מופחת מזערי של 1.2 מטר (בדומה לנתיב עקיפה), ושול שמאלי מופחת מזערי של 0.6 מטר, ובלבד שהרוחב המזערי ממעקה למעקה הינו 5.5 מטר – הרוחב המזערי המאפשר עקיפת רכב תקול (בדומה לדרכים מס' 75 ו-66 בישראל, בהם מותקן אמצעי הפרדה קשיח אך נייד), ומתקיימים התנאים הדרושים לרוחב הפעיל. עבור אמצעי הפרדה רך ניתן לאפשר גם כן רוחב שול ימני מופחת מזערי של 1.2 מטר.

#### ג. חתכים טיפוסיים

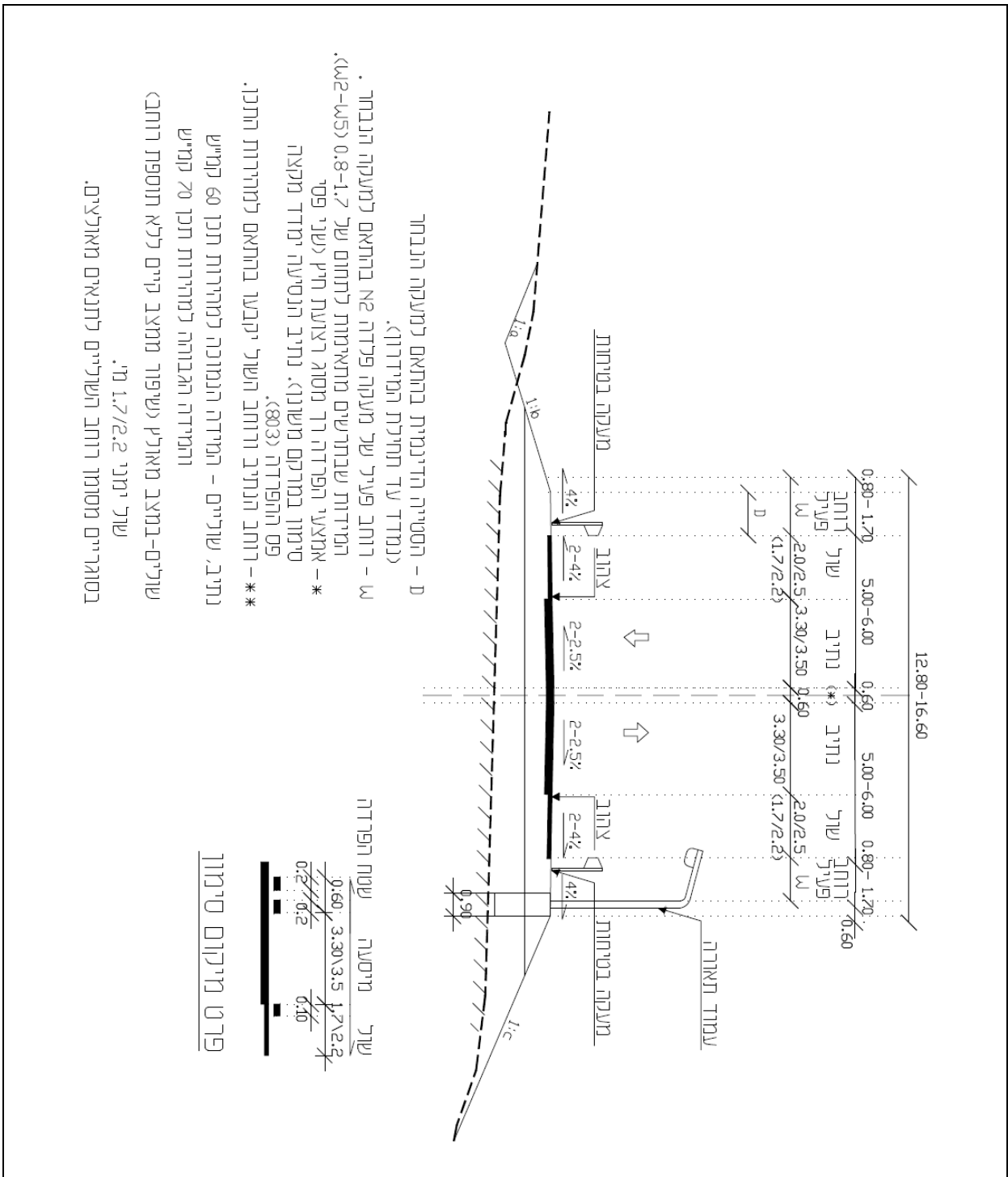
החתכים הטיפוסיים מבוססים על שיפור בטיחותי למצב הקיים, בהנחה שהמצב הקיים תוכנן בהתאם להנחיות המפורטות בפרק זה לחתכי הרוחב האופייניים לדרך חד-מסלולית דו-נתיבית. לפיכך התרשים מציג גם את המצב המאולץ של תכנון רוחב השוליים החיצוניים למצב מאולץ המותאם למצב הקיים כדלקמן:

עבור אמצעי הפרדה קשיח (תרשים 3.19) הופחתו השוליים החיצוניים מ-3.0 מטר ל-1.5 מטר, כדי 'לפצות' על רוחב השול השמאלי (1.2 מטר) ומחצית מרוחב המפרדה (0.3 מטר). בסוגריים סומן רוחב השול המלא של 3.0 מטר (לתכנון כביש חדש או לשיפור מצב קיים תוך הגדלת רוחב הדרך המקורית). עבור אמצעי הפרדה רך (תרשים 3.20), הופחתו השוליים החיצוניים ב-0.3 מטר (2.2 מטר למהירות תכן 70 קמ"ש, ו-1.7 מטר למהירות תכן 60 קמ"ש) כדי 'לפצות' על חצי רוחב מפרדה. בסוגריים סומן רוחב השול המלא של 2.5 מטר או 2.0 מטר לפי אותו עיקרון של אמצעי הפרדה קשיח.



**תרשים 3.19:** חתך ביניים טיפוס (1+1) לרוחב דרך ראשית חד-מסלולית דו-נתיבית (מהירות תכן 80 קמ"ש) עם אמצעי הפרדה קשיח (סכימתי, ללא קנ"מ)





**תרשים 3.20:** חתך ביניים טיפוסי (1+1) לרוחב דרך חד-מסלולית דו-נתיבית שאינה ראשית (מהירות תכן 60-70 קמ"ש) עם אמצעי הפרדה רך (סכימתי, ללא קנ"מ)

## פרק 4: מרחקי ראות

### תוכן עניינים

4-1	מבוא	4.1
4-1	מרחק ראות מזערי לעצירה	4.2
4-1	הגדרת מרחק הראות ומרכיביו	4.2.1
4-2	חישוב מרחק הראות	4.2.2
4-3	תכנון לרכב כבד	4.2.3
4-5	השפעת השיפוע על מרחק הראות לעצירה	4.2.4
4-5	מרחק ראות להחלטה	4.3
4-5	הגדרת מרחק הראות להחלטה	4.3.1
4-8	הנחות החישוב וערכי התכן	4.3.2
4-9	מרחק ראות לעקיפה מלאה	4.4
4-13	מרחק ראות לעקיפה דחוקה	4.5
4-14	ערכי התכן של הגובה בקצוות קו הראות	4.6
4-15	יישום ערכי התכן למרחקי הראות	4.7

## פרק 4: מרחקי ראות

### 4.1 מבוא

מרחק הראות (sight distance) הוא אורך קטע הדרך הנראה לעיני הנהג בכיוון הנסיעה. מרחק זה צריך לאפשר לנהג להבחין במתרחש בקטע הדרך בכיוון הנסיעה בעוד מועד, לקבל החלטה על הפעולה שעליו לבצע, ולהשלים את ביצועה בביטחה, תוך שליטה על תנועת הרכב במהלך הפעולה. הפעולה הנדרשת יכולה להיות: הימנעות מפגיעה במכשול בדרך או ברכב עומד, עקיפת רכב איטי הנוסע לאורך קטע הדרך שלפניו, החלפת נתיב לצורך יציאה או פנייה בצומת וכיוצ"ב, וביצוע התימרון כנדרש מהפעולה.

מרחק הראות הנדרש הינו קלט חיוני לתכנון התוואי האנכי של הדרך (ראות ביום בעקומים קמורים, וראות בלילה בעקומים קעורים), ולתכנון התוואי האופקי של הדרך (למשל בעקום אופקי בחפירה ובין עצים, מבנים וכיוצ"ב), וכן בתכנון צמתים ומחלפים.

סוגי מרחקי הראות הנקבעים על פי הפעולה שהם אמורים לאפשר לפי ההנחיות והתקנות התקפות בישראל הינם:

- א. מרחק ראות (מזערי) לעצירה.
- ב. מרחק ראות להחלטה.
- ג. מרחק ראות לעקיפה.
- ד. מרחק ראות לעקיפה דחוקה.

פרק זה מציג את ערכי התכן של סוגי מרחקי הראות השונים, הפרמטרים הנלווים (כגון: תאווה, משך זמן החישה-תגובה, גובה חפץ, וגובה עיני נהג), ואת יישום מרחקי הראות לצרכי תכנון הדרכים הבין-עירוניות לפי סיווגן.

### 4.2 מרחק ראות מזערי לעצירה

#### 4.2.1 הגדרת מרחק הראות ומרכיביו

מרחק הראות המזערי לעצירה (Stopping Sight Distance) הינו האורך המזערי של הדרך שנהג הנוסע במהירות התכן צריך להיות מסוגל לראות, כך שסיפיק לעצור לפני מכשול בו הבחין בנתיב נסיעתו (רכב תקוע בנתיב הנסיעה, חפץ על הדרך, וכו'). מרחק זה חייב להתקיים לכל אורך הדרך. מרחק הראות לתכנון הינו המרחק כפי שנמדד לאורך תוואי הנסיעה – מרחק הנסיעה לראות. מרחק הראות עצמו, המהווה קו ישר בין עיני הנהג לבין העצם הנצפה בגובה שנקבע כמייצג אותו, עשוי להיות קצר ממרחק הנסיעה לראות, העוקב אחר תוואי הכביש, כמתואר בתרשים 5.10. החישובים של מרחק הראות כפי שיובאו להלן מתאימים למרחק הנסיעה לראות.

- מרחק הראות לעצירה הוא סכום של שני מרכיבים – מרחק החישה-תגובה ומרחק הבלימה:
- מרחק החישה-תגובה הוא המרחק שהרכב עובר לאורך הנסיעה, מההבחנה במכשול ועד הפעלת הבלמים;
- משך זמן החישה הוא הזמן שעבר מרגע ההבחנה במכשול ועד ההחלטה להפעיל את הבלמים;
- משך זמן התגובה הינו הזמן שעבר מרגע ההחלטה להפעיל את הבלמים ועד לתחילת פעולתם המעשית;
- מרחק הבלימה הוא המרחק שהרכב עובר מתחילת פעולת הבלמים עד לעצירה מוחלטת.

במהלך השנים השתפרו משמעותית מערכות הבלימה של כלי הרכב המודרניים, כך שגדלה יכולת התאווה לבלימה והשתפרו מרחקי הבלימה. על פי מקורות עדכניים עליהם מתבסס גם AASHTO 2004, במיסעות רטובות, מסוגלים מרבית כלי הרכב לבלום בתאווה נוחה של 3.4 מטר/שנייה<sup>2</sup> ומעלה. הנהג הממוצע אף מאיט בתאווה העולה על 4.5 מטר/שנייה<sup>2</sup> לפני חפץ שהופעתו אינה נצפית מראש. פרמטר התאווה הפך להיות הפרמטר הדומיננטי לקביעת מרחק הבלימה, אם כי השיפור באיכות הצמיגים והתערובות האספלטיות תורמים גם כן להגדלת מקדמי החיכוך להחלקה, וזאת בשילוב המערכות למניעת נעילה (ABS) המותקנות כיום במרבית כלי הרכב, ואשר מבטיחות כושר האטה אחיד ללא חשש להחלקת הגלגלים עקב נעילה.

## 4.2.2 חישוב מרחק הראות

חישוב מרחק הראות לעצירה מבוסס על ההנחות הבאות:

- משך זמן החישה המייצג לצרכי תכן הינו 1.5 שניות, ומשך זמן התגובה המייצג הינו 1.0 שנייה. לפיכך ערך התכן למשך הזמן הכולל לחישה-תגובה הינו 2.5 שניות.
- מהירות הרכב במהלך החישה-תגובה הינה מהירות התכן.
- יעילות הבלימה נקבעת לפי תאווה הבלימה של כלי הרכב. תאווה בלימה זו משקללת את מערכות הבלימה המודרניות של כלי הרכב, ואת איכות הצמיגים המשפיעה על מקדם החיכוך להחלקה בין הצמיגים לכביש. ערכי התאווה המובאים בטבלה 4.1 מבוססים על כביש אספלט רטוב, כאשר מהירות הנסיעה הינה מהירות התכן. הערכים עובדו מהנחיות גרמניות ואמריקאיות עדכניות. ערכי מקדם החיכוך השקול (המחושב מתוך ההאטה) מתאימים להנחות מע"צ לגבי התערובות האספלטיות המתקדמות (SMA) בהן נהוג כיום להשתמש בכבישים הבין-עירוניים.

מרחק הראות המזערי לעצירה במישור מחושב לפי הנוסחה שלהלן:

$$S_D = \frac{2.5}{3.6} \cdot V_D + \frac{V_D^2}{2 \cdot 3.6^2 \cdot a} = 0.69V_D + \frac{V_D^2}{25.92 \cdot a}$$

כאשר:

$S_D$  – מרחק הראות המזערי לעצירה (מטר);

$V_D$  – מהירות התכן (קמ"ש);

a – תאוצת מכונית נוסעים (מטר/שנייה<sup>2</sup>), השקולה למקדם החיכוך מוכפל בתאוצת הכובד;  
 3.6 – מקדם להתאמת יחידות, מקמ"ש למטר/שנייה.

ערכי מרחק הראות כפי שחושבו מוצגים בטבלה 4.1. הערכים מתאימים לקטע מישורי ולמכונית נוסעים, עבור שיפוע לאורך הקטן מ-3%. ערכים לרכב כבד מוצגים בטבלה 4.2, ולשיפועים – בטבלאות 4.3 ו-4.4.

ערכי התכן של מרחק הראות לעצירה עוגלו עד 5 מטר כלפי מעלה.

**טבלה 4.1:** ערכי תאוצה, מקדמי החיכוך האקוויולנטיים וערכי התכן למרחק ראות לעצירה למכונית נוסעים בקטע אופקי\*

מרחק ראות – לעצירה – ערכי תכן (מ')*	מקדם החיכוך האקוויולנטי (a/g)	תאוצה, a, (מ'/שנייה <sup>2</sup> )*	מהירות תכן (קמ"ש)
45	0.43	4.19	<sup>(1)</sup> 40
60	0.43	4.19	<sup>(1)</sup> 50
75	0.43	4.19	60
100	0.40	3.96	70
125	0.38	3.76	80
155	0.36	3.57	90
185	0.35	3.41	100
220	0.34	3.36	110
250	0.34	3.36	120

\* קטע מישורי בשיפוע הקטן מ-3%

(1) מרחקי הראות למהירויות התכן הנמוכות (40 ו-50 קמ"ש) אינם רלוונטיים לכרך ההנחיות הנוכחי, אולם ישמשו בהמשך בתכנון מרכיבים בצמתים וברמפות מחלפים. אי לכך ערכים אלו משמשים כמאגר נתונים להמשך, ולפיכך מופיעים בטבלאות, למרות שרק מהירויות התכן בתחום 60-120 קמ"ש מתאימות לתחום מהירויות התכן לקטעי דרך כפי שנקבעו בפרק מדיניות התכן (פרק 2).

### 4.2.3 תכנון לרכב כבד

ערכי התכן בטבלה 4.1 מתאימים למכוניות נוסעים ולא למשאיות ואוטובוסים, אשר מצריכים מצד אחד מרחק בלימה ארוך יותר, אולם מצד שני עיני הנהג בהם גבוהות יותר (1.8 מטר באוטובוס, 2.4 מטר במשאית), והם אינם מורשים למהירויות העולות על 100 קמ"ש, כך שיש איזון מסוים. לפיכך מרחק הראות לעצירה עבור מכונית נוסעים מספיק בדרך כלל לצרכי תכנון גם עבור משאית ואוטובוס, למעט המצבים הבאים העשויים להיות מסוכנים למעבר רכב כבד, ומצריכים בדיקה מיוחדת:

**טבלה 4.2:** ערכי תאווה, מקדמי החיכוך האקוולנטיים וערכי התכן למרחק ראות לעצירה עבור משאיות בקטע אופקי\*

מרחק ראות לעצירה - ערכי תכן (מ')*	מקדם החיכוך האקוולנטי (a/g)	תאווה, a, (מ'/שני <sup>2</sup> )	מהירות תכן (קמ"ש)
50	0.29	2.85	40 <sup>(1)</sup>
70	0.29	2.85	50 <sup>(1)</sup>
95	0.29	2.85	60
120	0.29	2.85	70
145	0.29	2.85	80
175	0.29	2.85	90
210	0.28	2.75	100 <sup>(2)</sup>

\* קטע מישורי בשיפוע הקטן מ-3%.

1) מרחקי הראות למהירויות התכן הנמוכות (40 ו-50 קמ"ש) אינם רלוונטיים לכרך ההנחיות הנוכחי, אולם ישמשו בהמשך בתכנון מרכיבים בצמתים וברמפות מחלפים. אי לכך ערכים אלו משמשים כמאגר נתונים להמשך, ולפיכך מופיעים בטבלאות, למרות שרק מהירויות התכן בתחום 60-120 קמ"ש מתאימות לתחום מהירויות התכן לקטעי דרך כפי שנקבעו בפרק מדיניות התכן (פרק 2).  
2) מהירויות גבוהות יותר אינן מותרות למשאיות, ואחוז האוטובוסים בלבד לא יצדיק תכנון מיוחד.

א. מכשולים גבוהים לראות בעקום האופקי (עצים, חפירה, וכו'), המבטלים את משמעות יתרון גובה עיני נהג הרכב הכבד.

ב. ירידות ארוכות ותלולות, שבסופן מהירות הנסיעה של הרכב הכבד דומה לזו של רכב הנוסעים.

ג. נסיעה לקראת מכשול עילי המגביל ראות בעקום אנכי קעור או במעבר תחתי, המגבילים דווקא קווי ראות גבוהים, כגון לשילוט עילי וכיוצ"ב.

ד. בשילוב התנאים הבאים עם עקום אנכי קעור או עם עקום אופקי המגביל ראות:

1) בגישה לאזורים בתוואי בהם צפוי שינוי מהירות גדול כמו: עקום מורכב, נתיבי האטה, ואפי רמפות יציאה.

2) לקראת אזורי התמזגות והפחתת נתיב.

3) לקראת אתרי עבודה, בייחוד כאשר חלים שינויים במיסעה.

4) לקראת פניות חדות ברדיוסים אופקיים נמוכים, בהתחשב ביציבות המוגבלת של המשאית בעת ביצוע תפנית חדה.

תנאי הכרחי לתכנון מרחק ראות לעצירה לרכב כבד הינו שאחוז הרכב הכבד (אוטובוסים ומשאיות במשקל מעל 4 טון) עולה על 10% מהנפח היומי הממוצע לכיוון הנסיעה.

במצבים אלה מומלץ להגדיל את מרחקי הראות מטעמי בטיחות, גם אם נהג הרכב הכבד מכיר בדרך כלל את תוואי הנסיעה יותר מאשר נהג הרכב הפרטי. טבלה 4.2 מציגה את התאווות ומרחקי הראות לעצירה עבור רכב כבד למצבים שתוארו לעיל. ערכי התאווות מבוססים על הנחיות אוסטרליות.

מבחינה מעשית, בתכנון עקום אנכי קמור, מספיק לתכננו לפי מכונית נוסעים. בעקום קעור, רדיוס ואורך העקום יתוכננו לפי מרחק ראות למשאית, במידה שמוצדק לתכנן למשאית. במצב קריטי של עקום קעור עם מכשול אנכי, יש לחשב את הרדיוסים המותאמים למכונית נוסעים ולמשאית, ולתכנן את העקום לפי הרדיוס המזערי הגבוה מביניהם. לפרטים ראו סעיף 6.4.3.

#### 4.2.4 השפעת השיפוע על מרחק הראות לעצירה

השיפוע האורכי משפיע על מרכיב הבלימה שבמרחק הראות לעצירה. כאשר הרכב במצב עלייה, מרחק הבלימה קצר יותר מאשר בקטע אופקי, ובמצב ירידה, מרחק הבלימה ארוך יותר. מרחק הראות המתחשב בשיפוע האורכי מחושב לפי הנוסחה שלהלן:

$$S_D = \frac{2.5}{3.6} \cdot V_D + \frac{V_D^2}{2 \cdot 3.6^2 \cdot (a \pm g \cdot 0.01 \cdot i)} = 0.69V_D + \frac{V_D^2}{25.92 \cdot (a \pm 0.1 \cdot i)}$$

כאשר:

$i$  – השיפוע האורכי של הדרך באחוזים, (+) עבור עלייה, ו-(-) עבור ירידה;

$g$  – תאוצת הכובד (9.81 מטר/שנייה<sup>2</sup>);

$V_D$  – מהירות התכן (קמ"ש);

$a$  – תאוצת הרכב (מטר/שנייה<sup>2</sup>), שקולה למקדם החיכוך מוכפל בתאוצת הכובד.

השימוש בנוסחה הכרחי עבור קטעי דרך בשיפוע אורכי מ-3% ומעלה. טבלאות 4.3-4.4 מציגות את מרחק הראות המזערי לעצירה עקב מצב ירידה או עלייה עבור מכונית נוסעים. לערכי ביניים שאינם מופיעים בטבלה, ניתן לבצע אינטרפולציה ליניארית או להיעזר בנוסחה. טבלאות 4.5-4.6 מציגות את מרחק הראות המזערי לעצירה בשיפועי ירידה או עלייה, למשאיות.

**במסלולים נפרדים של דרך דו-מסלולית יבוצע חישוב מרחק הראות לעצירה עבור כל כיוון בנפרד. בדרך דו-נתיבית ייקבע מרחק הראות לעצירה לפי מצב כיוון הנסיעה במורד.**

### 4.3 מרחק ראות להחלטה

#### 4.3.1 הגדרת מרחק הראות להחלטה

במקרים מסויימים מרחק הראות לעצירה איננו מספיק לנהג, כאשר נדרשים תמרונים נוספים פרט לעצירה. במקומות כאלה הנהג מצפה למרחק ראות גדול יותר, הנקרא מרחק ראות להחלטה (Decision Sight Distance). מרחק הראות להחלטה מיועד לאפשר תימרון שהוא פחות מסוכן מעצירה, אך ארוך יותר. במהלך התימרון הנהג בוחר מהירות ומסלול התואמים את המצב. מרחק זה מאפשר:

**טבלה 4.3:** מרחקי ראות לעצירה בשיפוע אורכי בירידה – מכונית נוסעים (מ')

שיפוע הירידה					מהירות תכן (קמ"ש) <sup>(1)</sup>
-10%	-8%	-6%	-4%	-3%	
50	50	45	45	45	40 <sup>(1)</sup>
65	65	65	65	60	50 <sup>(1)</sup>
85	85	85	80	80	60
115	110	105	105	105	70
145	140	135	130	130	80
*	175	170	165	160	90
*	*	210	200	195	100
*	*	245	235	230	110
*	*	*	275	265	120

**טבלה 4.4:** מרחק ראות לעצירה בשיפוע אורכי בעלייה – מכונית נוסעים (מ')

שיפוע העלייה					מהירות תכן (קמ"ש) <sup>(1)</sup>
+10%	+8%	+6%	+4%	+3%	
40	45	45	45	45	40 <sup>(1)</sup>
55	55	55	60	60	50 <sup>(1)</sup>
70	70	75	75	75	60
110	90	95	95	95	70
135	110	115	120	120	80
*	135	140	145	145	90
*	*	170	175	175	100
*	*	195	205	205	110
*	*	*	235	240	120

\* שיפוע אורכי שאיננו מתאים למהירות התכן.  
 (1) מרחקי הראות למהירויות התכן הנמוכות (40 ו-50 קמ"ש) אינם רלוונטיים לכרך ההנחיות הנוכחי, אולם ישמשו בהמשך בתכנון מרכיבים בצמתים וברמפות מחלפים. אי לכך ערכים אלו משמשים כמאגר נתונים להמשך, ולפיכך מופיעים בטבלאות, למרות שרק מהירויות התכן בתחום 60-120 קמ"ש מתאימות לתחום מהירויות התכן לקטעי דרך כפי שנקבעו בפרק מדיניות התכן (פרק 2).



**טבלה 4.5:** מרחק ראות לעצירה בשיפוע אורכי בירידה – רכב כבד (מ')

שיפוע הירידה					מהירות תכן (קמ"ש)
-10%	-8%	-6%	-4%	-3%	
65	60	60	55	55	<sup>(1)</sup> 40
90	85	80	75	75	<sup>(1)</sup> 50
120	110	105	100	100	60
155	145	135	130	125	70
190	180	165	160	155	80
235	215	205	190	190	90
*	270	250	235	230	<sup>(2)</sup> 100

**טבלה 4.6:** מרחק ראות לעצירה בשיפוע אורכי בעלייה – רכב כבד (מ')

שיפוע העלייה					מהירות תכן (קמ"ש)
+10%	+8%	+6%	+4%	+3%	
45	45	50	50	50	<sup>(1)</sup> 40
60	65	65	65	70	<sup>(1)</sup> 50
80	80	85	85	90	60
100	105	105	110	110	70
125	125	130	135	135	80
145	150	155	160	165	90
*	180	190	195	200	<sup>(2)</sup> 100

\* שיפוע אורכי שאיננו מתאים למהירות התכן.  
 (1) מרחקי הראות למהירויות התכן הנמוכות (40 ו-50 קמ"ש) אינם רלוונטיים לכרך ההנחיות הנוכחי, אולם ישמשו בהמשך בתכנון מרכיבים בצמתים וברמפות מחלפים. אי לכך ערכים אלו משמשים כמאגר נתונים להמשך, ולפיכך מופיעים בטבלאות, למרות שרק מהירויות התכן בתחום 60-120 קמ"ש מתאימות לתחום מהירויות התכן לקטעי דרך כפי שנקבעו בפרק מדיניות התכן (פרק 2).  
 (2) מהירויות גבוהות יותר אינן מותרות למשאיות, ואחוז האוטובוסים בלבד לא יצדיק תכנון מיוחד.

- א. לחוש את הכיוון הכללי והצורה של תוואי נסיעתו.
- ב. להתכונן ולבצע בביטחה את כל התמרונים הדרושים לנהיגה שאינם דרושים לעצירה, כגון: האצה, האטה, שינוי נתיב, ופניות. תמרונים אלו עדיפים לעיתים על חוסר הברירה שבעצירה מוחלטת.
- ג. לתקן טעויות ולאפשר הימלטות ממכשול בלתי צפוי.

מומלץ כי מרחק הראות להחלטה ייושם במקומות קריטיים לאורך התוואי, כך שיתוכננו עם מתן מרחקי ראות להחלטה מספיקים. האזורים לאורך קטע הדרך בהם זקוק הנהג למרחק ראות להחלטה הם מקומות בהם צפויות החלטות בדבר שינוי כיוון או החלפת נתיב: צמתים עם נתיבי פנייה נפרדים, מחלפים – רמפות כניסה ויציאה, נתיבי האטה והאצה, השתזרות, שינוי בחתך לרוחב, אזורי הכוונה המבוססים על סימונים בדרך, אזורי ניגוד בהם תאורה מקומית מוגברת.

#### **למרחק הראות להחלטה שלושה מרכיבים:**

- א. מרחק הנסיעה במשך קדם-התימרון,
  - ב. מרחק הנסיעה במשך הבלימה ממהירות הזרימה החופשית (מהירות התכן, לצרכי תכנון) למהירות התימרון.
  - ג. מרחק הנסיעה במשך התימרון.
- קדם-התימרון הוא סכום הזמנים הדרוש לנהג לאבחנת מידע, חישה וזיהוי, ובהמשך להחלטה ולבדיקת האפשרות לביצועה. זמן התימרון הוא משך הזמן הדרוש לביצוע מלא של התימרון במהלך הנסיעה כגון: החלפת נתיב או עקיפת מכשול.

#### **המקרים אותם מכסה מרחק הראות להחלטה:**

- מרחק הראות להחלטה המחושב לפי שלושת המרכיבים שהובאו לעיל מכסה את המקרים הבאים:
- (1) החלטה לא יזומה של הנהג, כלומר הנהג לא מודע לקיומו של המכשול, ועם ההבחנה בו צריך לנקוט בפעולת התחמקות. מצב זה מכונה בספרות במדינות אחרות גם כמרחק ראות לתימרון (maneuver sight distance).
  - (2) החלטה יזומה של הנהג (תימרון יזום), למשל: שינוי נתיב לקראת פנייה. במצב זה משך קדם-התימרון יכול להיות קצר יותר, והפחתת המהירות קטנה יותר, או שאין בכלל הפחתת מהירות.
  - (3) החלטה של הנהג על עצירה מלאה בנוחות מרבית, כאשר משך קדם-התימרון מחפה על תאוטה נמוכה יותר.

#### **4.3.2 הנחות החישוב וערכי התכן**

- א. הערך המייצג למשך הזמן לקדם-תימרון מורכב מ-2.0 שניות למשך אבחנה ו-3.5 שניות להחלטה ובחירה, סך הכל 5.5 שניות.
- ב. התחום המייצג של משך זמן התימרון הינו 3.5-4.5 שניות.
- ג. תאוטות הבלימה הינן התאוטות המומלצות לחישוב מרחק ראות לעצירה, טבלה 4.1.
- ד. מהירויות התימרון נקבעו בהתאם למהירות התכן ומוצגות בטבלה 4.7. ככל שמהירות התכן גבוהה יותר, מהירות התימרון גבוהה יותר.

ה. במקרה של תימרון יזום ומתוכנן מראש, כגון במחלף, משך ההחלטה והבחירה הוא 2.5 שניות ואין הפחתת מהירות (או יש הפחתה מזערית שלה), אולם ערכי התכן בטבלה 4.7 מייצגים גם מקרה זה.

מרחק הראות להחלטה יחושב לפי הנוסחה שלהלן על בסיס שלושת מרכיביו בהתאמה:

$$S_{DC} = \frac{5.5}{3.6} \cdot V_D + \frac{V_D^2 - V_M^2}{2 \cdot 3.6^2 \cdot a} + \frac{T_M}{3.6} \cdot V_M = 1.53V_D + \frac{V_D^2 - V_M^2}{25.92 \cdot a} + \frac{T_M}{3.6} \cdot V_M$$

כאשר:

- $S_{DC}$  – מרחק ראות להחלטה (מטר);
- $V_D$  – מהירות התכן (קמ"ש);
- $a$  – תאוצת הבלימה (מטר/שנייה<sup>2</sup>);
- $T_M$  – משך זמן התימרון (שניות);
- $V_M$  – מהירות הנסיעה במהלך ביצוע התימרון (קמ"ש).

**טבלה 4.7:** מרחק ראות להחלטה

120	110	100	90	80	70	60	*50	מהירות תכן (קמ"ש)
80	70	60	60	50	50	40	35	מהירות התימרון (קמ"ש)
3.36	3.36	3.41	3.57	3.76	3.96	4.19	4.19	תאוצת הבלימה (מ/שנייה <sup>2</sup> )
360	325	290	255	220	190	160	135	ערכי תכן – מרחק ראות להחלטה (מ')

\* מרחקי הראות למהירות תכן נמוכה (50 קמ"ש) אינם רלוונטיים לכרך ההנחיות הנוכחי, אולם ישמשו בהמשך בתכנון מרכיבים בצמתים וברמפות מחלפים. אי לכך ערכים אלו משמשים כמאגר נתונים להמשך, ולפיכך מופיעים בטבלאות, למרות שרק מהירויות התכן בתחום 60-120 קמ"ש מתאימות לתחום מהירויות התכן לקטעי דרך כפי שנקבעו בפרק מדיניות התכן (פרק 2).

## 4.4 מרחק ראות לעקיפה מלאה

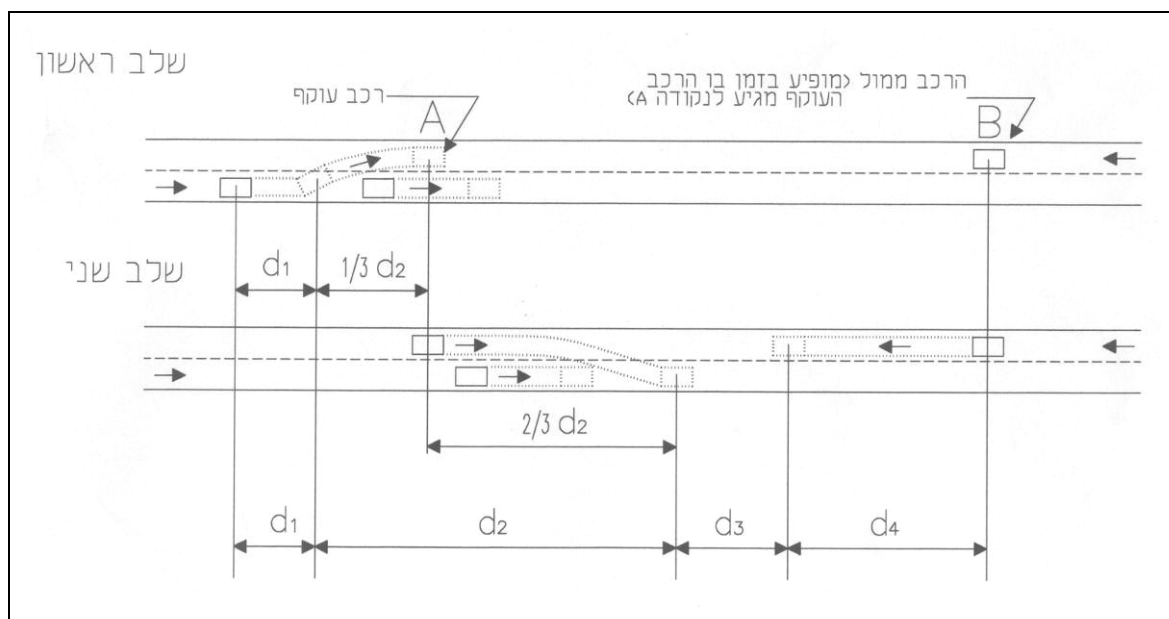
א. מרכיבי המרחק:

מרחק הראות לעקיפה מלאה (passing sight distance) הינו המרחק הדרוש בדרך דו-נתיבית למכונית נוסעים לצאת מנתיבה, לבצע עקיפה תוך נסיעה בנתיב הנגדי, להשלים את העקיפה, ולחזור בביטחה לנתיבה לפני הרכב הנעקף. חוסר יכולת עקיפה בדרך דו-נתיבית מהווה גורם עיקרי להיווצרות שיירות כלי רכב, מה שמעמיס את הדרך, מקטין את רמת השירות, ומסכן את הנהגים המתכוונים לבצע עקיפה.

- מרחק הראות לעקיפה הינו סכום של ארבעת מרכיבי הנסיעה הבאים של הרכב העוקף:
- (1) מרחק תימרון התחלתי, הכולל את מרחק הנסיעה בחישה-תגובה עד למצב של התחלת המעבר לנתיב הנגדי (השמאלי) –  $d_1$ .
  - (2) מרחק תימרון במשך הזמן שהרכב העוקף נמצא בנתיב הנגדי –  $d_2$ .
  - (3) מרווח בטיחות בין הרכב ממול לבין הרכב העוקף בסוף תימרון העקיפה –  $d_3$ .
  - (4) מרחק נסיעה של הרכב ממול לאחר שאותר על ידי הרכב העוקף, מרחק השווה ל-2/3 מאורך העקיפה (שני שלישי  $d_2$ ) –  $d_4$ .

### ב. הנחות ועקרונות החישוב:

ההנחה הבסיסית היא שרכב היוצא לעקיפה יכול להבחין ברכב ממול לכל המאוחר בנקודת זמן בה הנהג העוקף יכול לבחור בין השלמת העקיפה כך שיוותר מרחק בטיחות בינו לרכב ממול, לבין נטישת העקיפה כך שיוכל לבלום ולחזור לנתיב נסיעתו. תימרון העקיפה מתואר בתרשים 4.1.



**תרשים 4.1:** תאור שלבי תהליך עקיפה (מבוסס על TAC 1999)

הנחות ועקרונות החישוב העיקריים הם:

- (1) מהירות הרכב הנעקף אחידה ומהווה 80% ממהירות התכן (עבור משאית – 5 קמ"ש פחות). מהירות הרכב העוקף מחושבת לפי מהירות הרכב הנעקף, ולפי הפרש המהירויות בין הרכב העוקף לרכב הנעקף (m) כפי שנמדד במקרים מייצגים – ראו (4) להלן.
- (2) לפני העקיפה יש פער של 1.0 שנייה בין הרכב העוקף לנעקף.

- (3) לנהג הרכב העוקף דרושות 2.5 שניות לחישה-תגובה לפני התחלת האצה ומעבר לנתיב השני. הזמן  $t_1$ , הכולל זמן חישה-תגובה וזמן נסיעה בו הרכב מאיץ לקראת המעבר לנתיב השמאלי, הינו בתחום 3.6-4.5 שניות – הזמן עולה ככל שמהירות הרכב הנעקף עולה.
- (4) התאוצה (a) של הרכב העוקף הינה בתחום 0.625-0.669 מטר/שנייה<sup>2</sup> – התאוצה יורדת עם הגידול במהירות הרכב הנעקף.
- (5) הפרש המהירויות בין הרכב העוקף והרכב הנעקף (m) בזמן העקיפה הינו 15 קמ"ש למהירויות תכן 60-70 קמ"ש, ו-11 קמ"ש למהירויות תכן 80-90 קמ"ש ומעלה.
- (6) ערכי התכן לשהות הרכב העוקף בנתיב השמאלי ( $t_2$ ) עולים ככל שמהירות הרכב הנעקף גבוהה יותר. תחום זמן זה הינו 9.3-11.3 שניות, ונקבע באינטרפולציה לפי מהירויות התכן. במידה שהרכב הנעקף הינו משאית ולא מכונית נוסעים, יש להוסיף לזמן זה 1.5 שניות.
- (7) נטישת העקיפה – אם הרכב העוקף הבחין ברכב ממול עד לנקודה הקריטית של העקיפה, יוכל הרכב העוקף לנטוש את העקיפה ולחזור לנתיב נסיעתו.
- (8) בחזרה מהעקיפה (לנתיב המקורי) יש מרווח בטיחות של 3.0 שניות בין הרכב העוקף לרכב שממול (המרחק  $d_3$ ), ופער של 1.5 שניות בין הרכב העוקף לנעקף בנתיב הנסיעה.
- (9) מרחק הנסיעה של הרכב ממול ( $d_4$ ) מחושב לפי הזמן בו הרכב העוקף מבצע את תימרון העקיפה לאחר שעבר לנתיב השמאלי באופן מלא. מרחק זה אינו כולל את השלב הראשון בו הרכב העוקף עובר מהנתיב שלו לנתיב השמאלי, שלב בו הרכב העוקף יכול להתחרט ולנטוש את העקיפה. לפיכך זמן זה מהווה שני שלישי מזמן תימרון העקיפה ( $d_2$ ).
- (10) מהירות הרכב ממול זהה למהירות הרכב העוקף.

#### ג. נוסחאות החישוב:

נוסחאות החישוב מבוססות על AASHTO (2004), כאשר  $d_{PSD}$  הוא מרחק הראות לעקיפה מלאה:

$$d_{PSD} = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$d_1 = \frac{t_1}{3.6} \cdot \left( V_p - m + \frac{a \cdot t_1}{2} \right)$$

$$d_2 = \left( \frac{V_p}{3.6} \right) \cdot t_2$$

$$d_3 = \left( \frac{V_p}{3.6} \right) \cdot 3$$

$$d_4 = \frac{2}{3} \cdot d_2$$

$V_p$  – מהירות ממוצעת של הרכב העוקף (קמ"ש).

**ד. ערכי התכן:**

ערכי התכן למרחק הראות לעקיפה מלאה התלויים במהירות התכן מוצגים בטבלה 4.8. בטבלה מוצגים ערכי הפרמטרים:  $t_1, t_2, m, a$  וכן  $d_1, d_2, d_3, d_4$  המהווים את הבסיס לחישוב בהתאם להנחות ועקרונות החישוב שצוינו לעיל. הערכים מתאימים לרכב נעקף שהינו מכונית נוסעים.

ערכי התכן של מרחק ראות לעקיפה מלאה אינם מיועדים לצורך קביעת הסימון, אלא לשם הבטחת קטעים ארוכים מספיק, הפנויים לתימרון עקיפה מלא – ראו סעיף 4.7 להלן.

**טבלה 4.8:** מרחק ראות לעקיפה מלאה

מהירות תכן (קמ"ש)	60	70	80	90	*100
מהירות רכב נעקף (קמ"ש)	48	56	64	72	80
$V_p$ – מהירות רכב עוקף ממוצעת (קמ"ש)	63	71	77.7	84.3	91
$t_1$ (שנ')	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2
$a$ (מ'/שנ <sup>2</sup> )	0.625	0.639	0.639	0.658	0.658
$m$ – הפרש מהירויות עוקף - נעקף (קמ"ש)	15	15	13.7	12.3	11
$t_2$ (שנ')	9.7	10.0	10.2	10.4	10.6
$d_1$ (מ')	55	66	76	88	99
$d_2$ (מ')	171	197	220	244	269
$d_3$ (מ')	53	59	65	70	76
$d_4$ (מ')	114	131	147	163	179
<b>ערכי תכן: מרחק ראות לעקיפה מלאה <math>d_{PSD}</math> (מ')</b>	395	455	510	565	625

\* מהירויות תכן מעל ל-80 קמ"ש בדרכים חד-מסלוליות, מיועדות רק למקרה של שלב- ביניים של נסיעה דו-סיטרית במסלול ראשון מתוך שניים של דרך מחולקת עתידית – ראו סעיף 2.3.3.

#### ה. השפעת השיפוע האורכי:

במצב של ירידה, לרכב העוקף יש אמנם יתרון עקב יכולת תאוצה גבוהה יותר מאשר במצב מישורי, אולם גם הרכב הנעקף מקבל את אותו יתרון. במצב של עלייה, התאוצה של הרכב העוקף נמוכה יותר יחסית למצב במישור, והרכב הנגדי עשוי להאיץ יותר מהרגיל. מצד שני, משאיות מאבדות יותר מהירות במהלך העלייה בשיפועים מסוימים. לצרכי תכנון, במצב של עלייה מומלץ להשתמש בערכי תכן יותר גבוהים מהערכים המומלצים למצב מישורי, אך לא מוצגים ערכי תכן ספציפיים לכך.

### 4.5 מרחק ראות לעקיפה דחוקה

מרחק הראות לעקיפה מלאה הינו ארוך ושמרני יחסית. למרבית הנהגים מספיק מרחק ראות קטן יותר לביצוע תימרון עקיפה, למשל, ישנן עקיפות קצרות יותר כאשר הרכב הנעקף הינו רכב איטי הנוסע במהירות הנמוכה בהרבה ממהירות התכן או מהמהירות המותרת, או כאשר העקיפה מתבצעת ללא עיכוב, ולכן לא נדרשת האצה ממהירות איטית. מרחק הראות לעקיפה דחוקה הינו מרחק הראות המזערי שמתחתיו אסורה העקיפה לכל כלי הרכב – משמעות מרחק זה הינה שגם לרכב המהיר ביותר לא תותר עקיפה. בכל קטע כביש דו-סיטרי (חד-מסלולי) בו לא מתקיים מרחק ראות זה, יסומן קו הפרדה רצוף כפול (803) בין שני הנתיבים.

#### הגדרות החישוב וערכי התכן:

א. נטישת עקיפה – נהג אשר טרם הגיע לנקודה הקריטית, יכול לנטוש אותה ולחזור לנתיבו מאחורי הרכב הנעקף. הנקודה הקריטית מוגדרת כנקודת הגעת הרכב העוקף לחזית הרכב הנעקף (אחרי כ-40% מהעקיפה), או לנקודה בה המרחק הדרוש להשלמת העקיפה שווה למרחק הדרוש לנטישתה.

ב. מרווח הבטיחות לרכב ממול בסוף העקיפה הינו שנייה אחת.

ג. משך זמן התגובה להחלטה הוא 1 שנייה, והתאווה במקרה של נטישה היא 3.4 מטר/שנייה<sup>2</sup>. חישוב מרחק ראות לעקיפה דחוקה, לפי ההנחה שהוא מתחיל מהנקודה הקריטית של נטישת עקיפה כאשר נותרו לנהג העוקף 0.6·d<sub>2</sub> להשלמת העקיפה:

$$d_{RPSD} = (0.6 \cdot d_2) \cdot 2 + \frac{1}{3} \cdot d_3$$

כאשר d<sub>RPSD</sub> הוא מרחק הראות לעקיפה דחוקה. ערכי d<sub>2</sub> לצורך הערך הנוכחי אינם של העקיפות הארוכות ביותר כמו בנוסחה הקודמת, אלא דווקא של העקיפות הקצרות ביותר שעדיין ניתן לאפשר, ולכן הערכים בטבלה 4.9 הם המזעריים לצורך סימון מתן עקיפה. במידה שלא מתאפשרים ערכים אלו, יש לבחון האם מוצדק להתקין נתיב עקיפה בהתאם לסעיף 3.9.2 בפרק 3 – "חתכי רוחב מיוחדים", הן בנתיבי עקיפה. רצוי גם לא לסמן בין שני קטעי איסור עקיפה קטע שבו מותרת העקיפה, אם אורכו קטן מהאמור בטבלה.

**טבלה 4.9: מרחק ראות לעקיפה דחוקה**

מ"ש	80	70	60	מ"ש (קמ"ש)
330	300	270	230	200

\* מהירויות תכן מעל ל-80 קמ"ש בדרכים חד-מסלוליות, מיועדות רק למקרה של שלב-ביניים של נסיעה דו-סיטרית במסלול ראשון מתוך שניים של דרך מחולקת – ראו סעיף 2.3.3.

**4.6 ערכי התכן של הגובה בקצוות קו הראות**

יישום מרחקי הראות בתכן הגיאומטרי של התוואי מחייב את קביעת הגובה התכנוני בשני קצות קו הראות הנמדד לאורך ציר נתיב הנסיעה. קצהו האחד של הקו ממוקם בגובה עיני הנהג במכונית נוסעים – 1.05 מטר מפני הכביש. במידה שהתוואי מתוכנן למשאית, הערך המומלץ לגובה עיני נהג משאית הינו 2.4 מטר (סעיף 4.2.3).

גובה קצהו השני של קו הראות (גובה חפץ) משתנה בהתאם לסוג מרחק הראות:

א. מרחק הראות לעצירה – בקריטריון זה יש להפריד מבחינה מעשית בין דרכים המתוכננות למהירויות תכן נמוכות לבין דרכים המתוכננות למהירויות תכן גבוהות: ככלל, כל חפץ שגבהו מעל 0.15 מטר מהווה לכאורה סיכון עבור מכונית נוסעים ועשוי לחייבה לעצירה, אלא שמחקרים שנעשו בעשור האחרון הוכיחו כי נהגים אינם מסוגלים להבחין בחפץ בגודל כזה במרחק העולה על 150 מטר, אלא אם החפץ מובלט באופן מיוחד ע"י צביעה או החזר אור. מרחק זה מתאים למרחק ראות לעצירה למהירות תכן של 90 קמ"ש לכל היותר. בישראל, מהירויות תכן אלה מאפיינות בעיקר דרכים חד-מסלוליות, שהן במקרים רבים דלילות תנועה או באזורים מרוחקים, ולכן ברמת בקרה ותחזוקה נמוכה יותר, ולכן בסבירות גבוהה יותר להימצאות מכשול שטרם אובחן ופונה. במקרה של קירות חפירה הגורמים לדרדרת, הם קרובים יותר לכביש.

מהירות התכן הגבוהות יותר מאפיינות בישראל דרכים דו-מסלוליות, בהן התנועה רבה יותר, רמת הבקרה והתחזוקה גבוהות יותר, המדרונות מרוחקים יותר מהכביש, והסבירות להיתקל במכשול על הנתיב קטנה יותר. הסיכון העיקרי בדרכים כאלה הוא אי-הבחנה ברכב שתקוע בדרך, או שעומד על השול ובולט לכביש, או בקצה האחורי של פקק תנועה שנגרם עקב גודש, מקרה חירום וכיוצ"ב. לאור האמור לעיל, **גובה החפץ לתכנון למרחק ראות לעצירה יהיה:**

**(1) בדרכים חד-מסלוליות – 0.15 מטר** מהסיבות הבאות:

- א. לא ניתן לעקוף את החפץ בנתיב סמוך בכיוון הנסיעה.
- ב. הדרך פחות בטיחותית מדרך דו-מסלולית.



ג. מאחר שהדרך פחות מתוחזקת מאשר דרך דו-מסלולית, מומלץ לתת לה יתרון בגובה חפץ נמוך יותר, מה שיגדיל את רדיוסי ואורכי העקומים הקמורים וכן האופקיים במקרה של מגבלות ראות, ולפיכך יעלה את בטיחות הנסיעה.

**(2) בדרכים דו-מסלוליות – 0.60 מטר** – גובה הפנס האחורי של מכונית נוסעים. גובה זה מאפשר עדיין הבחנה גם בחיות בינוניות שמשוטטות בכביש. (הנהגים אינם מסוגלים להבחין בחפץ בגובה 0.15 מטר בנסיעה במהירויות גבוהות האופייניות לדרך דו-מסלולית).

**(3) לפני צומת או מחלף – 0 מטר (פני המיסעה)**, להבחנה בסימון שעל פני המיסעה.

ב. מרחק ראות לעקיפה מלאה ולעקיפה דחוקה – גובה החפץ יהיה גובה זווית הגיזרה המזערית הנדרשת להבחנה בגג מכונית נוסעים שגבהה 1.30 מטר במרכז הנתיב הנגדי, כדי לקלוט שהיא מתקדמת לעברך. גובה זה הוא 1.05 מטר – גובה שיבטיח גם ששני הנהגים יכולים לראות זה את זה.

ג. מרחק ראות להחלטה – מתאים בדרך כלל למהירויות יחסית גבוהות (לתימרון שאיננו עצירה, או עצירה נוחה בתאוטה נמוכה). גובה החפץ בקטעי דרך יהיה 0.60 מטר במרכז נתיב הנסיעה (לצמתים ולמחלפים יוגדר בכרכים המתאימים).

ד. במצב של שילוב מכשול עילי ועקום אנכי קעור מומלץ להשתמש בערכי קיצון של גובה עיני נהג 2.4 מטר (נהג משאית) וגובה חפץ 0.60 מטר (פנס אחורי) כמתואר בתרשים 6.6 בסעיף 6.4.3 העוסק בראות בעקום קעור. במקרה של שילוב עילי לאחר מכשול נמוך, מומלצת בדיקה לנראות השלט ע"י נהג משאית ולא רק מכונית נוסעים.

בדיקת מצב הראות בעקומים אופקיים ואנכיים מחייבת לעיתים את פרישת קו הראות כמתואר בסעיף 5.6 בפרק 5 (התוואי האופקי).

## 4.7 יישום ערכי התכן למרחקי הראות

בתכן תוואי הדרך משתמשים במרחקי הראות השונים במספר אלמנטים: בעקומים אנכיים, בעקומים אופקיים (בדרך כלל כאשר הדרך בחפירה או בין מבנים, עצים, וכו'), בצמתים ובמחלפים. מרחקי הראות לתכן הם על פי מידרג הדרכים, כמפורט בטבלה 4.10.

במידה שתוכננה דרך דו-מסלולית, אולם בשלב ראשון נפתח לתנועה מסלול אחד בלבד כדרך דו-סיטרית, יישום מרחקי הראות לשלב זה לשני כיווני הנסיעה במסלול האחד שהופעל לתנועה, יתבסס על דרך דו-נתיבית – ראו סעיף 2.3.3.

**טבלה 4.10:** יישום מרחקי הראות לתכן על בסיס סיווג הדרך

מקומית	סיווג הדרך				מרחק הראות לתכן
	דו-נתיבית אזורית	דו-נתיבית ראשית	דו-מסלולית ראשית/אזורית	מהירה	
תמיד	תמיד	תמיד	תמיד	-	מזערי לעצירה
-	בכל הוספת או הפחתת נתיב	לפני צמתים, במחלפים, בהוספת או הפחתת נתיב	לפני צמתים, במחלפים, בהוספת או הפחתת נתיב	המרחק הבסיסי לתכן *	להחלטה
-	בק"מ - כל 1/20 ממהירות התכן (קמ"ש)	בק"מ - כל 1/20 ממהירות התכן (קמ"ש)	-	-	לעקיפה
כל 3 ק"מ	מתחת למרחק זה חל איסור עקיפה (סימון 803)	מתחת למרחק זה חל איסור עקיפה (סימון 803)	-	-	לעקיפה דחוקה

\* בדרך מהירה, המיועדת לנסיעה של נפחי תנועה גדולים של רכב מנועי בלבד במהירויות גבוהות וללא הפרעות (אין צמתים, אין שימושי קרקע), המגמה היא לאפשר לנהגים לראות לפנייהם לכל אורך הדרך מרחק גדול יותר מהמרחק המזערי המאפשר עצירה בלבד, כדי לאפשר להם הרגשת נהיגה נינוחה ורגועה יותר.

## פרק 5: התוואי האופקי

### תוכן עניינים

<b>5-1</b> .....	<b>מבוא</b>	<b>5.1</b>
<b>5-1</b> .....	<b>רדיוסים והגבהות בעקומים אופקיים</b>	<b>5.2</b>
5-1 .....	הרדיוסים המזעריים בעקומים אופקיים	5.2.1
5-3 .....	הקשר בין רדיוסים גדולים מהמזעריים וההגבהה המתאימה	5.2.2
5-4 .....	הערך המזערי של הגבהה צידית אחידה בעקום האופקי	5.2.3
5-6 .....	עקומים אופקיים בעלי קימור רוחבי רגיל	5.2.4
5-6 .....	מגבלות לאורך העקום ולזווית	5.2.5
<b>5-7</b> .....	<b>מעבר שיפועים</b>	<b>5.3</b>
5-7 .....	הגדרות	5.3.1
5-7 .....	אורך מעבר השיפועים	5.3.2
5-13 .....	אופן היישום וערכי תכן	5.3.3
5-15 .....	שיטות לביצוע מעבר השיפועים בדרך דו-נתיבית	5.3.4
5-15 .....	תכנון חתך אורכי רציף לקצות המיסעה	5.3.5
5-15 .....	מעבר השיפועים בדרך דו-מסלולית עם מפרדה	5.3.6
<b>5-19</b> .....	<b>הרחבה בעקומים אופקיים</b>	<b>5.4</b>
5-19 .....	מטרת ההרחבה	5.4.1
5-19 .....	חישוב ההרחבה	5.4.2
5-21 .....	ערכי תכן	5.4.3
5-22 .....	אופן ביצוע ההרחבה	5.4.4
5-23 .....	הגדרת רוחב הנתיב (W) לחישוב מעבר השיפועים	5.4.5
<b>5-23</b> .....	<b>עקום מעבר</b>	<b>5.5</b>
5-23 .....	כללי	5.5.1
5-24 .....	אורך עקום מעבר	5.5.2
5-25 .....	אופן ביצוע עקום המעבר	5.5.3
5-27 .....	שיקולי תכנון	5.5.4
5-27 .....	עקום אופקי שאינו מחייב עקום מעבר	5.5.5
5-28 .....	עיקרי תהליך התכנון של שילוב עקום מעבר בעקום אופקי	5.5.6

<b>5-28</b> .....	<b>הראות בעקום אופקי</b>	<b>5.6</b>
5-28 .....	5.6.1 כללי	
5-28 .....	5.6.2 הראות בעקום המעגלי	
<b>5-32</b> .....	<b>שילוב עקומים עוקבים בתוואי האופקי</b>	<b>5.7</b>
5-32 .....	5.7.1 עקומים אופקיים לאותו כיוון	
5-33 .....	5.7.2 עקומים אופקיים מנוגדי כיוון	
<b>5-36</b> .....	<b>עקלתונים</b>	<b>5.8</b>
5-36 .....	5.8.1 הגדרה	
5-36 .....	5.8.2 הצדקים לשימוש בעקלתון	
5-37 .....	5.8.3 סיווג העקלתונים	
5-40 .....	5.8.4 התוואי הראשוני ובדיקתו	
5-40 .....	5.8.5 קריטריונים לתכן עקלתונים	
5-45 .....	5.8.6 בדיקות הכרחיות לתכנון התוואי הראשוני של העקלתון	
<b>5-49</b> .....	<b>בקרה כללית לתוואי האופקי</b>	<b>5.9</b>

## פרק 5: התוואי האופקי

### 5.1 מבוא

התוואי האופקי של הדרך מורכב מרצף של עקומים אופקיים וקטעים ישרים. העקומים האופקיים הם בדרך-כלל צירופים שונים של קשתות מעגליות ועקומי מעבר, כאשר הקשתות המעגליות משמשות לשינוי כיוון התוואי, ועקומי המעבר מסדירים את המעבר מהקטעים הישרים לקשתות המעגליות מבחינת נוחות הנסיעה (דינמיות), בטיחות הנסיעה, וחזות התוואי (התאמה סביבתית). לתכנון התוואי האופקי השפעה רבה על גורמים אלו, אשר מושפעים הן מתכנית כל עקום בנפרד, והן על ידי תכנון התוואי הכולל, והבקרה על תכנון העקומים ואופן הקשר שלהם לקטעים הישרים. העקביות בתכנון היא גורם חשוב בשני המרכיבים.

פרק התוואי האופקי שלפניכם מכיל שני חלקים בסיסיים:

החלק הראשון עוסק בהנחיות לתכנון המרכיבים השונים של העקום האופקי הבודד: (1) רדיוס והגבהה; (2) הרחבה; (3) מעבר שיפועים; (4) עקום מעבר.

החלק השני עוסק באלמנטים משולבים: (1) ראות בעקומים אופקיים; (2) שילוב עקומים עוקבים בתוואי – עקומים מורכבים, עקומים לאותו כיוון, עקומים בעלי כיוון מנוגד ועקלתונים; (3) בקרת התוואי.

### 5.2 רדיוסים והגבהות בעקומים אופקיים

סעיף זה עוסק בנושאים להלן:

- א) קביעת הרדיוסים המזעריים למהירויות התכנון השונות, והגורמים המשפיעים על קביעה זו.
- ב) קביעת הקשר בין הרדיוס להגבהה עבור רדיוסים הגדולים מהרדיוסים המזעריים.

#### 5.2.1 הרדיוסים המזעריים בעקומים אופקיים

##### א. שיווי המשקל בעקום האופקי

על רכב הנוסע בקשת מעגלית בתוואי האופקי פועל כוח צנטריפוגלי הדוחף את הרכב אל מחוץ לעקום. כוח זה גדל ככל שמהירות הרכב גדלה, וככל שרדיוס העקום קטן. הכוחות המאזנים את הכוח הצנטריפוגלי הם:

- כוח החיכוך הצידי בין הגלגלים למיסעה.
- רכיב כוח הכובד הפועל בכיוון מורד ההגבהה, אם קיימת (ההגבהה בקשת המעגלית היא השיפוע הרוחבי של הדרך שערכו בעקום אחיד, וכיוונו ירידה לפני העקום).

משוואת שיווי משקל התאוצות בעקום אופקי:

$$g \cdot e + g \cdot f = \frac{V^2}{R}$$

כאשר:

$g$  – תאוצת הכובד (מטר/שנייה<sup>2</sup>);

$e$  – ההגבהה הצידיית בעקום (בשבר עשרוני);

$f$  – גורם החיכוך הצידי (בשבר עשרוני);

$V$  – מהירות הנסיעה (מטר/שנייה);

$R$  – רדיוס העקום (מטר).

לפיכך, הפרמטרים התכנוניים העיקריים הקובעים את ערכי הרדיוסים המזעריים בעקום אופקי במהירות תכן נתונה, הינם החיכוך הצידי וההגבהה.

### ב. גורם החיכוך הצידי

גורם החיכוך הצידי מבטא את שיעור החיכוך המתפתח, אשר מנוצל על ידי הרכב בעת הנסיעה בעקום, והוא מהווה רכיב ממקדם החיכוך הצידי. ככל שהיחס בין גורם החיכוך למקדם החיכוך נמוך יותר, הסכנה להחלקה קטנה יותר. משיקולים בטיחותיים רצוי להקטין את ערכי התכן של גורם החיכוך הצידי עם העלייה במהירות.

טבלה 5.1 מרכזת את ערכי גורם החיכוך הצידי למהירויות התכן השונות. הערכים מבוססים על מדידות התאוצה הצידיית ( $g \cdot f$ ) המתאימה לרוב הנהגים.

### ג. ההגבהה הצידיית המרבית

ההגבהה הצידיית תורמת יחד עם מקדם החיכוך לאיזון הכוח הצנטריפוגלי בעת נסיעת הרכב בעקום אופקי. היחס  $e/(e+f)$  מבטא את התרומה היחסית של ההגבהה לאיזון עם הכוח הצנטריפוגלי. ככל שהיחס הזה גבוה יותר, קטן ניצול החיכוך, וגדלים נוחות הנסיעה ובטיחות הנסיעה בעקום.

במהירויות תכן נמוכות, הנגרמות עקב אילוץ תכנון בדרך כלל, וכאשר הדרך עוברת בטופוגרפיה הררית, רצוי מבחינה כלכלית לתכנן את העקומים האופקיים לרדיוסים קטנים, תוך שימוש בהגבהות צידייות תלולות ככל שניתן, עקב פילוג המהירויות הצר. במהירויות התכן הגבוהות יש לתכנן את העקום האופקי עם הגבהה צידיית נמוכה יותר, על מנת לספק את דרישות הנוחות והבטיחות. זאת עקב המהירות הנמוכה ממהירות התכן באופן משמעותי של כלי רכב איטיים יותר, שבה, עקב ההגבהה הגדולה, מתקזזת מרבית התאוצה הצנטריפוגלית על ידי ההגבהה, ללא הזדקקות לגורם החיכוך הצידי; מהירות זו ידועה כ"מהירות הנוחות", ומחושבת כ:

$$V_0 = \sqrt{R \cdot g \cdot e}$$

כאשר  $V_0$  היא מהירות הנוחות במ"ש, והשאר כפי שפורט בנוסחה שבסעיף א' לעיל. על רכב הנוסע אף לאט ממהירות זו, פועל כוח שקול לכיוון פנים העקום, שהנהג לא מצפה לו.

ההגבהה הצידיית המרבית,  $e_{max}$ , הינה בתחום שבין 0.10 למהירויות תכן 60-80 קמ"ש, המתאימות לדרכים חד-מסלוליות, לבין 0.08 למהירויות תכן של 90-120 קמ"ש, המתאימות לדרכים מחולקות.

ערכי ההגבהה הצידיית מובאים בטבלה 5.1 ומבוססים על יחסי  $e/(e+f)$  העולים מ-0.385 למהירות 60 קמ"ש, ועד 0.47 למהירות 120 קמ"ש.

**ד. ערכי הרדיוסים המזעריים בעקום אופקי**

הרדיוס המזערי נקבע בהתאם למהירות התכן, להגבהה הצידיית, ולגורם החיכוך הצידי, כפי שמוצג במשוואה שלהלן:

$$R_{\min} = \frac{V_d^2}{127 \cdot (e_{\max} + f)}$$

כאשר:

- $R_{\min}$  – הרדיוס המזערי למהירות התכן (מטר);
  - $V_d$  – מהירות התכן (קמ"ש);
  - $f$  – גורם החיכוך הצידי המתאים למהירות התכן (בשבר עשרוני), מטבלה 5.1;
  - $e_{\max}$  – ההגבהה הצידיית המרבית המתאימה למהירות התכן (בשבר עשרוני), מטבלה 5.1;
  - 127 – מקדם המרת יחידות לרבות תאוצת הכובד.
- ערכי התכן של הרדיוסים המזעריים מובאים בטבלה 5.1.

**טבלה 5.1:** ערכי תכן לפרמטרים הבסיסיים בעקום אופקי למהירויות התכן השונות

מהירות התכן (קמ"ש)							ערך התכן
120	110	100	90	80	70	60	
0.08	0.08	0.08	0.08	0.10	0.10	0.10	הגבהה מרבית $e_{\max}$
0.09	0.09	0.10	0.11	0.13	0.13	0.16	גורם החיכוך הצידי $f^*$
670	565	440	340	220	170	110	רדיוס אופקי מזערי $R_{\min}$ (מ')

\* ערכים מתאימים לתערובות אספלטיות מסוג S ו-SMA.

**5.2.2 הקשר בין רדיוסים גדולים מהמזעריים וההגבהה המתאימה**

בערכי הרדיוסים המזעריים שהוצגו בסעיף הקודם, מומלץ להשתמש רק כאשר קיימים אילוצים. ככלל, יש להעדיף רדיוסים גדולים מהרדיוסים המזעריים, במידה שהטופוגרפיה והסביבה מאפשרות.

ההגבהה הצידיית תורמת יחד עם מקדם החיכוך לאיזון הכוח הצנטריפוגלי בעת נסיעת הרכב בעקום אופקי. היחס  $e/(e+f)$  מבטא את התרומה היחסית של ההגבהה לאיזון הכוח הצנטריפוגלי. ככל שהיחס הזה גבוה יותר, קטנה ההסתמכות על החיכוך, וגדלים נוחות הנסיעה ובטיחות הנסיעה בעקום.

ככל שרדיוס העקום גדול מהרדיוס המזערי, קטנה התאוצה הצנטריפוגלית הפועלת על רכב הנוסע בעקום זה, לעומת התאוצה הפועלת על רכב הנוסע ברדיוס המזערי במהירות זהה. משיקולי איזון בין

ההגבהה לחיכוך הצידי והשפעתם על נוחיות הנסיעה, יש להגדיל את היחס  $e/(e+f)$  ככל שרדיוס העקום גדל במהירות תכן קבועה, כמפורט בסעיף 5.2.1 ג' לעיל.

הקשר בין הרדיוס וההגבהה, אשר עונה לדרישות התכנון, הוא:

$$e_c = \frac{1}{1 + \gamma} \cdot \left( \frac{V_d^2}{127 \cdot R_c} - f_{\max} + e_{\max} \cdot \gamma \right)$$

כאשר:

- $e_c$  – ההגבהה הצידיה הדרושה בעקום בעל רדיוס  $R_c$  הגדול מהרדיוס המזערי (שבר עשורוני);
  - $R_c$  – הרדיוס הקיים בעקום (מטר);
  - $V_d$  – מהירות התכן (קמ"ש);
  - $\gamma$  – מקדם התלוי במדיניות ההגבהה המרבית, לפי טבלה 5.2;
  - $f_{\max}$  – גורם החיכוך הצידי המתאים להגבהה המרבית (בשבר עשורוני), מטבלה 5.1;
  - $e_{\max}$  – ההגבהה הצידיה המרבית המתאימה למהירות התכן (בשבר עשורוני), מטבלה 5.1.
- אופן השתנות ההגבהה עם הרדיוס למהירויות התכן השונות נתון בתרשים 5.1.

**טבלה 5.2:** ערכי המקדם  $\gamma$  להגבהות מותרות

מהירות התכן (קמ"ש)							ערך התכן
120	110	100	90	80	70	60	
0.08	0.08	0.08	0.08	0.10	0.10	0.10	$e_{\max}$ הגבהה מרבית
1.150	1.133	1.267	1.400	1.275	1.250	1.587	$\gamma$

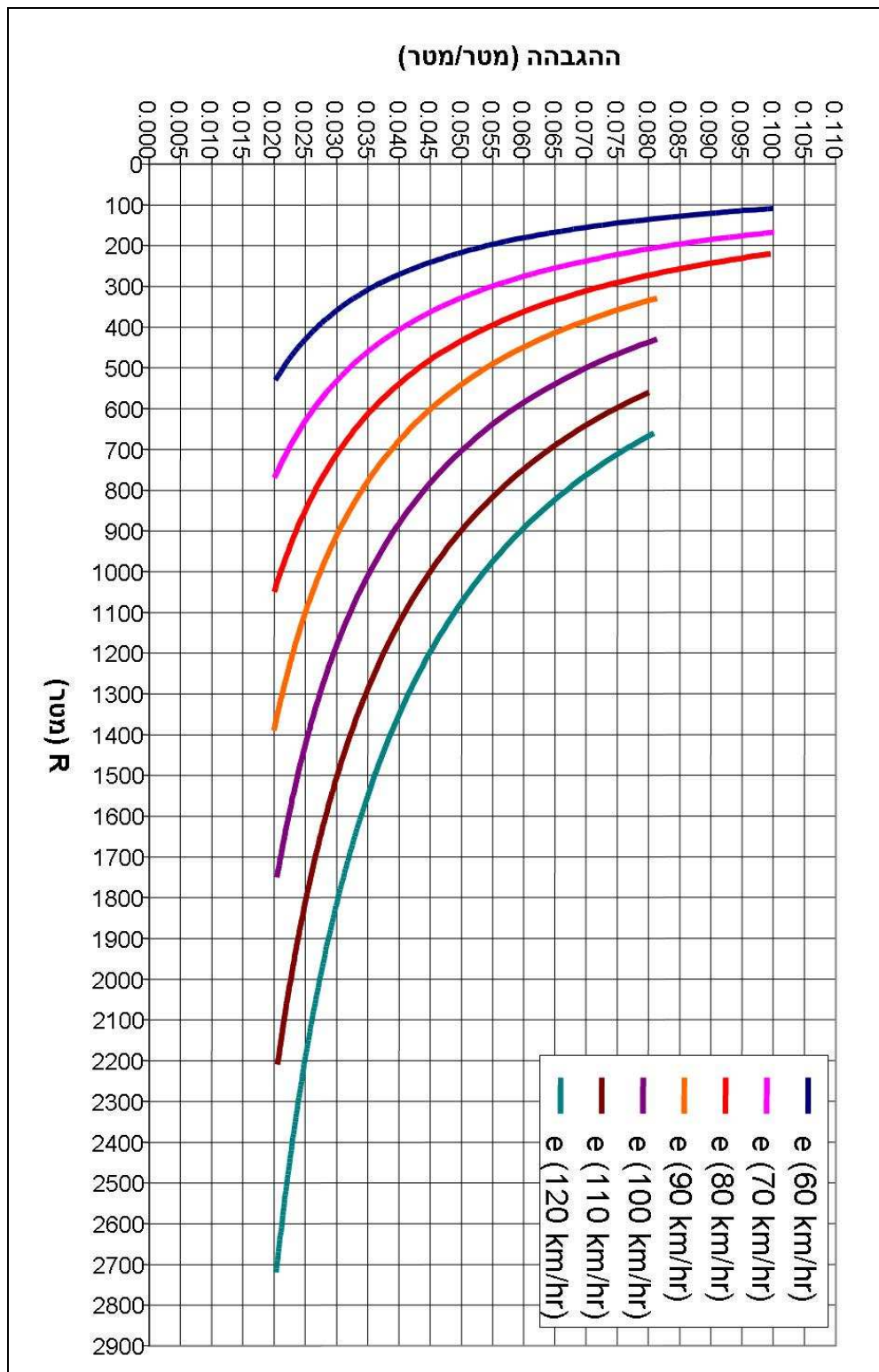
**5.2.3 הערך המזערי של הגבהה צידיה אחידה בעקום האופקי**

הערך המזערי של הגבהה צידיה אחידה היורדת בכיוון מרכז העקום האופקי הוא 2-2.5%. משיקולי ניקוז, אין לבצע הגבהה בעלת ערך קבוע הנמוך מזה (פרט למעבר שיפועים). הרדיוסים המתאימים להגבהה האחידה המזערית למהירויות התכן השונות מוצגים בטבלה 5.3.

**טבלה 5.3:** הרדיוסים הקטנים ביותר המתאימים להגבהה צידיה מזערית אחידה (2%)

120	110	100	90	80	70	60	מהירות התכן (קמ"ש)
2760	2270	1790	1390	1050	770	535	רדיוס אופקי להגבהה מזערית (מ')





**תרשים 5.1:** הקשר בין רדיוס העקום וההגבהה הצידי למהירויות התכן השונות

#### 5.2.4 עקומים אופקיים בעלי קימור רוחבי רגיל

בעקומים בעלי רדיוסים גדולים התאוצה הצנטריפוגלית נמוכה, ולא מחייבת הגבהה צידית לצורך איזונה, מאחר שגורם החיכוך הצידי אמור להספיק. בעקומים אלו ניתן לשמר את צורת הקימרון הרגיל (שיפוע דו-צדדי של 2-2.5%) לכל אורך העקום, ואין צורך במעבר שיפועים. התאוצה הצנטריפוגלית המרבית שאיננה מחייבת שינוי של ההגבהה הינה 0.2 מ'שני<sup>2</sup>. הרדיוס האופקי אשר ברדיוסים הגדולים ממנו אין צורך בשינוי הקמרון הרגיל להגבהה אחידה נקרא  $R_N$ , וערכיו מוצגים בטבלה 5.4.

בעקומים אופקיים שרדיוסם קטן מהמוצג בטבלה 5.4 אך גדול מהערכים המוצגים בטבלה 5.3, יש לשמור על הגבהה אחידה בשיעור 2-2.5% לרוחב כל החתך.

ברדיוסים הגדולים מ- $R_N$  ובייחוד כאשר השיפוע האורכי קטן מ-1%, אין לשנות את הקמרון הרגיל לרוחב הדרך (2.5% למקרה של שיפוע אורכי הנמוך מ-1%, ראו פרק התוואי האנכי), למניעת בעיות ניקוז במעברי השיפועים.

**טבלה 5.4:** ערכי הרדיוסים ( $R_N$ ) שהחל מהם ניתן לשמור על הקמרון הרגיל בחתך לרוחב

120	110	100	90	80	70	60	מהירות התכן (קמ"ש)
5500	4700	3800	3100	2500	1900	1400	רדיוס אופקי $R_N$ (מ')

#### 5.2.5 מגבלות לאורך העקום ולזווית

##### א. אורך מזערי לעקום האופקי

האורך המזערי של כל עקום אופקי מעגלי במטרים הינו  $3 \cdot V_d$  (כאשר  $V_d$  מהירות התכן בקמ"ש). בנוסף, כאשר הזווית המרכזית של הקשת קטנה מ- $5^\circ$ , אורך העקום האופקי צריך להיות גדול מאורך מזערי. עקום אופקי באורך קטן מדי עשוי להיראות כשבר בין קטעים ישרים כאשר מתקרבים אליו. האורך המזערי של העקום האופקי עבור זווית מרכזית ( $\Delta$ ) של  $5^\circ$  הינו 150 מטר. לכל הקטנה ב- $1^\circ$  של הזווית המרכזית, יש להאריך את העקום ב-30 מטר.

##### ב. אורך מרבי לעקום האופקי

עקומים ארוכים מדי יוצרים תנאי נהיגה מאולצים הפוגעים בנוחות הנהיגה. אורכו המרבי של העקום האופקי לא יעלה על  $12 \cdot V_d$  (כאשר  $V_d$  מהירות התכן בקמ"ש).

##### ג. זווית שלא מצריכה עקום אופקי

כאשר יש שינויים קלים בתוואי, לא מחויב להשתמש בעקום אופקי. זוויות הטיה מרביות שלא מחייבות עקום אופקי מוצגות בטבלה 5.5. יש להימנע מצירוף של שתי זוויות הטיה נמוכות עוקבות.

**טבלה 5.5:** זוויות הטיה מרביות שלא מצריכות עקום אופקי (במעלות)

מהירות תכן (קמ"ש)							סוג הדרך
120	110	100	90	80	70	60	
-	-	-	-	1	1	1	דו-נתיבי
0.25	0.25	0.5	0.5	0.5	-	-	דו-מסלולי

### 5.3 מעבר שיפועים

#### 5.3.1 הגדרות

מעבר השיפועים הינו קטע הדרך (הכביש) בו מתרחש המעבר ההדרגתי של שיפוע צידי מהחתך הרוחבי הרגיל (קימור של 2% בכיוונים מנוגדים לצורך ניקוז), לחתך הרוחבי המוגבה בשיעור אחיד, הנדרש לאורך הקשת המעגלית.

מעבר השיפועים חשוב לנושאי בטיחות הנסיעה, נוחות הנסיעה, ושימור חזות נעימה של קצות המיסעה ללא עיוות פני הדרך.

מעבר השיפועים מורכב משני חלקים (תרשים 5.2):

#### א. מעבר ההגבהה ( $L_1$ ):

עבור הנתיב או הנתיבים החיצוניים: הקטע שלאורכו נעשה מעבר הדרגתי משיפוע צידי של 0% (מסוף מעבר המשיק, להלן), עד לשיפוע בהגבהה מרבית אחידה בעקום המעגלי (ותהליך הפוך ביציאה מהעקום).

עבור הנתיב או הנתיבים הפנימיים מיושם חלק ממעבר השיפועים, ממצב של שיפוע רגיל (הגבהה 2%), עד להגבהה מרבית בעקום (ותהליך הפוך ביציאה מהעקום).

#### ב. מעבר המשיק ( $L_2$ ):

עבור הנתיבים או הנתיבים החיצוניים בלבד: הקטע שלאורכו נעשה מעבר הדרגתי מהחתך הרוחבי בעל הקימור הרגיל (2%), עד לחתך רוחבי שבו השיפוע הצידי 0%, כאשר הנתיב או הנתיבים הפנימיים נשארים עדיין בקימור רגיל.

#### 5.3.2 אורך מעבר השיפועים

אורך מעבר השיפועים נקבע על פי הקצב המרבי בו ניתן לסובב את המיסעה סביב הציר האורכי של מעבר השיפועים. קצב זה מבוטא בעזרת השיעור המרבי של שינוי שיפוע שפות הדרך ביחס לציר (תרשים 5.2),  $\Delta_n$ , כפי שנקבע משיקולי נוחות הנסיעה וחזות הנסיעה.

**א. אורך מעבר ההגבהה:**

האורך המזערי של מעבר ההגבהה מחושב לפי:

$$L_1 = \frac{(W \cdot n) \cdot e_c}{\Delta_n}$$

כאשר:

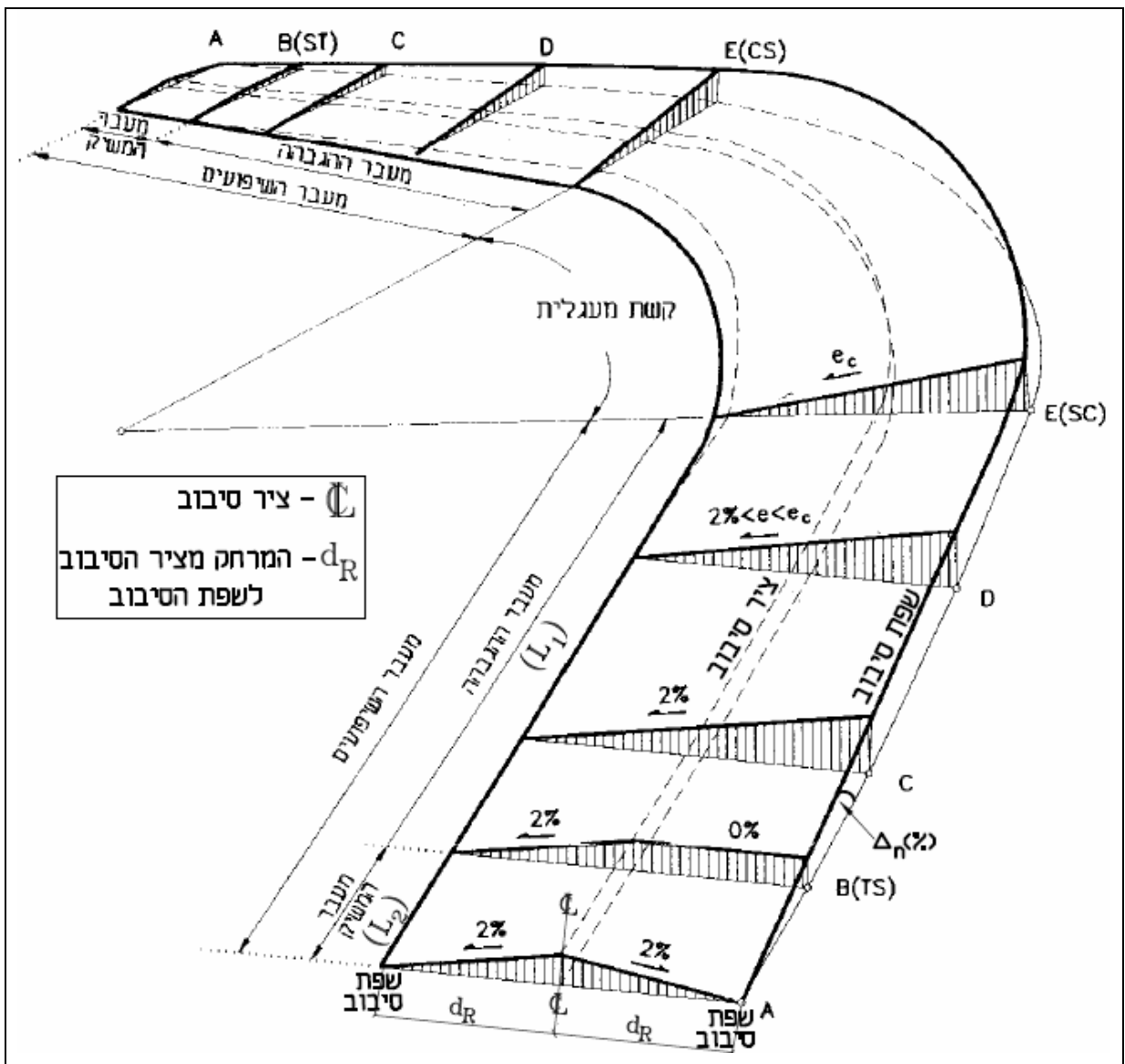
- $L_1$  – אורך מזערי למעבר ההגבהה (מ');;
- $W$  – רוחב נתיב הנסיעה (מ'): עבור קטע ישר, ייקבע רוחב נתיב הנסיעה בהתאם לפרק 3 לעיל (חתכים לרוחב), בדרך כלל רוחב סטנדרטי של 3.6 מטר. לרוחב נתיב עם הרחבה בעקום, ראו סעיף 5.4.5 להלן;
- $e_c$  – ההגבהה הקיימת בקשת המעגלית (%);;
- $\Delta_n$  – שעור שינוי השיפוע (maximum relative gradient) (%): ההפרש המרבי בין השיפוע לאורך השפה במעבר ההגבהה לבין השיפוע לאורך בציר הסיבוב, כמוצג בתרשים 5.2. ערכי  $\Delta_n$  הבסיסיים ( $n=1$ , דרך דו-נתיבית) מוצגים בטבלה 5.8 .  
בדרך רב-נתיבית (מחולקת) נדרש מקדם תיקון ( $\delta_w$ ) ל- $\Delta_n$ , כמפורט ב-1) להלן.
- $n$  – מספר הנתיבים בין ציר הסיבוב אל שפת הסיבוב:  
בדרך דו-נתיבית:  $n=1$  כאשר ציר הסיבוב סימטרי;  
בדרך דו-מסלולית: הערך  $n$  מחושב ככפולה של רוחב הנתיב  $W$  (ערך  $n$  המתקבל לא חייב להיות מספר שלם, היות שזה לא רק מספר נתיבי הנסיעה לכיוון), כמוצג בנוסחה שלהלן;

$$n = \frac{d_R}{W}$$

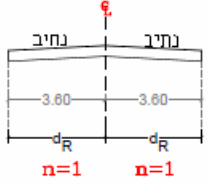

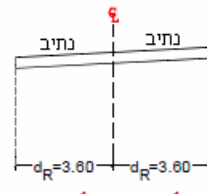
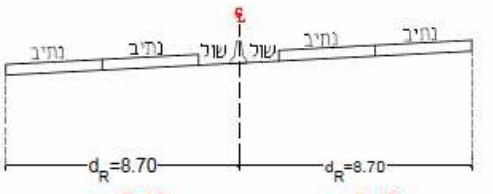
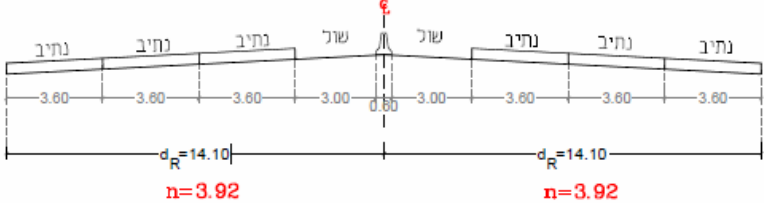
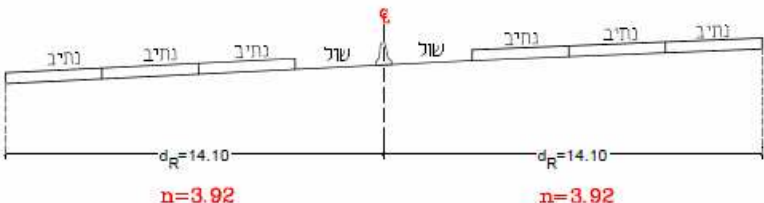
כאשר:

- $d_R$  – המרחק מציר הסיבוב לשפת הסיבוב (מטר). ציר הסיבוב הינו בדרך כלל ציר הדרך (מרכז המיסעה בדרך דו-נתיבית ומרכז המפרדה בדרך מחולקת). שפת הסיבוב הינה קצה הנתיב הימני.

בתרשים 5.3 מובאות מספר דוגמאות המבוססות על חתכים טיפוסיים של דרכים חד-מסלולית ודו-מסלוליות בשניים או שלושה נתיבים לכיוון, עם תאורה בצד (לפי תרשימים 3.1, 3.3, ו-3.6 בפרק 3).



**תרשים 5.2:** מעבר השיפועים (לאורך עקום מעבר)

דרך חד-מסלולית	דרך דו-מסלולית 4 נתיבית (תאורה בצד)
נתיב אחד מסובב	2.42 נתיבים מסובבים
 <p>חתך נורמלי</p>	 <p>חתך נורמלי</p>
 <p>חתך מסובב</p>	 <p>חתך מסובב</p>
<b>דרך דו-מסלולית 6 נתיבית (תאורה בצד)</b>	
<b>3.92 נתיבים מסובבים</b>	
 <p>חתך נורמלי</p>	
 <p>חתך מסובב</p>	

**תרשים 5.3:** דוגמאות לסיבוב הנתיבים לצורך יישום מקדם התיקון ל-n בחישוב מעבר

ההגבהה, כאשר ציר הסיבוב הוא ציר הדרך

\* מספר הנתיבים המסובב (n) יכול להיות מספר לא שלם, כמתואר בדוגמאות של דרך דו-מסלולית בהן ציר הסיבוב עובר במרכז המפרדה

**טבלה 5.6:** הגדרת רוחב הנתיב לחישוב מעבר ההגבהה או מעבר המשיק

רוחב הנתיב המוגדר W (מ')	דרך דו-נתיבית	דרך דו-מסלולית (2 נתיבים לכיוון)
כאשר אין הרחבה	$W_n/2$	$W_n/2$
כאשר ההרחבה מחולקת שווה בשווה בין הנתיבים	$^*W_c/2$	$^*W_c/2$
כאשר ההרחבה כולה בנתיב הפנימי	$\frac{1}{2}W_n + W_d$	$^*W_c/2$
<b>הגדרות</b>		
$W_n$	רוחב נתיבי הנסיעה בקטע ישר (7.2 מ' בד"כ)	רוחב נתיבי הנסיעה של מסלול הנסיעה בקטע ישר (7.2 מ' בד"כ)
$^*W_c$	רוחב נתיבי הנסיעה בעקום המעגלי	רוחב נתיבי הנסיעה של מסלול הנסיעה בעקום המעגלי
$^*W_d$	ההרחבה למיסעה	ההרחבה למסלול הנסיעה

\* מפורט בסעיף 5.4 – הרחבה בעקום המעגלי

**(1)  $\delta_w(n)$  – מקדם תיקון ל- $\Delta_n$  בדרך המכילה יותר מנתיב מסובב אחד ( $n > 1$ , דרך דו-מסלולית):**  
 כאשר מסובב מסלול שבו יותר מנתיב אחד לכיוון ( $n > 1$ , דרך מחולקת), מומלץ קיצור של מעבר ההגבהה, כדי להימנע ממעברי הגבהה ארוכים. הגדלת מספר הנתיבים המסובב ( $n$ ) לא תאריך את מעבר ההגבהה באופן יחסי, אלא באורך מופחת.

מקדם התיקון ( $\delta_w$ ) ל- $\Delta_n$  ייקבע בהתאם למספר הנתיבים המסובב  $n$  כמוצג בנוסחה שלהלן:

$$\delta_w(n) = \frac{1 + 0.5 \cdot (n - 1)}{n}$$

כאשר:

$\delta_w(n)$  – מקדם תיקון לקיצור מעבר השיפועים למסלול עם מספר נתיבים מסובב ( $n$ ) הגדול מ-1, כגון דרך מחולקת. ערכים אופייניים המבוססים על החתכים הטיפוסיים (פרק 3, חתך לרוחב) מובאים בטבלה 5.7;

$n$  – מספר הנתיבים המסובב למרחק  $d_R$  מציר הסיבוב לשפת המיסעה (ערכים אופייניים בטבלה 5.7).

טבלה 5.7 מציגה את המרחקים מציר הסיבוב ( $d_R$ ) ואת מקדמי התיקון לקיצור מעבר השיפועים ( $\delta_w(n)$ ) כתלות בסוג הדרך, בהנחה שציר הסיבוב ממוקם במרכז המפרדה, ורוחב הנתיב הינו 3.6 מטר.

**טבלה 5.7:** מקדמי התיקון  $\delta_w(n)$  ל- $\Delta_n$  לחישוב אורך מעבר השיפועים  
עבור החתכים הטיפוסיים שלדרך דו-מסלולית ( $n > 1$ )

מקדם תיקון $\Delta_n$ ל- $\delta_w(n)$	מספר נתיבים משוקלל (n)	מרחק מציר הסיבוב (אמצע המפרדה) $d_R$ (מ')	רוחב מפרדה (מ')	חתך דרך דו-מסלולית
0.707	2.417	8.7	3.0	ארבע נתיבית – תאורה בצד
0.694	2.583	9.3	4.2	ארבע נתיבית – תאורה במפרדה
0.628	3.9167	14.1	6.6	שש נתיבית – תאורה בצד
0.646	3.4167	12.3	3.0	שש נתיבית מעויירת מהירה – תאורה בצד
0.622	4.0833	14.7	7.8	שש נתיבית – תאורה במפרדה

\* מבוסס על החתכים הטיפוסיים בפרק 3 – החתך לרוחב, בהנחה של רוחב נתיב אופייני 3.6 מ'. לרוחב אחר יש לחשב לפי n מתאים.

**2) ערכי  $\Delta_n$**

$n=1$ : ערכי ה- $\Delta_n$  הינם הערכים הבסיסיים לדרך דו-נתיבית כמוצג בטבלה 5.8 .

$n > 1$ : ה- $\Delta_n$  המתאים למסלול עם  $n > 1$ , כלומר דרך דו-מסלולית (לפחות שני נתיבים לכיוון), מתקבל על ידי חלוקת ה- $\Delta_n$  המתאים לדרך חד-מסלולית דו-נתיבית ( $n=1$ ), במקדם התיקון  $\delta_w$ .

$$\Delta_n(n > 1) = \frac{\Delta_n(n = 1)}{\delta_w(n)}$$

ערכי  $\Delta_n$  המחושבים עבור החתכים הטיפוסיים של דרך דו-מסלולית (פרק 3) מובאים בטבלה 5.8 לטבלה הוספו גם הערכים הבסיסיים של דרך דו-נתיבית.

**ב. מעבר המשיק:**

אורך מעבר המשיק ( $L_2$ ) מחושב לפי:

$$L_2 = \frac{(W \cdot n) \cdot 2\%}{\Delta_n(\%)}$$

כאשר W הוא רוחב הנתיב בקטע הישר, ושאר ההגדרות לפי ההסדר בסעיף א' לעיל.



**טבלה 5.8:** הפרש שיפוע מרבי מותר ( $\Delta_n$ ) בין ציר הדרך וקצות המיסעה בתלות במהירות התכן (%)

מהירות התכן (קמ"ש)							סוג דרך
120	110	100	90	80	70	60	
0.38	0.40	0.43	0.46	0.50	0.56	0.64	דו-נתיבית (וערך בסיסי לחישוב $\delta_w$ )
0.538	0.566	0.608	0.651	–	–	–	ארבע נתיבית – תאורה בצד
0.548	0.577	0.620	0.663	–	–	–	ארבע נתיבית – תאורה במפרדה
0.605	0.637	0.685	0.733	–	–	–	שש נתיבית – תאורה בצד
0.588	0.619	0.665	0.712	–	–	–	שש נתיבית מעויירת מהירה – תאורה בצד
0.610	0.643	0.691	0.739	–	–	–	שש נתיבית – תאורה במפרדה

**5.3.3 אופן היישום וערכי תכן**

**אורך מעבר השיפועים** הינו הסכום של מעבר ההגבהה ( $L_1$ ) ומעבר המשיק ( $L_2$ ).

כאשר **מתוכנן עקום מעבר**, יאוחד אורכו עם מעבר ההגבהה, לפי האורך מביניהם. לפיכך, מעבר המשיק יבוצע כולו בקטע הישר שלפני תחילת עקום המעבר, והחתך המוגבה (בשיעור הגבהה  $e_c$ ) יישאר קבוע רק לאורך העקום המעגלי כמוצג בתרשים 5.2.

כאשר מה שקובע הוא אורך עקום המעבר (ולא אורך מעבר ההגבהה) אז שיעור שינוי השיפוע ( $\Delta_n$ ) יהיה קטן יותר מהמומלץ בטבלאות 5.8, 5.7 ומעבר המשיק ( $L_2$ ) יחושב לפיו לצורך עקביות התכנון.

כאשר **לא מתוכנן עקום מעבר** לפני הקשת המעגלית, יתווה 0.2-0.3 מאורך מעבר ההגבהה בתוך הקשת המעגלית, בהתאם למהירות התכן, ו-0.7-0.8 מאורך מעבר ההגבהה, וכן כל מעבר המשיק, יהיו על הקטע הישר שמחוץ לקשת המעגלית.

חלוקת אורך מעבר ההגבהה בין הקטע הישר לבין העקום המעגלי, מקטינה את התאוצה הצידיית המרבית ואת מקדם החיכוך הצידי המרבי. הגידול ההדרגתי בהגבהה לפני העקום מפצה על הגידול בתאוצה הצידיית (מסלול הספירלה ה"טבעית"), ועוזר למנוע מעבר של הנהג לנתיב הסמוך כתוצאה מתאוצה צידיית גבוהה לכיוון חוץ המעגל.

טבלה 5.9 מפרטת את החלוקה המומלצת של מעבר ההגבהה בין הקטע הישר לבין הקשת המעגלית.

הערכים האופייניים המתקבלים עבור אורך מעבר ההגבהה ואורך מעבר המשיק על בסיס ערכי התכן של הפרש השיפוע המרבי המותר בין ציר הדרך לקצות המיסעה ( $\Delta_n$ , טבלה 5.8) מובאים בטבלה

5.10. ערכי מעבר ההגבהה מבוססים על ההגבהות המרביות המומלצות בהתאם לסעיף 5.2 – רדיוסים והגבהות, ועל רוחב נתיב מתוכנן של 3.6 מטר (ללא הרחבה בעקום).

**טבלה 5.9:** מיקום יחסי של מעבר ההגבהה כאשר לא מתוכנן עקום מעבר

מהירות התכן (קמ"ש)	החלק ממעבר ההגבהה בקטע הישר	החלק ממעבר ההגבהה בקשת המעגלית
60-70	0.80	0.20
80-120	0.70	0.30

**טבלה 5.10:** ערכי אורך מעבר ההגבהה ( $L_1$ ) ומעבר המשיק ( $L_2$ ) (מ')

מהירות התכן (קמ"ש)	60	70	80	90	100	110	120
מדיניות הגבהה מרבית ( $e_{max}$ )	0.10	0.10	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08
<b>מעבר ההגבהה (<math>L_1</math>)</b>							
דו-נתיבית	57	65	72	*63	*67	–	–
ארבע נתיבית – תאורה בצד	–	–	–	107	115	123	130
ארבע נתיבית – תאורה במפרדה	–	–	–	113	120	129	136
שש נתיבית – תאורה בצד	–	–	–	154	165	177	187
שש נתיבית מעויירת מהירה – תאורה בצד	–	–	–	139	148	159	168
שש נתיבית – תאורה במפרדה	–	–	–	160	171	183	193
<b>מעבר המשיק (<math>L_2</math>)</b>							
דו-נתיבית	12	13	15	16	17	–	–
ארבע נתיבית – תאורה בצד	–	–	–	27	29	31	33
ארבע נתיבית – תאורה במפרדה	–	–	–	29	30	33	34
שש נתיבית – תאורה בצד	–	–	–	39	42	45	47
שש נתיבית מעויירת מהירה – תאורה בצד	–	–	–	35	37	40	42
שש נתיבית – תאורה במפרדה	–	–	–	40	43	46	49
<b>אורך עקום מעבר (בסיסי) לרדיוס מזערי משיקולי נוחות (מ')</b>	43	48	60	62	74	87	111

\* מהירויות תכן המיועדות רק למקרה של שלב ביניים של נסיעה דו-סיטרית במסלול ראשון מתוך שניים של דרך מחולקת עתידית – ראו סעיף 2.3.3.

לטבלה נוספו גם אורכי עקום המעבר (קלוטואידה) הבסיסיים לדרך דו-נתיבית, משיקולי נוחות המבוססים על הרדיוסים המזעריים לתכנון (בהתאם לסעיף עקומי מעבר 5.5 להלן, וסעיף רדיוסים והגבהות לעיל).

#### 5.3.4 שיטות לביצוע מעבר השיפועים בדרך דו-נתיבית

מעבר השיפועים מתבצע על ידי סיבוב המיסעה סביב ציר כלשהוא. בדרך דו-נתיבית קיימים שלשה צירים אפשריים לביצוע מעבר השיפועים:

א. **ציר הכביש** – בשיטה זו נשאר השיפוע האורכי המתוכנן של ציר הכביש קבוע לכל אורך מעבר השיפועים. תהליך מעבר השיפועים הינו סימטרי משני צידי העקום האופקי (תרשים 5.4). ערכי טבלאות 5.6, 5.7, 5.8, 5.10 מתבססים על שיטה זו.

ב. **ציר השפה הפנימית של המיסעה** – השפה הפנימית נשארת ללא שינוי (תרשים 5.5). בקטע בו יש שינוי בהגבהה הצידי, השפה החיצונית מתרוממת בשיעור כפול מהנתון בטבלה 5.8, ביחס לשיפוע האורכי של הדרך. החזרה לקימור רגיל מתבצעת באופן סימטרי (בדומה לשיטה א').

ג. **ציר השפה החיצונית של המיסעה** – מהווה מעין "תמונת ראי" של שיטה ב'.

שימוש בציר הכביש כציר הסיבוב (שיטה א') הינו המקובל ביותר, מאחר ששינוי שיפוע קצות המיסעה מתון יותר. שיטה ב' נחוצה כאשר צריך לשמור על גובה אחיד של השפה הפנימית מסיבות שונות כגון ניקוז. שיטה ג' עוזרת לשמור על רצף חזותי בשפה החיצונית.

#### 5.3.5 תכנון חתך אורכי רציף לקצות המיסעה

לפי תרשימים 5.4 ו-5.5, הנקודות A, C, E-י מכילות "שבר" בשיפוע שפות המיסעה. על מנת לשמור על הרציפות הגיאומטרית של הכביש ולהגדיל את נוחות ובטיחות הנסיעה, מעוגלים שברים אלו בזמן התכנון כמתואר בפרט המצורף לתרשים 5.4. עיגול זה מיושם על ידי הכנסת עקום אנכי קצר, אשר אורכו המזערי הינו  $0.2 \cdot V_0$ , כאשר  $V_0$  בקמ"ש.

#### 5.3.6 מעבר השיפועים בדרך דו-מסלולית עם מפרדה

לתכנון מעבר השיפועים בדרך דו-מסלולית עם מפרדה, קיימות השיטות שלהלן:

א. כל הדרך (שני המסלולים והמפרדה) מסתובבת סביב ציר המפרדה.

ב. כל מסלול מסתובב סביב הקצה הפנימי שלו (קצה השול השמאלי כלומר שפת המפרדה).

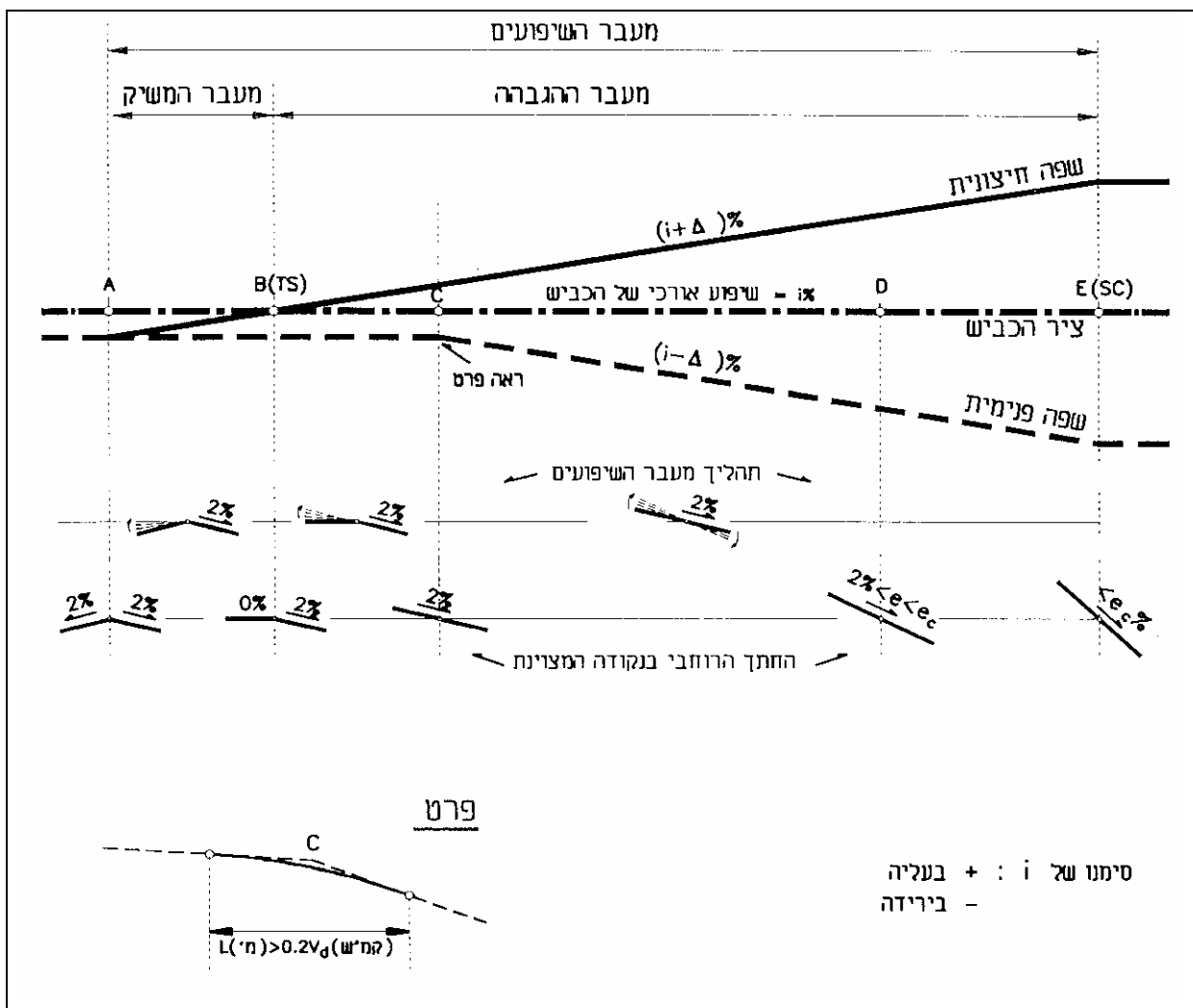
השיטות מוצגות בצורה עקרונית בתרשימים 5.6 ו-5.7.

#### **יישומי השיטות**

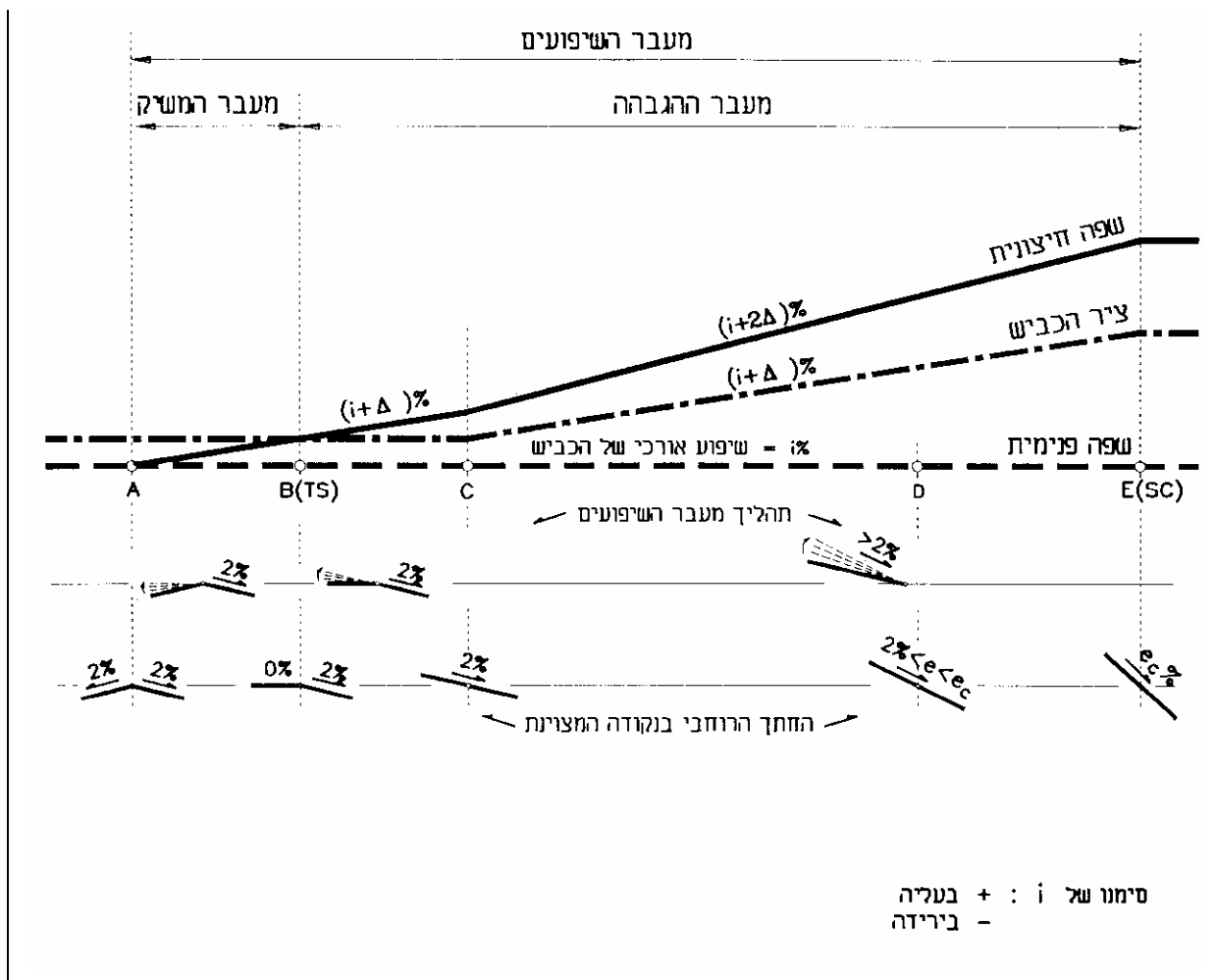
**שיטה א':** מיושמת בדרכים בהן יש מעקה בטיחות באמצע המפרדה, ורוחב המפרדה בדרך כלל איננו עולה על 9 מטר. ציר הסיבוב הוא בדרך כלל נקודת המפגש של שיפועי המסלולים במרכז המפרדה

(תרשים 5.6). בשיטה זו נמנעים משינויים בחתך לאורך המעקה, אך השיטה מחייבת תכנון וביצוע נאות של הניקוזים מתחת למעקה למניעת הצטברות מים במיסעה.

**שיטה ב':** מיושמת בדרכים בהן אין מעקה יחיד במרכז המפרדה (מעקה דו-צדדי בצד אחד, או שניים חד-צדדיים נפרדים, בדרך כלל ברוחב מפרדה העולה על 9 מטר). בשיטה זו שני צירי הסיבוב ממוקמים בקצוות השמאליים של כל שול שמאלי (שפת המפרדה) כמוצג בתרשים 5.7). רומי הקצוות הפנימיים של שני מסלולי הנסיעה נשארים קבועים. לפיכך הבדל הרומים בין הקצוות הקיצוניים של הדרך מוגבל להבדל הנובע מהגבהת המסלולים כתוצאה ממעבר השיפועים. ציר המפרדה מחייב פתרון ניקוז.

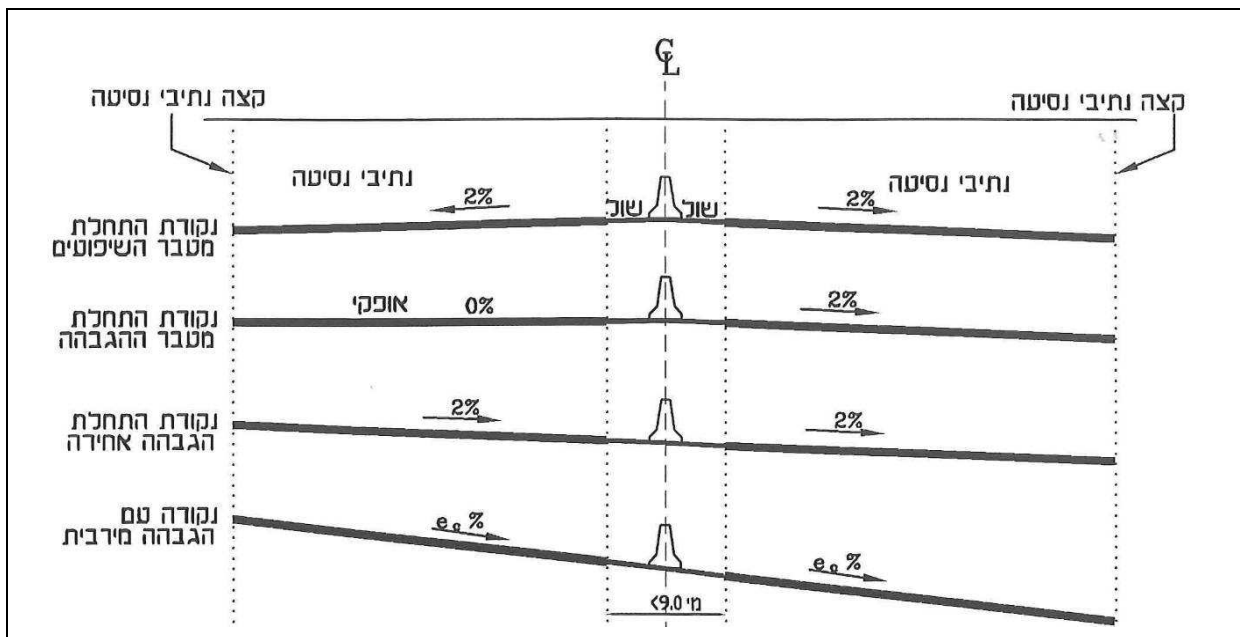


**תרשים 5.4:** חתך לאורך שפות דרך דו-נתיבית במעבר השיפועים, כאשר ציר הסיבוב הוא ציר הכביש (שיטה א' בסעיף 5.3.4)

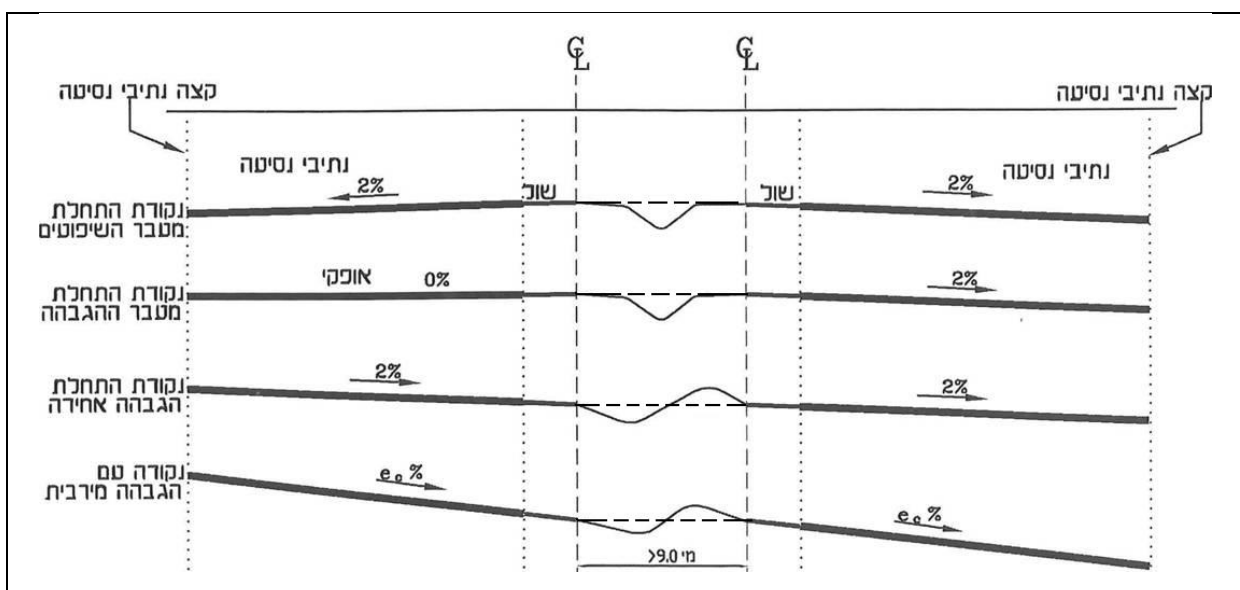


**תרשים 5.5:** חתך לאורך שפות דרך דו-נתיבית במעבר השיפועים, כאשר ציר הסיבוב הוא השפה הפנימית של המיסעה (שיטה ב' בסעיף 5.3.4)

כפי שצוין לעיל, הרוחב המשמש לחישוב אורך מעבר השיפועים ( $d_R$ ) הוא המרחק מציר הסיבוב לקצה הנתיב הימני, שפת הסיבוב. אורך מעברי השיפועים בטבלה 5.10 מחושב לפי מיקום ציר הסיבוב בציר הכביש לפי שיטה א'.



**תרשים 5.6:** מעבר השיפועים בדרך עם מפרדה, כאשר הדרך כולה מסתובבת סביב ציר המפרדה (שיטה א' בסעיף 5.3.6)



**תרשים 5.7:** מעבר השיפועים בדרך עם מפרדה, כאשר כל מסלול מסתובב סביב הקצה הפנימי שלו (שיטה ב' בסעיף 5.3.6)

## 5.4 הרחבה בעקומים אופקיים

### 5.4.1 מטרת ההרחבה

הרחבת המיסעה בעקום האופקי נועדה לאפשר לרכב נסיעה בעקום בתנאי נוחות ובטיחות שאינם נחותים מהנסיעה בקטע הישר. הרחבת הדרוש מורכב מהגורמים הבאים:

- רוחב העיקבה בעקום של הרכב לתכן.
- מרווח הבטיחות הדרוש בין שני כלי רכב הנוסעים זה מול זה או העוקפים זה את זה.
- מרווח הבטיחות בין הרכב לבין שולי המיסעה.

הסיבות לכך שהרוחב הדרוש בעקום האופקי גדול מהרוחב הדרוש בקטע הישר הינם:

- רוחב העיקבה של רכב הנוסע בקשת מעגלית גדול מרוחב העיקבה של רכב הנוסע בקטע ישר.
- בעת נסיעה בעקום, קשה לנהג לתמרן את רכבו לנסיעה במרכז הנתיב.

רוחב העיקבה של הרכב בעקום תלוי בסוג הרכב וברדיוס העקום. ההרחבה הדרושה תהיה גדולה יותר כאשר:

- הרכב ארוך יותר, או שהמרחק בין הסרנים שלו גדול יותר, או שהשלוחה הקדמית ארוכה יותר.
- רדיוס העקום קטן יותר.

### 5.4.2 חישוב ההרחבה

הרחבת המיסעה הנדרשת בעקום ( $w$ ) היא ההפרש בין רוחב המיסעה הדרוש בעקום לאחר יישום ההרחבה ( $W_C$ ) לבין רוחב המיסעה הקיים בקטע הישר ( $W_N$ ):

$$w = W_C - W_N$$

מרכיבי החישוב של ההרחבה בעקום האופקי מתוארים בתרשים 5.8. הרכב האופייני לתכנון ההרחבה הדרושה בעקום אופקי בדרך בין-עירונית הינו אוטובוס בין-עירוני באורך 12.2 מ' וברוחב 2.55 מטר, מרחק בין סרנים 6.10 מטר, ואורך שלוחה קדמית 2.75 מטר. במקרים יוצאי דופן בהם הדרך מוליכה לשימושי קרקע המצדיקים רכב לתכן מורכב או מחובר, יש לחשב במיוחד לפי התיקון ל-L הרשום להלן. (אוטובוסים מפרקיים רבי קיבולת מתוכננים לנסוע בישראל בדרכים בין-עירוניות מחולקות בלבד, בדרך כלל במסלולי תח"צ יעודיים, ברדיוסים ובמהירויות שלא ידרשו הרחבה בקטעים, ולכן אינם מהווים רכב לתכן להרחבות).

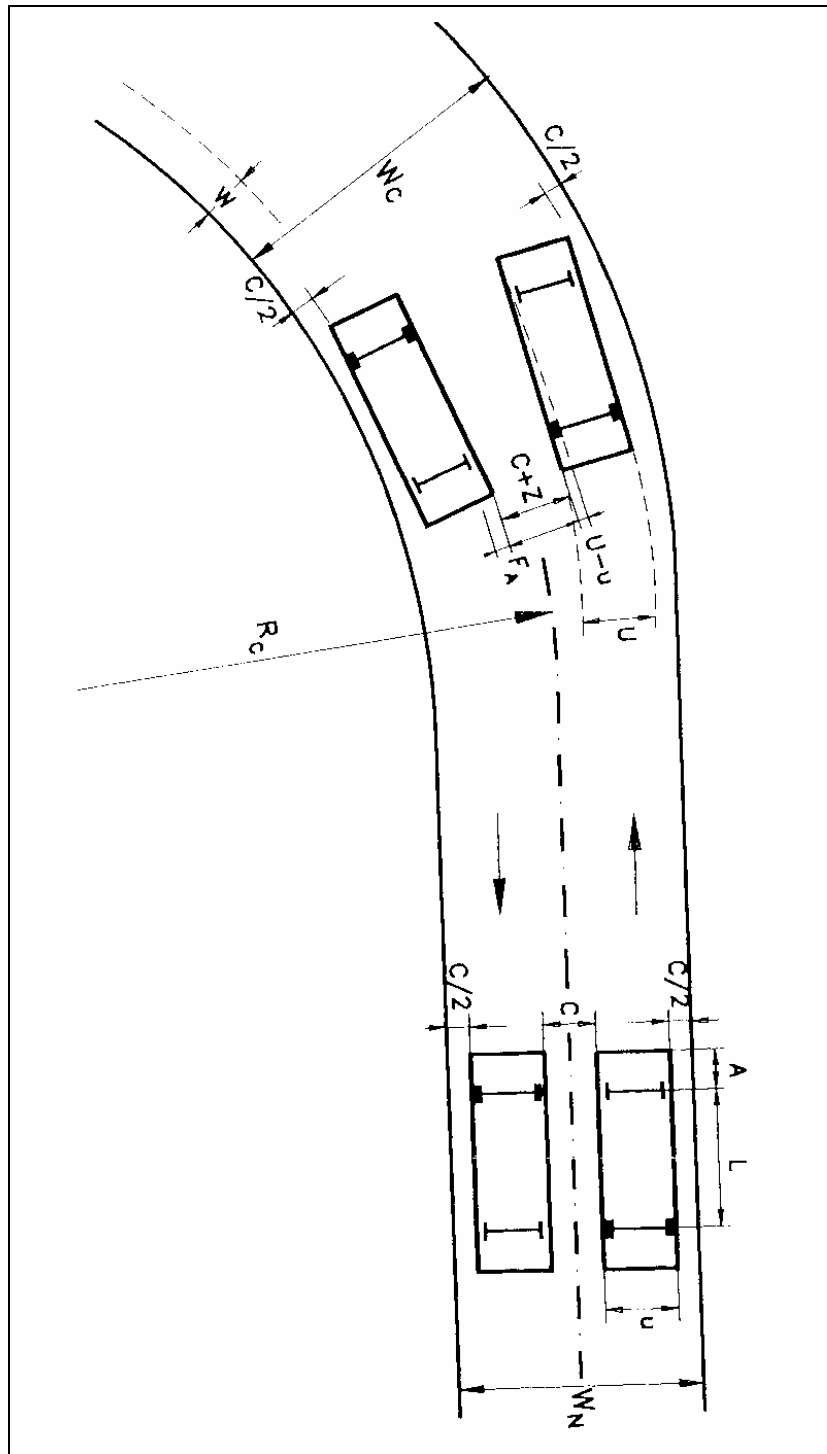
רוחב המיסעה הדרוש בעקום מחושב להלן:

$$W_C = 2 \cdot (U + C) + F_A + Z$$

כאשר:

$W_C$  – רוחב המיסעה הדרוש בעקום;

$U$  – רוחב עיקבות גלגלי רכב התכן (חוץ - חוץ) בעקום (מ');



**תרשים 5.8:** מרכיבי ההרחבה בעקום האופקי



$$U = u + R_C - \sqrt{R_C^2 - L^2}$$

כאשר:

- u – רוחב רכב התכן (מטר);
- R<sub>C</sub> – רדיוס העקום (מטר);
- L – המרחק בין סרני רכב התכן (מטר) (ברכב מפרקי הביטוי במקום L<sup>2</sup> יהיה ΣL<sub>i</sub><sup>2</sup>, כאשר L<sub>i</sub> הם המרחקים בין סרני או מפרקי הרכב);
- C – מרווח בטיחות צידי, בתלות ברוחב הדרך בקטע הישר, לפי הקשר הבא בין W<sub>N</sub> ל-C:

7.20	6.60	6.00	W <sub>N</sub> – רוחב המיסעה בקטע ישר (מ')
0.90	0.75	0.60	C – מרווח בטיחות (מ')

- F<sub>A</sub> – בליטת חזית רכב התכן מעבר לציר הגלגל הקדמי החיצוני (מטר):

$$F_A = \sqrt{R_C^2 + A \cdot (2 \cdot L + A)} - R_C$$

כאשר:

- A – אורך השלוחה הקדמית של רכב התכן (מטר);
- Z – רוחב מיסעה נוסף הדרוש עקב קשיי הנהיגה בעקום (מטר):

$$Z = \frac{0.1 \cdot V_d}{\sqrt{R_C}}$$

כאשר:

- V<sub>d</sub> – מהירות התכן (קמ"ש).

### 5.4.3 ערכי תכן

טבלה 5.11 מציגה את ערכי ההרחבה w הנדרשת למיסעה דו-נתיבית (חד-מסלולית) בעקום אופקי, עבור תחום ערכי התכן של מהירות תכן, רוחב נתיב ורדיוס, כפי שהומלצו בפרקים ובסעיפים קודמים של הנחיות אלה. בדרך דו-מסלולית, נדרשת לכאורה הרחבה זו בכל מסלול לחוד, אם כי ביישום ערכי התכן המומלצים בהנחיות אלה לדרכים דו-מסלוליות, לא צפויה הרחבה במקרים הסטנדרטיים. במידה שבכל זאת נדרשת הרחבה בדרך דו-מסלולית עם מפרדה, ניתן להשתמש בערכי טבלה 5.12 לכל מסלול בנפרד (ערכי C אינם שונים לדרך דו-מסלולית).

אין צורך לבצע הרחבה כאשר רוחב ההרחבה הכולל הדרוש ל-2 נתיבים קטן מ-0.5 מטר.

**טבלה 5.11:** ערכי ההרחבה הדרושה למיסעה דו-נתיבית בעקום אופקי (מ')

רוחב המיסעה בקטע הישר									רדיוס העקום (מ')
7.2 מ'			6.6 מ'			6.0 מ'			
מהירות התכן (קמ"ש)									
80	70	60	80	70	60	80	70	60	
×	×	0	×	×	1.0	×	×	1.3	110
×	×	0	×	×	0.9	×	×	1.2	120
×	×	0	×	×	0.8	×	×	1.1	130-150
×	0	0	×	×	0.7	×	1.1	1.0	160-180
×	0	0	×	0.7	0.6	×	1.0	0.9	190-200
0	0	0	×	0.6	0.5	1.0	0.9	0.8	210-240
0	0	0	×	0.5	0	0.9	0.8	0.8	250-260
0	0	0	0	0	0	0.9	0.8	0.7	270-280
0	0	0	0	0	0	0.8	0.8	0.7	290-300
0	0	0	0	0	0	0.8	0.7	0.7	310-350
0	0	0	0	0	0	0.7	0.7	0.6	350-400

- הסימון "X" בטבלה משמעותו שאין להשתמש בהרכב זה של מהירות תכן ורדיוס, לפי טבלה 5.1.
- הסימן "0" בטבלה משמעותו שאין צורך בהרחבה.
- במהירות תכן 90 קמ"ש ומעלה, רוחב הנתיב הבסיסי 3.6 מ' והרדיוס המזערי 340 מ', ולכן לא נדרשת הרחבה.

בדרכים דלות-תנועה, בהן הנפח הכולל של משאיות ואוטובוסים החזוי לשעת שיא נמוך מ-15, והשוליים סלולים, לא נדרשת הרחבה, למעט בדרכים המובילות לאתר כגון בסיס צבאי או מחצבה, המתאפיינת בתנועה כלי רכב חריגים, שם ייבדק כל מקרה לגופו.

#### 5.4.4 אופן ביצוע ההרחבה

הקטע שלאורכו מבוצעת ההרחבה ההדרגתית של המיסעה מתחילת יישומה ועד להרחבה הדרושה בעקום, נקרא "מעבר ההרחבה", ומבוצע באופן הבא:

- בעקום אופקי ללא עקום מעבר, כל ההרחבה הדרושה תינתן בנתיב הפנימי של הדרך. כל מעבר ההרחבה יבוצע לאורך מעבר ההגבהה (כמוסבר בסעיף 5.3.3 לעיל), כך שמעבר ההרחבה במלואו יבוצע לאורך הקטע הישר, ולאורך כל הקשת המעגלית תהיה הרחבה מלאה.

- ב. כאשר מתוכננים עקומי מעבר (כמוסבר בסעיף 5.5 להלן), יינתן מעבר ההרחבה לאורך עקום המעבר, כך שאורך מעבר ההרחבה זהה לאורך עקום המעבר. במקרה זה מועדף למקם את ההרחבה בחלוקה זהה בין הנתיבים.
- ג. ציר המיסעה יסומן בצבע באמצע המרחק בין קצות המיסעה הכוללת את ההרחבה.

#### 5.4.5 הגדרת רוחב הנתיב (W) לחישוב מעבר השיפועים

הגדרת רוחב הנתיב W למצב בו יש הרחבה, חשוב לצורך חישוב מעבר השיפועים (סעיף 5.3). טבלה 5.12 מציגה את ההגדרות לחישוב רוחב הנתיב למצבים: (1) ללא הרחבה, (2) עם הרחבה המחולקת שווה בשווה בין הנתיבים, (3) עם הרחבה כאשר כל ההרחבה בנתיב הפנימי.

#### טבלה 5.12: הגדרת רוחב הנתיב לחישוב מעבר ההגבהה או מעבר המשיק

רוחב הנתיב המוגדר W (מ')	דרך דו-נתיבית	דרך דו-מסלולית (2 נתיבים לכיוון)
כאשר אין הרחבה	$W = 0.5 \cdot W_N$	$W = 0.5 \cdot W_N$
כאשר ההרחבה מחולקת שווה בשווה בין הנתיבים	$W = 0.5 \cdot W_C$	$W = 0.5 \cdot W_C$
כאשר ההרחבה כולה בנתיב הפנימי	$W = 0.5 \cdot W_N + w$	$W = 0.5 \cdot W_C$
הגדרות		
$W_N$	רוחב נתיבי הנסיעה בקטע ישר (7.2 מ' בד"כ)	רוחב נתיבי הנסיעה של מסלול הנסיעה בקטע ישר (7.2 מ' בד"כ)
$W_C$	רוחב נתיבי הנסיעה בעקום המעגלי	רוחב נתיבי הנסיעה של מסלול הנסיעה בעקום המעגלי
w	ההרחבה למיסעה	ההרחבה למסלול הנסיעה

## 5.5 עקום מעבר

### 5.5.1 כללי

עקום מעבר אופקי הינו עקום המאפשר מעבר הדרגתי מקטע דרך ישר אל הקשת המעגלית. לאורך עקום המעבר משתנה הרדיוס (או העקמומיות) באופן הדרגתי ורציף, מ-אינסוף בנקודת ההשקה לקטע הישר, עד לרדיוס הקשת המעגלית ( $R_C$ ) בנקודת ההשקה לקשת. מטרות השימוש בעקום מעבר הן:

א. התפתחות הדרגתית של הכוח הצנטריפוגלי הפועל על הנהג והרכב.

- ב. שינוי הדרגתי של ההגבהה הדרושה לאיזון הכוח הצנטריפוגלי בעקום, מחתך בקימור רגיל ועד לחתך בהגבהה אחידה בהשקה לקשת המעגלית.
- ג. נוחות הנסיעה כך שהנהג יסובב את ההגה באופן הדרגתי לקראת העקום, באופן שיוכל לשמור על מסלול נסיעתו במרכז הנתיב.
- ד. חזות תוואי טובה, ומניעת שבר חזותי בכניסה לעקום.
- סוג עקום המעבר המועדף לשימוש הינו הקלוטואידה. עקום מסוג זה קרוב למסלול הטבעי שמבצע הרכב במעבר מקטע ישר לקטע מעגלי במהירות קבועה ובקצב סיבוב הגה קבוע.

### 5.5.2 אורך עקום מעבר

לקלוטואידה תכונה מתימטית לפיה העקמומיות משתנה ביחס ישר לאורכה מתחילתו:

$$R(x) \cdot L(x) = A^2$$

כאשר בכל נקודה לאורך עקום המעבר  $R(x)$  הוא רדיוס העקום במרחק  $L(x)$  מתחילת העקום (נקודה TS, תרשים 5.9).

$$A = 0.1464 \sqrt{\frac{V_d^3}{C}}$$

האורך המזערי הדרוש לקלוטואידה מחושב לפי:

$$L_s = \frac{V_d^3}{3.6^3 \cdot C \cdot R_c}$$

כאשר:

- A – מודול הקלוטואידה (מטר);
- $V_d$  – מהירות התכן (קמ"ש);
- C – מקדם הנוחות (מ"שני<sup>3</sup>) – הקצב המרבי של שינוי התאוצה הצנטריפוגלית לאורך עקום המעבר, קצב המהווה מדד לחוסר נוחות הנהג והנוסעים, ומשפיע על אורך הקלוטואידה;
- $L_s$  – אורך עקום המעבר (מטר);
- $R_c$  – רדיוס הקשת המעגלית (מטר).

משך זמן הנסיעה המזערי בעקום המעבר כך שיהיה יעיל הוא 2 שניות. בטבלה 5.13 נתון גם האורך המזערי לעקום המעבר לפי שיקול זה, במידה שהאורך המתקבל משיקולי נוחות (לפי C, מקדם נוחות) הינו נמוך יותר.

בטבלה מוצג גם האורך הדרוש לעקום המעבר משיקולי נוחות, כאשר הרדיוס של העקום האופקי הוא הרדיוס המזערי (ואז עקום המעבר הנדרש הוא האורך ביותר).

### 5.5.3 אופן ביצוע עקום המעבר

הכנסת עקום המעבר בין הקשת המעגלית לבין המשיקים מחייבת את הזזת הקשת המעגלית לכיוון המרכז (תרשים 5.9). TS היא נקודת ההשקה של עקום המעבר לקטע הישר, ו-SC היא נקודת ההשקה של עקום המעבר לקשת המעגלית.  $\rho$  הוא שיעור ההזזה בניצב לקשת, לביצוע עקום המעבר.

$$\rho = \frac{L_s^2}{24 \cdot R_c}$$

כאשר:

$\rho$  – הזזת הקשת (מטר);

$L_s$  – אורך עקום המעבר (מטר);

$R_c$  – רדיוס הקשת המעגלית (מטר);

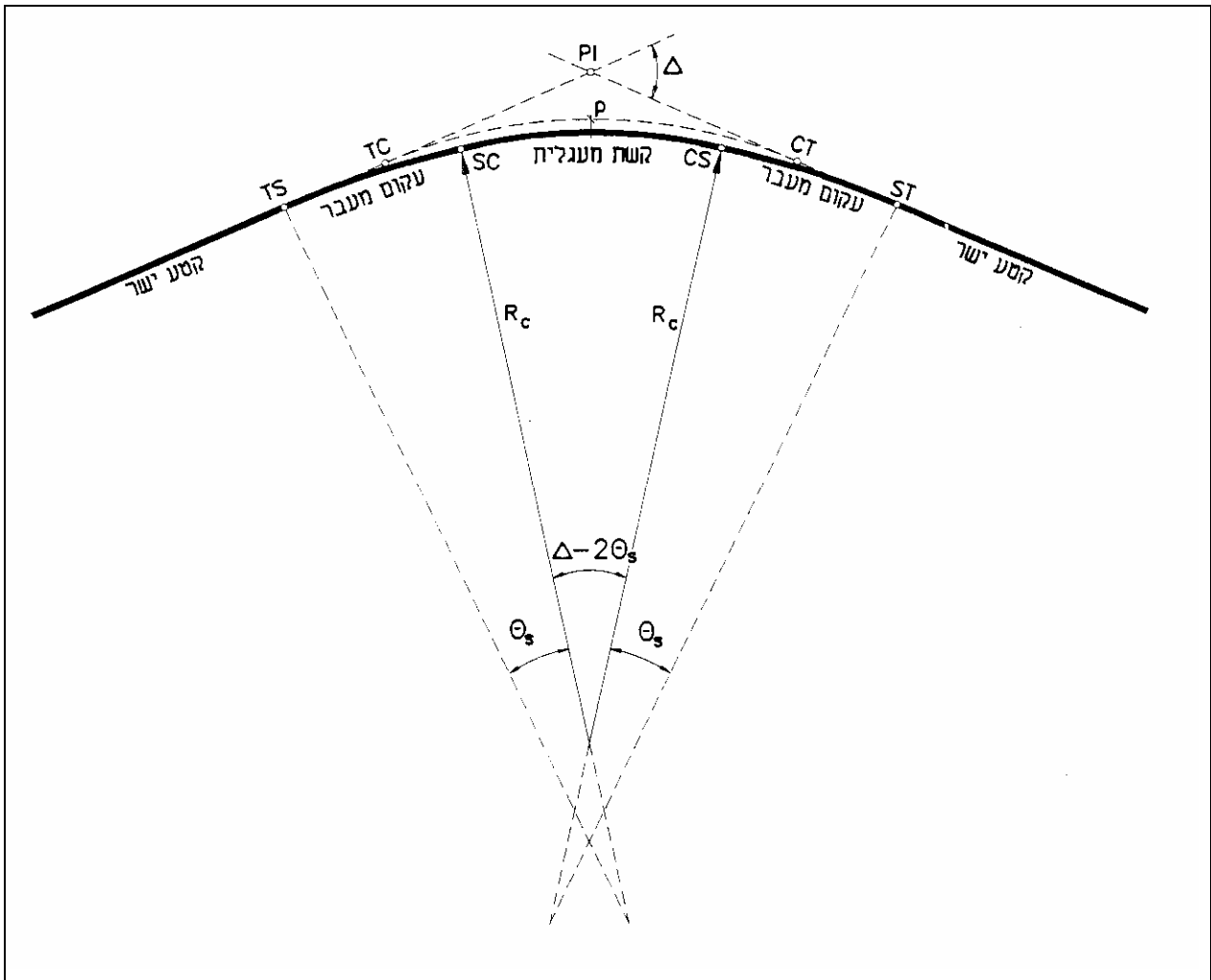
$\theta_s$  – זווית הקלוטואידה ברדיאנים (הזוית בין המשיקים בשני קצות הקלוטואידה, כמתואר בתרשים 5.9).

$$\theta_s = \frac{L_s}{2 \cdot R_c}$$

**טבלה 5.13:** ערכים גבוליים של מקדם הנוחות (C), מודול הקלוטואידה (A), ואורך עקום המעבר למהירויות התכן השונות (מ')

מהירות התכן (קמ"ש)							מאפייני עקום המעבר
120	110	100	90	80	70	60	
0.500	0.583	0.667	0.750	0.833	0.917	1.000	מקדם הנוחות C (מ' / שני <sup>3</sup> ) – ערך מרבי
670	565	440	340	220	170	110	רדיוס העקום המעגלי המזערי $R_{c,(min)}$
270	220	180	145	115	90	70	מודול הקלוטואידה A – ערך מזערי*
111	87	73	61	60	47	42	אורך עקום המעבר משיקולי נוחות – עקום אופקי ברדיוס מזערי
67	61	56	50	44	39	33	אורך עקום מעבר – מזערי, לפי זמן נסיעה 2 שני'

\* ערכי A בטבלה נקבעו לפי קריטריון הנוחות. כאשר אורך עקום המעבר נקבע משיקולים אחרים (כגון זמן נסיעה, או אורך מעבר השיפועים), ערך A יגדל, וייקבע לפי מקדם הנוחות האפקטיבי.



**תרשים 5.9: עקום מעבר עם הזזת הקשת המעגלית**

לא מומלץ לבצע עקום מעבר כאשר הסטת הקשת המעגלית (ρ) קטנה מ-0.25 מטר, כלומר לנהגים יש מספיק מרחב בפועל לבצע את המסלול הטבעי, הדומה לעקום המעבר בגבולות נתיב הנסיעה שלהם.

$$\rho_{\min} = 0.25$$

כאשר קיים עקום מעבר, יש לאחד את אורך מעבר ההגבהה המחושב עם אורך עקום המעבר לפי הגדול מביניהם (ראו סעיף 5.3.3 לעיל):

- אם מעבר ההגבהה ארוך מעקום המעבר, ישווה אורך עקום המעבר אליו, ומודול הקלוטואידה יהיה גדול מהערך המובא בטבלה 5.13.

- אם אורך מעבר ההגבהה קטן מאורך עקום המעבר, יוגדל אורך מעבר ההגבהה עד לאורך עקום המעבר.

מעבר המשיק יבוצע בקטע הישר לפני תחילת עקום המעבר (TS), ומעבר ההגבהה יבוצע לאורך עקום המעבר.  
 גם מעבר ההרחבה יבוצע לאורך עקום המעבר (סעיף 5.4.4).

#### 5.5.4 שיקולי תכנון

- (א) מעשית, רצוי לתכנן את עקום המעבר באופן סימטרי, כלומר שתי קלוטואידות היוצאות בצידי העקום המעגלי עד הקטעים הישרים, כאשר הרדיוס לתכנון הינו רדיוס העקום המעגלי.
- (ב) כאשר יש עקומים מעגליים עוקבים בעלי רדיוס שונה, רצוי שיהיו מקושרים באמצעות עקום מעבר. פרמטר הקלוטואידה (A) ייקבע בהתאם לרדיוס הקטן מבין רדיוסי העקומים המעגליים.
- (ג) על מנת להימנע מעקום שבור ("broken back curve"), רצוי לתכנן עקום מעבר בין שני עקומים מעגליים שאינם עוקבים במקום לחברם בקטע ישר.
- (ד) עקום מעבר ארוך מדי (פרמטר A גדול) בשיפוע אורכי מתון עשוי להביא לבעיית ניקוז.
- (ה) אם העקום האופקי הינו באזור בלימה או לולאה, הקטע חייב להיות ישר ככל האפשר, ללא עקום מעבר.

#### 5.5.5 עקום אופקי שאינו מחייב עקום מעבר

בעקומים בעלי רדיוסים גדולים והגבהות נמוכות מתפתחת תאוצה צנטריפוגלית נמוכה. תחום תאוצה מזערי אשר מתחתיו אין יתרון לשימוש בעקום מעבר מבחינה תפעולית ובטיחותית הינו 0.65-0.85 מ"שני<sup>2</sup>.

לפיכך, כאשר התאוצה נמוכה מ-0.6 מ"שני<sup>2</sup>, אין צורך בעקום מעבר. השימוש בתחום ערכי התאוצה של 0.65-0.85 מ"שני<sup>2</sup> (בהתאם למהירות התכן) מביא את ערכי הרדיוסים שמעבר להם אין צורך בעקום מעבר:

$$R_{c(MAX)} = \frac{V_d^2}{a}$$

טבלה 5.14 מביאה את ערכי הרדיוסים שמעבר להם אין צורך לתכנן עקום מעבר.

**טבלה 5.14:** ערכי הרדיוסים המרביים המחייבים תכנון עקום מעבר

120	110	100	90	80	70	60	מהירות התכן (קמ"ש)
1850	1550	1300	1050	820	630	460	רדיוס מרבי לצורך עקום מעבר (מ')

### 5.5.6 עיקרי תהליך התכנון של שילוב עקום מעבר בעקום אופקי

- (א) קביעת הרדיוס לפי קריטריוני תכן של עקום אופקי.  
 (ב) אם הרדיוס קטן מערכי טבלה 5.14 יש לשקול תכנון עקום מעבר.  
 (ג) קביעת אורך מעבר השיפועים ומעבר ההגבהה.  
 (ד) שימוש בגדול מבין אורך עקום המעבר המזערי ( $L_s$ ) ואורך מעבר ההגבהה ( $L_1$ ) כאורך עקום המעבר לתכנון.  
 (ה) חישוב ההסטה  $p = L_s^2 / (24 \cdot R)$ . אם  $p$  קטן מ-0.25 מטר, אין צורך בעקום מעבר.  
 (ו) חישוב נקודות לאורך עקום המעבר בשיפועי רוחב מוגדרים לאורך מעבר ההגבהה (רצוי ברמת העגלה של 5-10 מטר).

## 5.6 הראות בעקום אופקי

### 5.6.1 כללי

בעקומים אופקיים, ובמיוחד בעקומים ברדיוסים קטנים, קו הראות של הנהג הנע בנתיב הפנימי של העקום יוצא מתחומי הכביש, כמתואר בתרשים 5.10. מרחק הנסיעה בין שתי הנקודות שצריך לראות נמדד בכביש על ציר הנתיב הפנימי בין הנקודות A ו-B (תרשים 5.10), בעוד שקו הראות עצמו הוא לאורך המיתר. לכן, יש לתכנן בין המיתר לבין הנתיב הפנימי שדה ראייה פנוי מכל מכשול העלול להפריע לראות, כגון: עצים, עמודים, חפירות, מבנים, מעקות בטיחות קשיחים וכו'. סוג מרחק הראות לצרכי תכן הדרך יותאם לסוג הדרך, כמפורט בסעיף 4.7.

### 5.6.2 הראות בעקום המעגלי

המרחק הצידי הפנוי הדרוש באמצע קו הראות בין ציר הנתיב הפנימי ובין קו הראות בקשת המעגלית הוא  $m$  (תרשים 5.10).

$$m = R_c \cdot \left[ 1 - \cos\left(\frac{S_D}{2} \cdot R_c\right) \right]$$

כאשר:

- $R_c$  – הרדיוס בציר הנתיב הפנימי (מטר);  
 $S_D$  – מרחק הראות לאורך ציר הנתיב הפנימי, הנמדד כמרחק הנסיעה (מטר).

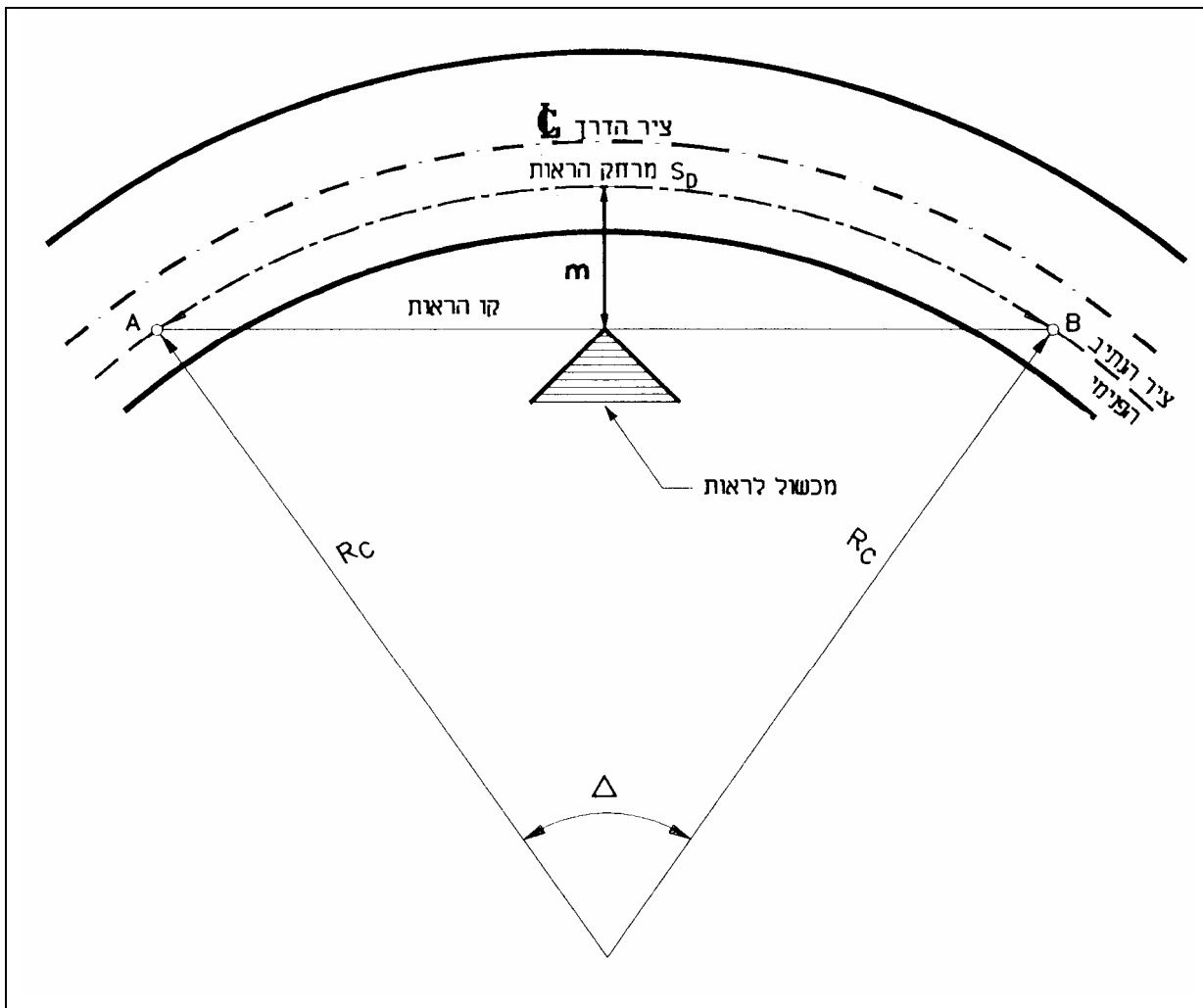
בעקומים אופקיים ברדיוסים הנהוגים בכבישים בין-עירוניים, אורך המיתר שווה בקירוב לאורך הקשת המעגלית אותה הוא כולא. אם מודדים את מרחק הראות לאורך קו הראות ולא לאורך ציר הנתיב הפנימי, יהיה אורך הקשת בציר הנתיב הפנימי גדול במעט ממרחק הראות הדרוש. לכן, משתמשים בנוסחה המקורבת הבאה לחישוב המרחק הצידי הדרוש  $m$  (כאשר אורך העקום גדול ממרחק הראות):



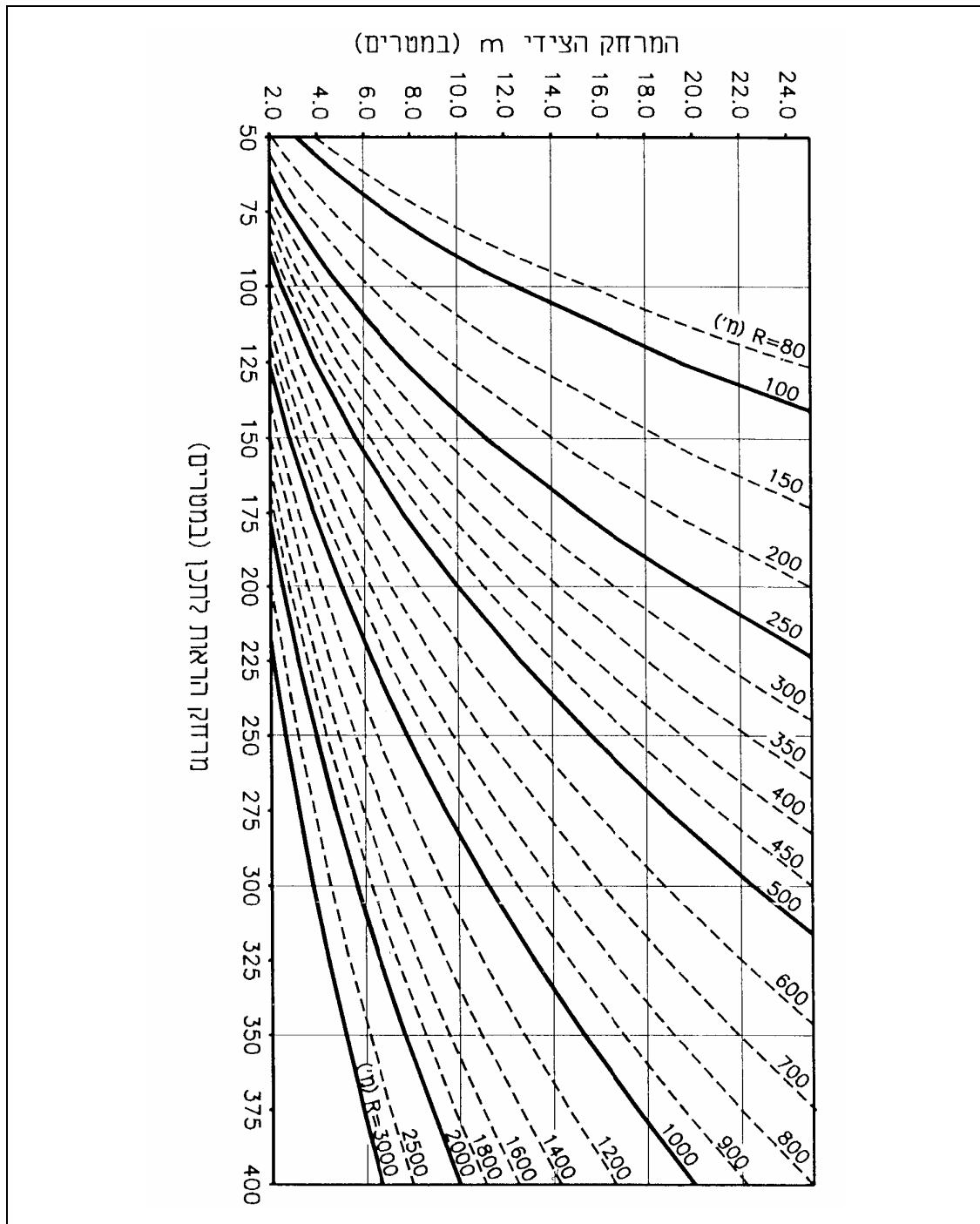
$$m = \frac{S_D^2}{8 \cdot R_C}$$

ביטוי גרפי לקשר המתמטי בין רדיוס העקום, מרחק הראות, והמרחק הצידי  $m$ , מובא בתרשים 5.11. הערך  $m$  ממשוואה זו הוא המרחק הצידי הדרוש בעקום. מתרשים 5.10 ניתן לראות כי ערכו של  $m$  משתנה לאורך קו הראות, והוא מגיע לערכו המרבי במרכזו לאורך הקשת המעגלית. בקרבת הקטעים הישרים, ובתוך עקומי המעבר, המרחק הצידי הדרוש קטן יותר, ומגיע לעיתים לערך אפס. המרחק הצידי הדרוש בכל נקודה לאורך העקום מתקבל על ידי שרטוט קווי הראות, החל מהקטע הישר, ויצירת מעטפת ראות המשיקה לקווי הראות, כמתואר בתרשים 5.12.

פתרון הראות בעקומים הקצרים ממרחק הראות ייעשה בעזרת מעטפת הראות בלבד.



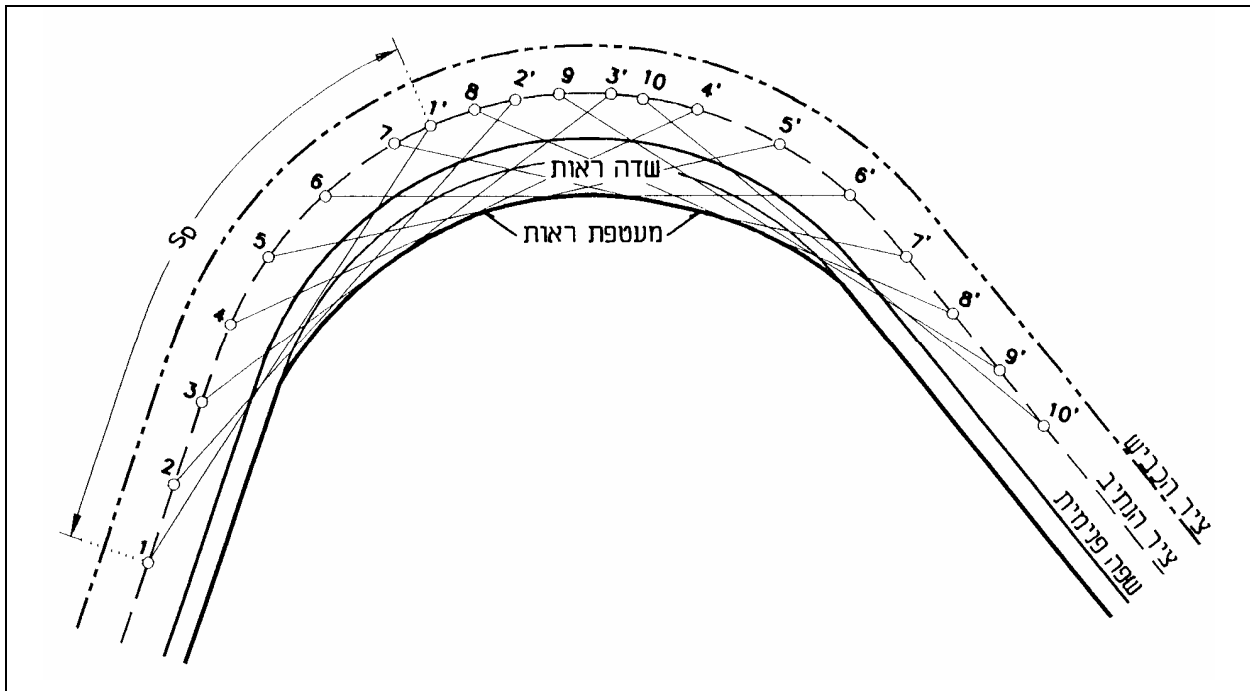
**תרשים 5.10:** ראות בעקום האופקי



**תרשים 5.11:** המרחק הצידי הפנוי הדרוש בעקום אופקי בתלות במרחק הראות לתכן וברדיוס העקום

הראות בצד הפנימי בעקום אופקי מוגבלת לעיתים על ידי מדרונות חפירה, קירות תמך וכיוצ"ב. בדרכים מחולקות, הראות של הנהג בנתיב השמאלי בעקום שמאלה, מוגבלת על ידי מעקות הבטיחות, שבדרך

כלל יותר קרובים לנתיב השמאלי מאשר מכשולים שמעבר לשול הימני. מאחר שבעיית הראות היא תלת-ממדית, יש לקבוע לאורך העקום האופקי את הגבהים לתכן בשני קצוות קו הראות (גובה עיני נהג וגובה חפץ), לפי סוג מרחק הראות לתכן (פרק 4, מרחקי ראות). גובהו המרבי של מכשול להבטחת ראות בתוך מעטפת הראות הוא ממוצע גבהים אלה.



**תרשים 5.12:** מעטפת הראות בעקום אופקי

ערכי הממוצע הם:

- א. למרחק ראות לעצירה – 0.60 מטר בדרך דו-נתיבית, 0.80 מטר בדרך מחולקת.
- ב. למרחק ראות להחלטה – 0.80 מטר.
- ג. למרחק ראות לעקיפה – 1.05 מטר.

בכל נקודה בצידו הפנימי של העקום האופקי ומעבר לה בתחום מעטפת הראות (עד למרחק  $m$  מציר הנתיב הפנימי), מומלץ כי לא יהיה מכשול המפריע לראות. במידה שכן קיים מכשול כזה, מומלץ כי גובהו מעל פני הדרך לא יעלה על הגבהים הנתונים לעיל. כאשר התוואי האורכי בשיפוע, יש להיעזר בחתך לאורך קו הראות.

אם הרדיוס האופקי המתוכנן לא עומד בדרישות מרחק הראות למהירות התכן עקב מכשול מקומי כלשהוא (צמחייה, מדרון, קיר תומך, מעקה בטיחות במפרדה) שגובהו מעל פני הדרך עולה על הגבהים הנתונים לעיל, יש לשקול הגדלת הרדיוס או הרחבת השול מקומית (במידת האפשר), אך לא מומלץ להפחית את מהירות התכן.

כאשר יש בפנים העקום מכשול נמשך כגון קיר, ומתקבל מהחישוב כי קיימת הפרעה ניכרת לראות, יש לבצע חישוב מפורט יותר המסתמך על מיקומו המדוייק של הנהג בחתך הרוחב, כמפורט בסעיף 3.8.6.2 בהנחיות לתכנון מנהרות, המתפרסמות במקביל להנחיות שלפניכם.

## 5.7 שילוב עקומים עוקבים בתוואי האופקי

### 5.7.1 עקומים אופקיים לאותו כיוון

#### א. עקומים מרוכבים

עקומים מרוכבים הם רצף של שניים או שלושה עקומים אופקיים לאותו כיוון, המשיקים זה לזה בקצותיהם (למשל: עקום תלת מרכזי). כאשר יש שלושה עקומים, הרדיוס הקטן נמצא בין שני רדיוסים גדולים ממנו.

מטרת השימוש בעקומים מרוכבים היא לאפשר גמישות בתכנון תוואי רציף תוך התאמה לאילוצים טופוגרפיים וגיאומטריים, כגון התחברות לקטע ישר או לרדיוס קטן קיימים, או להתאמה לתוואי גשר. פתרון זה עדיף על עקומים עוקבים כמתואר ב-ב' להלן. עם זאת, מומלץ להגביל את השימוש בתכנון עקומים מעגליים מרוכבים לתכן צמתים ומחלפים, ולא להשתמש בהם לתכן קטעי דרך בין-עירונית, מאחר שנהגים אינם מצפים לשינוי ברדיוס במהלך נסיעה בעקום אופקי, אם אינו כרוך בשינוי נוסף בכיוון הנסיעה – עדיף להשתמש בקלוטואידות כתחליף לעקומים מרוכבים בקטעי דרך.

במקרים מאולצים מבחינת טופוגרפיה וזכויות דרך, תכנון עקום מרוכב צריך לקיים את התנאים הבאים:

- 1) הגבלת ההפרש בין רדיוסי העקומים, כך שהיחס בין רדיוסי עקומים עוקבים בעקום אופקי לא יעלה על 1:1.5, אם כי היחס המומלץ הוא 1:1.25. יחס זה מביא להפרש שלא יעלה על 10 קמ"ש בין מהירויות התכן של עקומים עוקבים. הרדיוס הקטן ביותר יקבע את מהירות התכן.
- 2) שימוש בעקום מעבר יוגבל למקרים בהם לא ניתן לשמור על היחסים לעיל, ואז יוכנס עקום המעבר בין שתי הקשתות.

#### ב. עקומים עוקבים לאותו כיוון

עקומים אופקיים קרובים לאותו כיוון ("broken back") אינם רצויים, משיקולי בטיחות הנסיעה ומשיקולים חזותיים. בדרכים שאינן טבעתיות, הנהגים לא מצפים לשני עקומים עוקבים לאותו הכיוון. במידת האפשר רצוי לתכנן עקום יחיד. הן עקומים מרוכבים והן עקומים עוקבים עשויים להקשות על יציבות משאיות ואופנועים.

כאשר האילוצים מצריכים תכנון עקומים עוקבים לאותו כיוון, רצוי לקיים את התנאי הבא: אורך קטע ישר מזערי של  $5 \cdot V_d$  בין שני העקומים ( $V_d$  מהירות התכן בקמ"ש).

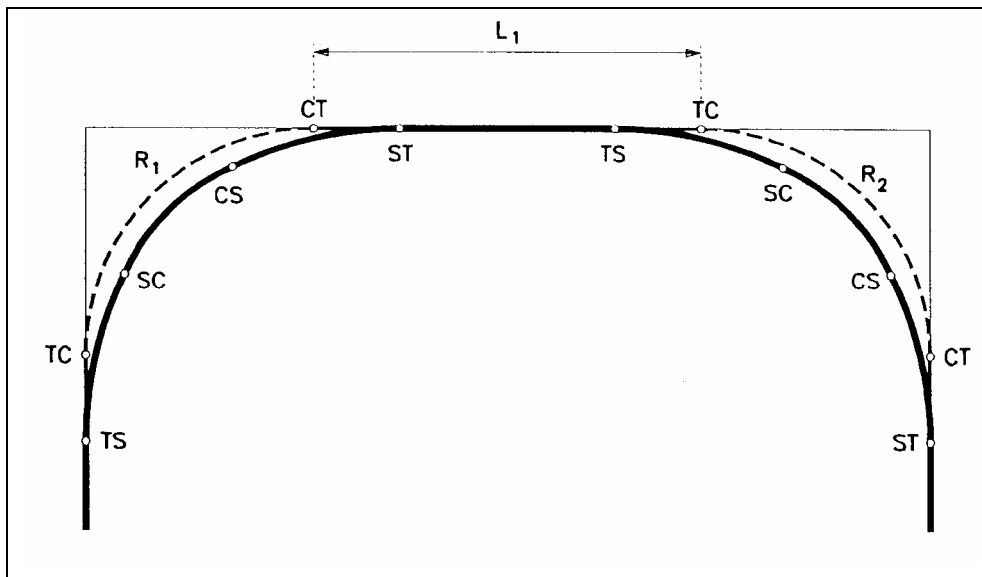
#### ביצוע מעבר השיפועים בין עקומים עוקבים:

מעבר השיפועים בין העקומים העוקבים תלוי באורך הקטע הישר שביניהם,  $L_1$  (נמדד בין נקודות ההשקה של הקשתות המעגליות לפני הכנסת עקום מעבר, תרשים 5.13):

(1) כאשר אורך הקטע הישר (מטר) גדול מ- $3 \cdot V_d$  ( $V_d$  מהירות התכן בקמ"ש), מעבר השיפועים יבוצע לכל עקום בנפרד באופן בלתי תלוי.

(2) כאשר אורך הקטע הישר (מטר) הינו בין  $V_d$  ל- $3 \cdot V_d$  ( $V_d$  מהירות התכן בקמ"ש), יבוצעו מעברי ההגבהה (בכל עקום) עד להגבהה אחידה של 2%. בין קצות מעבר ההגבהה לאורך הקטע הישר תישמר ההגבהה האחידה של 2% (תרשים 5.14).

(3) כאשר אורך הקטע הישר (מטר) קטן מ- $V_d$ , יבוצע לכל אורך הקטע הישר שינוי הגבהה באופן רציף לצורך התאמה של הפרשי ההגבהה בין שני העקומים.

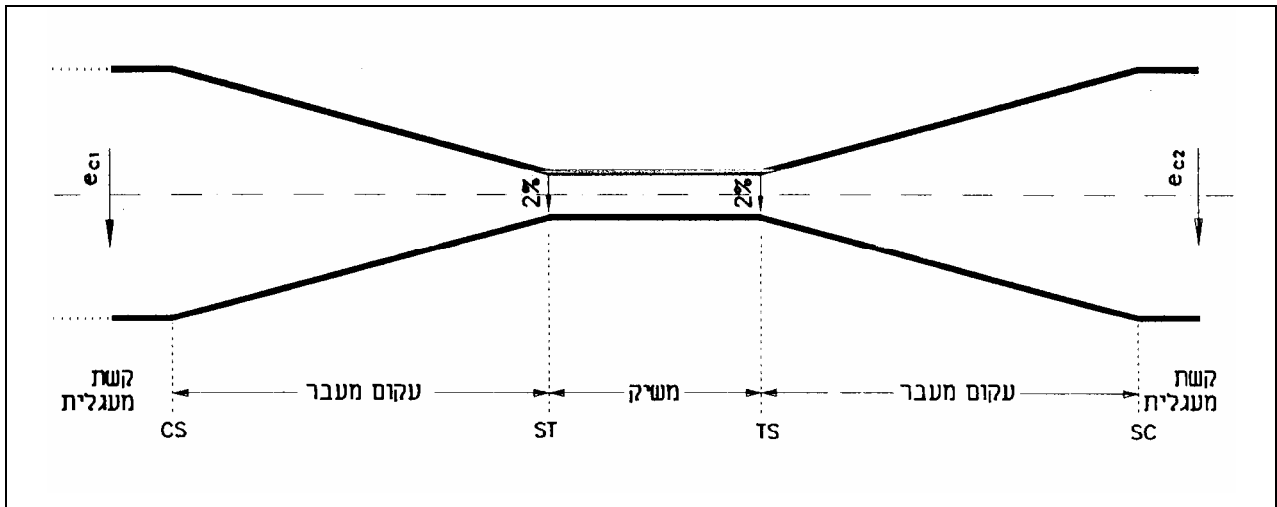


**תרשים 5.13:** המרחק בין עקומים אופקיים עוקבים לאותו כיוון

## 5.7.2 עקומים אופקיים מנוגדי כיוון

עקומים אופקיים מנוגדי כיוון חשובים בהתאמת התוואי לטופוגרפיה. רצוי להימנע משינויי כיוון פתאומיים המקשים על הנהג לשמור על נתיב נסיעתו.

בתכנון עקומים אופקיים מנוגדי כיוון יש לשמור על מעברי שיפועים מספקים להסדרת שינוי כיוון השיפוע הצידי. לפיכך, המרחק המזערי בין קצות העקומים בכיוונים מנוגדים נקבע לפי אורך מעברי השיפועים בשני העקומים, ובתוספת קטע ישר אשר לאורכו מתקיים חתך נורמלי בין קצות שני מעברי המשיק הסמוכים (תרשים 5.15).



**תרשים 5.14:** חתך לאורך השפוט במעבר השיפועים בעקומים אופקיים עוקבים לאותו כיוון כאשר  $V_d < L_1 < 3 \cdot V_d$  ( $V_d$  בקמ"ש)

האורך המזערי המומלץ של הקטע הישר בין הקשתות המעגליות המנוגדות כיוון (במטרים) הינו  $2 \cdot V_d$  ( $V_d$  בקמ"ש). אורך הקטע הישר נמדד בין נקודות ההשקה של הקשתות המעגליות לפני הכנסת עקומי מעבר (תרשים 5.15). יש אורך מזערי גם לקטע הישר שנותר בין עקומי המעבר, כמתואר בתרשים. כאשר התוואי מאולץ, ניתן להסתפק בכך שעקומי המעבר בכיוונים מנוגדים ישיקו זה לזה ללא קטע ישר ביניהם.

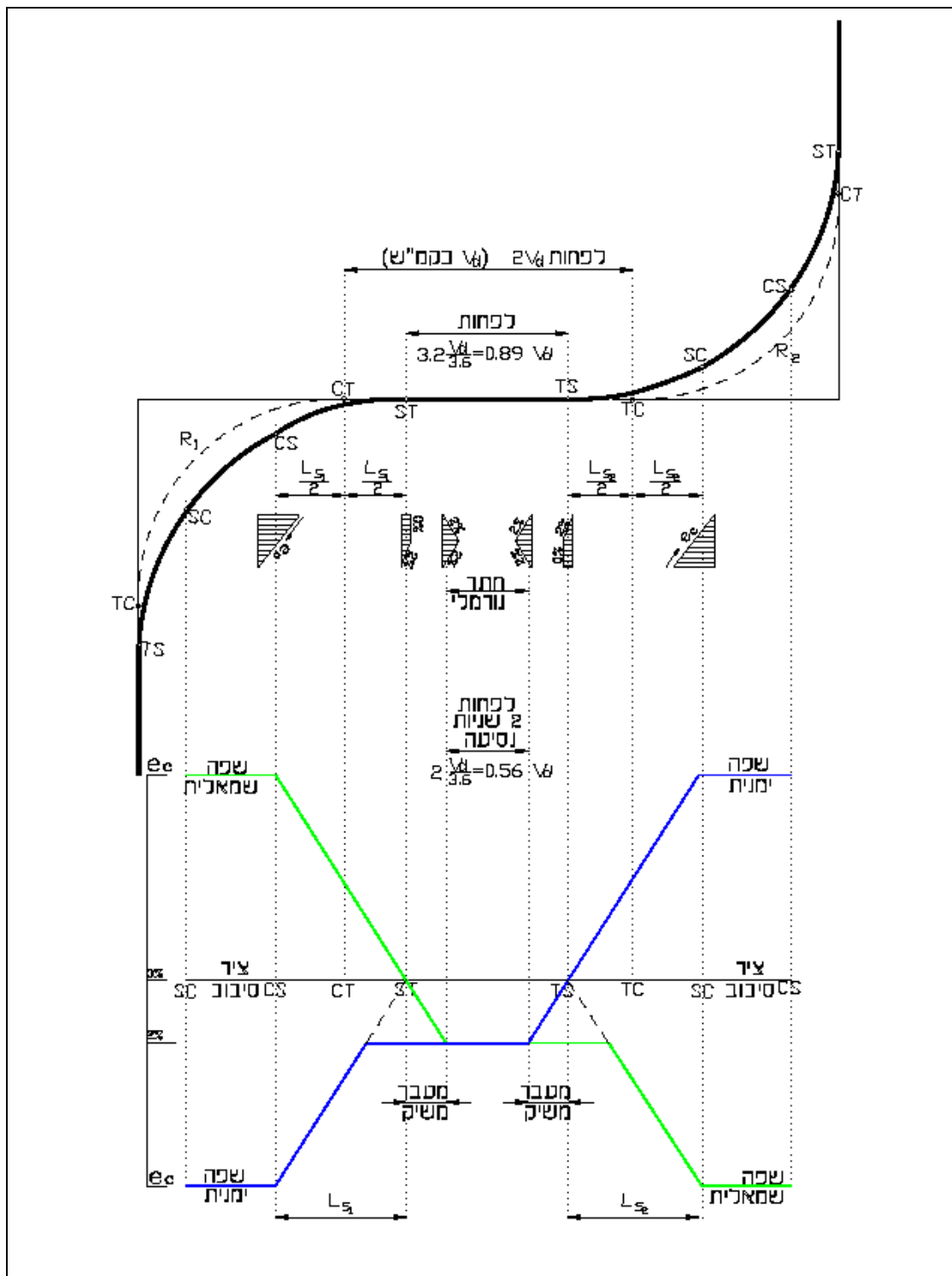
מעברי השיפועים בין עקומים מנוגדי כיוון יבוצעו כדלהלן:

(1) כאשר יש קטע ישר באורך מספיק ביניהם, יבוצעו מעברי השיפועים בכל עקום מעבר כמקובל, כאשר ביניהם קיים קטע ישר בקימור הרגיל באורך 2 שניות נסיעה במהירות התכן לפחות (תרשים 5.15).

(2) כאשר האורך לביצוע מעבר השיפועים בשיטה הרגילה מוגבל, יבוצע מעבר השיפועים באופן מאולץ לאורך עקומי המעבר, כך שבתחילת עקום המעבר (ST, TS) יהיה קימור רגיל, אשר יעבור לאורך עקום המעבר להגבהה מלאה.

(3) כאשר שני עקומי המעבר משיקים ללא קטע ישר ביניהם, יבוצע מעבר השיפועים באופן מאולץ לאורך עקומי המעבר על ידי סיבוב השפוט בקצב אחיד וסימטרי, כך שבנקודת ההשקה של עקומי המעבר זה לזה תהיה המיסעה אופקית לרוחב (בנקודות ST, TS אשר מהוות אותה נקודה). אין להכניס עקום מעגלי נוסף שיהפוך את העקום למרוכב.

(4) פרמטרי הקלוטואידות משני צידי הקטע הישר יהיו בסדר גודל זהה.

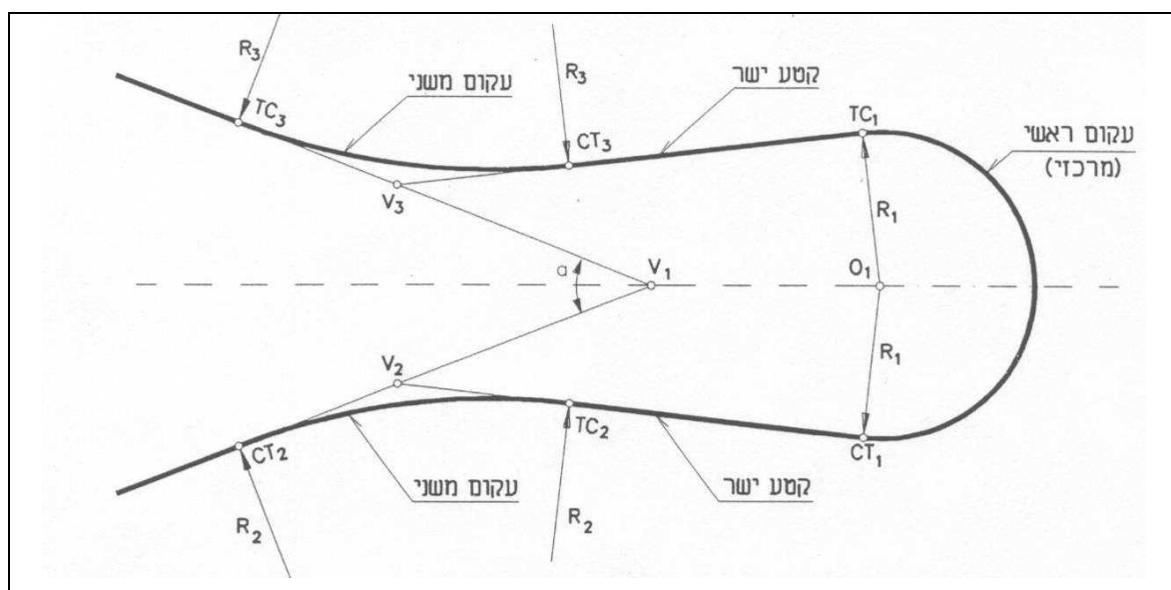


**תרשים 5.15:** מעבר השיפועים בעקומים אופקיים מוגדי כיוון

## 5.8 עקלתונים

### 5.8.1 הגדרה

העקלתון הוא קטע דרך אשר התוואי האופקי שלו מורכב מעקומים (מעגליים ועקומי מעבר) וקווים ישרים משיקים, כך שהעקום הראשי (המרכזי) מצוי מחוץ לנקודת החיתוך של המשיקים המקוריים, לעיתים באופן חלקי בלבד (תרשים 5.16).



**תרשים 5.16:** מרכיבי העקלתון

עקלתון מלא כולל את המרכיבים הבאים:

- א. עקום אופקי ראשי (מרכזי), בעזרתו מבצע התוואי תפנית בסדר גודל של  $180^\circ$ .
- ב. שני עקומים משניים, המשיקים לקווים הישרים המרכיבים את העקלתון. תפקידם לאפשר את ביצוע העקום הראשי מחוץ לישרים המשיקים, ולהקטין באופן הדרגתי את המהירות לאורך העקלתון.
- ג. קטעים ישרים בין העקום הראשי לעקומים המשניים, אשר משיקים בקצה האחד לעקום הראשי ובקצה השני לאחד העקומים המשניים. הקטעים הישרים מאפשרים את ביצוע מעבר השיפועים, ומקנים גמישות בבחירת המיקום של מרכז העקום הראשי ביחס למשיקים המקוריים.

### 5.8.2 הצדקים לשימוש בעקלתון

א. יישום

יישומו של העקלתון הוא באזורים הרריים קשים, כאשר בתכנון עקום אופקי יחיד בין המשיקים מתקבל שילוב מסוכן של: (i) עקום אופקי ברדיוס קטן ובהגבהה צידית בשיעור גבוה, (ii) עקום הממוקם בקטע



בעל שיפוע אורכי תלול, וכאשר שיפור העקום בדרך המקובלת של הגדלת הרדיוס איננו ניתן לביצוע מהסיבות הבאות:

(1) הגדלת הרדיוס מרחיקה את העקום מנקודת מפגש המשיקים לכיוון פנים הזוית, וממקמת אותו במקום בו השטח עשוי להיות בלתי זמין או בעל טופוגרפיה קשה מאשר במיקום המקורי.

(2) הרחקת העקום ממפגש המשיקים מקצרת את התוואי ומגדילה עקב כך את השיפוע לאורך.

החלפת העקום האופקי בעקום הראשי של העקלתון הוא פתרון מאולץ לשילוב של הגדלת הרדיוס עם הקטנת השיפוע לאורך, ולכן יש ליישמו רק באזורים הרריים קשים, בעלי מהירות תכן נמוכה. פיתרון מאולץ זה יתאים כאשר חלופות אחרות נפסלות מסיבות גיאומטריות או טופוגרפיות, או שהן בלתי כלכליות.

### **ב. יתרונות וחסרונות לשימוש בעקלתון**

(1) יתרונות העקלתון ביחס לעקום אופקי יחיד:

- הצורה הגיאומטרית של העקלתון על מרכיביו השונים מאפשרת הפחתה הדרגתית ומבוקרת של מהירות התכן, ממהירות התכן האופיינית לתוואי, למהירות התכן של העקום המרכזי.
- בטיחות התוואי הכולל עקלתון, גבוהה מבטיחות התוואי הכולל עקום אופקי יחיד.
- מרכיבי העקלתון מאפשרים גמישות בשילוב הצורות השונות, לקבלת התאמה טובה יותר של התוואי למגבלות הטופוגרפיות ולמהירות התכן, על ידי הקפת או עקיפת מכשולים.
- עקלתון מאפשר ביצוע רדיוסים קטנים יותר מאשר עקום אופקי יחיד.
- השיפועים לאורך בעקלתון מתונים מאשר בעקום אופקי – לאותו תוואי אנכי.

(2) חסרונות העקלתון ביחס לעקום אופקי יחיד:

- העקלתון מחייב מהירויות נמוכות יותר מאשר עקום אופקי יחיד.
- אורך העקלתון גדול יותר.
- העקלתון מחייב ביצוע הרחבות גדולות יותר עקב הרדיוסים הקטנים.

### **5.8.3 סיווג העקלתונים**

#### **א. קטגוריות העקלתון**

קטגוריות העקלתון מסווגות בהתאם למיקומם של מרכזי העקומים המשניים ביחס לדרך:

(1) קטגוריה 1

מרכזי העקומים המשניים שלו מצויים מאותו צד של הדרך ביחס לנהג הנוסע לאורך העקלתון (תרשימים 5.17 ו-5.18).

(2) קטגוריה 2

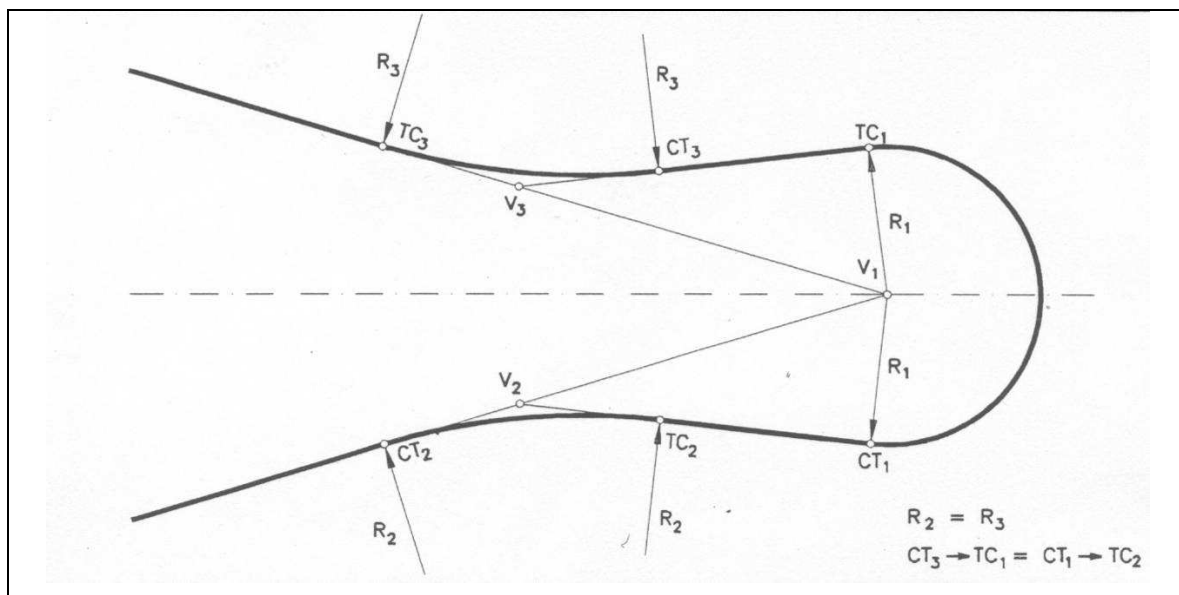
מרכזי העקומים המשניים שלו מצויים מצדדים שונים של הדרך ביחס לנהג הנוסע לאורך העקלתון (תרשים 5.19).

השימוש בעקלתון מקטגוריה 2 נעשה כאשר בכיוון נקודת החיתוך של שני המשיקים הראשיים קיים מכשול המקשה על מיקום העקום המרכזי. במקרה זה עקלתון המתאים לקטגוריה 1 (בו העקום הראשי חייב לחתוך את חוצה הזווית הראשית או את המשכו) לא יוכל לעקוף את המכשול, מה שיחייב עבודות חפירה/ חציבה ומילוי. עקלתון מקטגוריה 2 מאפשר גמישות רבה יותר במיקום העקום הראשי.

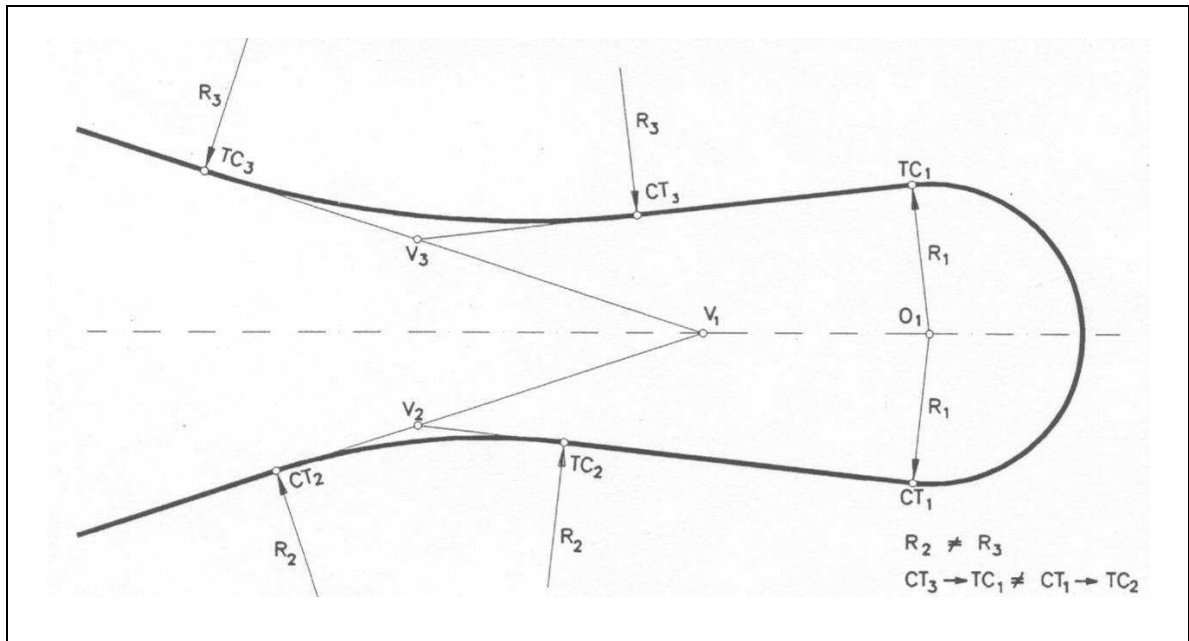
### ב. סימטריה וא-סימטריה

עקלתון הוא סימטרי (תרשים 5.17) כאשר הרדיוסים של העקומים המשניים שווים זה לזה, ושני הקטעים הישרים שבתוך העקלתון שווים באורכם. עקום סימטרי הוא בהכרח שייך לקטגוריה 1. כאשר אחד משני תנאי השוויון איננו מתקיים, העקום הינו א-סימטרי (תרשים 5.18).

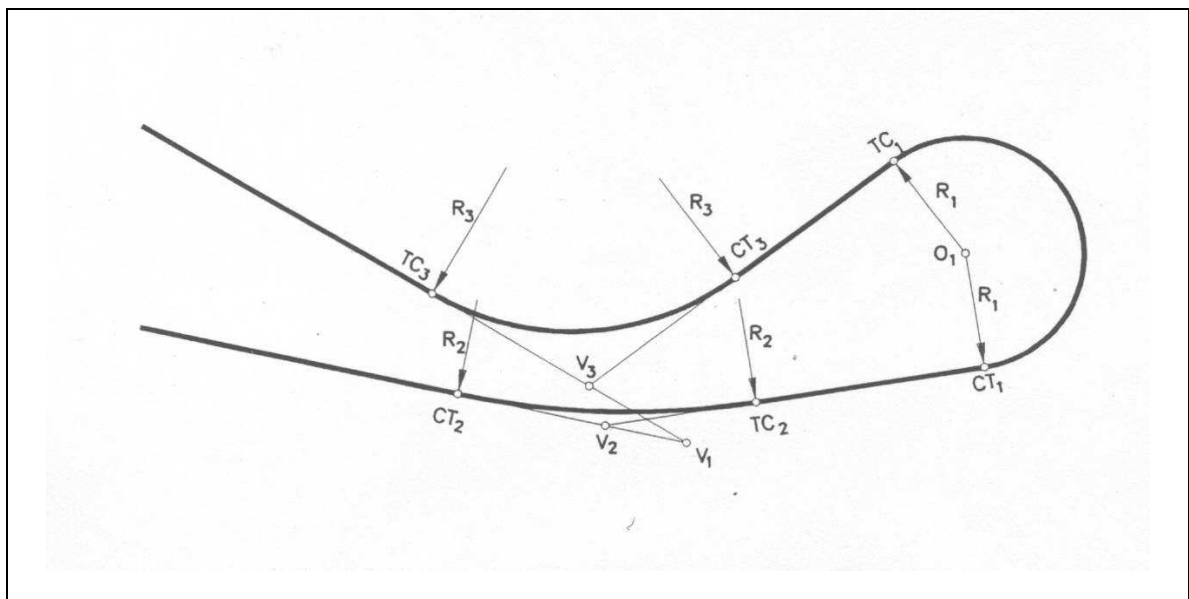
עקום א-סימטרי יכול להיות מקטגוריה 1 או מקטגוריה 2. עקום א-סימטרי בו חסר אחד העקומים המשניים, משיקולי התאמה לשטח, מכונה סמי-עקלתון (תרשים 5.20).



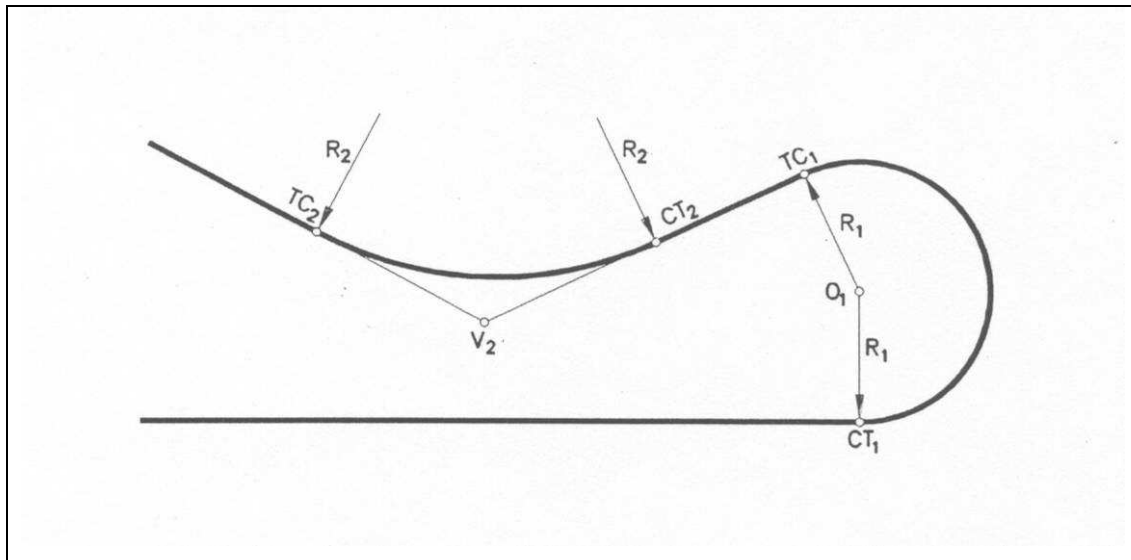
**תרשים 5.17:** עקלתון מקטגוריה מס' 1: סימטרי



**תרשים 5.18:** עקלתון מקטגוריה מס' 1: א-סימטרי



**תרשים 5.19:** עקלתון מקטגוריה מס' 2



**תרשים 5.20:** סמי-עקלתון

#### 5.8.4 התואי הראשוני ובדיקתו

התכנון הראשוני של התואי באזור העקלתונים מבוצע במספר חלופות. התכנון חייב להיות צריך להיות מדויק, מאחר ששינויים קטנים יחסית בציר הכביש יכולים לגרום להפרשים גדולים בכמות החציבה. הרדיוס הקטן וזווית הפניה החדה, גורמים לכך שהעקום הראשי הוא המקום הרגיש ביותר להבטחת השיפוע הרצוי לאורך, תוך שמירה על כמות עבודות עפר סבירה.

השלב הראשון של תכנון העקלתון הינו מיקום העקום הראשי. רצוי שהשיפוע הצידי של הקרקע הטבעית באזור העקום הראשי לא יעלה על 15%. לאחר קביעת המיקום והרדיוס של העקום הראשי, מתוכננים הקווים הישרים והעקומים המשניים בהתאם לטופוגרפיה.

תכנון התואי הראשוני מצריך מספר בדיקות הכרחיות שיפורטו בהמשך:

- א) התאמת הקו האדום להפרש הגובה בין הנקודות התוחמות את העקלתון.
- ב) בדיקת המרחק הקרוב ביותר בין שני הענפים.
- ג) בדיקת אורך קווי הביניים הישרים.
- ד) כמות עבודות העפר.

#### 5.8.5 קריטריונים לתכן עקלתונים

##### א. מהירות התכן

מהירות התכן משתנה באופן הדרגתי לאורך העקלתון. הצורה הגיאומטרית של העקלתון נועדה להפחית באופן הדרגתי את המהירות, ממהירות התכן האופיינית לדרך, למהירות התכן המתאימה

לעקום המרכזי. הפרש גדול של מהירויות איננו בטיחותי. קיימות לאורך העקום שלוש מהירויות תכן כדלקמן:

- מהירות התכן בגישה לעקלתון  $V_d$  –
- מהירות תכן המתאימה לעקום המשני  $V_r$  –
- מהירות התכן המתאימה לעקום הראשי  $V'_r$  –

היחס המומלץ בין כל שתי מהירויות עוקבות לעיל לא יעלה על 1.5:1. טבלה 5.15 מציגה את הערכים המומלצים של מהירויות התכן לאורך העקלתון. מהירות התכן לעקלתון היא מהירות התכן המתאימה לתוואי כמפורט בטבלה 2.4, עם אפשרויות להפחתה נוספת של 10 קמ"ש בדרכים דלות תנועה.

**טבלה 5.15:** מהירויות תכן מומלצות לאורך העקלתון (קמ"ש)

מהירות תכן בגישה לעקלתון $V_d$ (קמ"ש)				מהירות תכן
80	70	60	50	
50	45	40	35	בעקום המשני $V_r$
35	35	30	25	בעקום הראשי $V'_r$

**ב. הגבהה צידית מרבית**

בתכנון עקלתון באזור מושלג ההגבהה הצידית המרבית הינה 6%. ביתר האזורים ההגבהה המרבית הינה 10%.

**ג. רדיוסים מזעריים**

בהתאם להגבהה המרבית המותרת ולשינוי ההדרגתי של מהירות התכן לאורך העקלתון, נקבעים הרדיוסים המזעריים בעקומים המשניים ובעקום הראשי, כמוצג בטבלה 5.16.

**טבלה 5.16:** רדיוסים מזעריים בעקומים משניים ובעקום הראשי בעקלתון (מ')

מהירות תכן בגישה לעקלתון $V_d$ (קמ"ש)				רדיוס מזערי
80	70	60	50	
85	70	55	40	בעקומים המשניים
40	35	30	25	בעקום הראשי

**ד. שיפועים מרביים בעקום הראשי**

בעקום הראשי קיים שיפוע שקול המתקבל על בסיס הרכיבים הניצבים של השיפוע לאורך הדרך והשיפוע לרוחב המיסעה.

רדיוס השפה הפנימית של העקום הראשי קטן באופן משמעותי מרדיוס הציר (ברדיוס ציר של 25 מטר עשוי רדיוס השפה הפנימית להיות 19 מטר בלבד).

הרדיוסים הקטנים וזוויות הפניה החדות של העקום הראשי גורמות לכך שהתוואי לאורך השפה הפנימית קצר במידה ניכרת מהתוואי לאורך ציר העקום. מכאן יוצא שהשיפוע לאורך השפה הפנימית עשוי להיות גדול במידה ניכרת מהשיפוע לאורך ציר העקום הראשי.

ההגבלות המומלצות לשיפוע המרבי לאורך בציר העקום הראשי מוצגות בטבלה 5.17. שיפוע זה יישמר במחצית הקטע הישר הסמוך לעקום הראשי.

בשאר התוואי השיפועים המרביים יהיו כמפורט בפרק התוואי האנכי להלן.

**טבלה 5.17: השיפוע המרבי לאורך (%) בעקום הראשי בעקלתון**

מהירות תכן בגישה לעקלתון $V_d$ (קמ"ש)			השיפוע (%)
80	60-70	50	
4.0	3.5	3.0	לאורך הציר
4.3	3.9	3.7	לאורך השפה הפנימית

**ה. הרחבה**

הרדיוסים הקטנים של הקשתות בעקום העקלתון מחייבים מתן הרחבות ניכרות. נושא ההרחבה מפורט בסעיף 5.4 לעיל. טבלה 5.18 מציגה את ערכי ההרחבה הדרושה למיסעה בעקלתון כתלות ברדיוס.

רצוי לבצע את ההרחבה בצידו החיצוני של העקום, כדי לא להקטין עוד יותר את רדיוס השפה הפנימית. אופי הביצוע המדויק של ההרחבה בעקלתון ייקבע בהתאם לאפשרויות הטופוגרפיות.

**ו. עקומי מעבר ומעברי שיפועים**

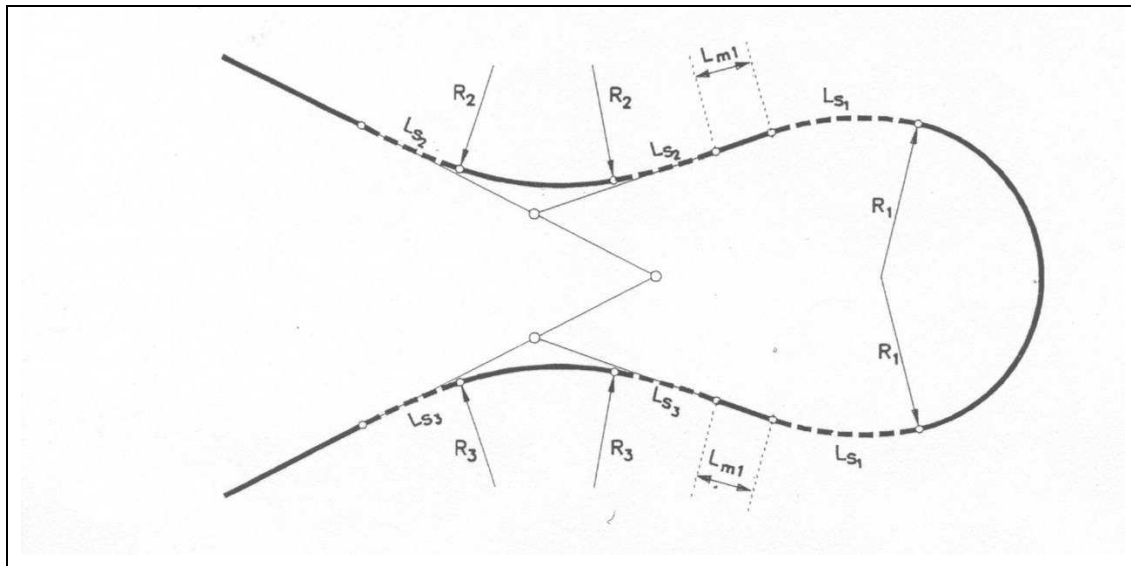
השימוש בעקומי מעבר מומלץ בעקלתונים הן בעקום הראשי והן בעקומים המשניים, שכן השימוש בהם משפר בהרבה את כושר התימרון של הנהג לאורך העקלתון. שימוש זה מוצג בתרשים 5.21.

החישוב המשולב של אורך עקומי המעבר ומעברי השיפועים בכל העקומות שבקלתון יבוצע לפי קריטריוני תכנון עקום מעבר בעקום האופקי.

**טבלה 5.18:** ערכי ההרחבה הדרושה למיסעה בעקלתון (מ') בתלות ברדיוס העקום עבור מיסעה ברוחב 6.0 מ' בקטע הישר

מהירות התכן של העקום הראשי או המשני ( $V_r, V_r'$ ) (קמ"ש)			רדיוס העקום (מ')
50	35-40	20-30	
×	×	3.0	25
×	×	2.5	30
×	2.1	2.0	40
×	1.8	1.7	50
×	1.6	1.5	60
×	1.4	1.3	70
1.4	1.3	1.2	80
1.3	1.2	1.1	90
1.2	1.1	1.0	100

הסימון "×" משמעותו שאין להשתמש בשילוב זה של רדיוס ומהירות תכן.



**תרשים 5.21:** עקלתון עם עקומי מעבר

האורך המזערי של מעבר ההגבהה ושל עקומי המעבר (במטר) הינו  $2 \cdot V_d$ , כאשר מהירות התכן  $V_d$  הינה בקמ"ש. מקדמי הנוחות של הקלוטואידה (C במ"שני<sup>3</sup>) והפרש השיפוע לאורך בין השפה לציר ( $\Delta$ )

ב-%) המומלצים לתכנון עקלתונים מובאים בטבלה 5.19. פרמטרי הקלוטואידות של העקומים המשני והראשי צריכים להיות דומים.

**טבלה 5.19:** מקדמים לחישוב אורך עקומי מעבר ומעברי שיפועים בעקלתון

50	40 ומטה	מהירות התכן של העקום הראשי או המשני ( $V_r, V_r'$ ) (קמ"ש)
0.782	0.841	מקדם הנוחות C (מ"שני <sup>3</sup> )
0.73	0.85	הפרש השיפוע לאורך בין השפה לציר – $\Delta$ (%)

### ז. אורך מזערי לקטעים הישרים

(1) האורך המזערי לקטע הישר בין עקומים מנוגדי כיוון (reverse curves)

שני הקטעים הישרים שבין העקום הראשי לעקומים המשניים בעקלתון המסווג לקטגוריה 1, וכן אחד משני הקטעים בעקלתון המסווג לקטגוריה 2, מהווים קטע ישר בין עקומים מנוגדי כיוון. יש לשמור על אורך מזערי של הקטעים הישרים כך, שיתאפשר לנהג להסתגל לשינוי הכיוון תוך מעבר הדרגתי בין שני מעברי השיפועים הסמוכים.

האורך המזערי של הקטע הישר תלוי אם הוא מחבר בין עקומי מעבר, או שמחבר את הקשתות המעגליות ללא עקום מעבר.

כאשר יש עקום מעבר (תרשים 5.21):

$$L_{m1} = 0.02 \cdot b \cdot \left( \frac{100}{\Delta_1} + \frac{100}{\Delta_2} + \frac{L_{s1} + L_{s2}}{4} \right)$$

כאשר:

$L_{m1}$  – אורך הקטע הישר הנמדד בין נקודות ההשקה של עקומי המעבר לישר (מטר);

$b$  – רוחב הנתיב בקטע הישר (מטר);

$\Delta_1, \Delta_2$  – הפרשי השיפוע לאורך בין ציר הדרך והשפות בשני מעברי השיפועים שבקצות הקטע הישר (%);

$L_{s1}, L_{s2}$  – אורך עקומי המעבר בשני העקומים בהתאמה (מטר), המחושב בהתאם לסעיף 5.5 לעיל ומקדמי טבלה 5.19.

באורך הדרוש כלולים מעברי המשיק הדרושים לשני העקומים והקטע בו השיפוע לרוחב הינו נורמלי.

כאשר אין עקום מעבר:

$$L_{m2} = \frac{2}{3} \cdot (L_1 + L_2) + 0.02 \cdot b \cdot \left( \frac{100}{\Delta_1} + \frac{100}{\Delta_2} \right) + \frac{L_{s1} + L_{s2}}{4}$$



כאשר:

$L_{m2}$  – אורך הקטע הישר הנמדד בין נקודות ההשקה של הקשתות המעגליות שמשני צידי הקטע הישר;

$L_2, L_1$  – אורך מעברי ההגבהה לשני העקומים בהתאמה (מטר);  
 $b$  – רוחב הנתיב בקטע הישר (מטר);

$\Delta_2, \Delta_1$  – הפרשי השיפוע לאורך בין ציר הדרך והשפות בשני מעברי השיפועים שבקצות הקטע הישר (%);

$L_{s2}, L_{s1}$  – אורך עקומי המעבר (שהיו נדרשים בתנאים אלו) בשני העקומים בהתאמה (מטר), המחושב בהתאם לסעיף 5.5 לעיל ומקדמי טבלה 5.19.

בשני המקרים יש לוודא שאורך הקטע הישר לא יפחת מהאורך המתאים ל-2 שניות נסיעה במהירות התכן.

2) האורך המזערי לקטע הישר בין עקומים לאותו כיוון (broken back curves)  
 אחד משני הקטעים הישרים בעקלתון המסווג כקטגוריה 2, מחבר בין עקום ראשי לעקום משני לאותו הכיוון.

האורך המזערי של הקטע הישר יהיה מחושב לאורך המזערי המחושב לעקומים מנוגדים (מקום מצומצם בתוואי העקלתון בשני המקרים).

מעברי ההגבהה של כל עקום (לאותו כיוון) יבוצעו בהתאם לסעיף ה-דן בעקומים אופקיים לאותו כיוון בסעיף שילוב עקומים בתוואי האופקי.

#### ה. מרחק בין עקלתונים סמוכים

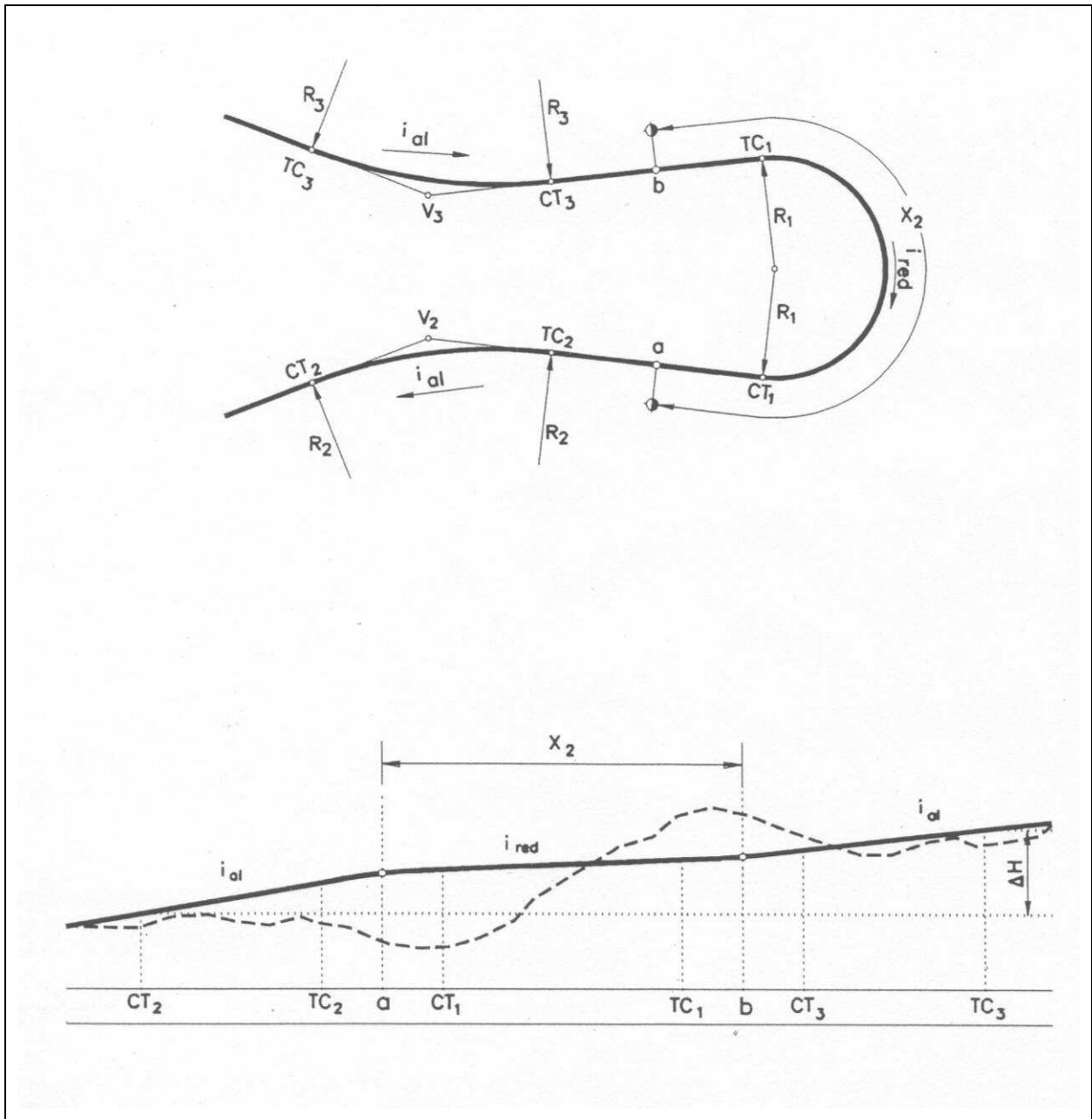
המרחק בין עקלתונים סמוכים נקבע בעיקר על ידי המיקום האופטימלי של העקומים הראשיים. בנוסף רצוי להתחשב בהנחיות הבאות בקביעת מיקום עקלתונים סמוכים:

1) המרחק המזערי בין עקלתונים סמוכים: רצוי שעקלתונים עוקבים יהיו לכיוונים מנוגדים. האורך המזערי של הקטע הישר המזערי הרצוי ביניהם הוא באורך  $1 \cdot V_d$ , כאשר  $V_d$  הינה מהירות התכן (קמ"ש) בגישה לעקלתון.

2) המרחק המרבי בין עקלתונים סמוכים ייקבע כך, שלא יגרום לעלייה מופרזת במהירות הנסיעה ברידה.

### 5.8.6 בדיקות הכרחיות לתכנון התוואי הראשוני של העקלתון

א. התאמה בין הקו האדום להפרש הגובה בקרקע בין הנקודות התוחמות את העקלתון  
 הבדיקה מתייחסת להשוואה בין  $\Delta H$  (ההפרש ברום פני הקרקע בין נקודות קצות העקלתון) לבין  $\Delta H_{ef}$  (ההפרש הגובה במטר בין הנקודות התוחמות את העקלתון כתוצאה של תכנון "קו אדום"). תצוגה גרפית של הפרמטרים מובאת בתרשים 5.22.



**תרשים 5.22:** כללי תכנון ה"קו האדום" בעקלתונים

$$\Delta H_{ef} = X_1 \cdot i_{a1} + X_2 \cdot i_{red}$$

כאשר:

- $i_{a1}$  – שיפוע אופייני של התוואי המתקרב לעקלתון;
- $X_1$  – אורכו של השיפוע  $i_{a1}$ , ששווה לסכום האורכים של שני העקומים המשניים בתוספת מחצית מאורכם של שני קווי הביניים הישרים (מטר);
- $i_{red}$  – שיפוע מוקטן לאורך העקום הראשי (טבלה 5.17), מבוסס כשבר עשרוני;

$X_2$  – אורך מזערי של השיפוע המוקטן  $i_{red}$ , ששווה לאורך העקום הראשי, בתוספת מחצית האורך של קווי הביניים הישרים (מטר).

אם  $\Delta H_{ef} < \Delta H$ , יש להאריך את העקלתון עד לקבלת הפרש הגובה הדרוש.  
אם  $\Delta H_{ef} > \Delta H$ , ניתן לשפר את העקלתון על ידי הקטנת השיפוע לאורך, או להאריך את הקטע בו השיפוע מוקטן.

רצוי שהפרש הרומים בין הקו האדום לקרקע הטבעית בציר הכביש ולאורך העקלתון לא יעלה על 3-4 מטר.

### ב. בדיקת המרחק הקרוב ביותר (F) בין שני הענפים

הבדיקה מתייחסת להשוואה בין המרחק האפקטיבי ( $F_{ef}$ ) שניתן לחשב מתוך התנוחה הגיאומטרית, לבין המרחק המזערי הרצוי ( $F_{des}$ ) (תרשים 5.23).

$F_{ef}$  נמדד בין הנקודות B2 ל-B3, וכולל את אורכי הביסקטור של העקומים המשניים.

המרחק המזערי הרצוי בין הצירים של שני הענפים:

עבור מדרונות:

$$F_{1des} = b + a + h_1 \cdot m + h_2 \cdot n$$

עבור קירות תומכים:

$$F_{2des} = b + a + c + \frac{H}{p}$$

אם  $F_{ef} < F_{1des}$  יהיה צורך להשתמש בקיר תומך במקום תכנון המדרון.

אם  $F_{ef} < F_{2des}$  יהיה צורך להזיז את נקודת החיתוך  $V_2, V_3$  (כלומר להגדיל את רדיוסי העקומים המשניים) כדי להגדיל את המרחק  $F_{ef}$ .

### ג. בדיקת אורך קווי הביניים הישרים

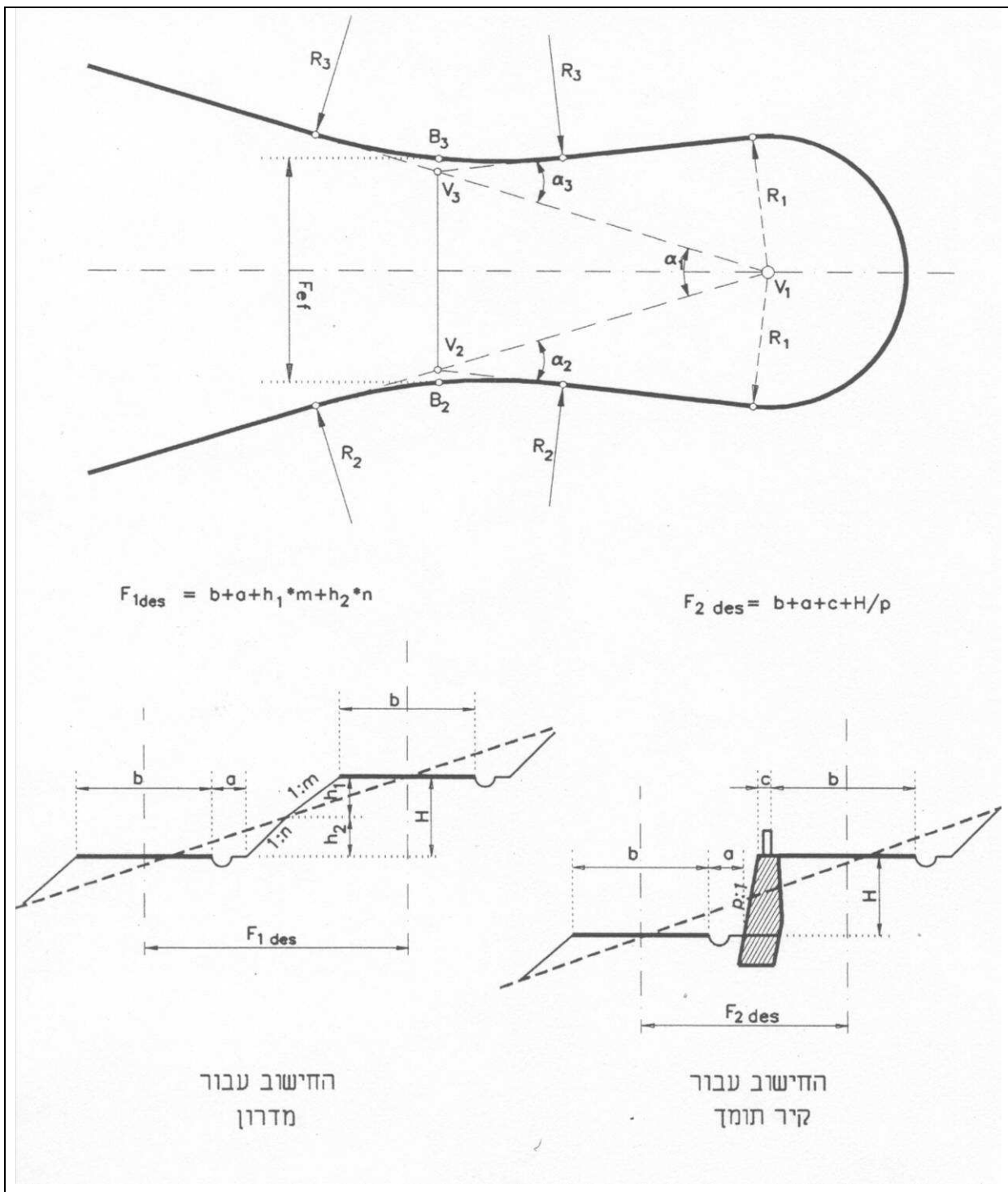
הקווים הישרים בין העקומים המשניים לבין העקום הראשי מיועדים לאפשר את:

(1) הכנסת עקומי המעבר;

(2) ביצוע מעבר השיפועים;

(3) שינוי השיפוע האורכי.

האורך המזערי של הקטעים הישרים ( $L_{m2}, L_{m1}$ ) נתון בסעיף הקריטריונים לתכן באמצעות הנוסחאות הרלוונטיות של  $L_{m2-1}, L_{m1}$ .



**תרשים 5.23:** המרחק הקרוב ביותר בין שני ענפי העקלתון

#### ד. כמות עבודות העפר

על מנת להקטין את כמות עבודות העפר יש לדאוג שהפרש הרומים בין הקו האדום והקרקע הטבעית בציר הכביש ולאורך העקלתון לא יעלה על 3-4 מטר.

### 5.9 בקרה כללית לתוואי האופקי

להלן מספר קריטריונים כלליים לבקרת תכנון התוואי האופקי:

א. התוואי האופקי צריך להיות מכוון באופן כללי בין נקודת המוצא לנקודת היעד, אם כי רצוי שיתאים לטופוגרפיה במידת האפשר. תוואי מתמשך ורציף המותאם כללית לתוואי הקרקע עדיף על פני תוואי עם קטעים ישרים ארוכים ה"חותך" את פני הקרקע באופן קיצוני. קטעים ישרים ארוכים מדי אינם רצויים.

ב. אורך מרבי של קטע ישר בין עקומים הוא  $20 \cdot V_d$  (מהירות התכן בקמ"ש). מומלץ להגביל אורך זה ל- $10 \cdot V_d$  ככל שניתן. רצוי לשלב עקומים אופקיים בהתאם לכך, כדי למנוע אורך מוגזם של תוואי ישר, אשר גורם לקושי בהערכת מהירות ומרחק, למהירויות גבוהות ולסנוור.

ג. בטופוגרפיה מישורית, רצוי למקם את הקטעים הישרים כך שמשתני נוף כגון כפרים, מגדלי מים, יערות, וכו' יהיו רבים ככל האפשר, על מנת להפחית עייפות ומונטוניות אשר עשויים לגרום לתאונות דרכים. מצד שני, כאשר התוואי מפותל עם עקומות תדירות, יורדת רמת הבטיחות.

ד. תכן הדרך חייב להיות עקבי. לא רצוי לתכנן קטעים ישרים קצרים המותווים בין עקומים ארוכים, או להיפך; עקומות קצרות בין קטעים ישרים ארוכים.

**היבט בטיחותי: עקומות חדות המופיעות לאחר קטעים ישרים גורמות לסכנה בטיחותית חמורה, שכן הן מאלצות את הנהג להפחית בפתאומיות את מהירות הנסיעה.**

ה. השימוש ברדיוס המזערי מוגבל למקרים אשר אינם מאפשרים פתרון אחר. רצוי לתכנן לעקומים אופקיים ברדיוסים הגדולים ככל שניתן במסגרת האילוצים הקיימים (טופוגרפיה, וגיאוטרפיה). העקומים צריכים להיות באורך מספק (לא קצרים מדי), על מנת למנוע את התופעה של "שבר" (הימצאות עקומה קצרה לאורך קטע ישר ארוך). מצד שני, אין לתכנן עקומים מעגליים ארוכים מדי, מפני שלא רצוי שהנהגים ייסעו לאורך העקומים זמן רב מדי. האורכים המזעריים והמרביים פורטו בסעיף הרדיוסים וההגבהות (ראו סעיף 5.2.5 לעיל).

ו. הנהגים נוטים להעריך את רדיוס העקומה בהתקרבות אליה בהתאם לחזות הסביבתית, ולהתאים את מהירות נסיעתם בהתאם להערכה זו. ההערכה מבוססת יותר על העקמומיות מאשר על ההגבהה. יש חשיבות לעובדה שבהתקרבות לעקום האופקי ניתן יהיה לראות את פני הדרך ממרחק מספיק לצורך ההערכה, בעיקר בלילה.

- ז. כאשר הדרך נמצאת כולה במילוי גבוה, יש להימנע משימוש בעקומות חדות. העדר "קו מנחה" בקצה הדרך (חפירה, עצים, שיחים, וכו') מקשה על הנהג להעריך את מידת העקמומיות, ולהתאים את כיוון רכבו ומהירותו בהתאם.
- ח. יש לתאם את בקרת התוואי האופקי עם בקרת התוואי האנכי, למניעת בעיות ראות ושיפור חזות התוואי ושיפור הבטיחות. בדרכים דו-נתיביות יש להבטיח אורך קטעים שיאפשרו עקיפה – ראו סעיף מרחקי הראות לעקיפה והצדקים לנתיבי עקיפה לעיל.
- ט. עקביות בתכן התוואי – במדינות שונות ובישראל נמצאים בשלבי פיתוח וכויל מודלים שונים לניתוח עקביות התכן של התוואי. בישראל כוילו עד כה מודלים לעקביות התוואי האופקי בדרכים דו-נתיביות ורב-נתיביות (ראו פירוט בנספח ג' – "הבטחת עקביות והדרגתיות בתכן הדרך" בתוך "הנחיות לקביעת מהירויות ברשת הדרכים" של משרד התחבורה, יולי 2010). בנספח ניתן לראות דוגמה לשימוש במודלים אלה.

## פרק 6: התוואי האנכי

### תוכן עניינים

6-1	מבוא	6.1
6-1	שיפועים לאורך התוואי	6.2
6-1	שיפועים מרביים	6.2.1
6-3	שיפועים מזעריים	6.2.2
6-3	המרווח האנכי	6.3
6-3	עקומים אנכיים	6.4
6-3	הגדרה ויעד	6.4.1
6-5	תכן עקום אנכי קמור	6.4.2
6-9	תכן עקום אנכי קעור	6.4.3
6-15	שינוי שיפוע מרבי ללא עקום אנכי	6.4.4
6-16	נספח לפרק 6 – כבשי מילוט (emergency escape lanes / ramps)	

## פרק 6: התוואי האנכי

### 6.1 מבוא

התוואי האנכי של הדרך מורכב מרצף של עקומים אנכיים וקטעים ישרים. העקומים האנכיים הם קמורים או קעורים, בדרך-כלל בעלי צורת פרבולה, והם משיקים לקטעים ישרים אופקיים או בעלי שיפועים שונים.

תכנון התוואי האנכי מבוסס על התאמה מיטבית של החתך לאורך הדרך עם החתך לאורך פני הקרקע. רצוי שתכנון זה יקיים את הקריטריונים הבאים: תכנון כלכלי של התוואי (התוואי האנכי קובע במידה רבה את כמות עבודות העפר הנדרשת לסלילת הדרך); התאמה לאילוצים טופוגרפיים ולאילוצי מכשולים טבעיים ומלאכותיים, כאחד; מעבר דרך נקודות בעלות רום מוכתב; שיקולי ניקוז/ שמירה על החזות הסביבתית של התוואי; כל זאת, תוך הבטחת נוחות הנסיעה במתן דגש לבטיחות, וצמצום העיכובים במידה המאפשרת קיום רמת השירות ואיכות התפעול הנדרשת. גורמים אלה נקבעים הן על ידי תכנית כל שיפוע וכל עקום אנכי בנפרד, והן על ידי בקרות שונות של תכן העקומים האנכיים, ואופן הקשר שלהם לקטעים האופקיים והמשופעים.

תכנון התוואי האנכי כולל את התכן הגיאומטרי של המרכיבים הנפרדים של התוואי האנכי – ערכים מזעריים ומרביים לשיפועים, אורך קריטי, תכן עקומים אנכיים ובקרת התוואי האנכי. המרכיבים בעלי השפעה על התפעול התנועתי של התוואי הם אורך קריטי של שיפועים ותכן נתיבי זחילה. נושאי האורך הקריטי ונתיבי הזחילה נסקרו בסעיף 3.9.3 בפרק 3 לעיל – חתכי הרחב, במסגרת חתכי הרחב המיוחדים. פרק התוואי האנכי כולל נספח העוסק בסוגיה הבטיחותית של כבשי מילוט.

התוואי האנכי אינו עומד בפני עצמו, אלא יש לו תלות בתוואי האופקי. פרק 7 להלן (שילוב תוואים) מציג את הכללים לשילוב נכון של התוואים האופקי והאנכי.

### 6.2 שיפועים לאורך התוואי

#### 6.2.1 שיפועים מרביים

לשיפועים המרביים המותרים יש השפעה ניכרת על תפעול כלי הרכב הכבדים, בשני היבטים: האחד – ההיבט הבטיחותי, בעיקר בירידות, והשני – ההיבט התפעולי: מידת העיכוב הנגרמת לכלי-הרכב הכבדים ועקב כך לשאר התנועה, הן בעליות והן בירידות ארוכות. בנוסף לכך, מהווה השיפוע המרבי אמצעי חשוב באפשרות להתאמת התוואי האנכי אל פני הקרקע, ועקב כך בקביעת החלופה הנבחרת, בהקטנת עלות הפרויקט, ובצמצום ההשפעה הסביבתית של התוואי.

לאור זאת, השיפועים המרביים המותרים תלויים בגורמים הבאים:  
א. סיווג הדרך (המפורט בטבלה 2.1 בפרק 2 לעיל).



ב. מהירויות הייעוד והתכן כפי שנקבעו ב-"הנחיות לקביעת מהירויות ברשת הדרכים" של משרד התחבורה מאפריל 2010, ובאו לידי ביטוי בטבלאות 2.2, 2.3 בפרק 2 לעיל.  
 ג. סיווג המאפיינים הטופוגרפיים, או רמת הרגישות של הדרך כמפורט ב-"תבחיני תכן למזעור הפגיעה בקרקע ובסביבה בדרכים בין-עירוניות" של משרד התחבורה ממרץ 2010.

מאחר שבכל סוגי הדרכים נקבעת מהירות התכן בהתאם לשילוב של סיווג הדרך עם רמת הרגישות הסביבתית והאורבנית לרבות הגדרת הטופוגרפיה, ניתן להציג את השיפוע המרבי לאורך בתלות בסוג הדרך ובמהירות התכן, כמפורט בטבלה 6.1, תוך ציון האזור הטופוגרפי המתאים לכל שיפוע. ביסוד הערכים המוצגים מצוייה ההנחה, כי רצוי להביא לאיזון כלכלי בין עלות ההקמה של הדרך לבין עלות המשתמשים בדרך.

**טבלה 6.1:** ערכי השיפועים המרביים לאורך בדרכים השונות לפי סוג האזור

מהירות התכן (קמ"ש)							סוג הדרך
120	110	100	90	80	70	60	
שיפוע מרבי לאורך (%) <sup>(1)</sup>							
4 (מישורי)	5 (גבעי)	6 (הררי)	-	-	-	-	מהירה בין-עירונית
-	5 (מישורי)	6 (גבעי)	7 (הררי)	-	-	-	מעוירת מהירה וראשית ממוחלפת <sup>(2)</sup>
-	-	6 (מישורי)	7 (גבעי)	8 (הררי)	-	-	ראשית ואזורית דו-מסלולית <sup>(2)</sup>
-	-	-	-	7 (מישורי)	8 (גבעי)	9 (הררי)	ראשית ואזורית חד-מסלולית
-	-	-	-	8 (מישורי)	9 (גבעי)	10 (הררי)	מקומית וגישה <sup>(3)</sup>

הערות:

- 1) תיתכן הגדלה של השיפוע ב-1% נוסף, בהתאם לרמת הרגישות הנפית והסביבתית – ראו "תבחיני תכן למזעור הפגיעה בקרקע ובסביבה בדרכים בין-עירוניות".
- 2) כאשר מסלולי הדרך הם בתוואים נפרדים (למעט דרך מהירה), ניתן להגדיל במסלול היורד את השיפועים הנתונים בטבלה בשיעור של 1%.
- 3) בדרך דלת-תנועה כהגדרתה בסעיף 2.1.3, ניתן להגדיל השיפועים בשיעור של 2% נוספים מעבר לערכי הטבלה.

עבור מרבית ערכי השיפועים הנתונים בטבלה, קיים אורך קריטי שמעבר לו יש לנקוט באמצעים שונים שנועדו להקל על זרימת התנועה ובטיחותה, כגון נתיבי זחילה. הנחיות מפורטות לנושא ניתנו בסעיף 3.9.3 לעיל.

## 6.2.2 שיפועים מזעריים

הקריטריון הקובע את השיפועים המזעריים לאורך התוואי הוא ניקוז המים מפני המיסעה. בתנאים מסוימים, מתן שיפוע מזערי לאורך הוא הכרחי, למרות שהקימרון הרחבי של המיסעה מבטיח את ניקוז המים מחוץ למיסעה בחתך הרחבי הרגיל או בעקומים אופקיים.

לפי הנחיות הניקוז של החברה הלאומית לדרכים, השיפוע המזערי לאורך התוואי בחתך רחבי רגיל לניקוז על פני הדרך שאינו מצריך ניקוז אורכי, הוא 0.4%. במעבר שיפועים רצוי לעלות ל-0.7%. בשיפועים הקטנים מ-0.4%, נדרשת בהנחיות מערכת ניקוז אורכית. בקטעים בהם יש אבני שפה, וכן בתחום מעברי השיפועים, באזורים בהם שיפועי הרחב קטנים מ-2% ומשתנה כיוון הזרימה לרוחב המיסעה, יש צורך בהקפדה מרבית על דיוק ביצוע הרומים המתוכננים והשיפועים (ראו הרחבה לגבי מעברי שיפועים בסעיף 5.3.7 לעיל). כאשר הדרך בחפירה, יש צורך בשיפוע מזערי לאורך להבטחת הזרימה בתעלות הניקוז. בכל קטע בו השיפוע לאורך אינו עולה על 1%, יוגדל השיפוע הרחבי בחתך הנורמלי בקו ישר מ-2% ל-2.5%.

## 6.3 המרווח האנכי

המרווח האנכי הפנוי הוא אחד המרכיבים בסוגיית התוחמת (גבריט). בתכן התוואי האנכי יש לשמור בגשרים ובמעברים חדשים את מרווחי הגובה החופשי הבאים:

א. מעל הדרך המתוכננת ומתחתיה במעברה מעל דרכים קיימות – 5.5 מטר, מעל כל הנתיבים וכן מעל לשוליים בשני הצדדים.

ב. מעל מסילות ברזל – 6.5 מטר (6.0 מטר במסילות שאינן מיועדות לחישמול, בתאום עם רכבת ישראל).

ערכים אלו הם כפי שנקבע ב-"הנחיות להסדרי תנועה בסביבת מכשולי גובה" של משרד התחבורה מספטמבר 2006. תוחמת אנכית זו מאפשרת הובלת מטען חורג כנדרש בתקנות התעבורה, וכן עונה לדרישות הרכבת (לרבות הכנה לחישמול). בנוסף לכך, יש לבדוק עם גורמי צה"ל/אג"ת, האם אין דרישות אחרות לגובה בקטע המתוכנן או בדרכים שמעליהן הוא מיועד לעבור. המרווחים יישמרו כאמור מעל כל נקודה בחתך הרחב של הכביש מתחת למבנה העילי, מעל כל הנתיבים, וכן מעל לשוליים ולמפרדה. תכנון הסדרי התנועה בסביבות מכשולי הגובה יהיה בהתאם להנחיות האמורות לעיל להסדרי תנועה בסביבת מכשולי גובה.

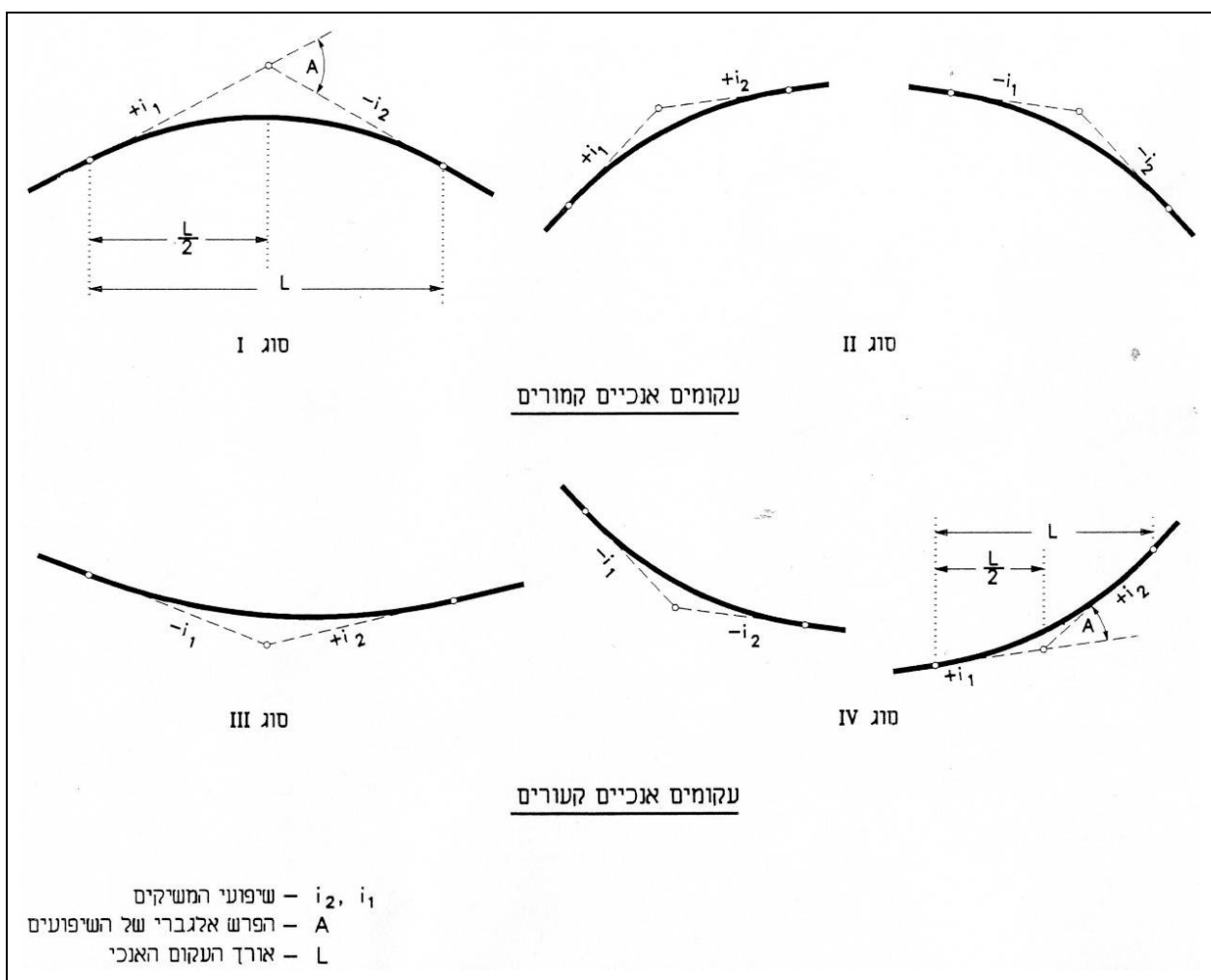
## 6.4 עקומים אנכיים

### 6.4.1 הגדרה ויעד

העקומים האנכיים הם המרכיב הגיאומטרי שבאמצעותו מבוצע שינוי השיפוע לאורך התוואי באופן הדרגתי ורציף. העקום האנכי הוא מטיפוס קמור או קעור, כשבכל אחד מהם שני סוגים, הנבדלים

ביניהם בכך ששיפועי המשיקים הם באותו כיוון או בכיוונים הפוכים, כמתואר בתרשים 6.1. העקומים האנכיים הם מסוג פרבולה, שיתרונה בכך שעקמומיותה הינה בעלת ערך קבוע לכל אורכה. תכן הפרבולה מבוצע בהתאם לשיקולים הבאים:

- א. בטיחות הנסיעה, באמצעות קיום מרחקי הראות הנדרשים.
- ב. נוחות הנסיעה.
- ג. חזות התוואי והסביבה.
- ד. ניקוז הדרך.



**תרשים 6.1: הסוגים השונים של עקומים אנכיים**

## 6.4.2 תכן עקום אנכי קמור

### א. השיקול הבטיחותי

תכן עקום אנכי קמור מבוצע בראש ובראשונה בהתאם לקריטריון הבטיחותי, לפיו העקום חייב לקיים, בכל נקודה לאורכו, את מרחק הראות לתכן. יישום מרחקי הראות השונים יהיה בהתאם למוגדר בטבלה 4.10 בפרק 4 – "מרחקי ראות", בהנחיות אלה. לכל עקום אנכי קמור יש לחשב את הרדיוס המזערי אשר יקיים את מרחק הראות הדרוש. בחישוב אורך עקום אנכי קמור לפי שיקולי מרחק הראות, מבדילים בין שני המקרים הבאים:

(1) מרחק הראות לתכן ( $S_D$ ) נכלל באורך העקום ( $L$ ), לאמור:  $S_D \leq L$ .

(2) מרחק הראות לתכן ( $S_D$ ) גדול מאורך העקום ( $L$ ), לאמור:  $S_D > L$ .

הן מרחק הראות לתכן והן אורך העקום נמדדים בהיטל האופקי לאורך הדרך.

נוסחאות החישוב עבור הרדיוס המזערי לעקום האנכי הקמור, הן כדלקמן:

$$R = \frac{S_D^2}{2(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2} \quad \text{עבור } S_D \leq L$$

$$R = \frac{200S_D}{A} - \frac{20,000(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A^2} \quad \text{עבור } S_D > L$$

כאשר:

$R$  – רדיוס העקום האנכי, במטרים;

$S_D$  – מרחק הראות לתכן, במטרים, כמפורט בטבלאות 4.1-4.9;

$h_1$  – ערך התכן לגובה עין הנהג, כמפורט בסעיף 4.6 בהנחיות: 1.05 מטר למכונת נוסעים, 2.4 מטר למשאיות;

$h_2$  – ערך התכן לגובה קצהו השני של קו הראות במטרים, כמפורט בסעיף 4.6: 0.15 מטר לעצירה בחד-מסלולי, 0.6 מטר לעצירה בדו-מסלולי ולהחלטה בקטע, 1.05 מטר לעקיפה מלאה ודחוקה;

$A$  – שינוי השיפוע האנכי בין שני קצות העקום, באחוזים, כמתואר בתרשים 6.1. שינוי שיפוע זה הוא הערך המוחלט של סכום ערכי השיפועים הנגדיים (סוג I או III) או הפרש ערכי השיפועים לאותו כיוון (סוג II או IV).

עבור כל אחד מקריטריוני הראות לתכן, מתקבלים הרדיוסים המזעריים להמירויות התכן השונות. רדיוסים אלה מפורטים בטבלה 6.2.

אורך העקום האנכי הקמור ( $L$  בתרשים 6.1) מחושב לפי  $L = R \cdot A/100$ , לפי הסימונים לעיל.

האורכים המתקבלים לעקום האנכי הקמור כתוצאה משיקולי הראות ומהפרש השיפועים לאורך העקום מוצגים לעצירה בתרשים 6.2, ולהחלטה – בתרשים 6.3, לרבות השפעת שיקולים נוספים לקביעת אורך העקום, כמפורט בסעיפים ב', ג' בהמשך.

**טבלה 6.2: רדיוסים מזעריים לתכן עקום אנכי קמור לפי מרחקי הראות השונים (מ')**

מהירות תכן (קמ"ש)							סוג מרחק הראות
120	110	100	90	80	70	60	
–	–	*8,600	*6,000	4,000	2,500	1,400	לעצירה – חד-מסלולי
9,700	7,500	5,300	3,700	2,400	–	–	לעצירה – דו-מסלולי
20,000	16,300	13,000	10,000	7,500	5,600	4,000	להחלטה (בקטע)
–	–	*13,000	*10,700	8,700	6,300	4,750	לעקיפה דחוקה
–	–	*46,500	*38,000	31,000	24,600	18,600	לעקיפה

- הרדיוסים מתאימים לרכב נוסעים למקרה של  $S_D \leq L$  ולמשיקים הפוכי כיוון. כאשר  $S_D > L$  או שהמשיקים באותו כיוון, יש לחשב לפי הנוסחאות המדויקות.
- ערכים שאינם מופיעים בטבלה, אינם תואמים את מדרג המהירויות שנקבע בהנחיות.
- \* ערכים אלה מיועדים למסלול ראשון מתוך שניים בדרך דו-מסלולית, אשר משיקולי שלביות נפתח בשלב ביניים כדו-סטרי – ראו סעיף 2.3.3.

**ב. שיקולי נוחות**

קריטריון נוסף לקביעת הרדיוס המזערי לעקום אנכי קמור נובע משיקולי נוחות הנסיעה:

בעקום אנכי פועלת על כלי הרכב תאוצה צנטריפוגלית שכיוונה אנכי. בעקום קמור כיוונה הפוך לכיוון כוח הכובד. הערך המרבי הרצוי לתאוצה זו הוא 0.3 מטר/שנייה<sup>2</sup>, ולכן הרדיוס המזערי של העקום, משיקולי נוחות, הוא:

$$R = 0.257 \cdot V_d^2$$

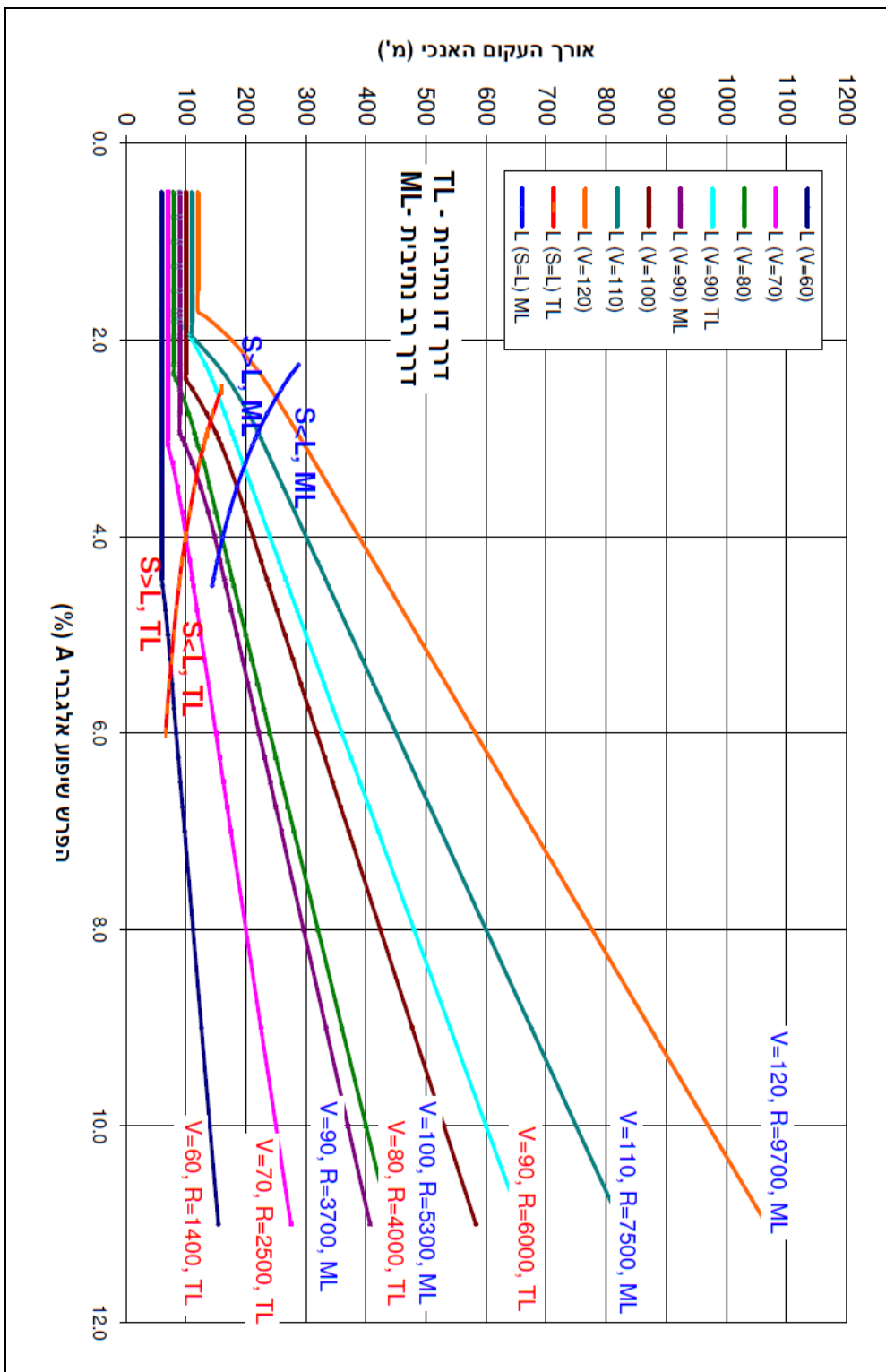
כאשר:

R – רדיוס אנכי מזערי משיקולי נוחות (מטר);

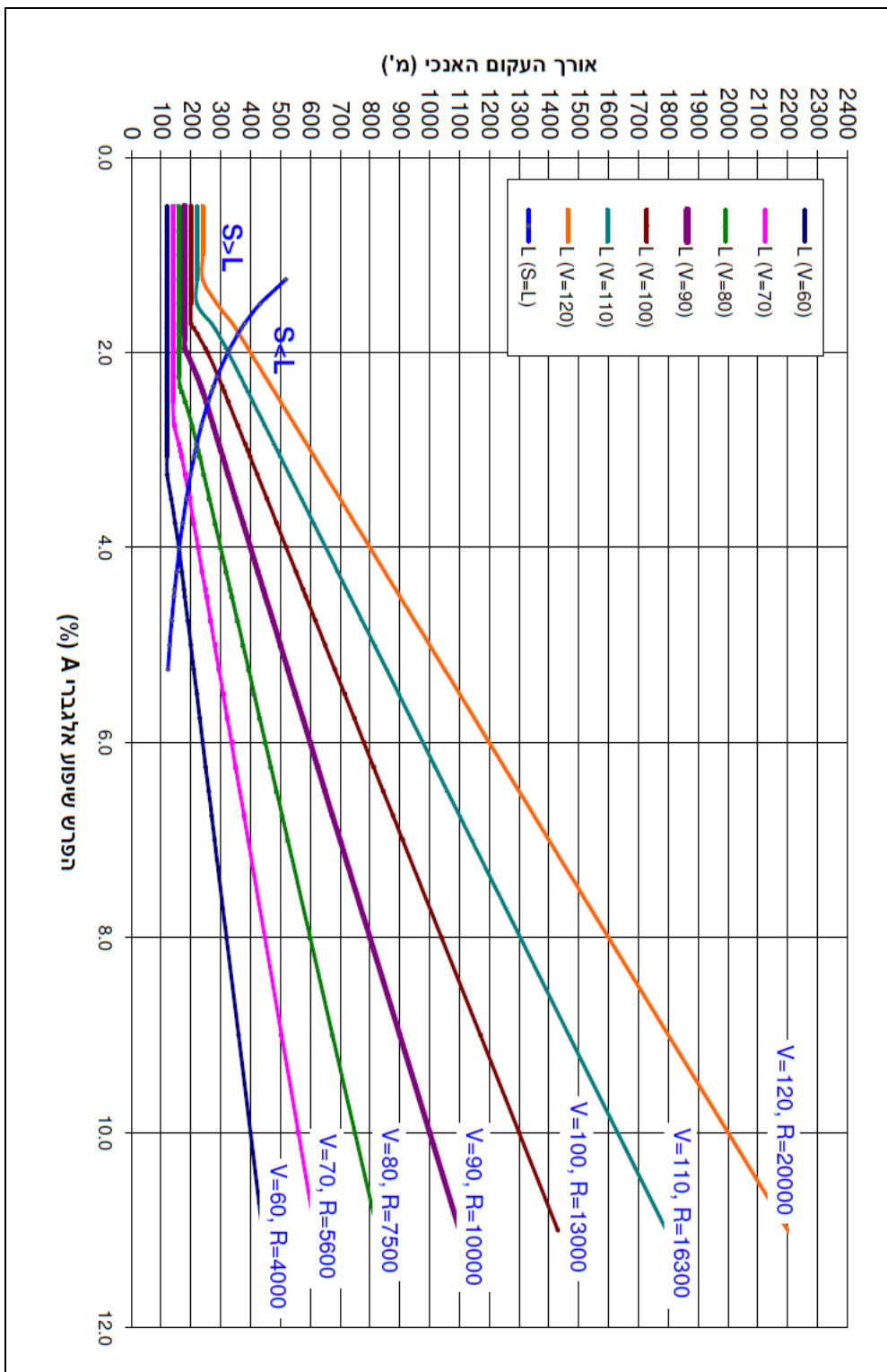
$V_d$  – מהירות התכן (קמ"ש);

0.257 – מקדם הכולל הסדרת יחידות.

אורך העקום האנכי הקמור מחושב לפי  $L=R \cdot A/100$ , זאת בהתאם לסימונים לעיל.



**תרשים 6.2:** אורך מזערי לעקום אנכי קמור המתוכנן לפי מרחק ראות לעצירה



**תרשים 6.3:** אורך מזערי לעקום אנכי קמור המתוכנן לפי מרחק ראות להחלטה

ככלל, הרדיוסים המזעריים המתקבלים משיקולי ראות בכל תחום המהירויות שבטבלה 6.2, גדולים מהרדיוסים המזעריים משיקולי נוחות, הנתונים בטבלה 6.3. כאשר העקום שטוח ואינו מגביל ראות, אורכו צריך לעמוד רק באורכים המזעריים לפי שיקולי נוחות וחזות.

**טבלה 6.3:** רדיוסים מזעריים (לא מגבילי ראות) לתכן עקום אנכי קמור או קעור משיקולי נוחות (מ')

120	110	100	90	80	70	60	מהירות תכן (קמ"ש)
3,700	3,100	2,600	2,100	1,650	1,250	950	רדיוס מזערי לפי נוחות*

\* יש לוודא שהאורך המתקבל אינו קצר מאורך המזערי לפי הקריטריון החזותי בסעיף ג'.

### ג. שיקולים חזותיים

משיקולים חזותיים, אין לבצע עקום אנכי קצר מדי. האורך המזערי לעקום אנכי קמור משיקולים חזותיים הוא:

$$(1) \text{ בתוואי המתוכנן לפי מרחק ראות לעצירה: } L = 1.0 \cdot V_d$$

$$(2) \text{ בתוואי המתוכנן לפי מרחקי ראות להחלטה או לעקיפה: } L = 2.0 \cdot V_d$$

כאשר:

L – אורך מזערי לעקום (מטר);

$V_d$  – מהירות התכן (קמ"ש).

בהפרשי שיפוע קטנים, ערכים אלה מהווים חסם תחתון לאורך העקום, כפי שניתן לראות בתרשימים 6.2 ו-6.3.

### 6.4.3 תכן עקום אנכי קעור

#### א. השיקול הבטיחותי

בדומה לעקום אנכי קמור, מבוצע גם תכן עקום אנכי קעור ובראשונה לפי הקריטריון הבטיחותי. קריטריון זה הוא קיום מרחק הראות הדרוש בלילה. עבור קריטריון זה יש לקבוע רדיוס מזערי לעקום הקעור, כך שאלומת אורות הדרך של פנסי החזית של מכונית נוסעים תפגע במיסעה במרחק המספיק לעצירה או להחלטה, בהתאם לנסיבות המפורטות בטבלה 4.10. המרחק המרבי להבחנה בסימני דרך מחזירי אור הוא כ-300 מטר. בדומה לאופן החישוב עבור עקום אנכי קמור, מבדילים גם כאן בין שני מקרים:

(1) מרחק הראות לתכן ( $S_D$ ) נכלל באורך העקום ( $S_D \leq L$ ).

(2) מרחק הראות לתכן ( $S_D$ ) גדול מאורך העקום ( $S_D > L$ ).

הנוסחאות לחישוב הרדיוס המזערי לעקום האנכי הקעור הן:



$$R = \frac{S_D^2}{2(0.6 + S_D \cdot \tan 1^\circ)} \quad \text{עבור } S_D \leq L$$

$$R = \frac{200S_D}{A} - \frac{20,000(0.6 + S_D \cdot \tan 1^\circ)}{A^2} \quad \text{עבור } S_D > L$$

כאשר:

- R – רדיוס העקום האנכי הקעור (מטר);
  - $S_D$  – מרחק הראות לתכן, במטרים, כמפורט בטבלאות 4.1-4.9;
  - 0.6 – גובה הפנס הקדמי של מכונית נוסעים מפני הכביש (מטר);
  - $1^\circ$  – זווית הפיזור של אלומת אור הדרך של הרכב;
  - A – שינוי השיפוע האנכי בין שני קצות העקום, באחוזים (ההפרש האלגברי כמתואר בתרשים 6.1).
- הרדיוסים המזעריים המתקבלים עבור מהירויות התכן השונות מפורטים בטבלה 6.4.
- אורך העקום הקעור (L בתרשים 6.1) מחושב לפי  $L=R \cdot A/100$ , לפי הסימונים לעיל.

**טבלה 6.4:** רדיוסים מזעריים לתכן עקום אנכי קעור למרחקי הראות השונים (מ')

מהירות תכן (קמ"ש)							סוג מרחק הראות
120	110	100	90	80	70	60	
6,300	5,500	4,500	3,700	2,800	2,200	1,500	לעצירה
9,400	8,400	7,500	6,500	5,500	4,600	3,800	להחלטה

הערה: הרדיוסים מתאימים למקרה של  $S_D \leq L$  ולמשיקים הפוכי כיוון. כאשר  $S_D > L$  או שהמשיקים באותו כיוון, יש לחשב לפי הנוסחאות המדויקות.

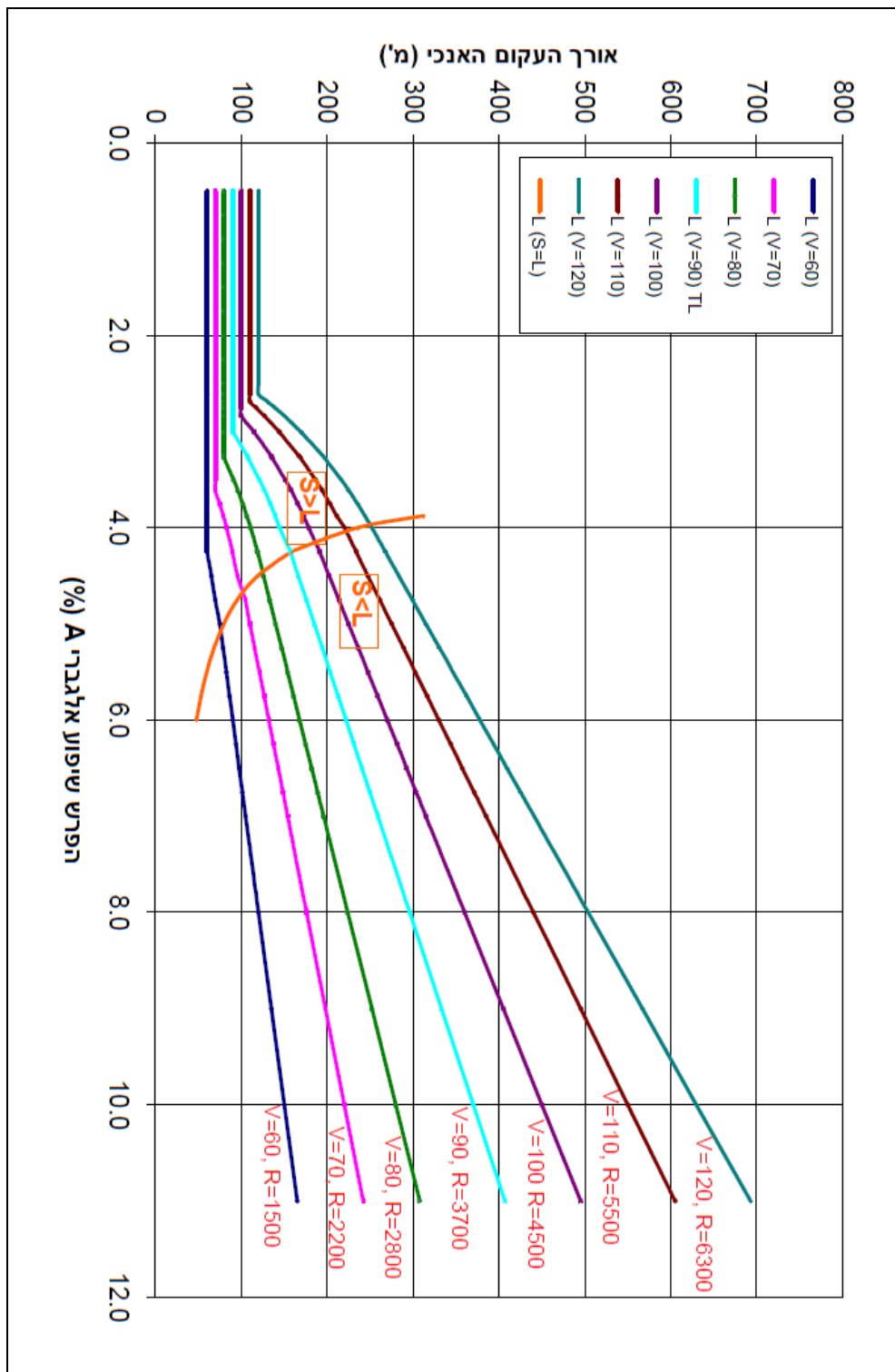
בתרשימים 6.4 ו-6.5 מוצגים האורכים המתקבלים לעקום האנכי הקעור, לפי מרחקי הראות לעצירה ולהחלטה והפרש השיפועים לאורך העקום.

**ב. שיקולי נוחות**

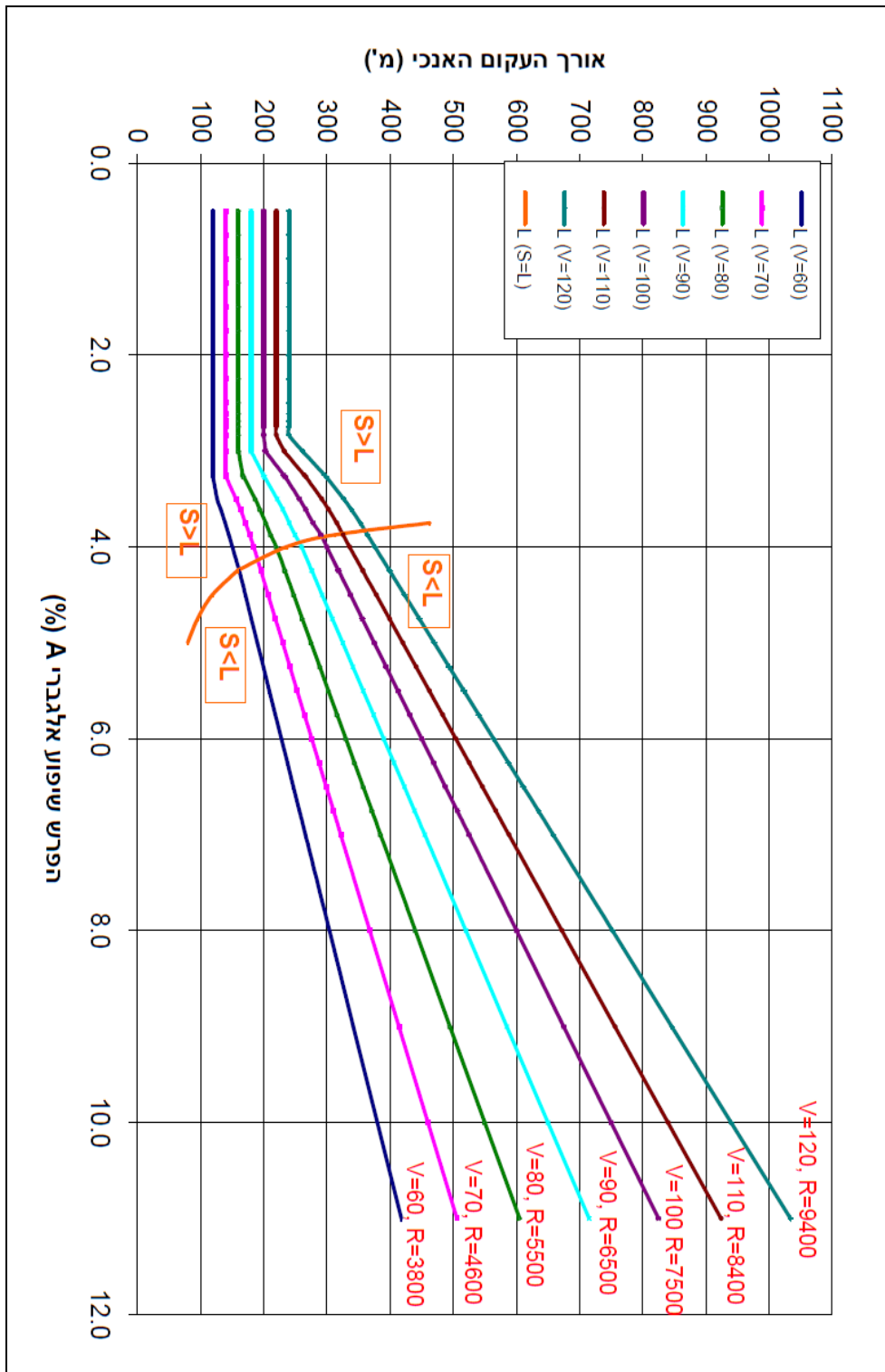
בדומה לעקום אנכי קמור, גם בעקום הקעור קיים קריטריון לקביעת הרדיוס המזערי משיקולי נוחות הנסיעה: בעקום אנכי פועלת על כלי הרכב תאוצה צנטריפוגלית שכיוונה אנכי. בעקום קעור כיוונה כמו כיוון כוח הכובד. הערך המרבי הרצוי לתאוצה זו הוא  $0.3 \text{ מ/שנ}^2$ , ולכן הרדיוס המזערי של העקום, משיקולי נוחות, הוא:

$$R = 0.257 \cdot V_d^2$$

כאשר:



**תרשים 6.4:** אורך מזערי לעקום אנכי קעור המתוכנן לפי מרחק ראות לעצירה



**תרשים 6.5:** אורך מזערי לעקום אנכי קעור המתוכנן לפי מרחק ראות להחלטה

R – רדיוס אנכי מזערי משיקולי נוחות (מטר);  
 $V_d$  – מהירות התכן (קמ"ש);  
 0.257 – מקדם הכולל הסדרת יחידות.

ככלל, הרדיוסים המזעריים המתקבלים משיקולי ראות בכל תחום המהירויות שבטבלה 6.4, גדולים מהרדיוסים המזעריים משיקולי נוחות, הנתונים בטבלה 6.3. כאשר העקום אינו מגביל ראות, כגון באזורים מוארים, אורכו צריך לעמוד רק באורכים המזעריים לפי שיקולי נוחות וחזות.

### ג. שיקולים חזותיים

משיקולים חזותיים, אין לבצע עקום אנכי קצר מדי. האורך המזערי לעקום אנכי קעור משיקולים חזותיים הוא:

(1) בתוואי המתוכנן לפי מרחק ראות לעצירה:  $L = 1.0 \cdot V_d$

(2) בתוואי המתוכנן לפי מרחק ראות להחלטה:  $L = 2.0 \cdot V_d$

כאשר:

L – אורך מזערי לעקום (מטר);

$V_d$  – מהירות התכן (קמ"ש).

בהפרשי שיפוע קטנים, ערכים אלה מהווים חסם תחתון לאורך העקום, כפי שניתן לראות בתרשימים 6.4 ו-6.5.

### ד. שיקולי ניקוז

לעקום קעור המחבר שני שיפועים בעלי כיוונים מנוגדים יש נקודת מינימום. באזור הסמוך לנקודה זו השיפוע האורכי קרוב לאפס, וניקוז פני הדרך מתאפשר אך ורק על ידי השיפועים לרוחב הדרך. לפי הנחיות לתכנון ניקוז של החברה הלאומית לדרכים, נדרשת מערכת ניקוז אורכי לקטעים בעלי שיפוע אורכי קטן מ-0.3%, או לקטעים בעלי שיפוע אורכי קטן מ-0.4% וארוכים מ-20 מטר. בכל עקום קעור ששיפועי משיקו בכיוונים הפוכים, קיים אזור סביב נקודת המינימום בו השיפועים קטנים יותר מהנקוב לעיל, ויש לתכנן את הניקוז בהתאם להנחיות המתאימות, במיוחד בקטעים עם אבני שפה. כמו כן אין למקם באזור זה מעברי שיפועים של עקום אופקי.

### ה. רדיוס מזערי במכשולים גבוהים

במקרה של עקום קעור מתחת למכשול, עלולה להיווצר בעיה של הגבלת מרחק הראות עקב הימצאות המכשול העילי, כמתואר בתרשים 6.6. המקרה החמור יותר הוא של ראות לנהג משאית, הן בשל גובה העין הגדול יותר שלו, והן בשל מרחק הראות הגדול יותר לעצירה לו הוא נזקק. המגבלה גדולה אפילו יותר כאשר הנהג צריך להבחין בשילוט עילי המותקן מעבר למכשול, שכן אז גם המכשול מגבילו יותר, וגם מרחק הראות הדרוש גדול יותר (להחלטה ולא לעצירה במקרה של שלט הדרכה).

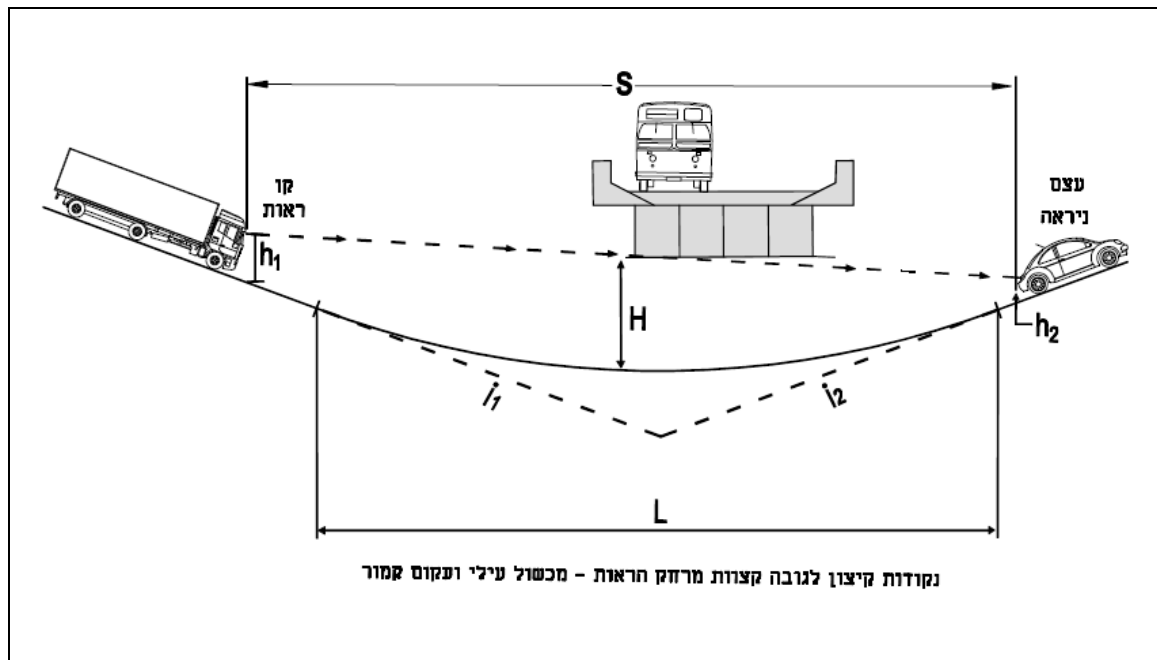
הנוסחאות לחישוב הרדיוס המזערי לעקום הקעור הן:

$$L = \frac{A \cdot S_D^2}{800 \left( H - \frac{h_1 + h_2}{2} \right)} \quad \text{עבור } S_D \leq L$$

$$L = 2 \cdot S_D - \frac{800}{A} \left( H - \frac{h_1 + h_2}{2} \right) \quad \text{עבור } S_D > L$$

כאשר:

- $L$  – אורך העקום האנכי הקעור (מטר);
- $S_D$  – מרחק הראות לתכן במטרים, עבור משאית כמפורט בטבלאות 4.2 ו-4.7;
- $h_1$  – ערך התכן לגובה עין הנהג כמפורט בסעיף 4.6 (למשאית 2.4 מטר);
- $h_2$  – ערך התכן לגובה קצה השני של קו הראות במטרים – 0.6 מטר לעצירה ולהחלטה, או גובה ראש השלט, בהתאם לנסיבות;
- $H$  – גובה המכשול מפני הכביש בנקודת ההסתרה;
- $A$  – שינוי השיפוע האנכי בין שני קצות העקום, באחוזים (ההפרש האלגברי כמתואר בתרשים 6.1).



**תרשים 6.6:** הסתרת קו ראות לרכב גבוה בעקום קעור עקב מכשול עילי

#### 6.4.4 שינוי שיפוע מרבי ללא עקום אנכי

בהפרשי שיפוע קטנים בין המשיקים בתוואי האנכי, לא נדרש תכנון של עקום אנכי – אפשרית "החלקה" של התוואי במהלך הביצוע לקבלת תוואי רציף מבחינת הנוחות והחזות. בטבלה 6.5 נתונים הפרשי השיפוע שאינם מחייבים עקומים אנכיים, כל עוד המרחק המזערי בין שברי שיפוע עוקבים אינו עולה על 2 שניות נסיעה במהירות התכן.

#### טבלה 6.5: הפרשי השיפוע המרביים ללא צורך בעקום אנכי

120	110	100	90	80	70	60	מהירות תכן (קמ"ש)
0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	הפרש השיפוע בין המשיקים (%)

## נספח לפרק 6

### נ.6 – כבשי מילוט (emergency escape lanes / ramps)

#### נ.6.1 מבוא

בדרך העוברת בטופוגרפייה קשה, הכביש יכול להיות מתוכנן בקטעים משופעים תלולים וארוכים. בקטעים אלו, התפעול של משאיות עמוסות בקטע ירידה עלול לגרום לחוסר יכולת לבלום באופן הדרגתי עקב המהירות הגבוהה ושימוש יתר בבלמים. משאית עשויה לצאת מכלל שליטה, להתנגש במכוניות אחרות ובעצמים לאורך הדרך, או להתהפך. כבש מילוט מהווה פתרון לבעיה. הוא מתוכנן כנתיב יציאה מהדרך הראשית, ומיועד לבלימת רכב כבד באופן הדרגתי ללא גרימת נזק לעצמו ולסביבה. הניסיון בנושא כבש (נתיב) המילוט בעולם מועט יחסית, ובארץ מועט מאוד, ולכן הנספח מהווה המלצה ולא הנחייה, עד לצבירת ניסיון נוסף בתפקוד או באמצעות ביצוע ניסויים בשטח.

#### נ.6.2 עיקרון הפעולה

כבש המילוט מסתעף מצד הדרך בצד ימין בזווית קטנה (תרשים 6א'). נהג המשאית שאיבד את כושר הבלימה, יכול לכוון את רכבו לתוך כבש זה. הכבש מצופה בחומר גרוס חד-גרגירי ולא מהודק (שפיך). מקדם החיכוך של חומר זה לגלגול גבוה בהרבה מזה של מיסעה אספלטית. כתוצאה מההתנגדות לגלגול, מומרת האנרגיה הקינטית של הרכב המאט לאנרגיית חיכוך של החומר הבולם. ההאטה מבוצעת בהדרגתית ולא בחזקה, כך שממוזערים הנזק לרכב ולסביבה. בנוסף, החומר הגרגירי מונע הידרדרות של המשאית קדימה או אחורה בהתאם לשיפוע.

הכבש יכול להיות בשיפוע יורד, ללא שיפוע או בשיפוע עולה. במידה שהטופוגרפיה מאפשרת, עדיף לסלול את כבש המילוט בשיפוע עלייה (הפוך לשיפוע הדרך), כך שכוח החיכוך וכוח הכובד הפועלים באותו כיוון יאפשרו בניית כבש מילוט באורך קצר יותר.

#### נ.6.3 הצדקים לכבש מילוט

מדדי ההצדק לכבש מילוט (צריכים להתקיים בו זמנית) הינם:

א. ירידה תלולה (בשיפוע העולה על 6%).

ב. ירידה ארוכה (מעל 1000 מטר).

בנוסף לשני המדדים צריך להתקיים אחד התנאים הבאים:

- לאחר קטע ארוך של ירידה, יש עקום אופקי ששילוב הרדיוס וההגבהה בו לא מאפשר מהירות תכן העולה על 120 קמ"ש.

- בתחתית הירידה מצוייה תהום בעומק 5 מטר לפחות.

- לאורך הירידה או בתחתיתה קיים שטח בנוי.
- לאורך הירידה או בתחתיתה מצוי גורם קבוע המחייב עצירה או היוצר תורים בזרימת התנועה כגון: רמזור, צומת, מפגש מסילתי חד-מפלסי, וכו'.

## נ.4.6 מיקום ותצורה של כבשי המילוט

מיקום כבשי המילוט נקבע לפי שיקול הנדסי ובהתאם להצדק למתן כבש זה כדלהלן:

- א. בירידות הקצרות מ-5 ק"מ, ימוקם כבש המילוט בתחתית הירידה.
- ב. בירידות ארוכות מ-5 ק"מ, רצוי לתכנן שני כבשי מילוט או יותר. כבש המילוט האחרון ימוקם בתחתית הירידה, בדומה לסעיף קודם. שאר כבשי המילוט ימוקמו כך, שהמרחק ביניהם לא יעלה על 2.5-3.0 ק"מ. כאשר יש שני כבשי מילוט (למשל באורך ירידה של 5.0-6.0 ק"מ), רצוי למקם כבש מילוט אחד במחצית הירידה, ואת השני בתחתיתה. המיקום המדויק והסופי ייקבע בהתאמה לטופוגרפיה.
- ג. כבש המילוט יהיה בעל תוואי אופקי ישר ללא מכשולים. רצויה עקמומיות אנכית מזערית. הכבש צריך להיראות לכל אורכו לנהג המשאית המתקרבת העשויה להשתמש בו. בצורה זו יוכל הנהג להיות דרוך לקראת היציאה מהדרך הראשית והכניסה לכבש המילוט. רצוי לאפשר הבחנה בכבש המילוט ממרחק של 350 מטר לפני הכניסה אליו.
- ד. במידה שלאורך הירידה קיים גורם מסכן כגון עקום אופקי, צומת וכו', ימוקם כבש המילוט לפניו. כאשר יש עקום אופקי, לא ימוקם כבש המילוט על המשיק בסיוע העקום, מחשש שהדבר יטעה את הנהגים בין כבש המילוט לבין המשך תוואי הדרך הראשית.

## נ.5.6 חומרים, גיאומטריה, מבנה ושילוט של כבש המילוט (תרשים 6א')

א. החומר הבולם

- (1) כדי לבלום את מהירות המשאית בצורה הדרגתית ובמרחק קצר ככל שניתן, יש לסלול בכבש המילוט "אמבטיה" (arrester bed) הממולאת בחומר גרנולרי העונה על התנאים הבאים: חומר גרנולרי שפיך, גרוס, חד-גרגירי. החומר יהיה תוצר גריסה מנופה של אבן גיר, דולומיט או בזלת, אשר עובר נפה  $1/2$ " ומשתייר על נפה מס' 4 ("עדס"). תכונות נוספות של החומר הינן: (1) אחוז שחיקה מרבי לפי בדיקת לוס אנג'לס – 32%; (2) אינדקס פחיסות מרבי – 30%; (3) אינדקס אלונגציה מרבי – 45%. תכונות אלה נועדו להבטיח שהחומר יהיה בעל עמידות גבוהה, בעל אחוז חלל גבוה, לא מתהדק, בעל תכונות ניקוז טובות, ומקדם חיכוך גבוה לגלגול (לפחות  $f=0.20$ ). לחילופין מומלצות אבנים מעוגלות (חלוקי נחל) בקוטר 12-20 מ"מ.
- (2) העומק המרבי של החומר הבולם ינוע בין 45 ס"מ ל-60 ס"מ. עומק החומר הבולם בכניסה לכבש המילוט יהיה 10 ס"מ. העומק יעלה בהדרגה ל-45 ס"מ לאחר 30 מטר, ול-60 ס"מ לאחר 45 מטר. התאווה המוערכת היא 3.0 מ/שני<sup>2</sup> לעומק 35 ס"מ, 3.7 מ/שני<sup>2</sup> לעומק 45 ס"מ.
- (3) פיזור ויישור החומר יהיה באמצעות מפלסת ללא כבישה.



**ב. אורך כבש המילוט**

אורך כבש המילוט (מטר) יחושב לפי הנוסחא:

$$L = \frac{V^2}{250 \cdot (f \pm i)}$$

כאשר:

- L – אורך כבש המילוט (מטר);
  - V – מהירות המשאית המידרדרת בתחילת הנתיב (120 קמ"ש);
  - f – מקדם החיכוך של החומר הבולם (שבר עשרוני);
  - i – שיפוע כבש המילוט בשבר עשרוני; כאשר הכבש עולה – הסימן חיובי, וכאשר הוא יורד – הסימן שלילי;
  - 250 – מקדם הסדרת יחידות MKS (לרבות תאוצת הכובד).
- אורך כבש המילוט בשיפועים שונים עבור מקדם חיכוך  $f=0.2$  מוצג בטבלה 6א'.

**טבלה 6א': אורך כבש המילוט בהתאם לשיפוע לאורכו (ל- $f=0.2$ )**

20	15	10	5	0	-5	<b>שיפוע כבש המילוט (%)</b>
140	160	190	230	290	380	<b>אורך כבש המילוט (מ')</b>

**ג. רוחב כבש המילוט**

רוחב כבש המילוט המצופה בחומר הגרנולרי הינו 4.0 מטר. במקביל לכבש המילוט יש לסלול בצד הסמוך לכביש הקיים נתיב שירות, המיועד לתחזוקת כבש המילוט ולצרכי חילוץ. נתיב השירות יהיה ברוחב 3.5 מטר ויהיה מצופה אספלט. בסוף כבש המילוט תתוכנן סובה (מצופה אספלט) שתאפשר את סיבוב המשאית ללא נסיעה לאחור.

**ד. התחברות לדרך הקיימת**

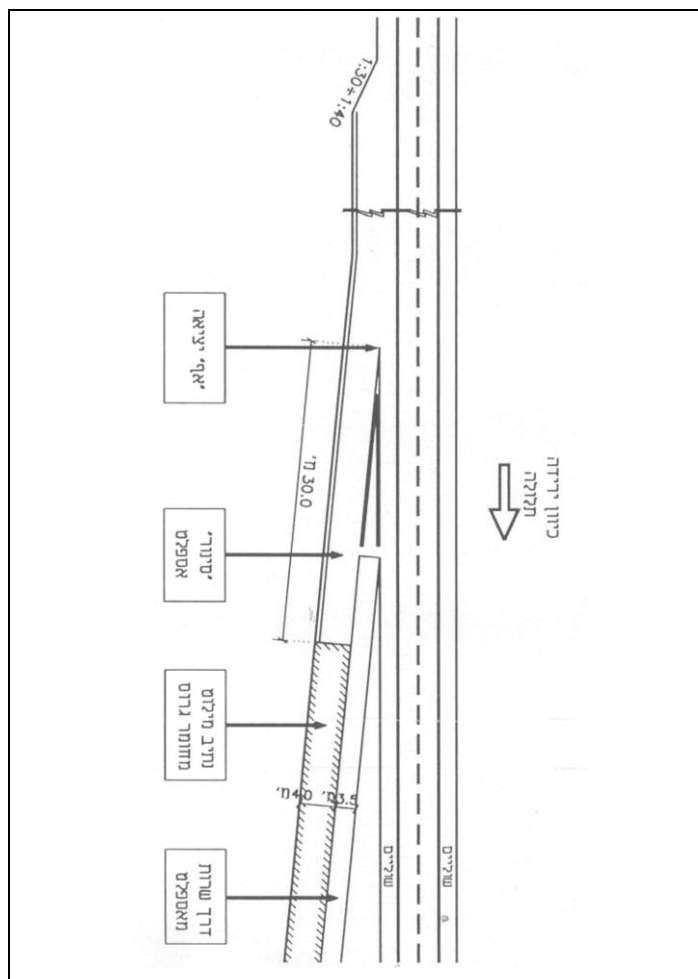
כבש המילוט יסתעף מהדרך הקיימת בלונסן בזווית קטנה לימין (1:30-1:40). יציאת כבש המילוט מהדרך הקיימת תעשה באמצעות הרחבת המיסעה לפני כבש המילוט, והמשכת מבנה המיסעה הקיימת מעבר ל"אף" היציאה, לתוך כבש המילוט בצורת "סינור". "סינור" זה מצריך אורך מזערי כדי שהמשאית תתיישר לאורך כבש המילוט, והציר הקדמי יגיע לאזור הגרנולרי בזווית הניצבת לכיוון כבש המילוט. ה"סינור" גם מונע את התזת החומר הגרנולרי של כבש המילוט על הדרך הקיימת. ה"סינור" מאפשר את ביצוע העקום האנכי הנדרש בכבש המילוט. אורכו המזערי 30 מטר כמוצג בתרשים 6א'.

## ה. שילוט

תפעול יעיל של כבש המילוט יחייב שילוט מקדים מתחילת הירידה, המזהיר מפני שימוש יתר בבלמים, תוך ציון המרחק לכבש המילוט. בכניסה לכבש המילוט עצמו מתחייב שילוט המסביר את מהותו, ואוסר כניסה אליו וחנייה בו לכל סוגי הרכב. בהעדר תמרור יעודי המורה על כבש מילוט, ניתן להציב תמרור הכוונה לנתיבים 619 בו חץ ישר לכיוון הנסיעה וחץ בכיוון למעלה וימינה (המסמן את כבש המילוט). ניתן לצרף אליו גם תמרור 623 (כביש ללא מוצא) ואת המילים "כבש מילוט".

## נ.6.6 אחזקת כבש המילוט

את כבש המילוט יש לתחזק כך שיהיה שמיש בכל עת. לאחר כל שימוש יש ליישר את כבש המילוט באמצעות מפלסת. מידי שנה יש ליישר את משטח החומר הבולם, לבדוק מחדש את תכונותיו, ולהוסיף ולהחליף חומר במידת הצורך.



**תרשים 6א':** תנוחה של כבש מילוט (סכימתי ללא קנ"מ)

## פרק 7: שילוב התוואי האופקי והאנכי

### תוכן עניינים

7-1	מבוא	7.1
7-1	הנחיות כלליות	7.2
7-1	שילוב עקום אופקי עם עקום אנכי	7.2.1
7-2	כללים לשילוב התוואי האופקי והתוואי האנכי	7.2.2
7-5	שגיאות אופייניות הנובעות משילוב בלתי מתואם של התוואי האופקי והאנכי	7.2.3
7-6	היבטים סביבתיים	7.2.4

## פרק 7: שילוב התוואי האופקי והאנכי

### 7.1 מבוא

בפרקים הקודמים ניתנו הנחיות לגבי תכן התוואי האופקי, תכן התוואי האנכי, וכללי בקרת התכן לכל אחד מהם לחוד.

השילוב המרחבי של התוואי האופקי והתוואי האנכי מהווה את הפרספקטיבה או התוואי הכולל כפי שהוא נצפה על ידי הנהג. שילוב התוואים קובע את חזות התוואי, כפי שהיא מנקודת מבטו של הנהג המתקדם לאורך התוואי, וכן את מרחקי הראות העומדים לרשותו. לשילוב התוואי האופקי והאנכי יש משמעויות סביבתיות ואסתטיות מצד אחד, ובטיחותיות ותפעוליות מצד שני.

התייחסות נפרדת לתוואי האופקי ולתוואי האנכי, ללא בקרת השילוב ביניהם, עשויה לגרור הימצאות נקודות תורפה בראות לאורך הדרך, ועיוותים אופטיים בחזות הדרך לעיני הנהגים.

שילוב נאות של התוואי האופקי והאנכי בתכנון צריך להשיג את המטרות הבאות:

א. שיפור חזות הדרך והתאמתה לסביבה.

ב. הצגת הדרך כקו המשכי ורצוף, כדי שהנהג יוכל להעריך בעוד מועד את שינויי התוואי הצפויים. בצורה זו תשופר נוחות הנהיגה, תעלה רמת הבטיחות של הדרך, ותשופר רמת השירות התפעולית שלה.

### 7.2 הנחיות כלליות

בהעדר מודלים כמותיים לשילוב התוואי האופקי והאנכי, ניתן לקבוע מספר הנחיות כלליות אשר יסיעו למניעת תופעות לא רצויות. הנחיות כלליות אלו מתבססות על ניסיון תכנוני, וכן על לקחים מבניית פרספקטיבות סטטיות ודינמיות ותכן ממוחשב תלת-מימדי.

ההנחיות הכלליות המוצגות להלן מתייחסות לנושאים כגון מיקום יחסי של עקומים בתוואי האופקי והאנכי, איזון בתכן התוואי, ושגיאות אופייניות שרצוי להימנע מהן.

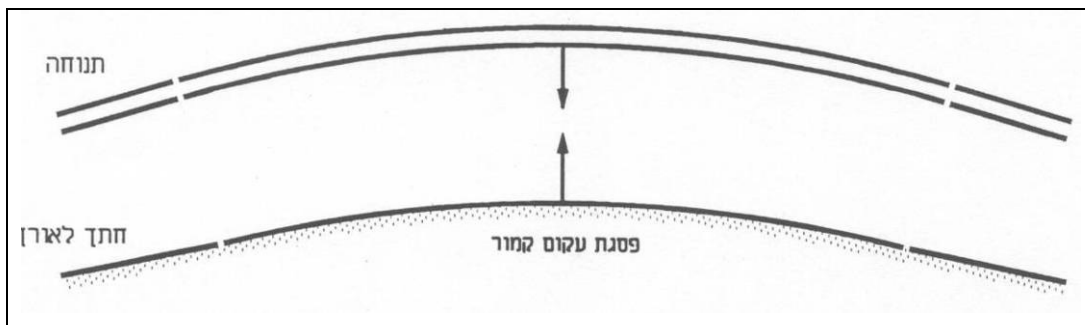
#### 7.2.1 שילוב עקום אופקי עם עקום אנכי

##### א. שילוב עם עקום אנכי קמור

שילוב עקום אופקי עם עקום אנכי קמור יוצר את הצורה המורכבת הבעייתית ביותר בתוואי הדרך, מאחר שהוא מורכב משתי צורות גיאומטריות, שכל אחת מהן מגבילה את שדה הראייה של הנהג. הבעיה מחמירה כאשר הדרך נמצאת בחפירה.

העקום האנכי הקמור מהווה את סף הראות בחזות הפרספקטיבית לגבי המשך מיסעת הדרך, והעקום האופקי יוצר עיוות שפות הדרך ומיזוג השפות בפרספקטיבת המשך התוואי, וגורם בכך מגבלת ראות לגבי המשך הדרך. מיקום יחסי לא מתואם בין שני עקומים אלה גורם לבעיות בטיחותיות, לדוגמא:

עקום אופקי המצוי בתוך עקום אנכי קמור מוסתר מעיני הנהג, והופעתו הפתאומית לעיניו מהווה סיכון בטיחותי. למניעת סיכון בטיחותי מסוג זה יש לדאוג להתלכדות אורכי העקום הקמור עם העקום האופקי. מעשית מומלץ שהעקום האופקי יתחיל מעט לפני העקום האנכי הקמור ויהיה ארוך יותר, כך שהעקום הקמור יהיה מוכל בעקום האופקי כמוצג בתרשים 7.1.



**תרשים 7.1:** השילוב הרצוי של עקום אופקי ועקום אנכי קמור

אם ההתלכדות איננה ניתנת לביצוע, מומלץ להפריד לחלוטין בין העקום האופקי לבין העקום הקמור על ידי הכנסת קטע ישר ביניהם. אורך הקטע הישר, בין נקודות ההשקה לעקומים משני צידיו של הקטע הישר, לא יפחת ממרחק הראות להחלטה למהירות התכן המתאימה, המפורט בפרק 4.

#### ב. שילוב עם עקום אנכי קמור

הכנסת עקום אנכי קמור בקטע דרך בו קיים עקום אופקי, גורמת לעיוות בפרספקטיבת הדרך, אשר עשוי לגרום להטעיית הנהג, כמפורט בסעיף 7.2.3 להלן.

השילוב הרצוי של עקום קמור בעקום אופקי, אשר יוצר את תנאי הראות הטובים ביותר בעקום האופקי, הוא שילוב בחפיפה מלאה: היטלי נקודות החיתוך של המשיקים בעקומים האופקי והאנכי צריכות להיות קרובות זו לזו, ונקודות ההשקה צריכות להיות סמוכות לקבלת אורך דומה של העקומים, כמוצג בתרשים 7.2. רצוי שההפרש בין אורכי העקומים לא יעלה על 10%.

#### ג. התאמת ערכי הרדיוסים

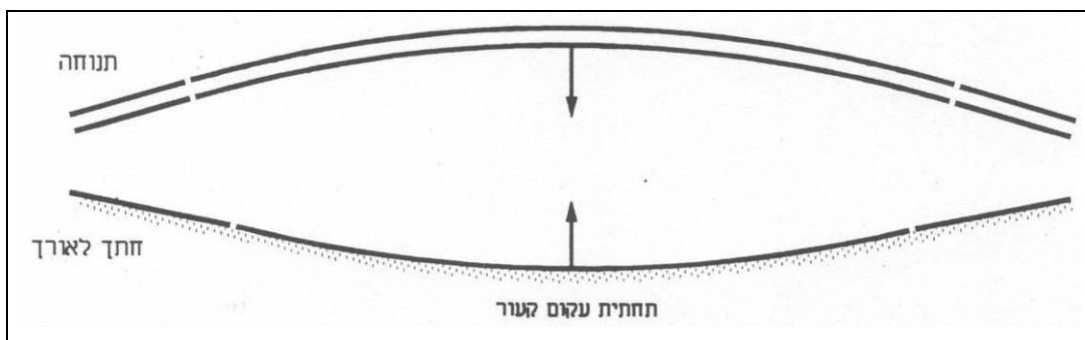
ביצוע התוואי הדורש תיאום בין עקום אופקי ואנכי, מחייב התייחסות לערכי הרדיוסים לקבלת האיזון. יש לקבוע ערכים מתאימים, מעבר לערכים המזעריים המפורטים בפרק 5 לעקום האופקי, ובפרק 6 לעקום אנכי קמור ולעקום אנכי קמור.

#### 7.2.2 כללים לשילוב התוואי האופקי והתוואי האנכי

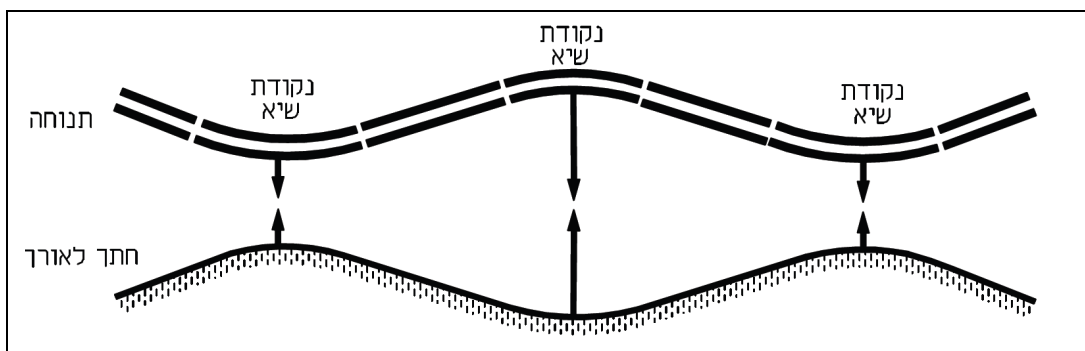
להלן כללים נוספים עליהם מומלץ להקפיד בתכנון המשולב של התוואי האנכי והתוואי האופקי:

א. בתכנון משולב של התוואי האופקי והתוואי האנכי רצוי למקם סדרת עקומים אופקיים במקביל לסדרת עקומים אנכיים, ולשלב את העקומים כך, שנקודות החיתוך של משיקי העקום האופקי

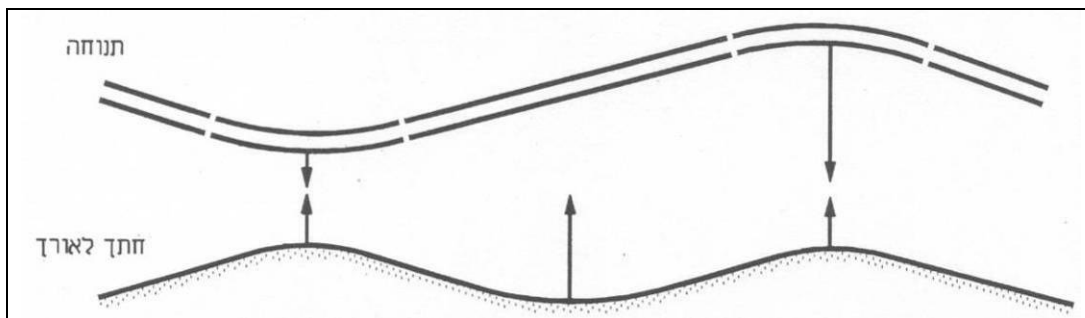
- ומשיקי העקום האנכי יהיו קרובות זו לזו (תרשים 7.3). המרחק המרבי המומלץ ביניהן הינו עד 10% מאורך העקום האופקי.
- ב. בתוואי אופקי שבו שני עקומים מנוגדים שביניהם קטע ישר, ניתן למקם עקום קעור כך שמרכזו יתלכד עם מרכז הקטע הישר, כמתואר בתרשים 7.4.
- ג. רצוי להשליך את התוואי האנכי על התוואי האופקי באופן מתואם. מיקום בלתי מתואם של העקומים האופקיים והעקומים האנכיים (תרשים 7.5) איננו רצוי מהבחינה הבטיחותית ומהבחינה החזותית.
- ד. בעקום אופקי ארוך (בסדר גודל של ק"מ) ניתן למקם שני עקומים אנכיים מנוגדים ארוכים ומתונים (תרשים 7.6).
- ה. רציפות הראות: רדיוס העקום האנכי צריך להיות פי 6 מרדיוס העקום האופקי בו הוא משולב, להבטחת רציפות הראות לאורך העקום, תוך התחשבות בכללי קביעת הרדיוסים בפרק 5 לתוואי האופקי ובפרק 6 לתוואי האנכי. כאשר שני העקומים הם ברדיוסים המזעריים המתאימים, יחס זה מתקיים בכל מקרה, ולכן יש לבדוק בעיקר כאשר רדיוס העקום האופקי גדול מהמזערי.



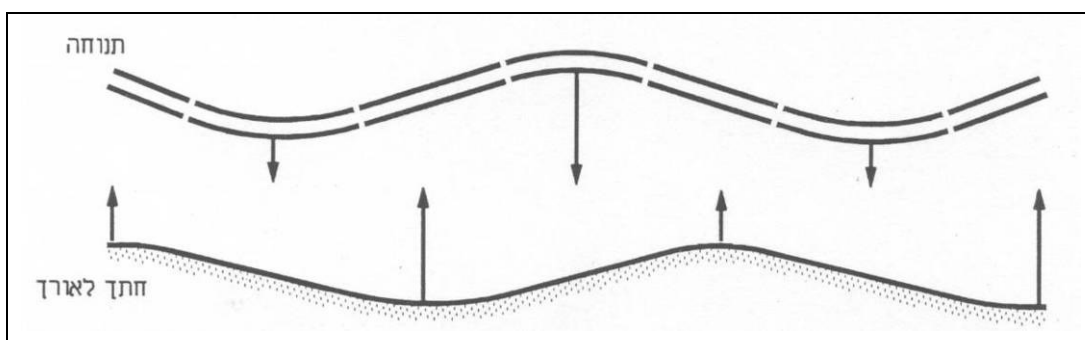
**תרשים 7.2:** השילוב הרצוי של עקום אופקי ועקום אנכי קעור



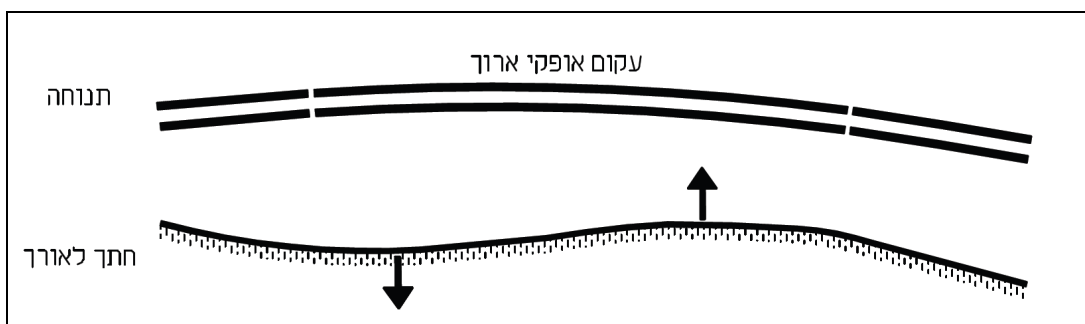
**תרשים 7.3:** השילוב הרצוי של סדרת עקומים אופקיים ועקומים אנכיים בתוואי



**תרשים 7.4:** שילוב אפשרי של תוואי אופקי ותוואי אנכי



**תרשים 7.5:** שילוב בלתי מוצלח של תוואי אופקי ותוואי אנכי



**תרשים 7.6:** אופן השילוב של עקום אופקי ארוך עם עקומים אנכיים

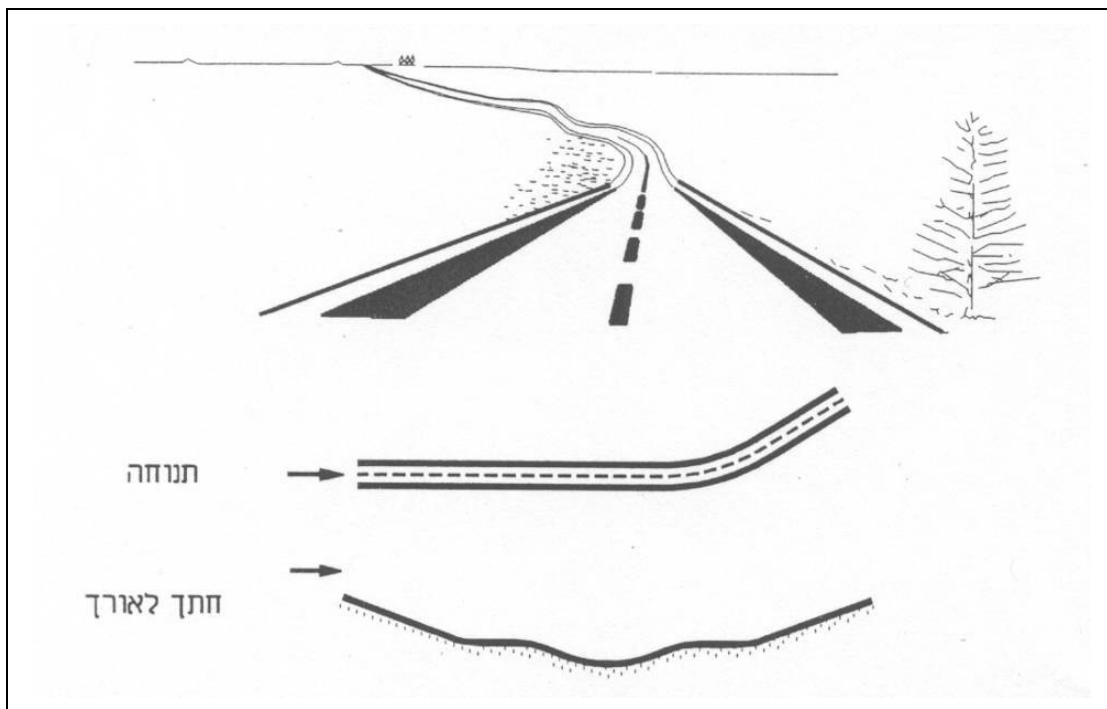
1. כאשר רדיוס העקום האופקי עולה על 6,000 מטר, או שרדיוס העקום האנכי עולה על 25,000 מטר, אין לשילוב ביניהם השפעה על הראות ועל חזות התוואי. ערכים אלה מייצגים בדרך כלל מהירויות תכן גבוהות, ואם לפחות אחד משני הרדיוסים קטן מהערך הנקוב, כן צריך לבדוק את שילובם בתוואי.
2. רצוי לשמור על איזון בין ערכי המרכיבים הגיאומטריים בתוואי האופקי ובתוואי האנכי. משמעות האיזון הינה יחס מתאים בין עקמומיות התוואי האופקי לשיפוע התוואי האנכי. דוגמא: אין לשלב תוואי אופקי ישר ברדיוסים גדולים, עם תוואי אנכי בשיפועים תלולים וארוכים. כמו כן, לא רצוייה עקמומיות אופקית גדולה בשילוב עם תוואי אנכי ללא שיפועים (חוסר איזון בשילוב התוואים).

חשוב שהאלמנטים הגיאומטריים לתוואי האופקי ולתוואי האנכי יתוכננו לפי מהירויות תכן דומות. תכן המהווה פשרה בין הקצוות, מבטיח חזות נאה לתוואי ועמידה בקריטריוני בטיחות, נוחות ותפעול במסגרת מגבלות תנאי השטח.

ח. כאשר נוצר שילוב מורכב של אלמנטים גיאומטריים בתוואי, הדבר מצריך בדיקה תלת-מימדית. הבדיקה הכרחית באזורים בעייתיים מבחינת השילוב והבטחת מטרות חזות וראות מספקים. לבדיקה כזו, ניתן להשתמש בכלים של תכנון סטטי ודינמי: מודלים ממוחשבים משולבים, פרספקטיבות, רצף תמונות פרספקטיביות, מודלים דינמיים תלת ממדיים.

### 7.2.3 שגיאות אופייניות הנובעות משילוב בלתי מתואם של התוואי האופקי והאנכי

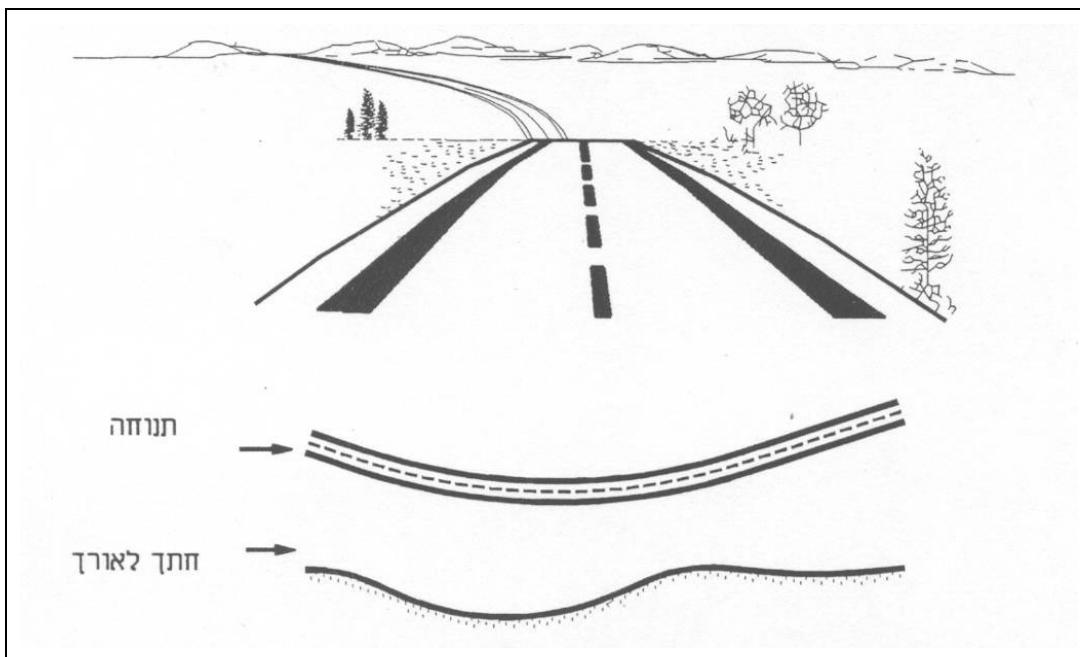
א. סדרת עקומים אנכיים קצרים ומנוגדים המשולבים בעקום אופקי ארוך יוצרת רושם חזותי של גבנוניות התוואי ("roller coaster") בהתאם לתרשים 7.7. ניתן למנוע זאת על ידי הכנסת עקומים אנכיים ארוכים יותר באמצעות הגדלת הרדיוסים.



**תרשים 7.7:** האפקט החזותי השלילי המתקבל כתוצאה מסדרת עקומים אנכיים קצרים ומנוגדים המשולבים בעקום אופקי ארוך

ב. אין למקם את תחילת העקום האופקי בעקום קעור המצוי לאחר עקום קמור, מאחר שהתוואי יראה לנהג המתקרב לעקום הקמור כ"מוזז" ובלתי המשכי (תרשים 7.8).





### תרשים 7.8: הזזה כתוצאה משילוב לא מוצלח של תוואי אופקי ואנכי

ג. אין למקם עקום אופקי לאחר תחילת עקום אנכי קמור. שינוי כיוון התוואי יהיה מוסתר מעיני הנהג באופן מסוכן (תרשים 7.9). שילוב העקומים יבוצע בהתאם לסעיף 7.1: "שילוב עקום אופקי עם עקום אנכי".

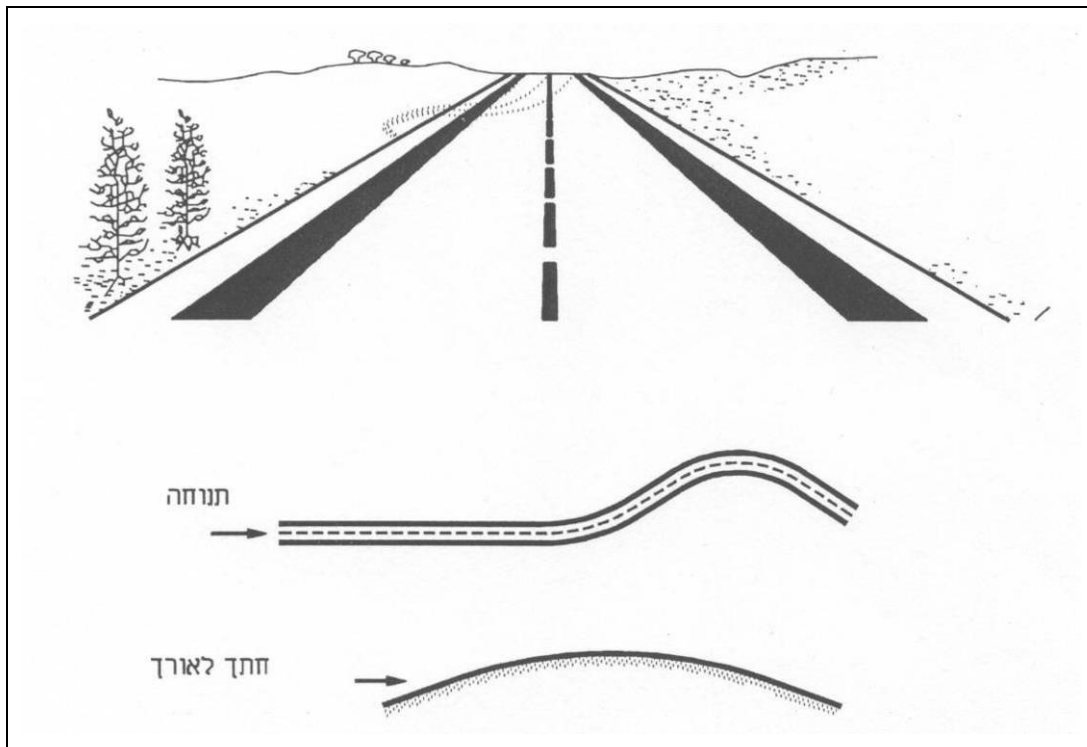
ד. אין למקם צמתים, מחלפים, מפגשי מסילות ברזל, גשרים וכדומה בתוך או לאחר עקום אנכי קמור בו מרחק הראות קטן ממרחק הראות להחלטה (תרשים 7.10).

ה. שילוב של עקום אנכי קמור קצר בקטע דרך בו קיים עקום אופקי, גורם לעיוות בפרספקטיבות שפות הדרך, ולאשליה אופטית של עיוות שפת הדרך. עיוות זה מטעה את הנהג בנוגע למגמת רצף התוואי. העיוות נוצר כאשר יש חפיפה חלקית בין העקומים, או כאשר תחילת הקשת האופקית היא בסוף העקום הקמור – במקרה השני יש גם בעיית אבחנה בעקום האופקי בלילה. כאשר העקום הקמור קצר מהעקום האופקי ומוכלל כולו בתוכו, נוצרות שתי נקודות פיתול היוצרות את הרושם שהמיסעה צרה יותר בעקום הקמור (תרשימים 7.11, 7.12). שילוב העקומים למניעת תופעות אלה יבוצע בהתאם לסעיף 7.2.1 לעיל.

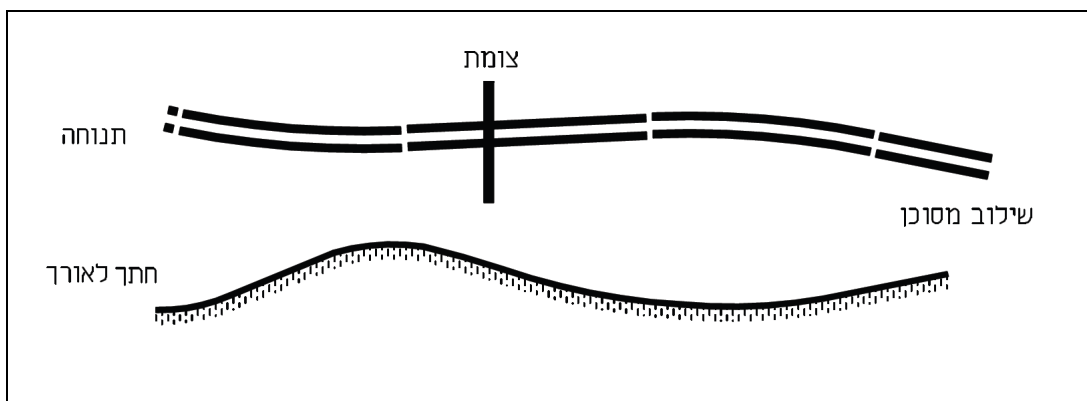
### 7.2.4 היבטים סביבתיים

רצוי להתאים את התוואי לסביבה, כך שהתרשמותו של הנהג מהסביבה תתאים לכיוון הכללי של התוואי, ותסייע לנהג בחיזוי כיוון הדרך. לדוגמא: כיוון החפירה הנראה לעיניו של הנהג יתאים למגמת הפנייה של התוואי. שורת עצים או עמודים לצד הדרך תתאים לכיוון הכללי של הדרך וכו'.

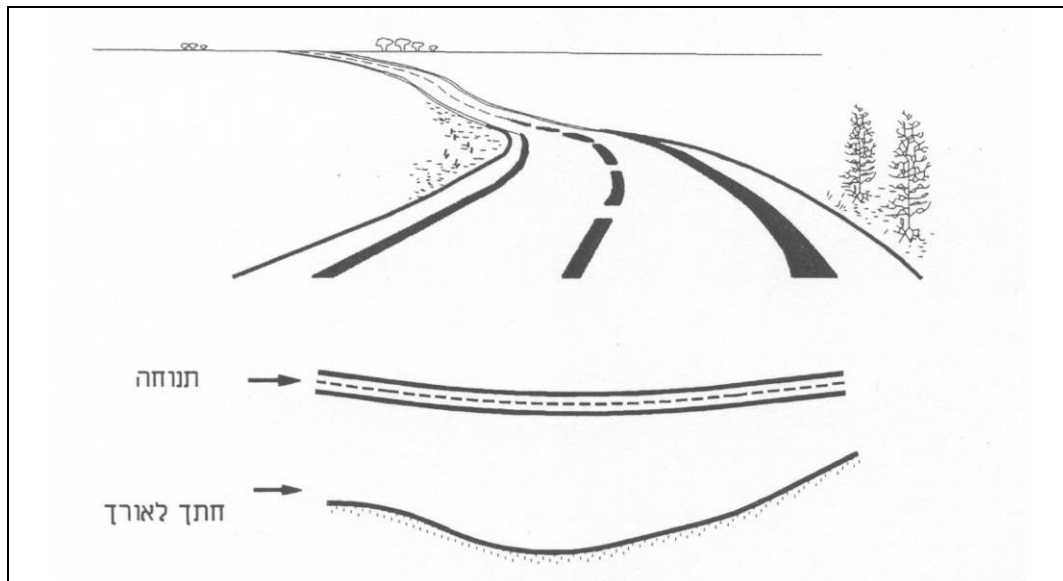
באזורים בהם קיימים אתרי טבע ונוף ייחודיים (נחלים, אגמים, שמורות טבע, מבנים יוצאי דופן), ניתן להשפיע על כיוון התוואי כך שאתרים אלו יהיו גלויים לעיני הנהג. התוואי האופקי יהיה מכוון לכיוון אתרים אלו, והתוואי האנכי יאפשר צפייה אל האתר הרצוי.



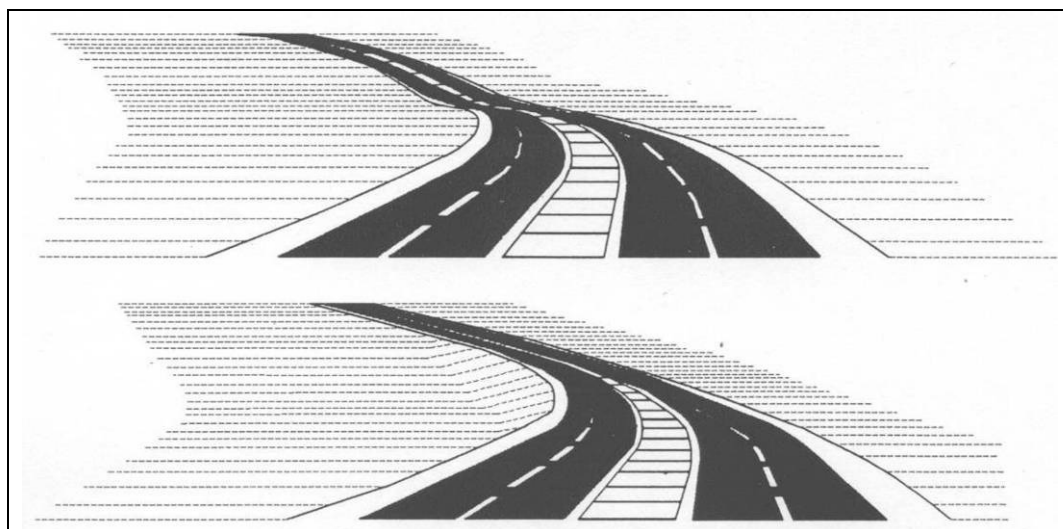
**תרשים 7.9:** שילוב מסוכן של עקום אופקי חד מיד לאחר עקום אנכי קמור הגורם להסתרת העקום אופקי



**תרשים 7.10:** שילוב מסוכן של צומת לאחר עקום אנכי קמור



**תרשים 7.11:** אפקט חזותי שלילי המתקבל כתוצאה מעקום אנכי קעור קצר המשולב בעקום אופקי ארוך



**תרשים 7.12:** הארכת עקום אנכי קעור המשולב בעקום אופקי לשיפור חזות התוואי

## פרק 8: קיבולת ורמת שירות

### תוכן עניינים

<b>8-1</b>	<b>מונחים כלליים ועקרונות</b>	<b>8.1</b>
8-1	מבוא	8.1.1
8-1	רמות השירות לתכן	8.1.2
8-2	הגדרת המונחים התנועתיים	8.1.3
8-6	הגדרת תנאי הבסיס (base conditions)	8.1.4
8-8	עקרונות המתודולוגיה לחישוב קיבולת ורמת שירות בתנאים שאינם תנאי בסיס	8.1.5
8-8	תנאי הטופוגרפיה	8.1.6
<b>8-9</b>	<b>דרכים חד-מסלוליות דו-נתיביות (two lane highways)</b>	<b>8.2</b>
8-9	מבוא	8.2.1
8-10	סוגי דרך דו-נתיבית	8.2.2
8-10	הקיבולת	8.2.3
8-10	רמות השירות	8.2.4
8-14	נפחי השירות לתכן דרכים דו-נתיביות	8.2.5
8-16	הרחבת דרך דו-נתיבית	8.2.6
<b>8-16</b>	<b>דרכים דו-מסלוליות רב-נתיביות (Multilane Highways)</b>	<b>8.3</b>
8-16	מבוא	8.3.1
8-16	הקיבולת	8.3.2
8-18	רמות השירות	8.3.3
8-21	גבולות הניתוח	8.3.4
8-22	נפחי השירות לתכן דרכים רב-נתיביות	8.3.5
<b>8-24</b>	<b>דרכים דו-מסלוליות מהירות (freeways)</b>	<b>8.4</b>
8-24	מבוא	8.4.1
8-25	הקיבולת	8.4.2
8-25	רמות השירות	8.4.3
8-29	גבולות הניתוח	8.4.4
8-29	נפחי השירות לתכן דרכים מהירות	8.4.5

## פרק 8: קיבולת ורמת שירות

### 8.1 מונחים כלליים ועקרונות

#### 8.1.1 מבוא

ניתוח קיבולת הדרך ורמת השירות שלה הם הכלים היישומיים שבעזרתם מטפלים בהערכת השפעת נפח התנועה ומאפיינים גיאומטריים ותנועתיים על תיפקודה של הדרך. נפח התנועה מהווה מרכיב תכנוני עיקרי המכתיב את חתך הרחב האופייני של הדרך (מספר הנתיבים לכיוון, רוחב הנתיבים, ורוחב השול), ואת התוספות המקומיות הנדרשות בקטעים ארוכים וקצרים (נתיבי עקיפה, נתיבי זחילה). בהיבט התפעולי, משפיע נפח התנועה העובר בחתך נתון על מהירות הנסיעה (בזרימה בלתי מופרעת), צפיפות התנועה, ואחוז הזמן שבו נוסעים בעקיבה, מה שמשליך על נוחות ובטיחות הנסיעה.

פרק זה מגדיר את המושגים הבסיסיים ומדדי הזרימה הדרושים לצורך השימוש ברמת השירות ובקיבולת ככלי ניתוח כמותיים של אפיון תנאי הזרימה בדרכים בין-עירוניות בהתאם לסיווג. רמות השירות לתכן דרכים בין-עירוניות לפי סיווג הובאו בפרק 2 – מדיניות התכן. בפרק הנוכחי יסקרו המדדים התנועתיים הכמותיים והתחומים הרלוונטיים שלהם, המאפיינים את רמות השירות. בנוסף ירוכזו בפרק נפחי התכנון המרביים לרמות השירות השונות.

פרק זה יתמקד בדרכים חד-מסלוליות דו-נתיביות (two lane highways), בדרכים דו-מסלוליות (רב-נתיביות, multilane highways), ובדרכים מהירות (freeways). המתודולוגיה ופירוט תהליך החישוב של מדדי הזרימה הכמותיים המאפיינים את רמות השירות הובאו ב-"HCM 2000 מתורגם ומותאם לתנאי ישראל" (משרד התחבורה 2005). העקרונות כלולים שם בפרק 12 (דרכים דו-נתיביות ורב-נתיביות דו-מסלוליות) ובפרק 13 (דרכים מהירות), ותהליכי החישוב האנליטיים כלולים בפרקים 20 (דרך דו-נתיבית), 21 (דרך רב-נתיבית), ו-23 (דרך מהירה). לפיכך, הפרק שלפניכם יסקור את העקרונות, המתודולוגיה לקביעת רמת השירות, המשוואות העיקריות ועקומות מהירות זרימה-שיעור זרימה, וכן ירכז תחומים למדדי הזרימה ודוגמאות של נפחי השירות לרמות השירות השונות בשלושת סוגי הדרכים. לחישוב המפורט ולמיקום טבלאות העזר מופנים המשתמשים ל-HCM הישראלי (משרד התחבורה 2005). בנוסף, מכיל הפרק הנחייה לנפחים קריטיים בדרך דו-נתיבית, עבורם ניתן לשקול את הרחבת הדרך לדו-מסלולית (ארבע-נתיבית).

המונח 'דרך כפרית', המשמש במדריך הישראלי כתרגום למונח 'rural', הומר בפרק שלפניכם במונח 'דרך בין-עירונית מובהקת', להבדיל מדרך בסביבה מעויירת.

#### 8.1.2 רמות השירות לתכן

טבלה 8.1 מרכזת את מהירויות התכן ורמות השירות לתכן לפי סיווג הדרך.

**טבלה 8.1:** רמות שירות לתכן דרכים בין-עירוניות

סוג הדרך	מהירות תכן (קמ"ש)	רמת שירות לתכן*	מס' נתיבים לכיוון
מהירה	בין-עירונית: 100-120; מעויירת: 90-110	בין-עירונית: C באזור לא רגיש, D בשאר; מעויירת: D	2 או יותר
ראשית	דו-מסלולית: 80-110 דו-נתיבית: 60-80	D	בדר"כ 2 או יותר לכיוון (דו-מסלולית); לעיתים 1 לכיוון (דו-נתיבית)
אזורית	דו-מסלולית: 80-100 דו-נתיבית: 60-80	D באזור לא רגיש, E בשאר	בדר"כ 1 לכיוון (דו-נתיבית); לעיתים 2 לכיוון (דו-מסלולית)

\* ראו פרק 2 (מדיניות תכן בסיסית). אזור מישורי יתאים לרגישות נמוכה, אזור גבעי לרגישות בינונית, ואזור הררי לרגישות גבוהה.  
הפניות נוספות: "הנחיות לקביעת מהירויות ברשת הדרכים" ו-"תבחיני תכן למזעור הפגיעה בקרקע ובסביבה בדרכים בין-עירוניות" (משרד התחבורה 2010).

**8.1.3 הגדרת המונחים התנועתיים**

**א. קיבולת (capacity):**

המספר הגבוה ביותר של כלי-רכב, שיכול לעבור בנקודה מסויימת בדרך, בפרק זמן מוגדר ובתנאים השוררים בדרך באותה עת (תנאי הדרך, התעבורה, והבקרה). הקיבולת נמדדת בשיעור זרימה שעתי כמפורט בסעיף ג' להלן.

**תנאי הדרך:** הצורה הגיאומטרית של הדרך – מספר נתיבים, רוחב שול, מהירות תכן, טופוגרפיה וכו'.

**תנאי התעבורה:** מאפייני זרם התעבורה, כגון: סוגי כלי-הרכב, נפח התנועה והרכבה, וכו'.

**תנאי הבקרה:** סוגי הגישות, תמרורים, רמזורים, הגבלות שימוש בדרך לסוגי רכב מסוימים, וכו'.

לקיבולת שלושה שימושים עיקריים:

**ברמה המערכתית** – ניתוח התאמתה של רשת דרכים קיימת או עתידית לשרת את הביקוש הקיים, וחיזוי המועד בו תגיע הרשת לעומס תנועה שיחייב שינויים ברשת או במאפייניה.

**ברמת התכן** – תכנון מפורט של המאפיינים הגיאומטריים וההנדסיים, כך שהדרך המתוכננת תתאים לדרישות התנועתיים כגון: מספר נתיבים, אורך וסוג קטע ההשתזרות, ואזורי השפעה של התמזגות והיפרדות.

**ברמת התפעולית** – ניתוח תפעול תנועתי של דרך קיימת, למציאת נקודות התורפה והערכת שיפורים תנועתיים נדרשים.

## ב. רמת השירות (level of service):

רמת השירות הינה רמת התנאים התפעוליים של זרימת התנועה, המאופיינת במדדים כמותיים לאיפיון תנאי הזרימה. מונחים אופייניים של מדדי השירות הינם מהירות, זמן נסיעה, צפיפות התנועה, עיכובים, ושיעור הזרימה (או קצב הזרימה, flow rate).

שש רמות שירות (A-F) נקבעו לכל סוג מתקן תחבורתי עבורו הוגדרו תהליכי חישוב. רמת שירות A מציינת את תנאי הזרימה הטובים ביותר, ורמת שירות F – את תנאי הזרימה הגרועים ביותר, כדלהלן:

רמת שירות A – זרימה חופשית. המשתמשים בדרך אינם מושפעים מנוכחותם של משתמשים אחרים, והם חופשיים לבחור את המהירות כרצונם. חופש התימרון גבוה. רמת הנוחות של הנהג – מצויינת.

רמת שירות B – זרימה יציבה, כאשר נוכחות משתמשים אחרים בדרך מתחילה להיות מורגשת. החופשיות לבחור במהירות הרצויה עדיין רבה.

רמת שירות C – זרימה יציבה, כאשר התנהגות הנהגים מושפעת מאינטראקציות עם זרם התנועה. הנהג אינו חופשי לבחור את מהירות נסיעתו ואת מיקומו בזרם התנועה. רמת הנוחות בינונית (נחותה בהרבה מאשר ברמות השירות A, B).

רמת שירות D – זרימה יציבה אך צפופה. האפשרות לבחור מהירות נסיעה ומיקום בזרם התנועה מוגבלת מאד. רמת הנוחות למשתמש נמוכה.

רמת שירות E – זרימה צפופה, וקרובה למצב הקיבולת. התנועה נעה במהירות נמוכה ואחידה. כמעט שאין לנהג חופש תימרון להחלפת נתיב. הזרימה נמצאת ברווייה, כאשר כל הפרעה או תנועה בצפיפות או בנפח עשויות לגרום לכשל.

רמת שירות F – זרימה מאולצת, כשל המערכת. הביקוש למערכת עולה על הקיבולת שלה, ונוצרים תורים עקב "צווארי בקבוק" (bottlenecks). התנועה מאופיינת על ידי מצבי "עצור וסע" מחזוריים.

ההמחשה של רמות השירות על בסיס מדדי איכות זרימה כמותיים תינתן בהמשך בסעיפים העוסקים בסוגים השונים של דרכים בין-עירוניות. יתר פירוט על מאפייני רמות השירות לפי סוג הדרך (דו-נתיבית, רב-נתיבית, ומהירה), מובא ב-HCM הישראלי (משרד התחבורה 2005).

## ג. שיעור הזרימה (קצב הזרימה, flow rate):

קצב המעבר השעתי השקול של כלי-רכב בנקודת המדידה, בהתבסס על מדידות נפח תנועה בפרקי זמן הקצרים משעה (בדרך כלל 15 דקות), והכפלתו במקדם שעת השיא כדי להפכו לנפח שעתי.

## ד. מקדם שעת השיא (PHF, peak hour factor):

שעת השיא היא השעה בעלת נפח התנועה הגבוה ביותר בשעות היממה. מקדם שעת השיא (PHF) הינו היחס בין הנפח בכל שעת השיא, לבין שיעור הזרימה השעתי המחושב על-פי שיעור הזרימה ב-15 הדקות העמוסות ביותר בתוך אותה שעה, המוכפל ב-4 (15 דקות נחשבות לתחום זמן מזערי בו הזרימה יציבה):

$$PHF = \frac{V}{V_{15} \cdot 4}$$

כאשר:

- V – נפח בשעת השיא (כ"ר/שעה);
- V<sub>15</sub> – שיעור הזרימה ב-15 הדקות העמוסות ביותר (כ"ר/שעה).

לפי הגדרה זו, מקדם שעת השיא אינו יכול לעלות על 1.0. ככל שהוא קטן יותר, התנודות בזרימת התנועה בתוך שעת השיא גדולות יותר. מקדם שעת השיא מוכפל בשיעור הזרימה כדי לחשב את נפח השירות המרבי (ו. להלן).

ערכי ברירת המחדל ל-PHF הינם בין 0.88 ל-0.95 עבור דרכים בין-עירוניות מובהקות, ובין 0.92 ל-0.95 עבור דרכים בין-עירוניות מעויירות ופרבריות, כפי שמפורט בטבלה 8.2. ככל שעולה רמת הגודש, גדל ערך ה-PHF.

**טבלה 8.2: מקדם שעת השיא (PHF) – ערכי ברירת מחדל**

רמת השירות					סוג הדרך
E	D	C	B	A	
0.95	0.94	0.92	0.90	0.88	דרך בין-עירונית מובהקת
0.95	0.94	0.93	0.92	0.92	דרך מעויירת/פרברית

**ה. שיעור זרימת השירות (קצב זרימת השירות, service flow rate):**

הקצב השעתי המרבי שבו אפשר לצפות באופן סביר שכלי-רכב יוכלו לחצות נקודה או קטע של נתיב או דרך בעל מאפייני גיאומטריה, תפעול ובקרה נתונים, ובהרכב תנועה מוגדר, עבור רמת שירות מסויימת. לכל רמת שירות שיעורי זרימת השירות האופייניים לה, כפי שיפורט בהמשך הפרק בסעיפים המתאימים לכל סוג דרך. הנ"ל נמדד בית"ן (המונח שהחליף את יר"ם), דהיינו במכוניות נוסעים לשעה (passenger car per hour, pc/hr) או במכוניות נוסעים לשעה לנתיב (passenger car per hour per lane, pcphpl).

**ו. נפח שירות מרבי (maximum service volume):**

הנפח השעתי המרבי המתאים לרמת שירות מסויימת בתנאי הדרך והתנועה הנתונים. נפח זה מבוסס בכלי-רכב לשעה לנתיב, בהרכב התנועה הנתון ולאחר התחשבות במקדם שעת השיא.

**ז. קיבולת מעשית (actual capacity):**

נפח השירות המרבי ברמת שירות E, כלומר הנפח המרבי האפשרי בדרך האמורה בתנאים הגיאומטריים והתפעוליים הקיימים בה.



**ה. הנפח היומי בממוצע שנתי (Annual Average Daily Traffic – AADT):**

נפח התנועה (כלי-רכב ליום) בכיוון אחד או בשני הכיוונים, בהתאם לחתך הדרך, בתקופה של שנה אחת, מחולק במספר הימים. נפח זה משמש לתכנון רשת במונחים ארוכי טווח, אך איננו משקף שינויים בטווחי זמן קצרים, לכן נפח זה אינו משמש באופן ישיר לחישוב רמות שירות, לתכן גיאומטרי של קטעים קצרים, ולניתוח תנועת תפעולי.

**ט. הנפח השעתי לתכן (Design Hourly Volume – DHV):**

הנפח של השעה העמוסה האופיינית המשמש למטרות תכן, כלומר הנפח השעתי המתאים לרמת השירות לתכן של הדרך. היחס בין הנפח השעתי לתכן לבין הנפח היומי בדרכים בין-עירוניות ראשיות בתנאי הארץ (K) הינו בתחום של 5%-10%:

$$K = \frac{DHV}{AADT}$$

במצב בו אין נתונים זמינים ל-24 שעות, מומלץ ליישם 8% כברירת מחדל.

**י. מקדם הית"ן (יחידת תנועה), המונח שמחליף את המושג הקודם – מקדם היר"מ (יחידת רכב מושווה, passenger car equivalent – PCE):**

מקדם המתרגם תנועת כלי-רכב מעורבת לנפח שווה-ערך של מכונית נוסעים (כלי-רכב פרטיים). במילים אחרות, מקדם הית"ן (היר"מ) לרכב כבד, הוא מספר כלי-הרכב הפרטיים שמעברם היה מתאפשר בדרך זו בתנאים הנתונים, אלמלא קיומו של אותו רכב כבד. מקדם זה איננו קבוע, אלא תלוי בסוג הדרך ובטופוגרפיה. לדוגמא: המקדם של משאית או אוטובוס באזור הררי, גבוה מהמקדם שלהם באזור מישורי. (המושג ית"ן נקבע ע"י האקדמיה ללשון העברית אחרי השלמת HCM הישראלי). התנועה בארץ מסווגת על ידי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה לשלושה סוגים עיקריים: מכוניות נוסעים, משאיות ואוטובוסים. מכוניות נוסעים כוללות את הרכב המסחרי הקל, המשאיות כוללות את כלי-הרכב המסחריים בעלי סרן אחורי יחיד דו-גלגל ומעלה (בד"כ משקל העולה על 4 טון). מקדמי הית"ן שיובאו בהמשך יהיו משותפים למשאיות ולאוטובוסים (בהתאמה ל-HCM הישראלי, משרד התחבורה 2005).

**יא. צפיפות (density):**

המספר הממוצע לאורך זמן של כלי-רכב, אשר נמצאים בקטע שאורכו נתון. הצפיפות מבוטאת בכלי-רכב ליחידת אורך (למשל: מכוניות נוסעים לק"מ לנתיב). הצפיפות היא פרמטר חשוב בניתוח התפעול ובהגדרת רמת השירות בדרכים דו-מסלוליות, בהגדירה את קירבת המכוניות זו לזו וחופש התפעול שלהן.

**יב. אחוז הזמן שבו נוסעים בעקיבה (percent time spent following, PTSF):**

אחוז הזמן הממוצע מתוך סך זמן הנסיעה, שבו כלי-רכב חייבים לנסוע בשיירות מאחורי כלי-רכב איטיים יותר, כתוצאה מחוסר אפשרות לעקוף בדרך דו-נתיבית. הפרמטר מהווה את אחד המדדים לקביעת רמת השירות בדרך דו-נתיבית.

**יג. מהירות הנסיעה הממוצעת (Average Travel Speed, ATS):**

אורך קטע הדרך, מחולק בזמן הנסיעה הממוצע של כל כלי-הרכב העוברים קטע זה, כולל זמני עיכוב כתוצאה מעצירה. הפרמטר מהווה את אחד המדדים לקביעת רמת השירות בדרך דו-נתיבית.

**8.1.4 הגדרת תנאי הבסיס (base conditions)**

לשורה של גורמים גיאומטריים ותנועתיים המאפיינים את הדרך יש חלק בתהליך ניתוח הקיבולת ורמת השירות:

- א. הסיווג הטופוגרפי.
- ב. רוחב המיסעה והשול.
- ג. מהירות התכן.
- ד. פיצול לכיוונים.
- ה. הרכב תנועה ומקדם הית"ן.

תנאי הבסיס נחשבים לתנאים גיאומטריים ותפעוליים, בהם כושר ההעברה הוא הגבוה ביותר האפשרי לרמת שירות מסוימת. תנאי הבסיס מניחים מזג אויר טוב, תנאי ריבוד טובים, משתמשים המכירים את המיתקן, והיעדר מכשולים לזרימת התנועה. להלן פרוט תנאי הבסיס לדרך דו-נתיבית, לדרך דו-מסלולית (רב-נתיבית), ולדרך מהירה, בהתאם ל-HCM ישראל (משרד התחבורה 2005):

**א. תנאי בסיס – דרך דו-נתיבית:**

תנאי הבסיס לדרך דו-נתיבית הם היעדר גורמים גיאומטריים, תנועתיים, או סביבתיים מגבילים. תנאי הבסיס כוללים:

- 1) רוחב נתיב מזערי – 3.6 מטר;
- 2) שול פנוי ברוחב 1.8 מטר או יותר;
- 3) העדר אזורי איסור עקיפה;
- 4) הרכב תנועה הכולל מכוניות נוסעים בלבד;
- 5) העדר הפרעות לתנועה העוברת, כגון בקרת תנועה או כלי-רכב פונים;
- 6) טופוגרפיה מישורית;
- 7) התפלגות תנועה 50/50 בין שני הכיוונים (לניתוח דו-כיווני).

מרבית ההתפלגויות הדו-כיווניות נעות בין 30/70 ל-50/50.

אזור שבו אסורה עקיפה מוגדר במדריך כאזור המסומן עם איסור עקיפה, או כל קטע של הדרך בו הראות לביצוע עקיפה היא 300 מטר או פחות. אזורי איסור עקיפה נעים בדרך כלל בין 20% ל-50% מהדרך הדו-נתיבית. איסור עקיפה בשטח הררי יגרום להיווצרות שיירות רבות, ולאפשרויות עקיפה מוגבלות.

### ב. תנאי בסיס – דרך דו-מסלולית – רב-נתיבית:

תנאי הבסיס בהם מושגות המהירות והקיבולת המלאות של הדרך הרב-נתיבית כוללים מזג אוויר טוב, ראות טובה, והיעדר אירועים או תאונות. להלן שאר תנאי הבסיס לדרך רב-נתיבית:

- (1) רוחב נתיב מזערי של 3.6 מטר;
- (2) מרווח רוחבי מזערי של 3.6 מטר בכיוון הנסיעה – זהו סך המרווחים הרוחביים (שמאלי וימני) מקצה נתיבי הנסיעה אל מכשולים לאורך קצה הכביש ובמפרדה (מרווחים רוחביים ימניים או שמאליים העולים על 1.8 מטר יחושבו לצורך החישוב כ-1.8 מטר);
- (3) מכוניות נוסעים בלבד בזרם התנועה;
- (4) העדר נקודות גישה ישירות לאורך קטע הניתוח;
- (5) דרך במסלולים מופרדים;
- (6) מהירות זרימה חופשית של 100 קמ"ש (בקירוב מהירות התכן המרבית).

### ג. תנאי בסיס – דרך מהירה:

תנאי הבסיס בהם מושגת הקיבולת המרבית של קטע דרך מהירה בסיסי כוללים מזג אוויר טוב, ראות טובה, והיעדר תאונות או אירועים. אם אחד מתנאי הבסיס אינו מתקיים, המהירות, רמת השירות, והקיבולת של קטע הדרך המהירה נוטים להיות נמוכים יותר. להלן שאר תנאי הבסיס לדרך מהירה:

- (1) רוחב נתיב מזערי של 3.6 מטר;
- (2) מרווח צידי מזערי של 1.8 מטר בשול הימני בין קצה נתיב הנסיעה למכשול הקרוב המשפיע על התנועה;
- (3) מרווח צידי מזערי של 0.6 מטר במפרדה;
- (4) מכוניות נוסעים בלבד בזרם התנועה;
- (5) בדרכים מהירות מעויירות – חמישה נתיבים או יותר לכיוון;
- (6) מרווח של 3 ק"מ או יותר בין מחלפים;
- (7) אזור מישורי עם שיפועים שאינם עולים על 2%;
- (8) אוכלוסיית נהגים המורכבת בעיקר מיוממים;
- (9) מהירות זרימה חופשית בסיסית של 120 קמ"ש בדרך מהירה (בין-עירונית) ו-110 קמ"ש בדרך מעויירת מהירה (בקירוב מהירויות התכן המרביות).

הערה: על-פי "הנחיות לקביעת המהירויות ברשת הדרכים", משרד התחבורה 2010, מהירות הזרימה החופשית בדרכים הבין-עירוניות, או מהירות האחזון ה-85, היא בקירוב גבוהה ב-10 קמ"ש מהמהירות המרבית המותרת, וקרובה למהירות התכן של הדרך, ובאזורים מישוריים זהה לאמור בסעיפים ב' ו-ג'.

### ד. הקיבולת בתנאי הבסיס:

הקיבולת בתנאי הבסיס היא שיעור הזרימה הגבוה ביותר העשוי לעבור בדרך ברמת שירות E, כאשר מתקיימים תנאי הבסיס.

### 1) בדרך דו-מסלולית:

2400 ית"ן (מכוניות נוסעים passenger cars/hour/lane) לנתיב לשעה בדרך מהירה (בין-עירונית מובהקת).

2350 ית"ן לנתיב לשעה בדרך מעויירת מהירה.

2200 ית"ן לנתיב לשעה בדרך רב-נתיבית שאינה דרך מהירה.

### 2) בדרך דו-נתיבית:

3200 ית"ן לשעה לשני הכיוונים ביחד, ולא יותר מ-1700 ית"ן לשעה לכיוון נסיעה אחד.

## 8.1.5 עקרונות המתודולוגיה לחישוב קיבולת ורמת שירות בתנאים שאינם תנאי בסיס

השימוש בקיבולת ורמת שירות מיועד לחיזוי אופן תפקודה של הדרך ולהערכת אופי הזרימה בה בנפחי תנועה שונים. באופן מעשי, חישוב הקיבולת ושיעור הזרימה לרמת השירות לתכן בהתאם למאפייני התוואי, והשוואתם לנפח התנועה בשעת השיא בשנת היעד לתכן (למשל 20 שנה), יאפשרו לקבוע את החתך לרוחב (ובפרט מספר הנתיבים), כך שהדרך תתפקד במרבית השעות בשנת היעד ברמת השירות הנבחרת.

עבור דרך דו-נתיבית, המתודולוגיה לקביעת רמת השירות ניזונה משיעורי הזרימה, אולם רמות השירות נקבעות באמצעות מהירות הנסיעה הממוצעת (ATS) ואחוז הזמן שבו נוסעים בעקיבה (PTSF).

עבור דרך דו-מסלולית, המתודולוגיה לקביעת רמת השירות מספקת שיעורי זרימה לרמות שירות שונות, כאשר הפרמטר הראשי לקביעת רמת השירות הינו הצפיפות הנמדדת במכוניות נוסעים לק"מ לנתיב.

בהמשך הפרק יוצגו גם נפחי שירות מרביים המייצגים את תנאי הדרך והתנועה הספציפיים (שאינם תנאי בסיס), תוך התחשבות באחוז הרכב הכבד ובמקדם שעת השיא.

## 8.1.6 תנאי הטופוגרפיה

הגדרות הטופוגרפיה להלן נגזרות מהגדרות ה-HCM 2000 המתורגם ומותאם לתנאי ישראל (משרד התחבורה 2005). הגדרות אלה ייחודיות לפרק זה ומקורן ב-HCM, אין להן השלכה על הגדרות דומות בפרקים הקודמים של הנחיות.

### טופוגרפיה מישורית:

כל שילוב של תוואי אנכי ואופקי, המאפשר לכלי-הרכב הכבדים לשמור על מהירויות דומות לאלו של כלי-הרכב הפרטיים. תנאים אלו תואמים בדרך כלל לשיפועים אורכיים קצרים של עד 2%.

### טופוגרפיה גבעית:

שילוב של תוואי אנכי ואופקי, הגורם לכלי-הרכב הכבדים להאט את מהירותם יחסית לכלי-הרכב הפרטיים, אך ללא הגעה למצב של מהירויות זחילה לכל אורך הקטע או לאורך זמן.

עבור דרכים דו-נתיביות, מצב זה כולל שיפועים אורכיים של עד 4% באורכים קצרים עד בינוניים. עבור דרכים דו-מסלוליות, מצב זה כולל שיפועים של 3%-5%. בשיפועים של 2%-3%, ייחוס הטופוגרפיה כמישורית או כגבעית הינה לשיקול המתכנן. עבור דרכים מהירות, מצב זה כולל שיפועים של 2%-4%.

### טופוגרפיה הררית:

שילוב של תוואי אנכי ואופקי, הגורם לכלי-הרכב הכבדים לנוע במהירות הזחילה למרחקים גדולים ובתדירות גבוהה.

עבור דרכים דו-נתיביות, מצב זה כולל שיפועים הגבוהים מ-4%. עבור דרכים דו-מסלוליות, מצב זה כולל שיפועים של 5%-7%. עבור דרכים מהירות, מצב זה כולל שיפועים של 4%-6%.

התאמה איכותית עקרונית בין רמת הטופוגרפיה לרמת הרגישות (ראו פרק מדיניות התכן – 2 – לעיל, ו-"תבחיני תכן למזעור הפגיעה בקרקע ובסביבה בדרכים בין-עירוניות", משרד התחבורה 2010), הינה כדלהלן: טופוגרפיה מישורית תתאים בדרך כלל לרמת רגישות נמוכה, טופוגרפיה גבעית תתאים בדרך כלל לרמת רגישות בינונית, וטופוגרפיה הררית לרמת רגישות גבוהה. הקריטריונים המנחים להגדרת הטופוגרפיה לצורך ניתוח הקיבולת וקביעת רמת השירות לתכן (טבלה 8.1) הינן ההגדרות שהוצגו לעיל לכל סוג טופוגרפיה.

## 8.2 דרכים חד-מסלוליות דו-נתיביות (two-lane highways)

### 8.2.1 מבוא

הדרכים הדו-נתיביות הבין-עירוניות מהוות בארץ את מרבית הדרכים המקומיות והאזוריות, וחלק מאורך הדרכים הראשיות.

בדרך דו-נתיבית דו-סיטרית מוקצה נתיב אחד לשימוש של כל כיוון בתנועה, כאשר פעולות העקיפה מבוצעות בנתיב הנגדי כשהוא פנוי. עקב כך, יש השפעה ישירה למאפייני המרווחים בתנועה ולאפשרויות העקיפה של כיוון אחד, על זרימת התנועה בכיוון השני. לפיכך, הניתוח התפעולי צריך להתחשב בשני הכיוונים. כאשר אין אפשרות לעקוף, נוצר תור שמהירות נסיעתו נקבעת על ידי הרכב האיטי בשיירה. הירידה במהירות הממוצעת ובאחוז זמן העקיפה גורמים לירידה ביכולת ההעברה של הדרך וברמת השירות שלה.

שני הכיוונים אינם חייבים להגיע לרווייה בו זמנית, ייתכן מצב בו כיוון אחד מגיע לרווייה והכיוון השני פנוי יותר.

שיטת החישוב המוצגת לקביעת רמת השירות של דרך דו-נתיבית מתבססת על ה-Highway Capacity Manual האמריקני משנת 2000 ותרגומו ל-HCM הישראלי (משרד התחבורה 2005). הנחיות אלו מקובלות כעיקרון מנחה במרבית המדינות בעולם המערבי.

## 8.2.2 סוגי דרך דו-נתיבית

דרכים דו-נתיביות מסווגות (לצורך פרק זה בלבד) לשני סוגים לצורך ניתוח רמת השירות:

**סוג I:** דרכים בהן הנהגים מצפים לנסוע במהירות גבוהה יחסית – דרכים המשמשות כדרכים עורקיות בין מחוללי תנועה ראשיים, בהם נוסעים נהגים יוממים. דרכים אלו משמשות את הנהגים בנסיעות ארוכות, או לחיבור לדרכים ראשיות המשמשות לנסיעות ארוכות. הסיווג התפקודי של דרך דו-נתיבית מסוג I הינו **דרך אזורית** (פרק 2).

**סוג II:** דרכים בהן הנהגים לא בהכרח מצפים לנסוע במהירות גבוהה – דרכים אלו משמשות כנתיבי גישה לדרכים מסוג I, או נתיבי נוף ונופש שאינם עורקיים. גם דרכים שעוברות בתוואי לא אחיד מסווגות כ-II. קטעי הדרכים המסווגות כ-II הינם קצרים ביחס לדרכים מסוג I. הסיווג התפקודי של דרך דו-נתיבית מסוג II הינו **דרך מקומית וגישה** ובפרט, דרך דלת תנועה.

**רמת השירות** של דרכים מסוג I (ניידות גבוהה) מוגדרת לפי מדדי אחוז זמן עקיבה ומהירות נסיעה ממוצעת. בדרכים מסוג II, שבהן המהירות פחות קריטית, רמת השירות נקבעת לפי אחוז זמן עקיבה בלבד. בדרכים המסווגות כ-II נהגים יצפו לרמות גבוהות של אחוז זמן עקיבה לרמת שירות ספציפית.

## 8.2.3 הקיבולת

הקיבולת של דרך דו-נתיבית בתנאי בסיס הינה 1700 ית"ן לשעה (מכוניות נוסעים לשעה) בכל כיוון נסיעה. עבור קטעים ארוכים של דרך דו-נתיבית, הקיבולת בתנאי בסיס לשני הכיוונים הינה 3,200 ית"ן לשעה.

הקיבולת לכיוון נסיעה יישומית למצב של פילוג כיווני לא סימטרי, כך שהקיבולת לכיוון בו שיעור הזרימה הינו הגבוה מבין שני הכיוונים, לא תעלה 1,700 ית"ן לשעה.

## 8.2.4 רמות השירות

טבלה 8.3 מציגה קריטריונים של רמת שירות לדרכים דו-נתיביות מסוג I לפי מדדי מהירות נסיעה ממוצעת (ATS) ואחוז זמן עקיבה (PTSF). מרבית הדרכים הדו-נתיביות ברשת הארצית יתאימו לניתוח רמת שירות לפי טבלה זו. תרשים 8.1 מציג את אותם קריטריוני רמת שירות לדרך מסוג I. טבלה 8.3 מציגה גם את הקריטריונים של רמת שירות לדרכים מסוג II לפי מדד PTSF (עמודה ראשונה משמאל).

המתודולוגיה לחישוב מהירות הזרימה הממוצעת או אחוז זמן עקיבה מוצגת בטבלה 8.4. נתוני הקלט הינם: נתונים גיאומטריים, נפח ביקוש, ומהירות הזרימה החופשית הבסיסית (BFFS), המייצגת את מהירות התכן. לחילופין ניתן לבצע מדידה בשטח של מהירות התנועה (S<sub>FM</sub>).

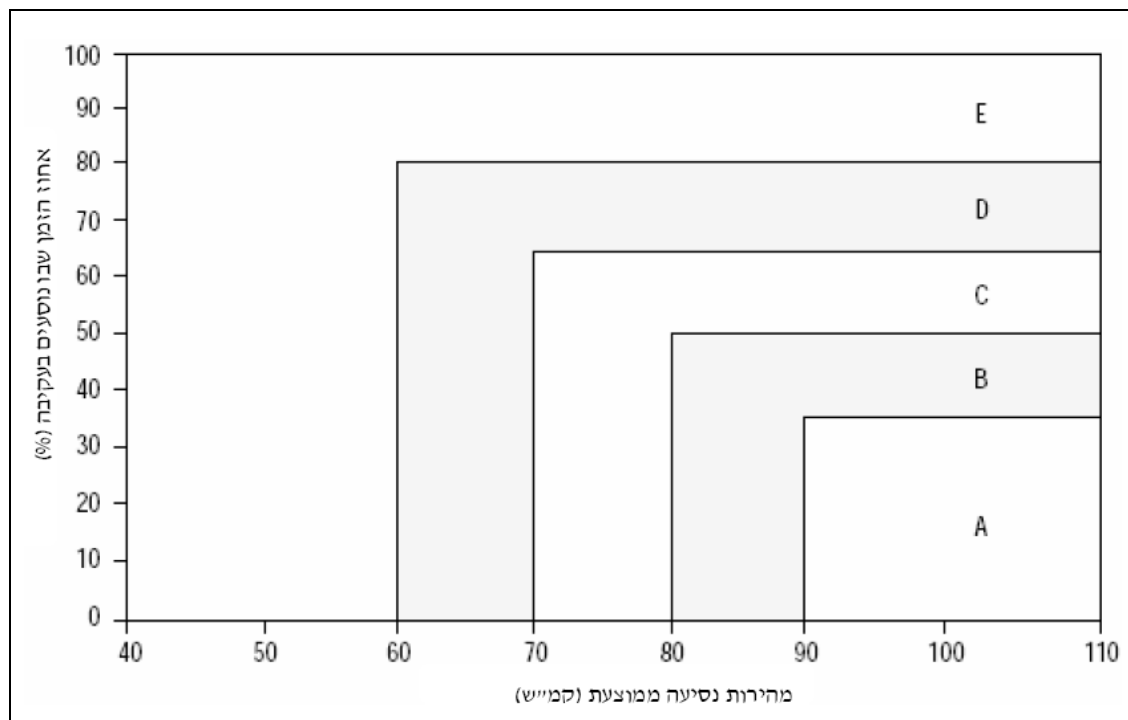
ריכוז המשוואות והפניות לטבלאות העזר המובילות לקביעת רמת השירות עבור ניתוח לתפעול דו-כיווני מובא להלן. המשוואות והטבלאות לניתוח תפעולי בכיוון אחד נמצאות ב-HCM הישראלי (משרד התחבורה 2005) ולא מובאות במסגרת פרק זה. משוואות וטבלאות אלו (לניתוח בכיוון אחד), עוברים

בארה"ב עדכון במסגרת HCM 2010, שמתפרסם לאחר כתיבת הפרק שלפנינו, ושעדיין לא נבדקה התאמתו לתנאי הארץ.

**טבלה 8.3:** קריטריוני רמת שירות עבור דרכים דו-נתיביות מעובד מתוך: HCM ישראל (משרד התחבורה 2005)

דרך סוג II*	דרך סוג I*		רמת שירות
	אחוז זמן עקיבה (%, PTSF)	מהירות נסיעה ממוצעת (קמ"ש, ATS)	
≤40	>90	≤35	A
>40-55	>80-90	>35-50	B
>55-70	>70-80	>50-65	C
>70-85	>60-70	>65-80	D
>85	≤60	>80	E

\* לפי ההגדרות בסעיף 8.2.2.



**תרשים 8.1:** קריטריוני רמת שירות עבור דרכים דו-נתיביות סוג I – הצגה גרפית מקור: HCM ישראל (משרד התחבורה 2005)

**טבלה 8.4:** מתודולוגיה לרמת שירות עבור דרכים דו-נתיביות  
מקור: HCM ישראל (משרד התחבורה 2005)

אחוז זמן עקיבה (PTSF)	מהירות זרימה ממוצעת (ATS)	
-	<b>חישוב מהירות הזרימה החופשית בפועל – FFS:</b> תיקון הפחתה של מהירות הזרימה החופשית הבסיסית (BFFS) לפי מקדם רוחב שול ורוחב נתיב, ומקדם צפיפות נקודות גישה. לחילופין חישוב לפי $S_{FM}$ , נפח נצפה, מקדם כלי-רכב כבד (ראו HCM ישראלי, 2005, משוואה 20-1).	1.
<b>חישוב שיעור הזרימה (<math>V_p</math>):</b> חישוב בדומה ל-ATS, אך מקדמי התיקון לרכב כבד ולשיפוע הינם עבור PTSF.	<b>חישוב שיעור הזרימה (<math>V_p</math>):</b> לפי: נפח ביקוש (כלי-רכב לשעה), מקדם שעת השיא – PHF, מקדם כלי-רכב כבד – $f_{HV}$ , מקדם שיפוע – $f_G$	2.
חישוב PTSF	חישוב ATS	3.
קביעת רמת השירות	קביעת רמת השירות	4.

**א. מהירות זרימה חופשית:**

$$FFS = BFFS - f_{LS} - f_A$$

כאשר:

- FFS – מהירות הזרימה החופשית בפועל (קמ"ש);
  - BFFS – מהירות הזרימה החופשית הבסיסית (קמ"ש), 80 קמ"ש, בקירוב מהירות התכן המרבית;
  - $f_{LS}$  – מקדם תיקון לרוחב נתיב ורוחב שול (ראו איור 20-5, HCM ישראלי 2005);
  - $f_A$  – מקדם תיקון לצפיפות הגישות בגישה לק"מ (ראו איור 20-6, HCM ישראלי 2005).
- ערכי ברירת המחדל של צפיפות הגישות הינם 5 לפיתוח כפרי, 10 לפיתוח פרברי בצפיפות נמוכה, ו-15 לפיתוח פרברי מעוייר בצפיפות גבוהה.

**ב. שיעור הזרימה:**

$$V_p = \frac{V}{(PHF \cdot f_G \cdot f_{HV})}$$

כאשר:

- $V_p$  – שיעור זרימת השירות ל-15 דקות השיא (ית"ן לשעה, מכוניות נוסעים לשעה);
- V – נפח הביקוש לשעה (כלי-רכב לשעה);
- PHF – מקדם שעת השיא;
- $f_G$  – מקדם תיקון לשיפוע כתלות בשיעור הזרימה הדו-כיווני והטופוגרפיה. (ראו איור 20-7 עבור ATS, איור 20-8 עבור PTSF, HCM ישראלי 2005);



$f_{HV}$  – מקדם תיקון לכלי-רכב כבד, כתלות בשיעור הזרימה הדו-כיווני והטופוגרפיה. מקדם התיקון לרכב הכבד מיוצג לפי הנוסחה שלהלן. ככל שנוכחות הרכב הכבד בזרם התנועה גבוהה יותר, קטנה מהירות הזרימה החופשית. לצורך חישוב זה אוטובוסים ייחשבו כמו משאיות.

$$f_{HV} = \frac{1}{[1 + P_T \cdot (E_T - 1)]}$$

כאשר:

$P_T$  – החלק היחסי של משאיות בזרם התנועה (כשבר עשרוני);  
 $E_T$  – מקדם ית"ן עבור משאיות ואוטובוסים (ראו איור 9-20 למקדמי הית"ן למשאיות עבור ATS, ואיור 10-20 עבור PTSF, HCM ישראלי 2005).

**ערכי ברירת המחדל** במדריך לאחוז רכב כבד (משאיות ואוטובוסים) בדרכים דו-נתיביות הינם 14% לדרך בין-עירונית מובהקת, ו-2% לדרך בין-עירונית מעויירת.

לצורך קבלת המקדמים  $f_g$  ו- $E_T$  יש להניח תחום של שיעור זרימה (לפי איורים מ-HCM ישראל, משרד התחבורה 2005). במידה שחישוב שיעור הזרימה ( $V_p$ ) על פי המשוואה מתקבל בתחום הזה, מסתיים החישוב, ובמידה שלא, יש להניח תחום אחר של שיעור זרימה לקבלת המקדמים מחדש, ולהציבם במשוואת שיעור הזרימה.

מבחינת טופוגרפיה, ההנחה בקטע גבעי היא שהמשאיות לא מגיעות למהירות זחילה כאשר מדובר בשיפועים בקטעים קצרים עד בינוניים של לא יותר מ-4%. בקטע ארוך בשיפוע העולה על 4%, יש לבצע חישוב לפי ניתוח קטע חד-כיווני בהתאם ל-HCM הישראלי (2005).

שיעור הזרימה מהווה קלט לחישוב מדדי רמות השירות: מהירות הזרימה הממוצעת, ATS, ואחוז זמן עקיבה (PTSF).

#### ג. מהירות הנסיעה הממוצעת – ATS:

מהירות הנסיעה הממוצעת מחושבת לפי המשוואה שלהלן:

$$ATS = FFS - 0.0125 \cdot V_p - f_{np}$$

כאשר:

$f_{np}$  – מקדם תיקון להפחתה ב-ATS עבור אחוז אזורי איסור עקיפה כתלות בשיעור הזרימה הדו-כיווני (איור 11-20 ב-HCM הישראלי, 2005).

**ערכי ברירת המחדל** של אחוז אזורי איסור עקיפה הינם: 20% לטופוגרפיה מישורית, 50% לטופוגרפיה גבעית, ו-80% לטופוגרפיה הררית.

#### ד. אחוז זמן עקיבה – PTSF:

אחוז זמן העקיבה מבוטא באמצעות המשוואות שלהלן:

$$PTSF = BPTSF + f_{d/np}$$

$$BPTSF = 100 \cdot \left(1 - e^{-0.000879 \cdot v_p}\right)$$

כאשר:

BPTSF – אחוז הזמן הבסיסי שבו נוסעים בעקיבה (משוואה תחתונה);  
 $f_{d/np}$  – מקדם תיקון להשפעת ההתפלגות הכיוונית ואחוז אזורי איסור עקיפה על PTSF, כתלות  
 בשיעור הזרימה הדו-כיווני (איור 20-12, HCM ישראלי 2005).

**ערכי ברירת המחדל** להתפלגות הכיוונית בדרכים דו-נתיביות הינם: 60/40 לדרכים בין-עירוניות  
 מובהקות או מעויירות, ו-80/20 לדרכי נופש.

#### ה. קביעת רמת השירות:

לצורך קביעת רמת השירות יש לבדוק תחילה אם שיעור הזרימה  $V_p$  גדול מהקיבולת (3200 ית"ן לשעה). במידה שכן, רמת השירות היא F. במידה שלא, יש לחשב את מהירות הנסיעה הממוצעת ואת אחוז זמן העקיבה לצורך קביעת רמת השירות בהתאם לטבלה 8.3.

#### 8.2.5 נפחי השירות לתכן דרכים דו-נתיביות

רמת השירות לתכן דרך דו-נתיבית הינה D לדרכים ראשיות או אזוריות שממוקמות באזור מישורי, ו-E לדרכים אזוריות הממוקמות באזורים אחרים. טבלאות 8.5-8.7 המבוססות על איור 12-15 ב-HCM הישראלי (2005) מציגות ערכים של נפחי שירות (כלי-רכב לשעה לשני הכיוונים) למהירויות זרימה חופשית של 90 ו-80 קמ"ש. מהירויות אלו, המהוות מהירויות תפעול, מייצגות בקירוב את מהירויות התכן, אם כי יכולות להיות מעט גבוהות יותר. מהירות התכן המרבית שנקבעה בהנחיות אלה לדרך דו-נתיבית חדשה הינה 80 קמ"ש (פרק 2). ערכי נפחי השירות למהירות תכן 90 קמ"ש הוספו לטבלאות לצרכי מידע של נפחי שירות לרמת שירות B לפחות לדרכים קיימות.

ערכי נפחי השירות לתכן נתונים לאחוזי רכב כבד שבין 10% ל-15%. טבלה 8.5 מתאימה לטופוגרפיה מישורית, טבלה 8.6 לטופוגרפיה גבעית, וטבלה 8.7 לטופוגרפיה הררית.

ערכי **מקדמי הית"ן** המרביים לרכב כבד נקבעו ל-1.7 עבור טופוגרפיה מישורית, 2.5 עבור טופוגרפיה גבעית, ו-6 לטופוגרפיה הררית.

הנחת הפיצול הכיווני הינה 60/40, והנחות אחוזי איסור עקיפה הינם 20% לטופוגרפיה מישורית, 40% לטופוגרפיה גבעית, ו-60% לטופוגרפיה הררית.

כדי לקבל את ערכי התכן לנפח היומי המרבי יש לחלק את ערכי התכן במקדם  $K (= DHV/AADT)$  האופייני לדרך (5%-10%). K האופייני לתנאי ישראל הינו 8%. ערכי התכן של הנפח היומי מובאים בטבלה 8.8.

**טבלה 8.5:** ערכי נפחי שירות לתכן לרמות השירות השונות בדרכים דו-נתיביות בטופוגרפיה מישורית (כלי-רכב לשעה לשני הכיוונים) מעובד מתוך: Hardwood et al. (1999)

רמת שירות					מהירות הזרימה החופשית (קמ"ש)	% רכב כבד
E	D	C	B	A		
2675	1570	900	-	-	90	10%-15%
2675	1420	490	-	-	80	

**טבלה 8.6:** ערכי נפחי שירות לתכן לרמות השירות השונות בדרכים דו-נתיביות בטופוגרפיה גבעית (כלי-רכב לשעה לשני הכיוונים) מעובד מתוך: Hardwood et al. (1999)

רמת שירות					מהירות הזרימה החופשית (קמ"ש)	% רכב כבד
E	D	C	B	A		
2495	1490	705	260	-	90	10%-15%
2495	1095	275	-	-	80	

**טבלה 8.7:** ערכי נפחי שירות לתכן לרמות השירות השונות בדרכים דו-נתיביות בטופוגרפיה הררית (כלי-רכב לשעה לשני הכיוונים) מעובד מתוך: Hardwood et al. (1999)

רמת שירות					מהירות הזרימה החופשית (קמ"ש)	% רכב כבד
E	D	C	B	A		
1505	565	345	175	-	90	10%
1505	565	200	-	-	80	
1395	500	305	155	-	90	15%
1395	500	175	-	-	80	

### 8.2.6 הרחבת דרך דו-נתיבית

מומלץ להרחיב דרך דו-נתיבית לדרך דו-מסלולית תוך התחשבות באילוצי שטח ואילוצי תקציב כאשר:

(א) רמת השירות תרד מתחת לרמת שירות D בדרכים ראשיות.

(ב) רמת השירות תרד מתחת לאמצע התחום בין רמת שירות D ו-E בדרכים אזוריות בטופוגרפיה מישורית וגבעית.

(ג) רמת השירות תרד מתחת לרמת שירות E בדרכים אזוריות בטופוגרפיה הררית.

אמצע תחום רמות השירות D ו-E נקבע כאשר מדדי רמת השירות (מהירות נסיעה ממוצעת ואחוז זמן עקיבה) או נפחי השירות לתכן הינם באמצע התחום שבין המעבר מרמת שירות D לרמת שירות E. לטבלה 8.8 הוספה עמודה המראה את אמצע תחום נפח השירות היומי בין אותם גבולות, למטרה זו.

טבלה 8.9 מייצגת ערכים נפחיים יומיים (AADT) מייצגים להרחבה עבור תנאי הארץ לפי  $K=0.08$ .

### 8.3 דרכים דו-מסלוליות רב-נתיביות (Multilane Highways)

#### 8.3.1 מבוא

בדרך דו-מסלולית רב-נתיבית מוקצים נתיבים מוגדרים לשימוש כל כיוון בתנועה. כל אחד מהכיוונים מתפקד כחד-סטרי, וכלי-הרכב חופשיים לבצע עקיפות תוך התחשבות בעומס התנועה בכיוון שלהם בלבד, ואין לכיוון נסיעה אחד השפעה על הכיוון הנגדי.

יחד עם זאת, ייתכנו שעות שיא שונות והתפלגות שונה של נפחי התנועה בשעות היממה בכל אחד מהכיוונים. רמות השירות ונפחי השירות יחושבו לכל כיוון (מסלול) לחוד, בהתאם למספר הנתיבים לכיוון.

המתודולוגיה לחישוב רמת השירות מבוססת על ה-HCM הישראלי (משרד התחבורה 2005). המתודולוגיה המוצגת בפרק זה הינה עבור דרך רב-נתיבית שאיננה דרך מהירה, בה ייתכנו גישות עם צמתים מרומזרים ללא מיחלוף. ההנחה היא שהזרימה ללא הפרעות, כלומר מרחק ארוך יחסית בין הרמזורים, כך שאזור הניתוח לא נמצא בקרבת רמזור.

#### 8.3.2 הקיבולת

הקיבולת של דרך דו-מסלולית רב-נתיבית בתנאי הבסיס הינה בתחום של 2000-2200 ית"ן (מכוניות נוסעים) לנתיב לשעה. מהירות זרימה חופשית המייצגת בקירוב את מהירות התכן מהווה את ההבדל בין הקיבולות: קיבולת של 2000 ית"ן לנתיב לשעה תתאים למהירות תכן של 80 קמ"ש, 2100 ית"ן לנתיב לשעה – ל-90 קמ"ש, ו-2200 ית"ן לנתיב לשעה ל-100 קמ"ש. הקיבולת הינה שיעור הזרימה לרמת שירות E.

בדרכים דו-מסלוליות הכוללות צמתים מרומזרים, הקיבולת נקבעת על פי ניתוח הצמתים, ולא על פי הקיבולת של קטע הדרך כפי שהוצג לעיל.

**טבלה 8.8:** ערכי תכן לנפח היומי המרבי לרמות השירות (כלי-רכב ליום לשני הכיוונים) בדרך חד-מסלולית דו-נתיבית, עבור 15% רכב כבד ומהירות זרימה חופשית 80 קמ"ש

רמת שירות						K=DHV/AADT
<sup>(1)</sup> D-E	E	D	C	B	A	
<sup>(2)</sup> מישורי						
20480	26750	14200	4900	-	-	0.10
22760	29720	15775	5450	-	-	0.09
25600	33440	17750	6125	-	-	<sup>(3)</sup> 0.08
29260	38215	20285	7000	-	-	0.07
34135	44585	23665	8165	-	-	0.06
40960	53500	28400	9800	-	-	0.05
<sup>(2)</sup> גבעי						
17970	24950	10950	2750	-	-	0.10
19965	27720	12165	3055	-	-	0.09
22460	31185	13685	3440	-	-	<sup>(3)</sup> 0.08
25670	35645	15645	3930	-	-	0.07
29950	41585	18250	4585	-	-	0.06
35940	49900	21900	5500	-	-	0.05
<sup>(2)</sup> הררי						
9380	13780	5000	1750	-	-	0.10
10425	15310	5555	1945	-	-	0.09
11725	17225	6250	2185	-	-	<sup>(3)</sup> 0.08
13400	19685	7140	2500	-	-	0.07
15635	22965	8335	2915	-	-	0.06
18760	27560	10000	3500	-	-	0.05

(1) D-E – אמצע התחום שבין הקצוות לרמות שירות D ו-E – נפחי התכן המומלצים להרחבה מחד-מסלולי לדו-מסלולי.

(2) לפי הגדרות בסעיף 8.1.6.

(3) ערך K האופייני לתנאי ישראל הינו 0.08.

**טבלה 8.9:** נפחי התכן המומלצים להרחבה מדרך דו-נתיבית לדרך דו-מסלולית (כלי רכב ליום לשני הכיוונים)

רמת השירות להרחבה	נפח תכן מומלץ להרחבה (כלי רכב ליום לשני הכיוונים) K=0.08	טופוגרפיה	סיווג תפקודי של הדרך
D	17,750	מישורית	ראשית
D	13,685	גבעית	
D-E	25,600	מישורית	אזורית
D-E	22,460	גבעית	
E	17,225	הררית	

D-E – אמצע התחום שבין הקצוות לרמות שירות D ו-E.

### 8.3.3 רמות השירות

המדד העיקרי לקביעת רמת השירות בדרכים רב-נתיביות הינו צפיפות התנועה (D), מכוניות נוסעים לק"מ לנתיב). מדדים נוספים הם שיעור זרימת השירות ( $V_p$ ) ומהירות הזרימה הממוצעת של כלי הפרטיים (S):

$$D = \frac{V_p}{S}$$

טבלה 8.10 מציגה קריטריונים של רמת שירות לדרכים רב-נתיביות שאינן מהירות. תרשים 8.2 מראה עקומות מהירות-נפח וקוים שווי צפיפות לרמות השירות השונות.

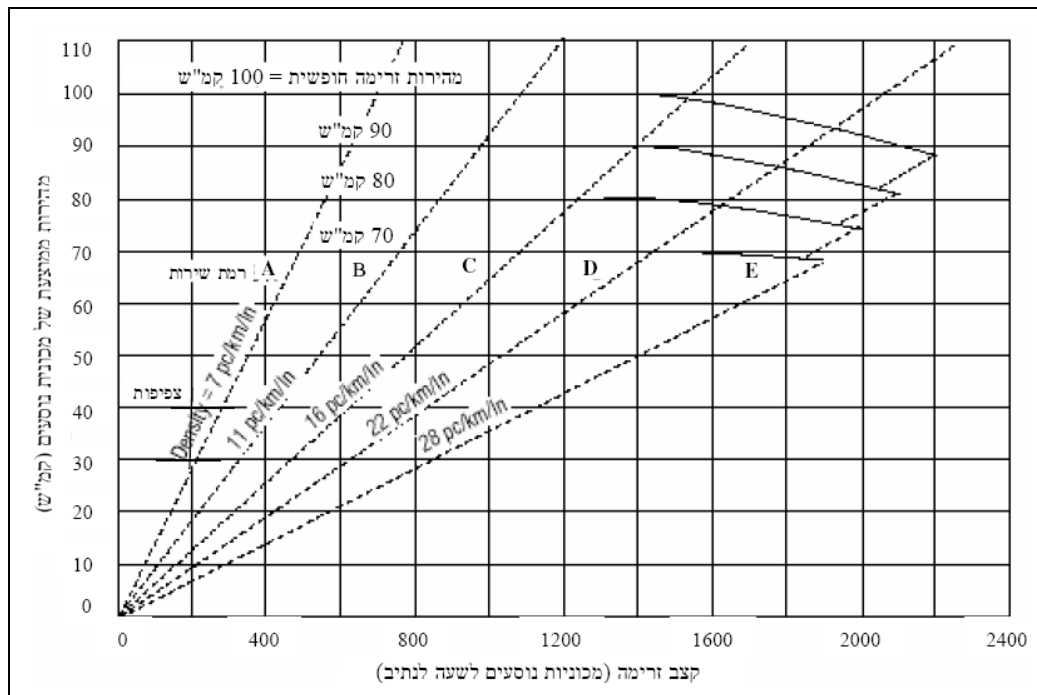
המתודולוגיה לקביעת רמת השירות מוצגת בטבלה 8.11. לצורך קביעת רמת השירות צריך לחשב את מהירות הזרימה החופשית בפועל (FFS) ושיעור הזרימה ( $V_p$ ).

נתוני הקלט הינם: נתונים גיאומטריים, נפח ביקוש, ומהירות הזרימה החופשית הבסיסית (BFFS) המייצגת את מהירות התכן. לחילופין ניתן לבצע מדידה בשטח של מהירות הזרימה החופשית (בשיעורי זרימה הנמוכים מ-1400 ית"ן לשעה לנתיב).

**טבלה 8.10:** קריטריוני רמת שירות לדרכים רב-נתיביות שאינן מהירות  
מקור: HCM ישראל (משרד התחבורה 2005)

רמת שירות					קריטריון*	מהירות הזרימה החופשית (קמ"ש)
E	D	C	B	A		
25	22	16	11	7	צפיפות, D	100
2200	2015	1575	1100	700	שיעור הזרימה, $V_p$	
26	22	16	11	7	צפיפות, D	90
2100	1860	1435	990	630	שיעור הזרימה, $V_p$	
26	22	16	11	7	צפיפות, D	80
2000	1705	1280	880	560	שיעור הזרימה, $V_p$	

\* הצפיפות נמדדת במכוניות נוסעים /ק"מ/נתיב, שיעור הזרימה במכוניות נוסעים/שעה/נתיב



**תרשים 8.2:** שילוב עקומות מהירות-זרימה לקריטריוני רמות שירות –  
דרכים רב-נתיביות  
מקור: HCM ישראל (משרד התחבורה 2005)

**טבלה 8.11:** מתודולוגיה לרמת שירות עבור דרכים רב-נתיביות ודרכים מהירות מעובד מתוך: HCM ישראל (משרד התחבורה 2005)

1.	<b>חישוב מהירות זרימה חופשית – FFS:</b> תיקון מהירות הזרימה החופשית הבסיסית (BFFS) לפי: מקדם רוחב נתיב, מרווח רוחבי, צפיפות נקודות גישה (לדרך דו-מסלולית), מקדם תיקון למספר נתיבים, ומקדם תיקון לצפיפות מחלפים (לדרך מהירה). לחילופין באמצעות מדידה בשטח.
2.	<b>חישוב שיעור הזרימה (<math>V_p</math>):</b> לפי: נפח ביקוש (כלי-רכב לשעה), מקדם שעת השיא – PHF, מקדם כלי-רכב כבד – $f_{HV}$ , מספר הנתיבים, ומקדם אוכלוסיית הנהגים (1.0 עבור יוממים).
3.	הגדרת עקומת מהירות-נפח וקביעת מהירות הזרימה (S), בהתבסס על שיעור הזרימה ומהירות הזרימה החופשית (FFS).
4.	חישוב הצפיפות (D) לפי שיעור הזרימה והמהירות הממוצעת.
5.	קביעת רמת השירות.

**א. מהירות זרימה חופשית:**

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_A$$

- FFS – מהירות הזרימה החופשית בפועל (קמ"ש);
- BFFS – מהירות הזרימה החופשית הבסיסית (קמ"ש); ערך ברירת מחדל – 100 קמ"ש (בקירוב, מהירות תכן מרבית);
- $f_{LW}$  – מקדם תיקון לרוחב נתיב (איור 4-21, HCM ישראלי 2005). רוחב נתיב 3.6 מטר לא מצריך מקדם תיקון להפחתת FFS;
- $f_{LC}$  – מקדם תיקון למרווח הרוחבי (איור 5-21, HCM ישראלי 2005); מרווח רוחבי כולל של 3.6 אינו מצריך מקדם תיקון להפחתת FFS; המרווח הרוחבי הכולל (TLC) מורכב מהמרווח הימני LCR (מקצה ימני של נתיבי התנועה ועד למכשול בצד הדרך – לכל היותר 1.8 מטר), ומהמרווח השמאלי מהקצה השמאלי של נתיבי הנסיעה עד למפרדה (לכל היותר 1.8 מטר);
- $f_A$  – מקדם תיקון לצפיפות נקודות גישה לק"מ (איור 7-21, HCM ישראלי 2005). צפיפות זו נמדדת לכיוון הנסיעה, כאשר צומת ייחשב נקודת גישה, במידה שמהווה הפרעה לתנועה בכיוון הרלוונטי.

**ערכי ברירת המחדל במדריך** עבור צפיפות הגישות הינם 5 לפיתוח כפרי, 10 לפיתוח פרברי בצפיפות נמוכה, ו-15 לפיתוח פרברי מעויר בצפיפות גבוהה.



ב. שיעור הזרימה:

$$V_p = \frac{V}{(PHF \cdot N \cdot f_{HV})}$$

- $V_p$  – שיעור זרימת השירות ל-15 דקות השיא (ית"ן לשעה, מכוניות נוסעים לשעה);
- $V$  – נפח הביקוש לשעה (כלי-רכב לשעה);
- PHF – מקדם שעת השיא;
- $N$  – מספר הנתיבים;
- $f_{HV}$  – מקדם תיקון לכלי-רכב כבד כתלות בטופוגרפיה (ראו איור 8-21 למקדמי הית"ן למשאיות, HCM,  $E_T$  ישראלי 2005).

מקדם התיקון לרכב הכבד מיוצג לפי נוסחה הזוהה לדרך דו-נתיבית. לצורך חישוב זה אוטובוסים ייחשבו כמו משאיות. **מקדמי הית"ן** הינם 1.5 לאזור מישורי, 2.5 לאזור גבעי ו-4.5 לאזור הררי.

**ערכי ברירת המחדל** במדריך לאחוז רכב כבד (משאיות ואוטובוסים) בדרכים רב-נתיביות הינם 10% לדרך בין-עירונית מובהקת ו-5% לדרך בין-עירונית מעויירת.

במידה שאורך שיפוע הקטן מ-3% עולה על 1.6 ק"מ, או שאורך שיפוע הגדול מ-3% עולה על 0.8 ק"מ, יש להתייחס לקטע באופן ספציפי לשיפוע עולה או לשיפוע יורד:

עבור **שיפוע עולה**, מקדם הית"ן למשאיות ואוטובוסים תלוי באורך השיפוע ובאחוז הרכב הכבד, בהתאם לאיור 9-21 (HCM ישראלי, 2005).

בשיפוע **יורד** של 4% או יותר ובאורך העולה על 6.4 ק"מ, מקדם הית"ן למשאיות ואוטובוסים מתקבל בהתאם לאיור 11-21 (HCM ישראלי, 2005) כתלות באורך השיפוע ובאחוז המשאיות.

**שיפוע משוקלל**: בקטע המכיל שיפועים של 4% או פחות, או באורך שיפועים הקטן מ-1200 מטר, ניתן לחשב שיפוע משוקלל (הפרש גבהים מחולק באורך) ולקבל את מקדם הית"ן בהתאם לשיפוע זה לצורך ניתוח הקטע.

### 8.3.4 גבולות הניתוח

האורך המזערי של קטע המצריך ניתוח נפרד הינו 760 מטר. הגבולות של קטעי הניתוח צריכים להיות במרחק העולה על 400 מטר מצומת מרומזר. תנאים נוספים היכולים לקבוע את חלוקת הדרך לניתוח: (1) שינוי במספר הנתיבים, (2) שינוי של 2% או יותר בשיפוע, או שיפוע עולה באורך של 1220 מטר ויותר, (3) שינוי משמעותי בצפיפות הגישות, (4) שינוי בהגבלת המהירות.

### 8.3.5 נפחי השירות לתכן דרכים רב-נתיביות

רמת השירות לתכן דרך דו-מסלולית שאיננה דרך מהירה הינה D לדרכים ראשיות או אזוריות במישור, ו-E לדרכים אזוריות הממוקמות באזור גבעי או הררי.

טבלה 8.12 המבוססת על שיעורי זרימת השירות, מקדמי הית"ן וערכי ה-PHF, מציגה ערכים של נפחי שירות (כלי-רכב לשעה לכיוון לנתיב) למהירות זרימה חופשית של 98 קמ"ש. מהירות זו המייצגת בקירוב את מהירויות התכן, נקבעה בהנחה של צפיפות גישה של 3 גישות לקילומטר, ולפי תנאי בסיס של רוחב נתיב ומרווח רוחבי.

ערכי נפחי השירות לתכן נתונים לאחוזי רכב כבד של 10% ו-15% ולטופוגרפיה מישורית, גבעית, והררית. ערכי **מקדמי הית"ן** המרביים לרכב כבד הינם 1.5, 2.5 ו-4.5 לטופוגרפיה מישורית, גבעית, והררית בהתאמה (איור 8-21, HCM ישראלי 2005).

כדי לקבל את ערכי התכן לנפח היומי המרבי, יש לחלק את ערכי התכן במקדם K האופייני לדרך (-5% ו-10%). K האופייני לתנאי ישראל הינו 8%. ערכי התכן של הנפח היומי מובאים בטבלאות 8.13 ו-8.14 עבור 10% ו-15% רכב כבד (בהתאמה), ומהירות זרימה חופשית בפועל (FFS) 98 קמ"ש.

**טבלה 8.12:** ערכי נפחי שירות לתכן לרמות השירות השונות בדרך דו-מסלולית רב-נתיבית (כלי-רכב לשעה לכיוון לנתיב) – מהירות הזרימה החופשית 98 קמ"ש

רמת שירות					% רכב כבד	טופוגרפיה*
E	D	C	B	A		
1970	1775	1355	925	575	10%	מישורית
1925	1735	1325	900	560	15%	
1800	1620	1240	845	525	10%	גבעית
1690	1520	1160	790	495	15%	
1535	1380	1055	720	445	10%	הררית
1360	1225	935	635	395	15%	

\* לפי ההגדרות בסעיף 8.1.6.

**טבלה 8.13:** ערכי תכן לנפח היומי המרבי לרמות השירות השונות בדרך דו-מסלולית רב-נתיבית לא ממוחלפת (כלי-רכב ליום לכיוון לנתיב), עבור 10% רכב כבד ומהירות הזרימה החופשית בפועל 98 קמ"ש

רמת שירות					K=DHV/AADT	טופוגרפיה*
E	D	C	B	A		
19700	17750	13550	9250	5750	0.10	מישורית
21900	19720	25055	10280	6390	0.09	
24625	22185	16935	11560	7185	0.08	
28140	25355	19355	13215	8215	0.07	
32835	29585	22585	15415	9585	0.06	
39400	35500	27100	18500	11500	0.05	
18000	16200	12400	8450	5250	0.10	גבעית
20000	18000	13780	9390	5835	0.09	
22500	20250	15500	10560	6560	0.08	
25715	23145	17715	12070	7500	0.07	
30000	27000	20665	14085	8750	0.06	
36000	32400	24800	16900	10500	0.05	
15350	13800	10550	7200	4450	0.10	הררית
17055	15335	11720	8000	4945	0.09	
19185	17250	13185	9000	5560	0.08	
21930	19715	15070	10285	6355	0.07	
25585	23000	17585	12000	7415	0.06	
30700	27600	21100	14400	8900	0.05	

\* לפי ההגדרות בסעיף 8.1.6.  
 ערך K אופייני לדרכים הבין-עירוניות בישראל הינו 0.08.

**טבלה 8.14:** ערכי תכן לנפח היומי המרבי לרמות השירות השונות בדרך דו-מסלולית רב-נתיבית לא ממוחלפת (כלי-רכב ליום לכיוון לנתיב), עבור 15% רכב כבד ומהירות הזרימה החופשית בפועל 98 קמ"ש

רמת שירות					K=DHV/AADT	טופוגרפיה*
E	D	C	B	A		
19250	17350	13250	9000	5600	0.10	מישורית
21390	19280	14720	10000	6220	0.09	
24060	21685	16560	11250	7000	0.08	
27500	24785	18930	12855	8000	0.07	
32085	28915	22085	15000	9335	0.06	
38500	34700	26500	18000	11200	0.05	
16900	15200	11600	7900	4950	0.10	גבעית
18775	16890	12890	8775	5500	0.09	
21125	19000	14500	9875	6185	0.08	
24145	21715	16570	11285	7070	0.07	
28165	25335	19335	13165	8250	0.06	
33800	30400	23200	15800	9900	0.05	
13600	12250	9350	6350	3950	0.10	הררית
15110	13610	10390	7055	4390	0.09	
17000	15315	11685	7935	4935	0.08	
19430	17500	13355	9070	5645	0.07	
22665	20415	15585	10585	6585	0.06	
27200	24500	18700	12700	7900	0.05	

\* לפי ההגדרות בסעיף 8.1.6.  
 ערך K אופייני לדרכים הבין-עירוניות בישראל הינו 0.08.

## 8.4 דרכים דו-מסלוליות מהירות (freeways)

### 8.4.1 מבוא

דרך מהירה הינה דרך דו-מסלולית עם בקרה מלאה על הגישות, ושני נתיבים או יותר לכיוון. דרכים מהירות מספקות זרימת תנועה ללא הפרעות. במפלס הדרך המהירה אין צמתים מרומזרים או צמתים מבוקרים בתמורים. הגישה לדרך המהירה וממנה מבוצעת רק באמצעות רמפות של מחלפים, כאשר

כיווני הזרימה המנוגדים מופרדים ברציפות על ידי מפרדה רציפה. התפעול בדרך המהירה מושפע בעיקר מהאינטרקציה בין כלי-הרכב, המאפיינים הגיאומטריים, והמאפיינים הסביבתיים.

בדומה לדרכים רב-נתיביות שאינן מהירות, חישוב רמות השירות ונפחי השירות יחושבו לכל כיוון (מסלול) לחוד בהתאם למספר הנתיבים לכיוון.

דרכים מעויירות מהירות העוברות באזורים מטרופוליניים ועירוניים נכנסות לקטגוריה של דרכים מהירות. הן נבדלות מהדרכים המהירות הבין-עירוניות בצפיפות מחלפים גבוהה יותר ובהעברת נפחי תנועה גבוהים יחסית. הבדלים אלו מתבטאים במהירות הזרימה החופשית הבסיסית: 120 קמ"ש לדרך מהירה, ו-110 קמ"ש לדרך מעויירת מהירה (מהירויות התכן המרביות).

המתודולוגיה לחישוב רמת השירות מבוססת על ה-HCM הישראלי (משרד התחבורה 2005).

#### 8.4.2 הקיבולת

הקיבולת של דרך מהירה רב-נתיבית בתנאי בסיס הינה בתחום של 2250-2400 ית"ן לשעה (כלי-רכב פרטיים לשעה לנתיב). מהירות זרימה חופשית המייצגת בקירוב את מהירות התכן מהווה את ההבדל בין הקיבולות: קיבולת של 2250 ית"ן לשעה לנתיב תתאים למהירות תכן של 90 קמ"ש, 2300 ית"ן לשעה לנתיב – ל-100 קמ"ש, 2350 ית"ן לשעה לנתיב – ל-110 קמ"ש, ו-2400 ית"ן לשעה לנתיב – ל-120 קמ"ש. הקיבולת הינה שיעור הזרימה המרבי לרמת שירות E.

#### 8.4.3 רמות השירות

המדד העיקרי לקביעת רמת השירות בדרכים רב-נתיביות הינו צפיפות התנועה (D), כלי-רכב פרטיים לק"מ לנתיב). מדדים נוספים הם שיעור זרימת השירות ( $V_p$ ) ומהירות הזרימה של כלי הפרטיים (S):

$$D = \frac{V_p}{S}$$

טבלה 8.15 מציגה קריטריונים של רמת שירות לדרכים מהירות. תרשים 8.3 מראה עקומות מהירות-נפח וקווים שווים צפיפות לרמות השירות השונות. ספי הצפיפות (המגדירות את רמות השירות) זהים לכל תחום מהירויות התכן.

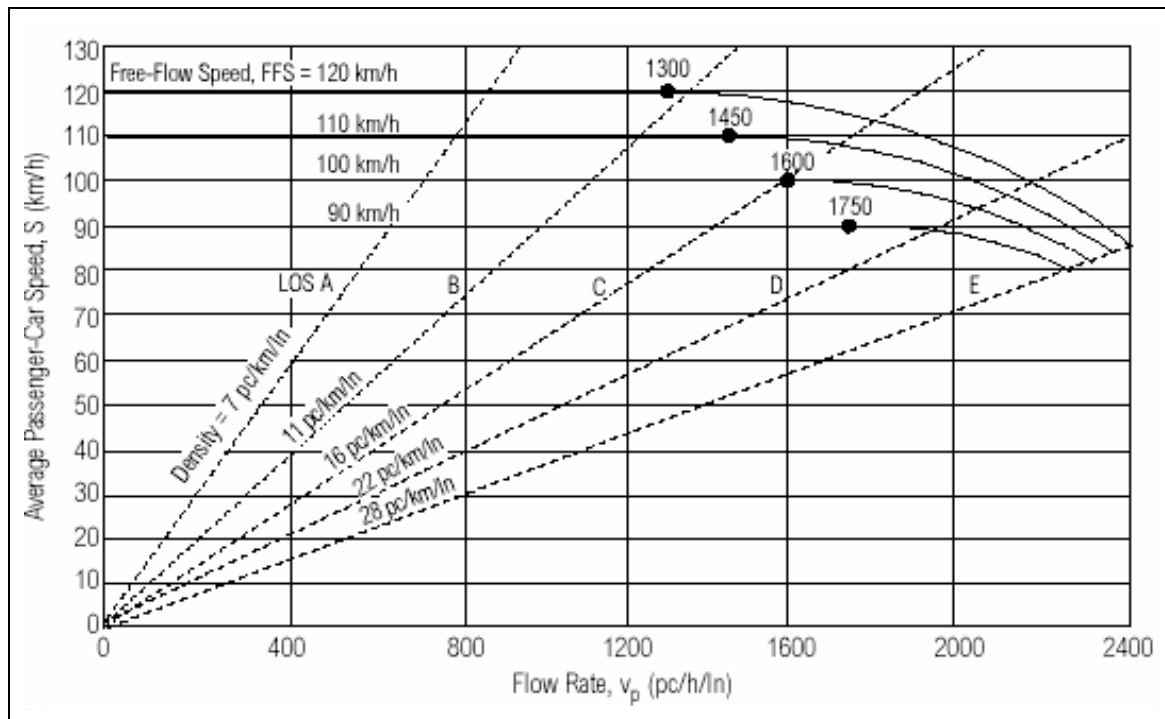
המתודולוגיה לקביעת רמת השירות זהה למתודולוגיה של דרכים רב-נתיביות שאינן מהירות, כפי שמוצגת בטבלה 8.11. לצורך קביעת רמת השירות צריך לחשב את מהירות הזרימה החופשית (FFS) ושיעור הזרימה ( $V_p$ ).

נתוני הקלט הינם: נתונים גיאומטריים, נפח ביקוש, ומהירות הזרימה החופשית הבסיסית (BFFS), המייצגת את מהירות התכן. לחילופין ניתן לבצע מדידה בשטח של מהירות הזרימה החופשית (בשיעור זרימה הנמוכים מ-1,300 ית"ן לשעה לנתיב).

**טבלה 8.15:** קריטריוני רמת שירות לדרכים רב-נתיביות מהירות  
מקור: HCM ישראל (משרד התחבורה 2005)

רמת שירות					קריטריון*	מהירות הזרימה החופשית (קמ"ש)
E	D	C	B	A		
28	22	16	11	7	צפיפות, D	120
2400	2200	1840	1320	840	שיעור הזרימה, $V_p$	
28	22	16	11	7	צפיפות, D	110
2350	2135	1740	1210	770	שיעור הזרימה, $V_p$	
28	22	16	11	7	צפיפות, D	100
2300	2065	1600	1100	700	שיעור הזרימה, $V_p$	
28	22	16	11	7	צפיפות, D	90
2250	1955	1440	990	630	שיעור הזרימה, $V_p$	

\* הצפיפות נמדדת במכוניות נוסעים /ק"מ/נתיב, שיעור הזרימה במכוניות נוסעים/שעה/נתיב



**תרשים 8.3:** שילוב עקומות מהירות-זרימה לקריטריוני רמות שירות – דרכים מהירות  
מקור: HCM ישראל (משרד התחבורה 2005)

ניתן לחשב את מהירות הזרימה S (שלב 3 במתודולוגיה) בהתאם לנוסחאות שלהלן, על בסיס תחום של שיעורי זרימה ( $V_p$ ) בתלות במהירות הזרימה החופשית, או להשתמש בעקומות מהירות-זרימה.

עבור:

$$90 \leq \text{FFS} \leq 120 \quad \text{מהירות זרימה חופשית:}$$

$$(3100 - 15 \cdot \text{FFS}) < V_p \leq (1800 + 5 \cdot \text{FFS}) \quad \text{ותחום שיעור זרימה:}$$

מהירות הזרימה (S) הינה:

$$S = \text{FFS} - \left[ \frac{1}{28} \cdot (23 \cdot \text{FFS} - 1800) \cdot \left( \frac{V_p + 15 \cdot \text{FFS} - 3100}{20 \cdot \text{FFS} - 1300} \right)^{2.6} \right]$$

ועבור:

$$90 \leq \text{FFS} \leq 120 \quad \text{מהירות זרימה חופשית:}$$

$$V_p \leq (3100 + 15 \cdot \text{FFS}) \quad \text{ותחום שיעור זרימה:}$$

מהירות הזרימה (S) משתווה למהירות הזרימה החופשית (FFS):

$$S = \text{FFS}$$

כאשר:

- S – מהירות הזרימה או מהירות ממוצעת של מכונית נוסעים (קמ"ש);
- $V_p$  – שיעור הזרימה (מכוניות נוסעים לשעה לנתיב);
- FFS – מהירות הזרימה החופשית בפועל (קמ"ש).

**א. מהירות זרימה חופשית בפועל:**

$$\text{FFS} = \text{BFFS} - f_{LW} - f_{LC} - f_N - f_{ID}$$

כאשר:

- FFS – מהירות הזרימה החופשית בפועל (קמ"ש);
- BFFS – מהירות הזרימה החופשית הבסיסית (קמ"ש) – 110 קמ"ש לדרך מעויירת מהירה ו-120 קמ"ש לדרך מהירה (בקירוב מהירות התכן המרבית);
- $f_{LW}$  – מקדם תיקון לרוחב נתיב (איור 4-23, HCM ישראלי 2005). רוחב נתיב 3.6 מטר לא מצריך מקדם תיקון להפחתת FFS;
- $f_{LC}$  – מקדם תיקון למרווח הצידי של השול הימני, כלומר המרחק מקצה השול הסלול לקצה הנתיבים (איור 5-23, HCM ישראלי 2005). מרווח צידי של 1.8 מטר אינו מצריך מקדם תיקון להפחתת FFS;

- $f_N$  – מקדם תיקון למספר הנתיבים (איור 6-23, HCM ישראלי 2005). עבור 5 נתיבים או יותר אין צורך במקדם הפחתה. הנתיבים הנספרים הינם נתיבי תנועה ראשיים ללא נתיבי HOV (High Occupancy Vehicles);
- $F_{ID}$  – מקדם תיקון לצפיפות המחלפים (איור 7-23, HCM ישראלי 2005). עבור 0.3 מחלפים לק"מ ומטה אין צורך במקדם הפחתה. רמפות יציאה בלבד לא ייחשבו כמחלפים.

## ב. שיעור הזרימה:

$$V_p = \frac{V}{(PHS \cdot N \cdot f_{HV})}$$

כאשר:

- $V_p$  – שיעור זרימת השירות ל-15 דקות השיא (ית"ן לשעה, מכוניות נוסעים לשעה);
- $V$  – נפח הביקוש לשעה (כלי-רכב לשעה);
- $PHF$  – מקדם שעת השיא;
- $N$  – מספר הנתיבים;
- $f_{HV}$  – מקדם תיקון לכלי-רכב כבד כתלות בטופוגרפיה (ראו איור 8-23 למקדמי הית"ן למשאיות, HCM ישראלי 2005,  $E_T$ ).

מקדם התיקון לרכב הכבד מיוצג לפי נוסחה הזוהה לדרך דו-נתיבית. לצורך חישוב זה אוטובוסים ייחשבו כמו משאיות. **מקדמי הית"ן** הינם 1.5 לקרקע מישורית, 2.5 לקרקע גבעית ו-4.5 לקרקע הררית (איור 8-21, HCM ישראלי, משרד התחבורה 2005).

**ערכי ברירת המחדל** במדריך לאחוז רכב כבד (משאיות ואוטובוסים) בדרכים מהירות הינם 10% לדרך בין-עירונית מובהקת ו-5% לדרך בין-עירונית מעויירת.

במידה שאורך שיפוע הקטן מ-3% עולה על 1.0 ק"מ, או שאורך שיפוע הגדול מ-3% עולה על 0.5 ק"מ, יש להתייחס לקטע באופן ספציפי לשיפוע עולה או לשיפוע יורד:

עבור קטע ספציפי **בשיפוע עולה**, מקדם הית"ן למשאיות ואוטובוסים תלוי באורך השיפוע ובאחוז הרכב הכבד, בהתאם לאיור 9-23 (HCM ישראלי, 2005). אורך השיפוע כולל את הקטע הישר ו-25% מאורך העקום האנכי בהתחלה ובסוף השיפוע.

**בשיפוע יורד** של 4% או יותר ובאורך העולה על 6.4 ק"מ, מקדם הית"ן למשאיות ואוטובוסים מתקבל בהתאם לאיור 11-23 (HCM ישראלי, 2005) כתלות באורך השיפוע ובאחוז המשאיות.

**שיפוע משוקלל:** בקטע המכיל שיפועים של 4% או פחות, או באורך שיפועים הקטן מ-1200 מטר, ניתן לחשב שיפוע משוקלל (הפרש גבהים מחולק באורך), ולקבל את מקדם הית"ן בהתאם לשיפוע זה לצורך ניתוח הקטע.



#### 8.4.4 גבולות הניתוח

גבולות הניתוח הטבעיים של הקטע הנבדק הינם רמפת כניסה או רמפת יציאה, מכיוון שהנפח של התנועה בדרך המהירה משתנה לפניו או אחריה. תנאים נוספים היכולים להכתיב חלוקה נוספת של הקטע המנותח הינם: (1) שינוי במספר הנתיבים, (2) שינוי במרווח הצידדי של השול הימני, (3) שינוי של 2% או יותר בשיפוע, או שיפוע עולה קבוע באורך של 1220 מטר ויותר, (4) שינוי מהירות מותרת.

#### 8.4.5 נפחי השירות לתכן דרכים מהירות

רמת השירות לתכן דרך דו-מסלולית מהירה הינה C באזור מישורי ו-D בשאר האזורים.

טבלאות 8.16 ו-8.17 המבוססות על שיעורי זרימת השירות, מקדמי הית"ן וערכי ה-PHF, מציגות ערכים של נפחי שירות שעתיים (כלי-רכב לשעה לכיוון לנתיב) למהירות זרימה חופשית של 115 קמ"ש לדרך מהירה בין-עירונית, ו-105 קמ"ש לדרך מעויירת מהירה. מהירויות אלו המייצגות בקירוב את מהירויות התכן, נקבעו בהנחה של 3 נתיבים לכיוון לפי תנאי בסיס של רוחב נתיב, מרווח צידי של השול הימני וצפיפות מחלפים.

**טבלה 8.16:** ערכי נפחי השירות השעתיים לתכן לרמות השירות השונות בדרך מהירה בין-עירונית (כלי-רכב לשעה לכיוון לנתיב) – מהירות זרימה חופשית בפועל 115 קמ"ש

רמת שירות					% רכב כבד	טופוגרפיה*
E	D	C	B	A		
2200	1990	1605	1110	690	5%	מישורית
2150	1940	1570	1085	675	10%	
2100	1895	1530	1060	660	15%	
2100	1895	1530	1060	660	5%	גבעית
1960	1770	1430	990	615	10%	
1840	1665	1345	930	580	15%	
1920	1735	1400	970	605	5%	הררית
1670	1510	1220	845	525	10%	
1480	1335	1080	745	465	15%	

\* לפי ההגדרות בסעיף 8.1.6.

**טבלה 8.17:** ערכי נפחי השירות השעתיים לתכן לרמות השירות השונות בדרך מעויירת מהירה (כלי-רכב לשעה לכיוון לנתיב) – מהירות זרימה חופשית בפועל 105 קמ"ש

רמת שירות					% רכב כבד	טופוגרפיה*
E	D	C	B	A		
2155	1925	1515	1035	660	5%	מישורית
2105	1880	1480	1015	645	10%	
2055	1835	1445	990	630	5%	גבעית
1920	1715	1350	925	590	10%	
1880	1680	1320	905	575	5%	הררית
1635	1460	1150	785	500	10%	

\* לפי ההגדרות בסעיף 8.1.6.

ערכי נפחי השירות לתכן נתונים לאחוזי רכב כבד של 5% ו-10% ולטופוגרפיה מישורית, גבעית, והררית. לדרכים מהירות בין-עירוניות מובהקות הוספו ערכי נפח שירות לתכן גם ל-15% רכב כבד.

כדי לקבל את ערכי התכן לנפח היומי המרבי, יש לחלק את ערכי התכן במקדם K האופייני לדרך (5%-10%). K האופייני לתנאי ישראל הינו 8%. ערכי התכן של הנפח היומי מובאים בטבלאות 8.18-8.21. טבלאות 8.18, 8.19 ו-8.20 מתייחסות לדרך מהירה במהירות זרימה חופשית בפועל (FFS) של 115 קמ"ש עבור 15%, 10% ו-5% רכב כבד. טבלה 8.21 מתייחסת לדרך מעויירת מהירה במהירות זרימה חופשית בפועל של 105 קמ"ש עבור 5% רכב כבד.

**טבלה 8.18:** ערכי תכן לנפח היומי המרבי לרמות השירות השונות בדרך מהירה בין-עירונית (כלי-רכב ליום לכיוון לנתיב), עבור 15% רכב כבד ומהירות זרימה חופשית בפועל 115 קמ"ש

רמת שירות					K=DHV/AADT	טופוגרפיה*
E	D	C	B	A		
21000	18950	15300	10600	6600	0.10	מישורית
23335	21055	17000	11780	7335	0.09	
26250	23690	19125	13250	8250	0.08	
30000	27070	21855	15145	9430	0.07	
35000	31585	25500	17665	11000	0.06	
42000	37900	30600	21200	13200	0.05	
18400	16650	13450	9300	5800	0.10	גבעית
20445	18500	14945	10335	6445	0.09	
23000	20815	16815	11625	7250	0.08	
26285	23785	19215	13285	8285	0.07	
30665	27750	22415	15500	9665	0.06	
36800	33300	26900	18600	11600	0.05	
14800	13350	10800	7450	4650	0.10	הררית
16445	14835	12000	8280	5165	0.09	
18500	16690	13500	9315	5815	0.08	
21145	19070	15430	10645	6645	0.07	
24665	22250	18000	12415	7750	0.06	
29600	26700	21600	14900	9300	0.05	

\* לפי ההגדרות בסעיף 8.1.6.  
 ערך K אופייני לדרכים הבין-עירוניות בישראל הינו 0.08.

**טבלה 8.19:** ערכי תכן לנפח היומי המרבי לרמות השירות השונות  
בדרך מהירה בין-עירונית (כלי-רכב ליום לכיוון לנתיב),  
עבור 10% רכב כבד ומהירות זרימה חופשית בפועל 115 קמ"ש

רמת שירות					K=DHV/AADT	טופוגרפיה*
E	D	C	B	A		
21500	19400	15700	10850	6750	0.10	מישורית
23890	21555	17445	12055	7500	0.09	
26875	24250	19625	13560	8435	0.08	
30715	27715	22430	15500	9645	0.07	
35835	32335	26165	18085	11250	0.06	
43000	38800	31400	21700	13500	0.05	
19600	17700	14300	9900	6150	0.10	גבעית
21775	19665	15890	11000	6835	0.09	
24500	22125	17875	12375	7685	0.08	
28000	25285	20430	14145	8785	0.07	
32665	29500	23835	16500	10250	0.06	
39200	35400	28600	19800	12300	0.05	
16700	15100	12200	8450	5250	0.10	הררית
18555	16775	13555	9390	5835	0.09	
20875	18875	15250	10560	6560	0.08	
23855	21570	17430	12070	7500	0.07	
27835	25165	20335	14085	8750	0.06	
33400	30200	24400	16900	10500	0.05	

\* לפי ההגדרות בסעיף 8.1.6.  
ערך K אופייני לדרכים הבין-עירוניות בישראל הינו 0.08.

**טבלה 8.20:** ערכי תכן לנפח היומי המרבי לרמות השירות השונות בדרך מהירה בין-עירונית (כלי-רכב ליום לכיוון לנתיב), עבור 5% רכב כבד ומהירות זרימה חופשית בפועל 115 קמ"ש

רמת שירות					K=DHV/AADT	טופוגרפיה*
E	D	C	B	A		
22000	19900	16050	11000	6900	0.10	מישורית
24445	22110	17835	12335	7665	0.09	
27500	24875	20060	13875	8625	0.08	
31430	28430	22930	15855	9855	0.07	
36665	33165	26750	18500	11500	0.06	
44000	39800	32100	22200	13800	0.05	
19090	17225	13910	9635	6600	0.10	גבעית
23335	21055	17000	11780	7335	0.09	
26250	23685	19125	13250	8250	0.08	
30000	27070	21855	15145	9430	0.07	
35000	31585	25500	17665	11000	0.06	
42000	37900	30600	21200	13200	0.05	
19200	17350	14000	9700	6050	0.10	הררית
21335	19275	15555	10775	6720	0.09	
24000	21685	17500	12125	7560	0.08	
27430	24785	20000	13855	8645	0.07	
32000	28915	23335	16165	10085	0.06	
38400	34700	28000	19400	12100	0.05	

\* לפי ההגדרות בסעיף 8.1.6.  
 ערך K אופייני לדרכים הבין-עירוניות בישראל הינו 0.08.

**טבלה 8.21:** ערכי תכן לנפח היומי המרבי לרמות השירות השונות  
בדרך מעויירת מהירה (כלי-רכב ליום לכיוון לנתיב),  
עבור 5% רכב כבד ומהירות זרימה חופשית בפועל 105 קמ"ש

רמת שירות					K=DHV/AADT	טופוגרפיה*
E	D	C	B	A		
21550	19250	15150	10350	6600	0.10	מישורית
23945	21390	16835	11500	7335	0.09	
26935	24060	18935	12935	8250	0.08	
30785	27500	21645	14785	9430	0.07	
35915	32085	25250	17250	11000	0.06	
43100	38500	30300	20700	13200	0.05	
20550	18350	14450	9900	6300	0.10	גבעית
22835	20390	16055	11000	7000	0.09	
25685	22935	18060	12375	7875	0.08	
29355	26215	20645	14145	9000	0.07	
34250	30585	24085	16500	10500	0.06	
41100	36700	28900	19800	12600	0.05	
18800	16800	13200	9050	5750	0.10	הררית
20890	18665	14665	10055	6390	0.09	
23500	21000	16500	11310	7185	0.08	
26855	24000	18855	12930	8215	0.07	
31335	28000	22000	15085	9585	0.06	
37600	33600	26400	18100	11500	0.05	

\* לפי ההגדרות בסעיף 8.1.6.  
ערך K אופייני לדרכים הבין-עירוניות בישראל הינו 0.08.

## פרק 9: תנועת אופניים

### תוכן עניינים

9-1	מבוא	9.1
9-2	התייחסות להנחיות קיימות	9.2
9-2	נתוני הבסיס לתכן תשתית לאופניים	9.3
9-2	9.3.1 מהירות הנסיעה הטיפוסית ומהירות התכן	
9-2	9.3.2 מעטפת המרווחים האופקיים	
9-3	רמות הפרדה לתנועת אופניים	9.4
9-5	חתכי רוחב אופייניים	9.5
9-5	9.5.1 נתיב אופניים (רמת הפרדה ב') – תרשימים 9.4-9.3	
9-6	9.5.2 שביל אופניים (רמת הפרדה ג') – תרשימים 9.6-9.5	
9-7	9.5.3 תרשימים אופייניים	
9-15	תכן גיאומטרי	9.6
9-15	9.6.1 מבוא	
9-15	9.6.2 השיפוע האורכי	
9-15	9.6.3 השיפוע לרוחב	
9-16	9.6.4 מרווח בטיחות אנכי	
9-16	9.6.5 עקומים אופקיים	
9-16	9.6.6 עקומים אנכיים	
9-16	9.6.7 חציית קטע דרך בין-עירונית על ידי שביל אופניים	
9-17	9.6.8 חציות ברמפות מחלפים	
9-17	9.6.9 מעבר עילי או תחתי	
9-17	9.6.10 שימוש במעבר תחתי קיים	

## פרק 9: תנועת אופניים

### 9.1 מבוא

על רקע עליית מחירי הדלקים ותשומת לב גוברת לנושאים סביבתיים, עולה המודעות הציבורית לתחבורת האופניים כאמצעי תחבורה יעיל לרכיבת יוממים.

המושג 'רכיבת יוממים' מתייחס לכל רכיבת אופניים אשר משמשת כאמצעי תחבורה לצרכים יום-יומיים, ולא לזו המשמשת למטרות כושר, נפש (כגון סיורי רכיבה ותיירות), או רכיבה ספורטיבית.

הדרכים הבין-עירוניות מהוות את הקשר העיקרי בין יישובים, אזורים ואתרים ברחבי הארץ, ולפיכך קיימת בהם גם תנועת אופניים למטרות האמורות לעיל. העדר תשתית לאופניים אינו מונע את תנועתם בכבישים, וככל שיגדל השימוש באופניים לצורכי יוממות, כך יגדל גם השימוש בהם לצרכים אחרים. לפיכך, קיומה של תשתית אופניים במסגרת רצועות הדרכים הבין-עירוניות, או במקביל להן, היא צורך בסיסי, שהימנעות משילובו עשויה לגרום לחיכוך מסוכן בין כלי הרכב לאופניים, שייאלצו לנוע בנתיבי הרכב.

רכיבה לצרכי יוממות היא רכיבה לטווחים קצרים ובינוניים (3-15 ק"מ), במהירויות אופייניות שבין 25 ל-30 קמ"ש בממוצע, נסיעות במסלולים יומיים קבועים, נסיעות לבית-ספר או למוסדות להשכלה גבוהה, לסידורים ולמטלות, ולהובלות/שליחויות. מרחק הנחשב כמרחק ממוצע הינו 5-7 ק"מ על גבי שביל סלול מתוחזק.

על פי הניסיון שנרכש בארץ ובעולם, השקעה בשבילי אופניים הביאה לגידול של ממש במספר רוכבי האופניים, ולירידה במספר תאונות הדרכים שמעורבים בהן רוכבי אופניים. גורמים נוספים המשפיעים על היקף ועוצמת הרכיבה לצרכי יוממות הם זיקת שבילי אופניים לרשת הכבישים הבין-עירונית, והקישוריות למערכת התחבורה הציבורית המשלימה אותה.

פיתוח תשתית האופניים לצרכי יוממות באופן שישרת את המשתמשים בצורה מיטבית, דורש ראייה רחבה. החברה הלאומית לדרכים הכינה מסמך מנחה "תכנית אב לשבילי אופניים ליוממים כחלק מרשת הדרכים הבין-עירונית" (2010), אשר בתקופת הביניים עד להשלמת תמ"א 42 יסייע בגיבוש פרוגרמה תכנונית לשבילי אופניים ליוממות בתכניות חדשות, ויהווה בסיס לקידום הנושא במסגרת הכנת תכנית אב לתנועת אופניים בין-עירונית, המשולבת ברשת הכבישים הקיימת והמתוכננת.

הפרק להלן מפרט את עקרונות התכן הגיאומטרי לתשתית לתנועת אופניים. לדיונים בפרק זה צורפו לוועדת ההיגוי:

- אדר' ליעד מרקוס – משרד דראל-פוספלד;
- מר יותם אביזוהר – עמותת "ישראל בשביל אופניים";
- גב' נועה צור – משרד התחבורה;
- אדר' אבינועם אבנון – החברה הלאומית לדרכים.



## 9.2 התייחסות להנחיות קיימות

מדיניות משרד התחבורה ביחס לתנועת אופניים, וכן הנחיות תכן מפורטות לתחום העירוני, פורסמו בספר "הנחיות לתכנון רחובות בערים – תנועת אופניים" של משרדי התחבורה והשיכון, מאוקטובר 2009, אשר עסק בשילוב תנועת אופניים בתשתית העירונית לכל רמותיה.

מרבית העקרונות ופרטי התכן שהוצגו בהנחיות האמורות הינם בתוקף גם בתכנון רצועות תנועה לאופניים ברשת הבין-עירונית, ולכן לא יפורטו פעם נוספת. הפרק שלפניכם עוסק רק באותם מרכיבים אשר פתרונם ברשת הבין-עירונית שונה מאשר ברשת העירונית – בעיקר שילוב האופניים בחתכי הרחוב האופייניים של הדרכים הבין-עירוניות, אשר שונים מהחתכים העירוניים, ולמאפיינים הגיאומטריים הנובעים מכך, שבניגוד לתשתית העירונית, בה תואי האופניים צמוד לתואי הרחוב על מאפייניו הגיאומטריים, לשביל הבין-עירוני ייתכן "קו אדום" שונה מאשר לדרך שלצידו.

להלן רשימת הפרקים בספר ההנחיות לתנועת אופניים בערים, אשר הינם בתוקף גם להנחיות הבין-עירוניות:

פרק 2 – בסיס התכנון לתנועת אופניים;

פרק 3 – התפישה המערכתית ועקרונות ליישומה;

פרק 5 – צמתים ומפגשים;

פרק 6 – תימורר ושילוט ההסדרים לאופניים;

פרק 8 – תכנון ועיצוב תשתיות פיזיות;

פרק 9 – נושאים משלימים.

במידה שנדרש גם תכנון מתקני חנייה לאופניים, הם יתוכננו לפי ההנחיות בפרק 7 – "חנייה" בהנחיות האמורות לעיל.

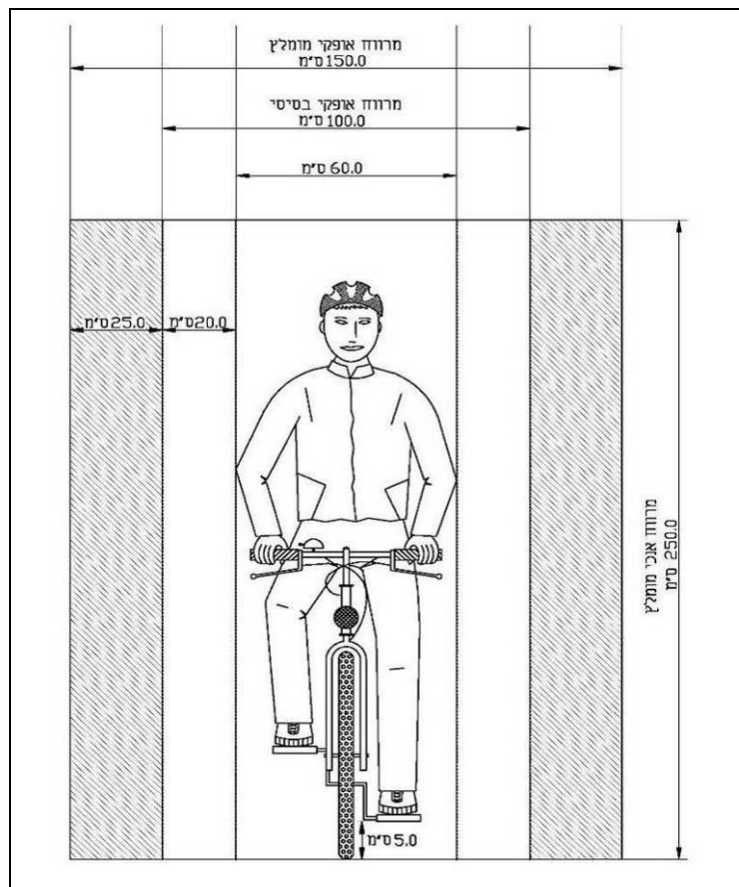
## 9.3 נתוני הבסיס לתכן תשתית לאופניים

### 9.3.1 מהירות הנסיעה הטיפוסית ומהירות התכן

מהירות הנסיעה הטיפוסית של רכיבה באופניים בדרכים בין-עירוניות הינה 20-30 קמ"ש. בירידות בשיפוע אורכי העולה על 4%, מהירות הרכיבה יכולה לעלות עד 50 קמ"ש. במהירויות בסדר גודל זה ההבדל בין מהירות הנסיעה הטיפוסית למהירות התכן איננו משמעותי, ולכן על בסיס מאפיינים אלו של מהירות הרכיבה באופניים, יותאמו המאפיינים הגיאומטריים למהירויות תכן של 30 קמ"ש במישור, ועד 50 קמ"ש בשיפועי ירידה של 4% ויותר. תחום מהירויות זה יכסה את סוגי הרכיבה השונים: רכיבה יוממית, רכיבה לצרכי פנאי ונופש, ורכיבה לצרכי ספורט.

### 9.3.2 מעטפת המרווחים האופקיים

נתוני מרחב הרכיבה הרחבי לרוכבי האופניים הינם זהים להנחיות העירוניות (2009), ומוצגים בתרשים 9.1. למידות האופייניות לאופניים עצמם – ראו תרשים 2.4 בהנחיות האמורות.



**תרשים 9.1:** מרווחים רוחביים נדרשים לאופניים

## 9.4 רמות ההפרדה לתנועת אופניים

בהנחיות לתנועת אופניים בערים הוגדרו 3 רמות הפרדה לתנועת אופניים:

- רמת הפרדה א' – תנועת אופניים משולבת בכביש עם התנועה המנועית.
- רמת הפרדה ב' – נתיב אופניים מסומן בצמוד לקצה הכביש/השול.
- רמת הפרדה ג' – שביל אופניים עם הפרדה פיזית או מרחבית מהכביש.

בדרך בין-עירונית לא תותר רמת הפרדה א' (תנועת אופניים משולבת עם תנועה מנועית).

### דרך חד-מסלולית

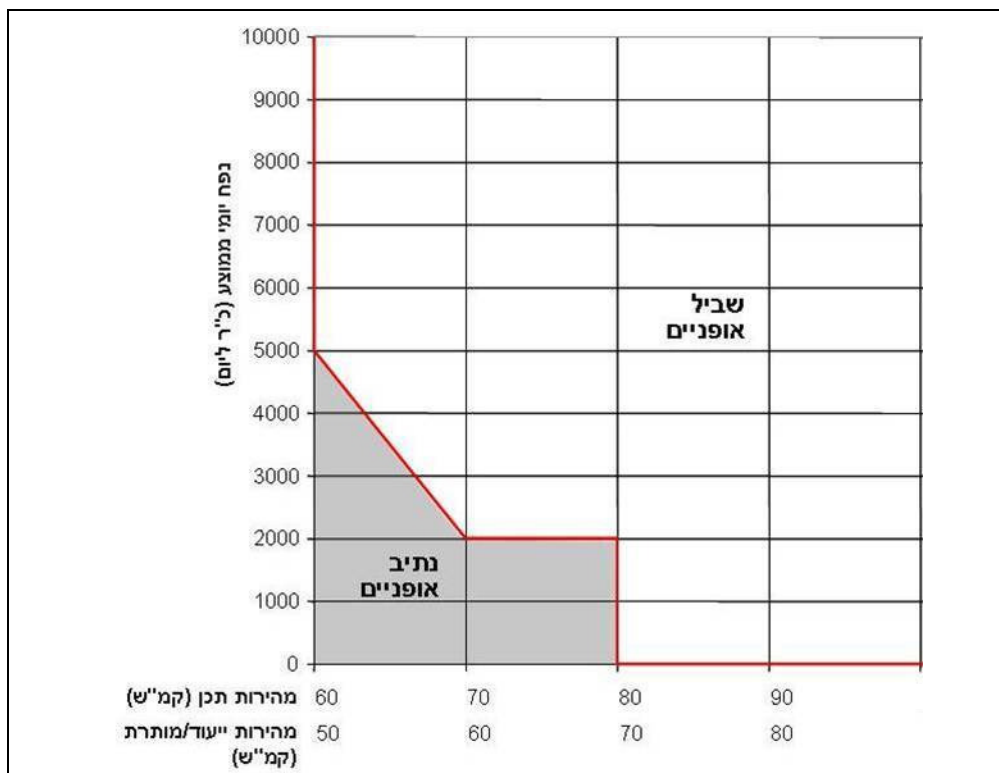
בדרך חד-מסלולית, במהירות יעוד 50-70 קמ"ש (מהירויות תכן 60-80 קמ"ש), אפשר להתקין שביל אופניים (רמת הפרדה ג') או נתיב אופניים (רמת הפרדה ב'), על בסיס הספים המוצעים בתרשים 9.2 ובכפוף לתנאי הדרך (שיקולים בטיחותיים וגיאומטריים).

לנתיב אופניים יתאים רק קו גבול הספים שבין 60 ל-80 קמ"ש. שאר המהירויות והמצבים יחייבו שביל אופניים. ספים אלו מהווים תנאי הכרחי אך לא תנאי מוחלט, כלומר ברמות מהירות-נפח המאפשרות פתרון של נתיב אופניים, ייתכן שתנאי הדרך יחייבו פתרון של שביל אופניים.

הערה: הגדרות מהירות התכן, המהירות המרבית המותרת, מהירות הייעוד והיחסים ביניהן יהיו על פי המפורט בסעיף 2.2 – "מהירות התכן ומהירות הייעוד" בפרק 2 לעיל.

### דרך דו-מסלולית

- בדרך דו-מסלולית (מהירה, ראשית, אזורית), ניתן לתכנן רק שביל אופניים (רמת הפרדה ג'), הניתן לשילוב בחתך לרוחב של הדרך.
- בתחומי דרך מעויירת מהירה ניתן לאפשר תנועת אופניים באמצעות שביל אופניים נפרד (רמת הפרדה ג'), למעט מקרים בהם ניתן לתכנן תשתית לאופניים בתוואי חלופי מקביל ברשת העירונית, המתאים למסלול האופניים הנדרש.



**תרשים 9.2:** ההסדר המומלץ לאופניים בדרך בין-עירונית חד-מסלולית בהתייחס למאפייני התנועה המנועית

## 9.5 חתכי רוחב אופייניים

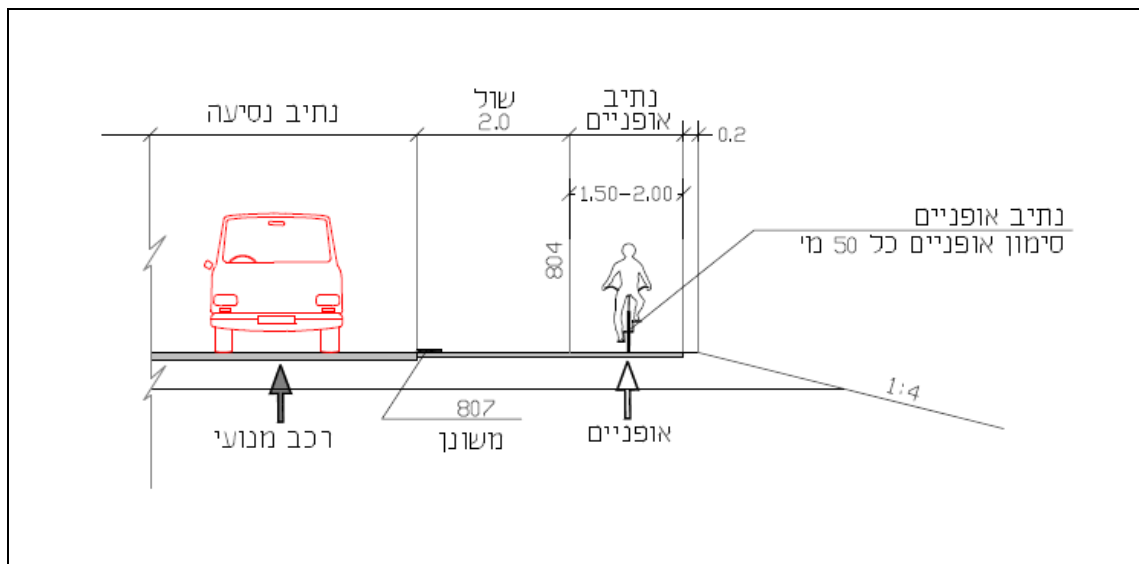
### 9.5.1 נתיב אופניים (רמת הפרדה ב') – תרשימים 9.3-9.4

נתיב האופניים בצד השול הוא חד-סיטרי. שול הכביש שמעברו משולב נתיב אופניים יהיה ברוחב 2.0 מטר, ללא קשר לרוחב השול הנדרש באותה דרך ללא האופניים, סלול (באספלט בדרך כלל) ומסומן על ידי סימון 807 משונן תרמופלסטי. הנתיב לאופניים ממוקם בצידו החיצוני של השול (הרחוק מהתנועה), ומסומן בצירור של אופניים (804) הכולל חץ כל כ-50 מ'.

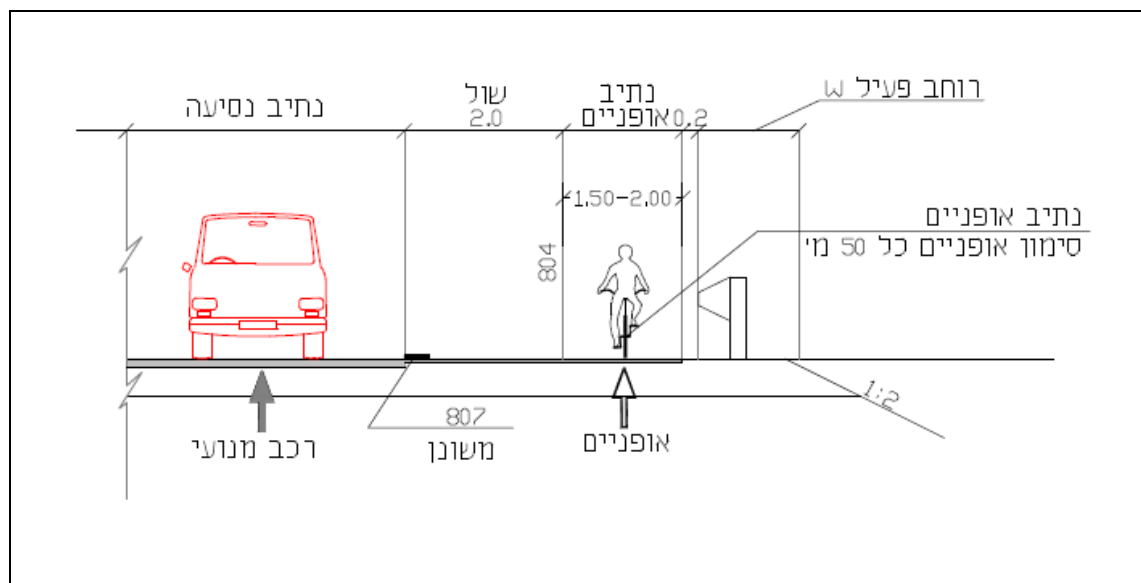
הרוחב המומלץ לנתיב אופניים הוא 1.5-2.0 מטר. השיקולים למתן העדפה לרוחב 2.0 מטר הם: אחוז גבוה של רוכבי ספורט ומהירות רכיבה גבוהה, ריבוי רוכבי אופניים והצורך באפשרות עקיפה, ותנאים קשים (שיפוע מעל 5%, עקומי S).

יש לשמור על מרחק של 20 ס"מ לפחות בין קצה נתיב האופניים לבין מכשולים סמוכים (עמודי תאורה, מעקות בטיחות וכיוצ"ב). אם לעמודי התאורה בסיס הבולט מפני הכביש, יימדד מרחק זה מקצה הבסיס ולא מדופן העמוד. תאורת הדרך היא הכרחית, וצריכה להאיר הן את נתיבי התנועה והן את נתיבי האופניים.

בתרשים 9.3 מוצג באופן עקרוני מיקום נתיב אופניים ללא מעקה בטיחות, ובתרשים 9.4 – עם מעקה בטיחות.



**תרשים 9.3:** תרשים עקרוני למיקום נתיב אופניים בדרך חד-מסלולית ללא מעקה בטיחות



**תרשים 9.4:** תרשים עקרוני למיקום נתיב אופניים בדרך חד-מסלולית עם מעקה בטיחות

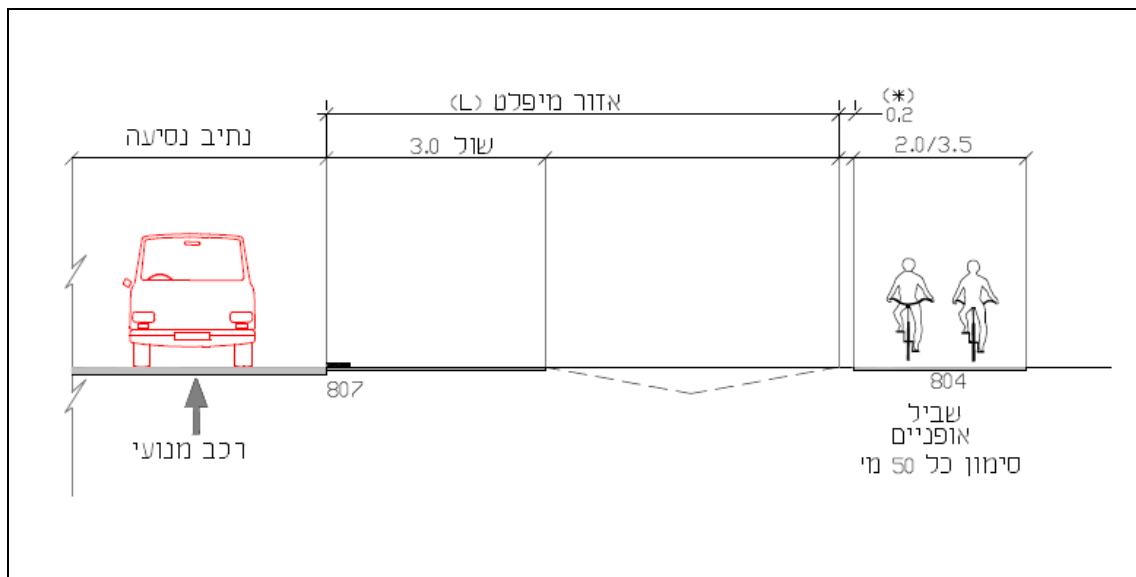
### 9.5.2 שביל אופניים (רמת הפרדה ג') – תרשימים 9.5-9.6

מיקומו של שביל אופניים הוא מעבר לשול הנדרש על פי הנחיות מע"צ. השביל יכול להיות חד-סיטרי או דו-סיטרי, בהתאם לתכנון הכולל של הרשת באזור, ורוחבו ייקבע בהתאם לכך:

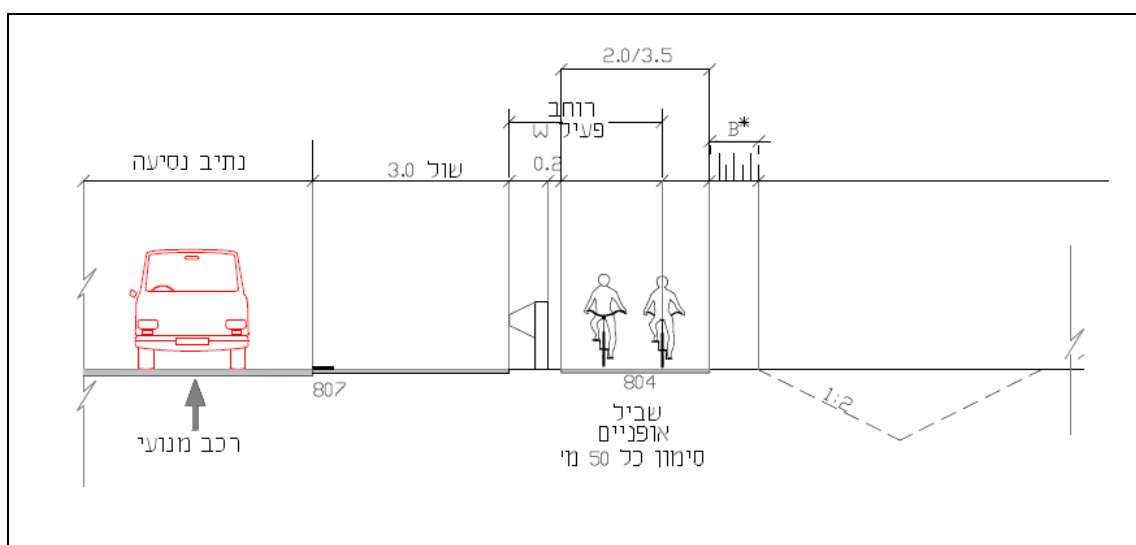
- שביל חד-סיטרי: 2.0 מטר מומלץ, 1.5 מטר מזערי (מאולץ);
- שביל דו-סיטרי: 3.5 מטר מומלץ, 3.0 מטר מזערי (מאולץ).

השביל יהיה מעבר לאזור המפלט במקרה בו לא נדרש מעקה בטיחות על פי ההצדקים הרגילים, כמתואר בתרשים 9.5, או מעבר למעקה הבטיחות, בתוך הרוחב הפעיל, במקרים בהם מאפייני הדרך מחייבים שימוש במעקות אלה. השביל ימוקם מעבר למעקה הבטיחות בחפיפה עם הרוחב הפעיל, כמתואר בתרשים 9.6, או מעבר לתעלה, כמתואר בתרשים 9.11. ההצדקים למעקות בטיחות ופרטי אזור המפלט ייקבעו על פי פרקים 2 ו-3 ב"הנחיות לבחירה ולהצבה של מעקות קבועים בדרכים בין-עירוניות" של משרד התחבורה. יש לשמור על מרחק של 20 ס"מ לפחות מקצה שביל האופניים עד לדופן הסמוכה של מכשולים קרובים, כגון עמודי תאורה ומעקות בטיחות. אם לעמודי התאורה בסיס הבולט מפני הכביש, יימדד מרחק זה מקצה הבסיס ולא מדופן העמוד. המרחק ממרכיבי חתך העלולים לערער את יציבות האופניים, כגון תעלה עמוקה, יהיה 50 ס"מ עם מפרדה רכה (צמחייה).

במקומות בהם הטופוגרפיה ורוחב זכות הדרך מאפשרים זאת, ניתן למקם את שביל האופניים מעבר לתעלת הניקוז, כל עוד שיפועי התעלה והשטח מתונים ואינם מהווים סכנה לרוכבי האופניים. שביל האופניים אינו חייב ללוות את תוואי הכביש – ניתן ורצוי אף לקצר את התוואי שלו כאשר זה אפשרי.



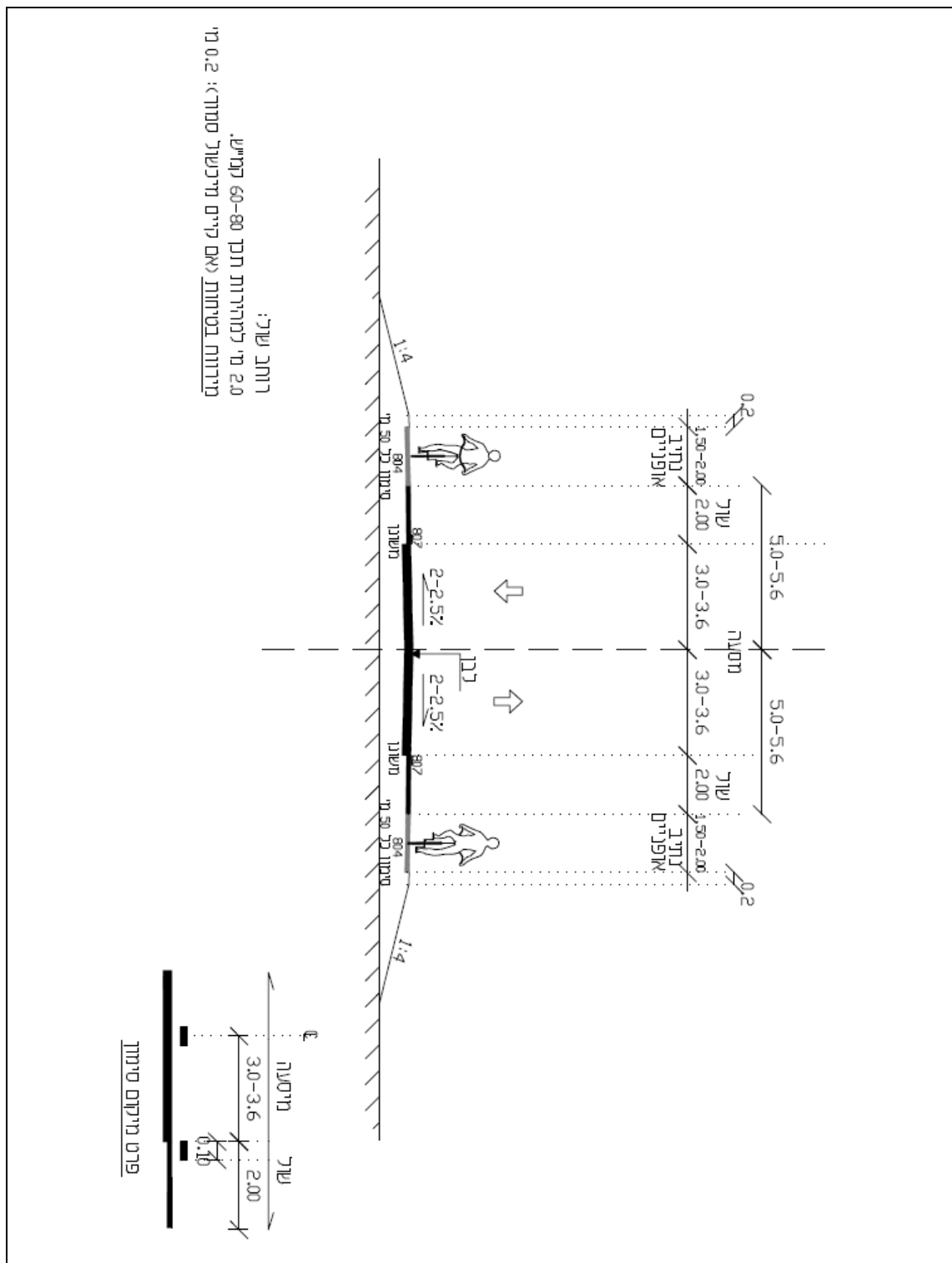
**תרשים 9.5:** תרשים עקרוני למיקום שביל אופניים מעבר לאזור המפלט



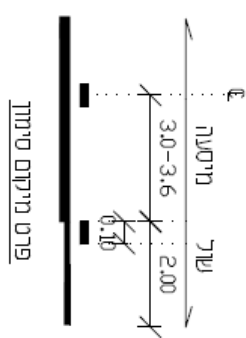
**תרשים 9.6:** תרשים עקרוני למיקום שביל אופניים מעבר למעקה הבטיחות

### 9.5.3 תרשימים אופייניים

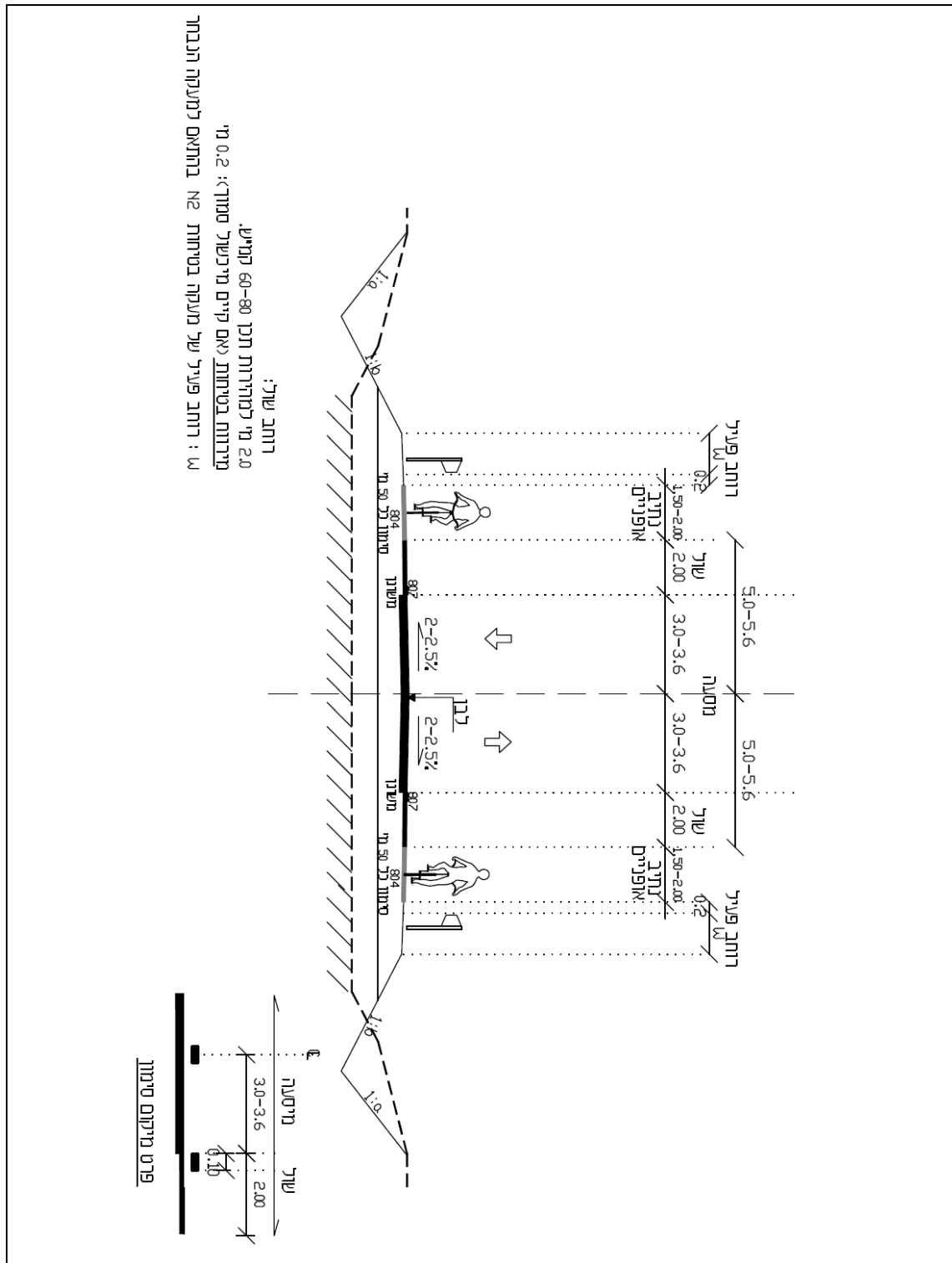
בתרשימים 9.7 ו-9.8 מוצגים חתכים אופייניים לנתיבי אופניים בדרכים חד-מסלוליות. בתרשימים 9.9-9.13 מוצגים חתכים אופייניים לשבילי אופניים בדרכים חד-מסלוליות ודו-מסלוליות.



רוחב שולי:  
 2.0 מ' למנהירות חבן 80-60 קמ"ש.  
 מידות בטוחות (אם קיים מילימטר סמור): 2.0 מ'

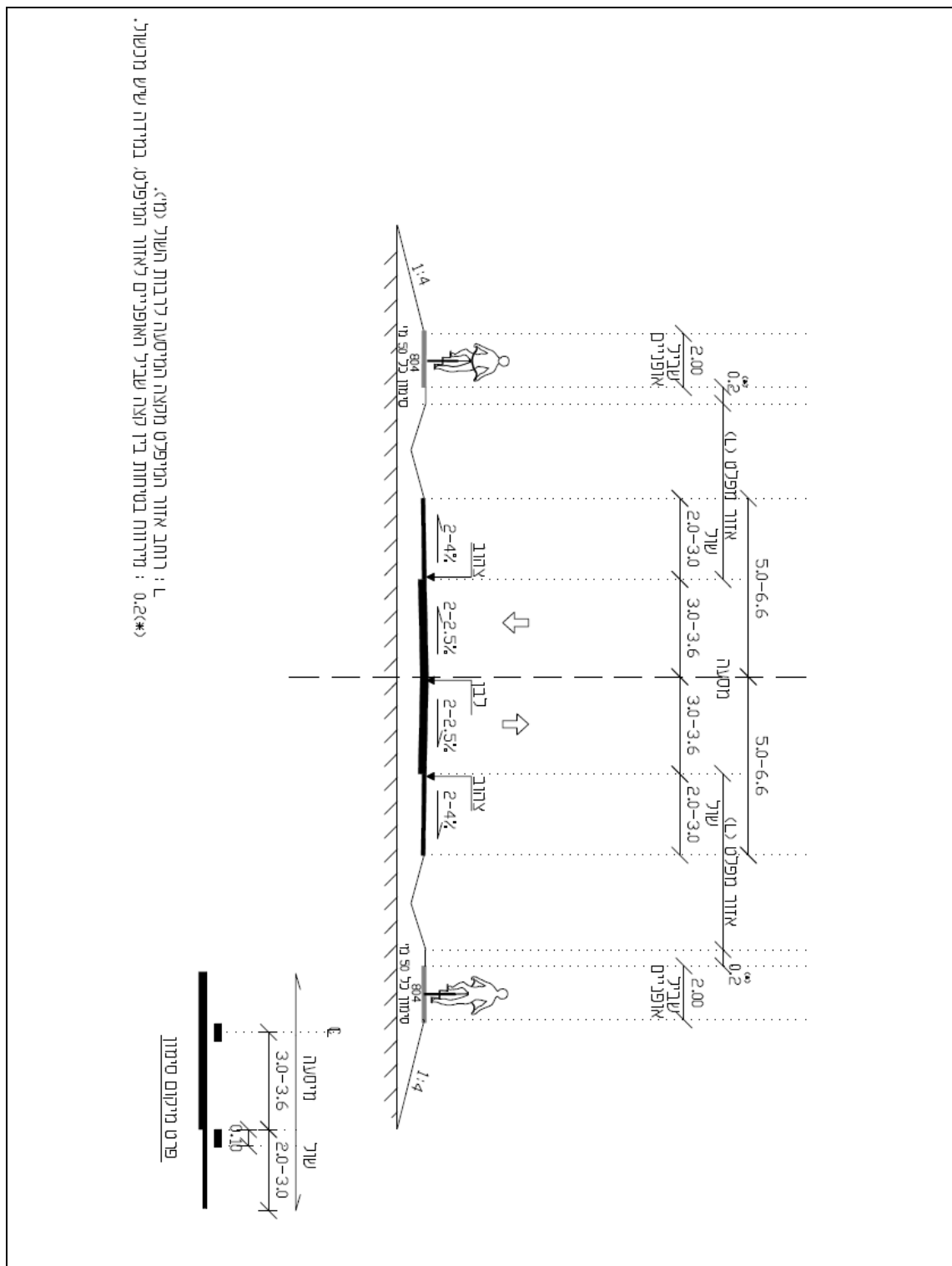


**תרשים 9.7:** נתיבי אופניים בדרך חד-מסלולית ללא מעקה בטיחות



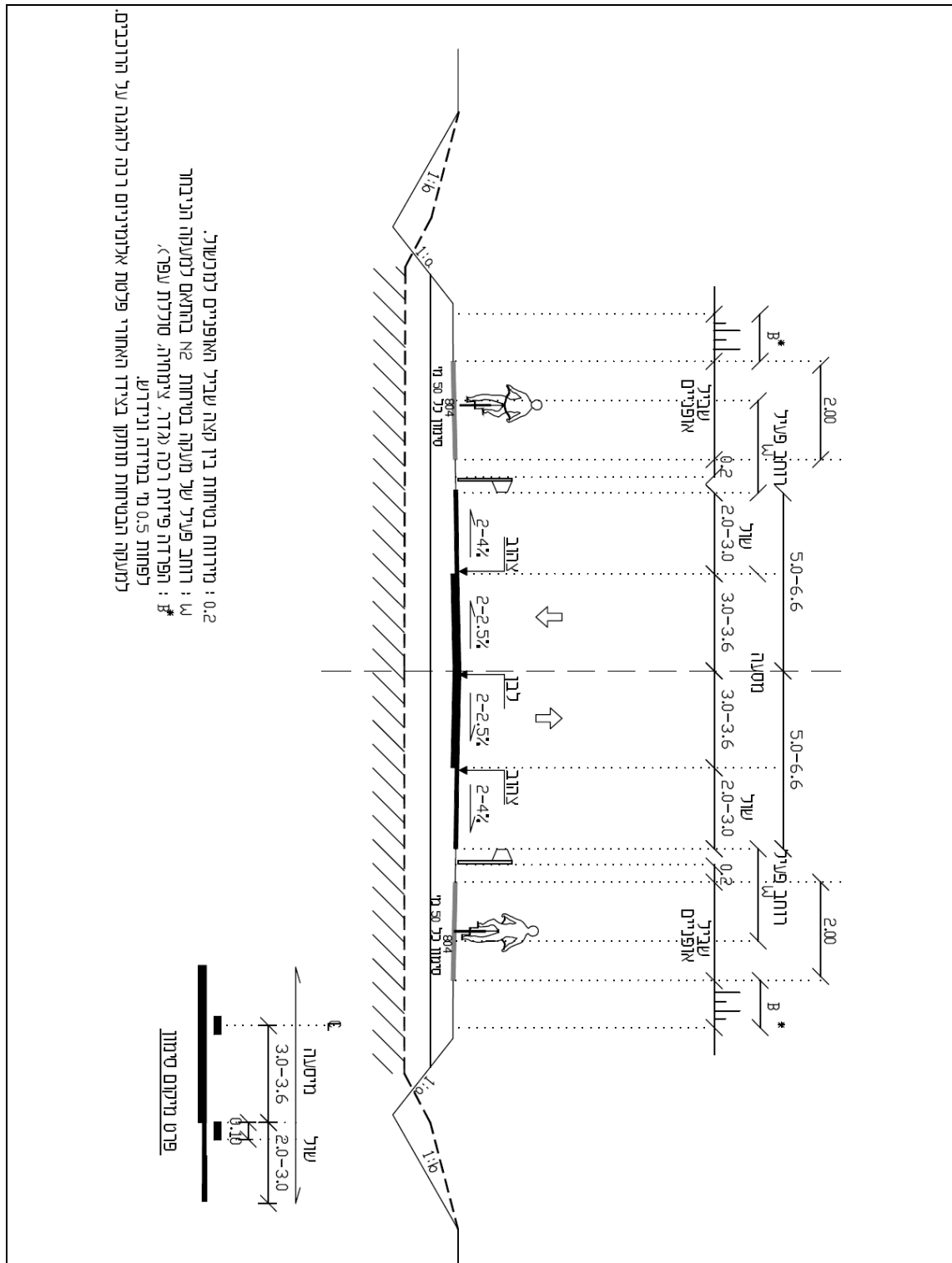
**תרשים 9.8:** נתיבי אופניים בדרך חד-מסלולית עם מעקה בטיחות



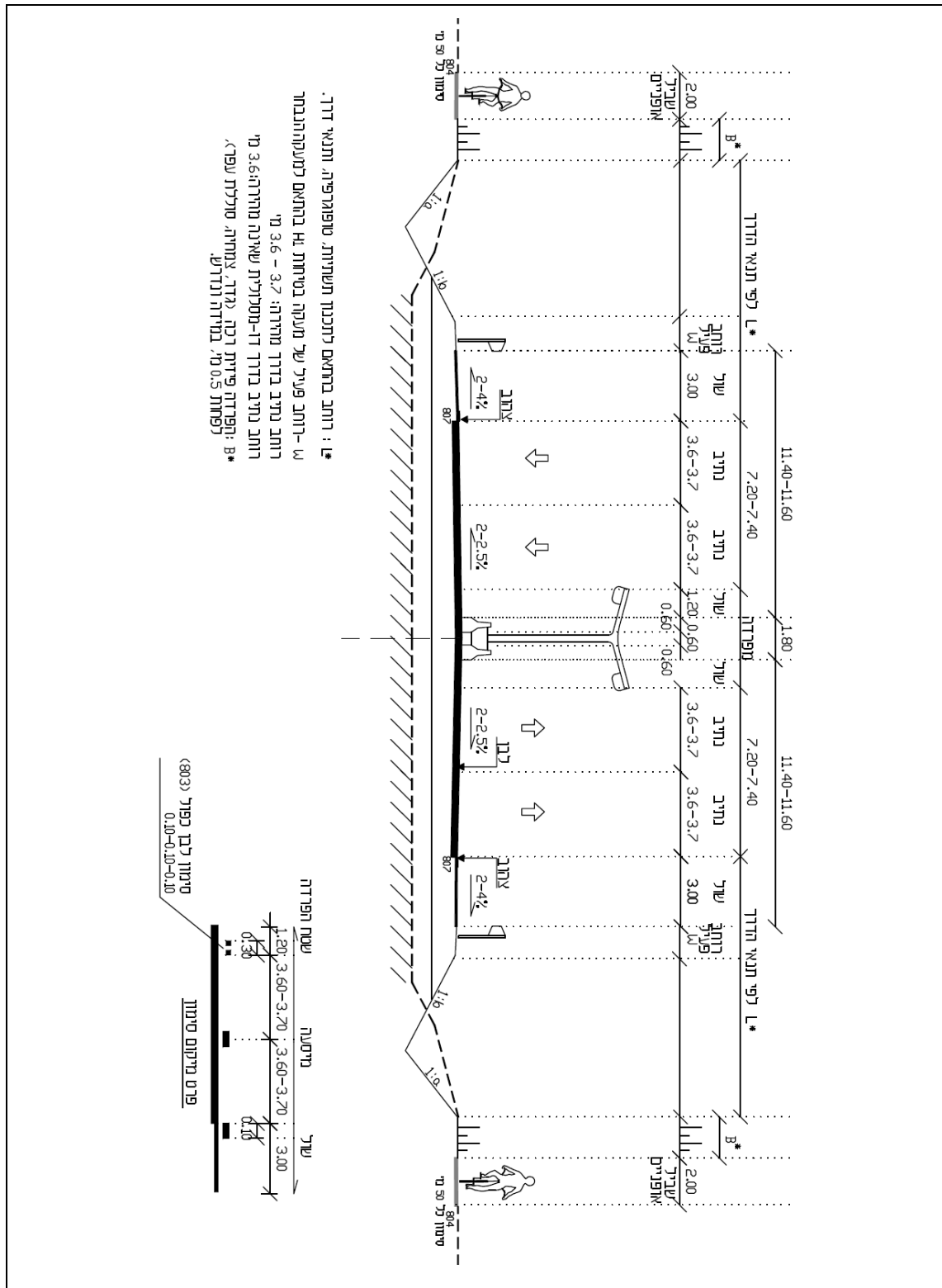


ל : רוחב אזור המיפלט מקצה המיסעה לרבות השול השולי (מ).  
 (\*): 0.2 : מרחוח בטיחות בין קצה שביל האופניים לאזור המיפלט. במידה שיש מיפלט.

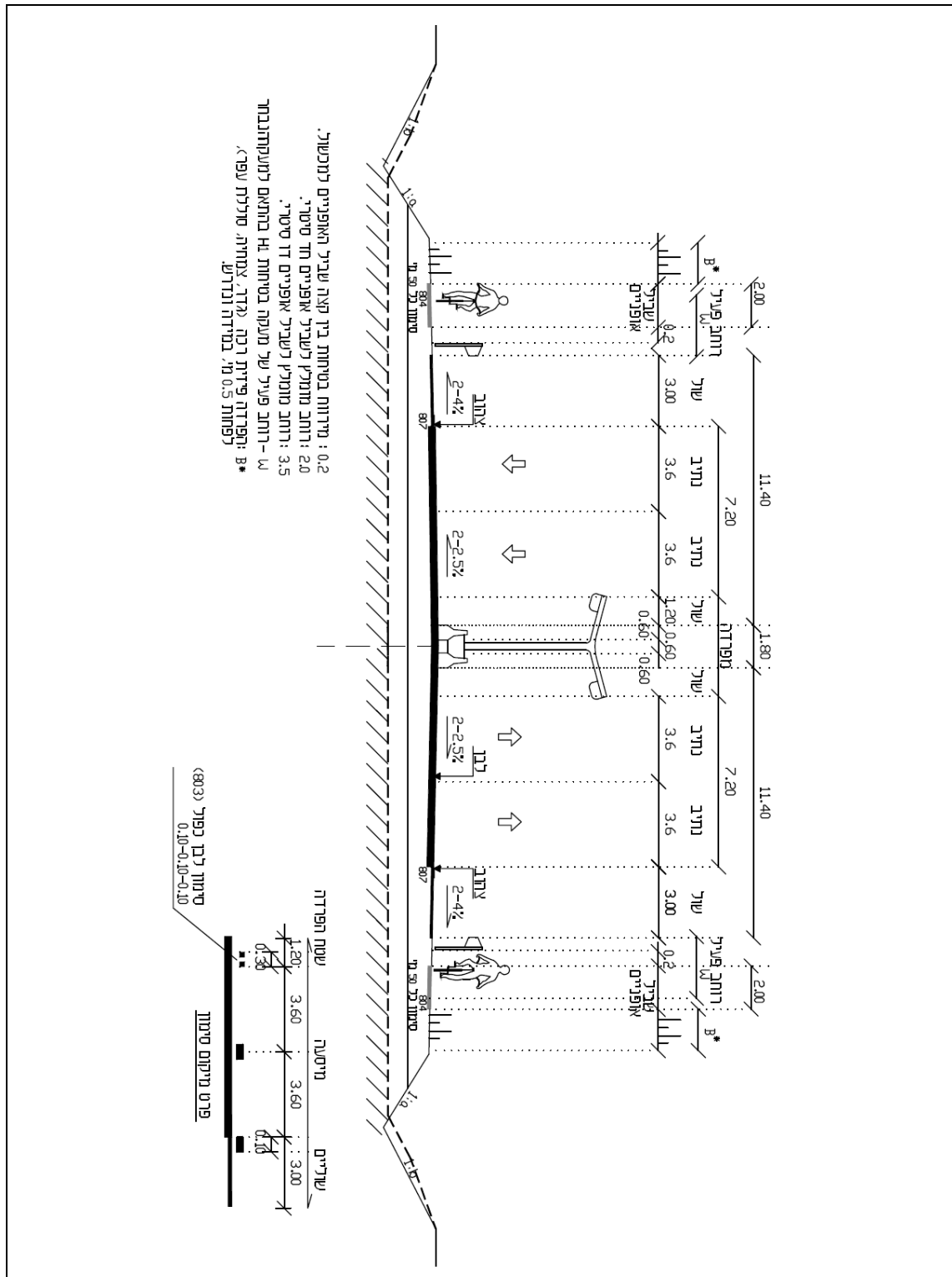
**תרשים 9.9:** שבילי אופניים חד-סיטריים בדרך חד-מסלולית ללא מעקה בטיחות



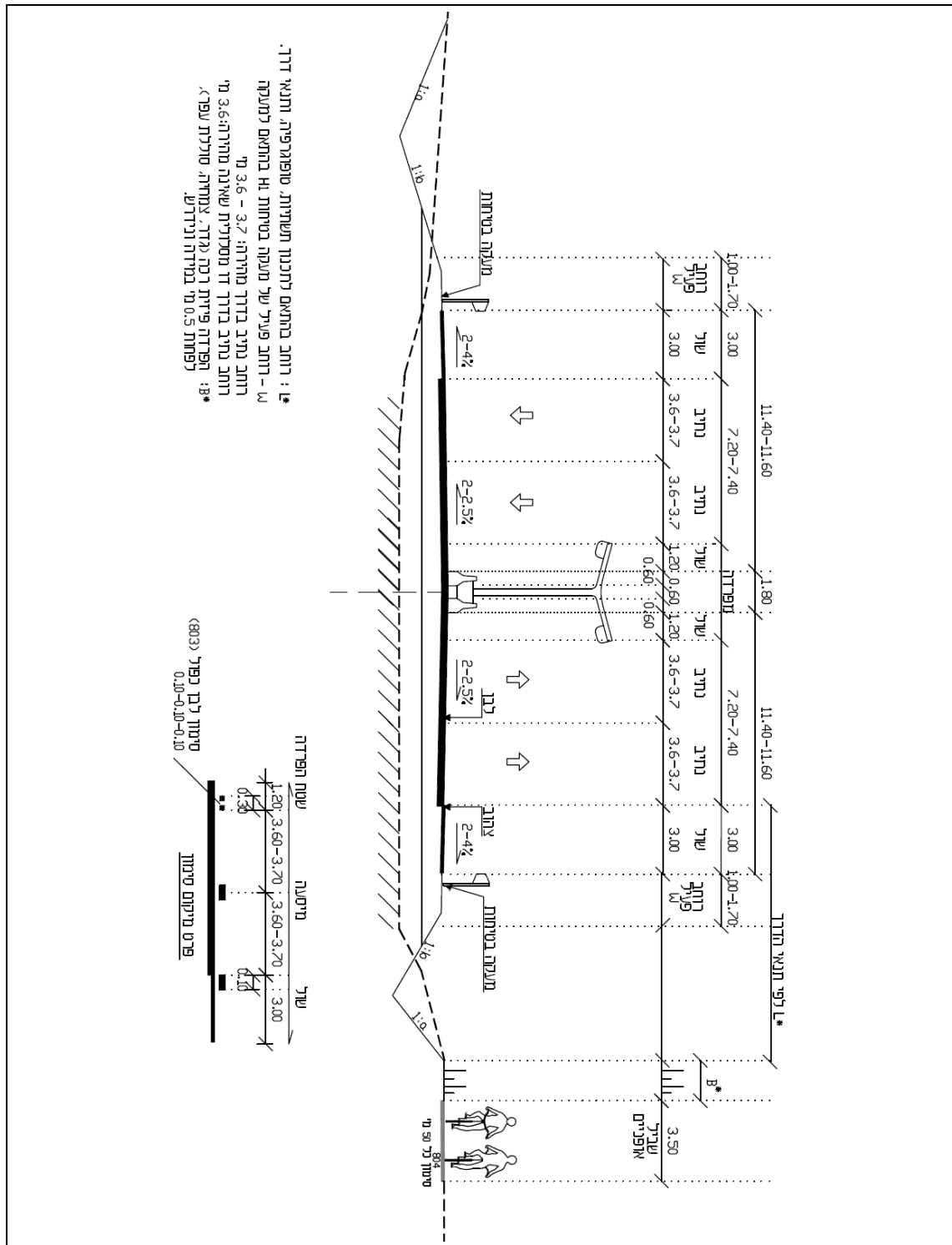
**תרשים 9.10:** שבילי אופניים חד-סיטריים בדרך חד-מסלולית עם מעקה בטיחות, בחפיפה חלקית עם הרוחב הפעיל



**תרשים 9.11: שבילי אופניים חד-סיטריים בדרך דו-מסלולית מעבר לתעלה**



**תרשים 9.12:** שבילי אופניים חד-סיטריים בדרך דו-מסלולית עם מעקה בטיחות, בחפיפה חלקית עם הרוחב הפעיל



**תרשים 9.13:** שביל אופניים דו-סיטרי בדרך דו-מסלולית מעבר לתעלה

## 9.6 תכן גיאומטרי

### 9.6.1 מבוא

השאיפה התכנונית הינה שההנחיות לתכנון התוואי האופקי והתוואי האנכי בדרכים רגילות (עבור נסיעת כלי הרכב המנועיים) יתאימו ככל האפשר גם לתכנון תנועת האופניים.

#### **נתיבי אופניים**

התכנון הגיאומטרי של נתיבי אופניים בכביש מושפע באופן משמעותי מהתכנון הגיאומטרי של הכביש לצרכי תנועת כלי הרכב המנועיים. באופן עקרוני, יאומצו התוואי האופקי והאנכי המתוכננים של הכביש, בתנאי שמתאימים לצרכים של תנועת האופניים.

#### **שבילי אופניים**

התכנון הגיאומטרי של שבילי אופניים המופרדים פיזית מהתנועה המנועית יכול להיות שונה מהתכנון הגיאומטרי של הכביש הסמוך לו מבחינת התוואי האופקי, התוואי האנכי, והשיפועים. להלן פירוט המאפיינים הגיאומטריים שיתאימו לתנועת האופניים בשבילי אופניים.

### 9.6.2 השיפוע האורכי

#### **א. שיפוע אורכי מרבי**

מומלץ לתכנן תנועת אופניים בדרכים בין-עירוניות לשיפוע אורכי מרבי שאינו עולה על 5%.  
כאשר תנאי הטופוגרפיה אינם מאפשרים שיפוע אורכי של עד 5%, ניתן לשקול שיפוע מרבי של עד 8%. שיפוע אורכי זה הוא המרבי המומלץ.

#### **ב. אורך השיפוע בקטעי עלייה**

בשיפועים עד 6% אין הגבלה לאורך המרבי של השיפוע. בשיפועים של 7%-8%, יתוכננו כל 250 מטר קטעי ביניים שטוחים באורך 20 מטר, בשיפוע שאינו עולה על 3%.

#### **ג. שיפוע מזערי**

שיפוע אורכי מזערי לשבילי אופניים משיקולי ניקוז הינו 0.4%.  
כאשר ניקוז פני השטח מתאפשר על ידי השיפוע לרוחב במשולב עם השיפוע הצידי של הקרקע מחוץ לשביל האופניים, ניתן לאפשר שיפוע אורכי 0% לשביל האופניים.

### 9.6.3 השיפוע לרוחב

שבילי האופניים יהיו בעלי קימרון נורמלי או בעלי שיפוע רוחבי אחיד. השיפוע יהיה 2%.  
כאשר התיפעול של שביל האופניים הינו דו-סיטרי, יועדף קימרון נורמלי לצרכי ניקוז, כך שהירידה בשיפוע תהיה מימין לרוכבי האופניים בשני הכיוונים (תנאים רגילים לרוכבי אופניים).

#### 9.6.4 מרווח בטיחות אנכי

מרווח הבטיחות האנכי המזערי הינו 2.5 מטר (תרשים 9.1). מרווח זה נמדד מהנקודה הגבוהה ביותר של פני מיסעת שביל האופניים לנקודה הנמוכה ביותר של המבנה.

מרווח הבטיחות האנכי הרצוי הינו 3.0 מטר. מרווח זה נדרש למנהרות ולמעבר תחתי באורך העולה על 25 מטר. במידה שיש צמחייה המקטינה את המרווח האנכי, היא תיגזם כך שיתקיים מרווח אנכי רצוי של 3.0 מטר.

#### 9.6.5 עקומים אופקיים

ההגבהה הצידיית בעקומים אופקיים תהיה 2% אחידה לרוחב. גורם החיכוך הצידי והרדיוסים המזעריים נתונים בטבלה 9.1. מומלץ להתאים את הרדיוסים המזעריים למהירות תכן של 30 קמ"ש במישור ו-50 קמ"ש בירידה בשיפוע של 4% ומעלה.

**טבלה 9.1:** הרדיוס האופקי המזערי לתכנון שבילי אופניים סלולים (מיסעה רטובה) (מ')

מהירות התכן (קמ"ש)				
50	40	30	20	
0.22	0.25	0.28	0.30	גורם החיכוך הצידי
83	47	24	10	רדיוס בהגבהה $e = 0.02$

#### 9.6.6 עקומים אנכיים

רדיוסי העקומים האנכיים, קמורים וקעורים, יהיו כמפורט בטבלה 9.2. ערכים אלה מבוססים על ניסיון ברכיבה בשבילי אופניים בבריטניה ובאוסטרליה.

**טבלה 9.2:** הרדיוסים המזעריים לעקומים אנכיים קמורים וקעורים

50	40	30	20	מהירות תכן (קמ"ש)
400	250	150	60	רדיוס עקום אנכי (מ')

#### 9.6.7 חציית קטע דרך בין-עירונית על ידי שביל אופניים

אין לאפשר חצייה של קטע דרך בין-עירונית ע"י שביל אופניים. הסיבה היא שהנהג לא מצפה לקונפליקטים בקטעי דרך שבין צמתים, כך שיש לנתב החצייה לצמתים או למעברים דו-מפלסיים.

החציות של תנועת האופניים בצמתים מרומזרים או מתומררים יבוצעו בהתאם לפרק 5 ב-"הנחיות לתנועת אופניים בערים", משרד התחברה 2009. לקראת החציות יש לקרב את שבילי האופניים למפלס הכביש, כדי להגביר את מודעות הנהגים לקיומם של האופניים.

### 9.6.8 חציות ברמפות מחלפים

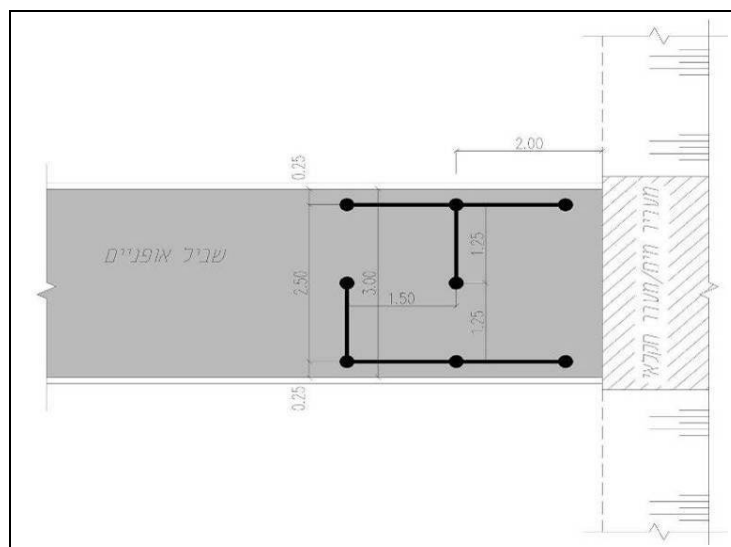
באופן דומה, אין לאפשר חציית רמפות מחלפים על ידי שבילי אופניים. חציות במחלפים יתאפשרו בצמתים שבקצה הרמפות, או בתכנון מעבר לרוכבי אופניים בהפרדה מפלסית (יפורטו בכרך המחלפים).

### 9.6.9 מעבר עילי או תחתי

מעבר עילי או תחתי ישולבו בגשרים לרכב, או להולכי רגל. רוחב מומלץ לשביל דו-סיטרי במעבר יהיה 3.0 מטר ורוחב מזערי 2.4 מטר, בהתאם לסעיף 4.4.3 בהנחיות העירוניות. השיפוע לאורך הרמפה בגישה למעבר עילי או תחתי לא יעלה על 12%. אם המעבר מיועד גם להולכי רגל, השיפוע ייקבע בהתאם לתקני הנגישות להולכי רגל.

### 9.6.10 שימוש במעבר תחתי קיים

בדרכים קיימות ניתן לתכנן מעבר לרוכבי אופניים במעברים תחתיים קיימים. גובה מוחלט למעבר רוכבי אופניים במצב רכיבה יהיה 2.5 מטר. אם הגובה הקיים קטן יותר, המעבר יתוכנן כך שחציית רוכבי האופניים תתבצע בהליכה. לצורך כך תתוכנן גישה המחייבת את רוכב האופניים לחצות את המעבר באופן רגלי כדוגמת תרשים 9.14, בשילוב שילוט מתאים. מעבר במעברי מים ישולט באופן המזהיר את רוכבי האופניים משיטפונות.



**תרשים 9.14:** מחסום לפני מעביר מים/מעבר חקלאי קיים



## פרק 10: שילוב תחבורה ציבורית

### תוכן עניינים

10.1	סקירת אמצעי התחבורה הציבורית לשילוב בחתך לרוחב	10-1
10.2	שילוב אמצעי התחבורה הציבורית בקטעי דרך	10-1
10.2.1	נתיב תחבורה ציבורית (נת"צ) שמאלי	10-2
10.2.2	מסלול תחבורה ציבורית (מת"צ)	10-2
10.2.3	נתיב תחבורה ציבורית (נת"צ) ימני	10-3
10.2.4	שילוב רכבת קלה או רכבת מקומית וארצית בחתך לרוחב דרך דו-מסלולית	10-3
10.3	שילוב תחנות אוטובוס ו-BRT בקטעי דרך בין-עירונית	10-9
10.3.1	תחנת אוטובוס בקטע דרך הכולל מת"צ או נת"צ שמאלי (BRT ואוטובוס)	10-9
10.3.2	תחנת אוטובוס בסמוך לנת"צ ימני בדרך דו-מסלולית (אוטובוס)	10-9
10.3.3	תחנת אוטובוס בדרך חד-מסלולית (תנועה מעורבת ללא נת"צ)	10-9
10.3.4	תחנת אוטובוס מופרדת בדרך דו-מסלולית (תנועה מעורבת ללא נת"צ)	10-12

## פרק 10: שילוב תחבורה ציבורית

### 10.1 סקירת אמצעי התחבורה הציבורית לשילוב בחתך לרוחב

הפרק עוסק בשילוב התחבורה הציבורית בחתך לרוחב של הדרך הבין-עירונית. אמצעי התחבורה הציבורית האפשריים לשילוב בחתך לרוחב של הדרך הבין-עירונית הינם גלגליים או מסילתיים: אמצעי התחבורה הגלגליים הינם אוטובוסים, מוניות, ומערכת אוטובוסים מסוג BRT (Bus Rapid Transit). מערכת ה-BRT הינה עיקרון חדש יחסית שקיבל תאוצה בעשור האחרון. מערכת BRT מנסה לתת מענה לפלח השימוש המוגדר כמעבר מאוטובוס רגיל לכלי-רכב רכבתי. המטרה היא לאחד את היתרונות בשתי הקטגוריות, כדי ליצור מערכת אופטימלית לשימוש בקווי תחבורה ציבורית עתירי קיבולת, עם תדמית משופרת, אך מצריכה תשתית זולה יותר ביחס לחלופה הרכבתית.

אמצעי התחבורה המסילתיים הינם רכבת קלה LRT (Light Rail Transit), רכבת מקומית, ורכבת ארצית.

מערכות אוטובוסים ישתמשו במספר אפשרויות נסיעה בחתך לרוחב: מסלול תחבורה ציבורית (מת"צ) בלעדי, נתיב תחבורה ציבורית (נת"צ) ימני או שמאלי, או השתלבות כתנועה מעורבת בנתיבי הנסיעה הרגילים יחד עם כלי הרכב המנועיים. אפשרויות השילוב תלויות בסוג הדרך הבין-עירונית.

אמצעי התחבורה הציבורית המסילתיים מצריכים רצועה נפרדת המשולבת בחתך הכולל לרוחב רצועת הדרך. רוחב רצועה זו (מוגדר כ-L בתרשים 10.5) תלוי בסוג האמצעי המסילתי. רצועה זו יכולה להיות ממוקמת במרכז הדרך כחלק מהמפרדה האמצעית (ברוב המקרים עבור רכבת קלה), ברצועת חייץ בין המסלולים (לרכבת מקומית או ארצית), או בצד הדרך. רוחב הרצועה נובע משיקולים של תכנון מסילתי. מאחר שרוחב זה צפוי להשתנות בהתאם לסוג האמצעי המסילתי, ליכולות הביצוע שלו, ולתוואי הנסיעה (בקטע ישר או בעקומות), לא מוצעים לו ערכים תכנוניים במסגרת הנחיות אלו, הנוגעות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות ולא לתכן גיאומטרי של תחבורה מסילתית.

שילוב אמצעי התחבורה הציבורית יכול להיות בקטע דרך, או בתחנה בנת"צ בקטע דרך בין-עירונית. לא מומלץ למקם תחנה בקטע במסלול תחבורה ציבורית או ברצועה מסילתית. תחנות מסוג זה ימוקמו בתחום מחלף או בצומת. לפיכך נסקרים בפרק להלן רק הפתרונות המומלצים למיקום תחנה לאוטובוסים עבור נת"צ ימני ותנועה מעורבת. תכנון תחנת אוטובוס בנת"צ/צ/מת"צ שמאלי יחייב הפרדה פיזית מנתיבי הנסיעה הרגילים ומתן פתרונות מיוחדים להגעת הנוסעים אליה, ופתרונות אלה מפותחים במסגרת "צוות תחנות", המרכז את הפתרונות עבור פרויקטי BRT המטרופוליניים.

### 10.2 שילוב אמצעי התחבורה הציבורית בקטעי דרך

פתרונות של נתיב תחבורה ציבורית שמאלי, נתיב תחבורה ציבורית ימני, ומסלול תחבורה ציבורית מומלצים ליישום בדרך דו-מסלולית. בדרך חד-מסלולית לא מומלץ ליישם נת"צים, והתחבורה הציבורית

תשולב בנתיבי הנסיעה הרגילים. הפרק שלפניכם מוסיף על האמור ב"הנחיות לתכנון נתיבים לתחבורה ציבורית" של משרד התחבורה מ-1998.

### 10.2.1 נתיב תחבורה ציבורית (נת"צ) שמאלי

נתיב תחבורה ציבורית (נת"צ שמאלי) יתאים לאוטובוסים, BRT ומוניות בדרך דו-מסלולית, ממוחלפת או שאיננה ממוחלפת. הרוחב הבסיסי של נתיב התחבורה הציבורית השמאלי הינו 3.6 מטר, והרוחב המלא שלו הינו 4.0 מטר.

לרוחב הבסיסי של הנת"צ השמאלי נוספת רצועת דרך ברוחב 40 ס"מ המסומנת כסימון דרך 503 לצורך הפרדה מנתיבי הנסיעה הרגילים. הסיבה לתוספת רצועה זו היא הבדלי מהירויות נסיעה אפשריים בין האוטובוסים בנת"צ השמאלי לבין תנועת כלי הרכב בנתיבי הנסיעה הרגילים, והקניית מרווח בטיחות לשיפור בטיחות הנסיעה.

כאשר הנת"צ השמאלי נמצא בדרך מהירה המתוכננת למהירות תכן 120 קמ"ש, רוחב נתיבי הנסיעה הרגילים יהיה 3.7 מטר, אולם הרוחב הבסיסי של נתיב התחבורה הציבורית השמאלי יישאר 3.6 מטר, בתוספת רצועת הסימון שרוחבה 0.4 מטר.

מומלץ ליישם גם מרווח בטיחות של 0.50 מטר מקצה הנת"צ עד מעקה הבטיחות במרכז המפרדה. תרשים 10.1 מציג חתך טיפוסי לשילוב הנת"צ השמאלי בדרך דו-מסלולית.

מספר הנתיבים לכיוון בדרך דו-מסלולית לא ייחשב גדול יותר אם מוסיפים נת"צ (ימני או שמאלי) לדרך דו-מסלולית.

### 10.2.2 מסלול תחבורה ציבורית (מת"צ)

במת"צ מתוכנן נתיב תחבורה ציבורית אחד לכל כיוון. מסלול תחבורה ציבורית (מת"צ) ימוקם בשטח המפרדה. המת"צ יתאים לתנועת אוטובוסים, BRT, ומוניות עבור דרך דו-מסלולית, ממוחלפת או שאינה ממוחלפת. רוחב הנתיב במת"צ הינו 3.6 מטר. מוצעות שתי אפשרויות לשילוב המת"צ בחתך לרוחב של הדרך הבין-עירונית בהתאם למיקום עמודי התאורה:

#### **אפשרות 1:**

עמודי התאורה ימוקמו לצדי המת"צ בתחום המפרדה. מימין לנתיב הנכלל במת"צ מתוכנן מרווח של 1.3 מטר כמדרכת מילוט: מרווח זה מורכב מ-70 ס"מ עד לעמוד התאורה (מרווח בטיחות), ו-60 ס"מ עבור עמוד התאורה. תרשים 10.2 מציג חתך טיפוסי לרוחב דרך דו-מסלולית, בה משולב מסלול תחבורה ציבורית עם עמודי תאורה באמצע המיסעה, בצידו המת"צ.

#### **אפשרות 2:**

עמודי התאורה ימוקמו בצדי הדרך הדו-מסלולית. בין נתיבי המת"צ למעקות הבטיחות במפרדה יתוכננו מרווחי בטיחות של 0.5 מטר. תרשים 10.3 מציג חתך טיפוסי לרוחב דרך דו-מסלולית, בה משולב מסלול תחבורה ציבורית עם עמודי תאורה בצידו המיסעה.

### 10.2.3 נתיב תחבורה ציבורית (נת"צ) ימני

נת"צ ימני הינו נתיב הנוסף לנתיבי הנסיעה הרגילים כנתיב ימני. תכנון נת"צ ימני יתאים לתנועת אוטובוסים ומוניות, אולם יתאים פחות לתנועת BRT. פתרון של נת"צ ימני יתאים לשילוב בדרך דו-מסלולית. בדומה לתכנון נת"צ שמאלי, הרוחב הבסיסי של נתיב התחבורה הציבורית הימני הינו 3.6 מטר, והרוחב המלא שלו הינו 4.0 מטר. לרוחב הבסיסי של הנת"צ נוספת רצועת דרך ברוחב 40 ס"מ המסומנת כסימון דרך 503 לצורך הפרדה מנתיבי הנסיעה הרגילים הנמצאים משמאל לנת"צ הימני. לא מומלץ לשלב נת"צ ימני בדרך חד-מסלולית דו-נתיבית.

הנת"צ הימני לא ייחשב במספור הנתיבים לכיוון לצורך קביעת רוחב השול השמאלי, ולכן רוחב השול השמאלי (במפרדה) לאחר הוספת נת"צ ימני בדרך דו-מסלולית יהיה 1.2 מטר עבור שני נתיבי נסיעה רגילים לכיוון, ו-3.0 מטר עבור דרך דו-מסלולית בין-עירונית שאיננה מעויירת מהירה עבור שלושה נתיבי נסיעה רגילים לכיוון. ההנחה היא שרכב תקול לא יתקשה למצוא פער זמן מתאים לחציית הנת"צ הימני לעבר השול הימני. פירוט בנוגע לרוחב השוליים מובא בפרק 3 לעיל (חתכים לרוחב), סעיף 3.3.

10.4 מציג חתך טיפוסי לשילוב הנת"צ הימני בדרך דו-מסלולית.

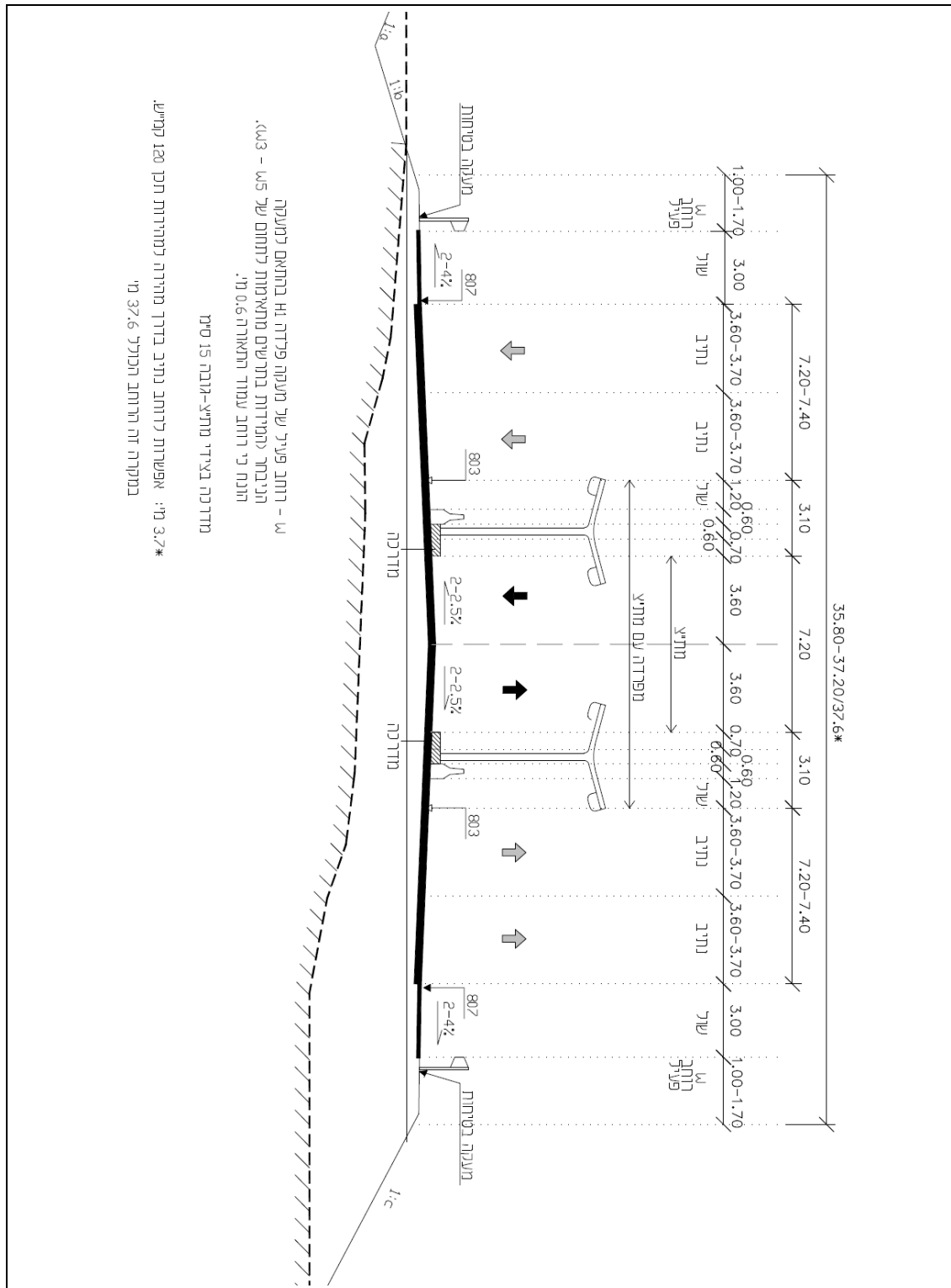
### 10.2.4 שילוב רכבת קלה או רכבת מקומית וארצית בחתך לרוחב דרך דו-מסלולית

רוחב רצועת רכבת קלה (LRT) או רכבת מקומית/ארצית הינו משתנה המותאם למאפייני התפעול של הרכבת, ולתוואי המתוכנן שלה. רוחב זה מסומן כ-L, ולא מוצעים לו ערכים תכנוניים במסגרת ההנחיות.

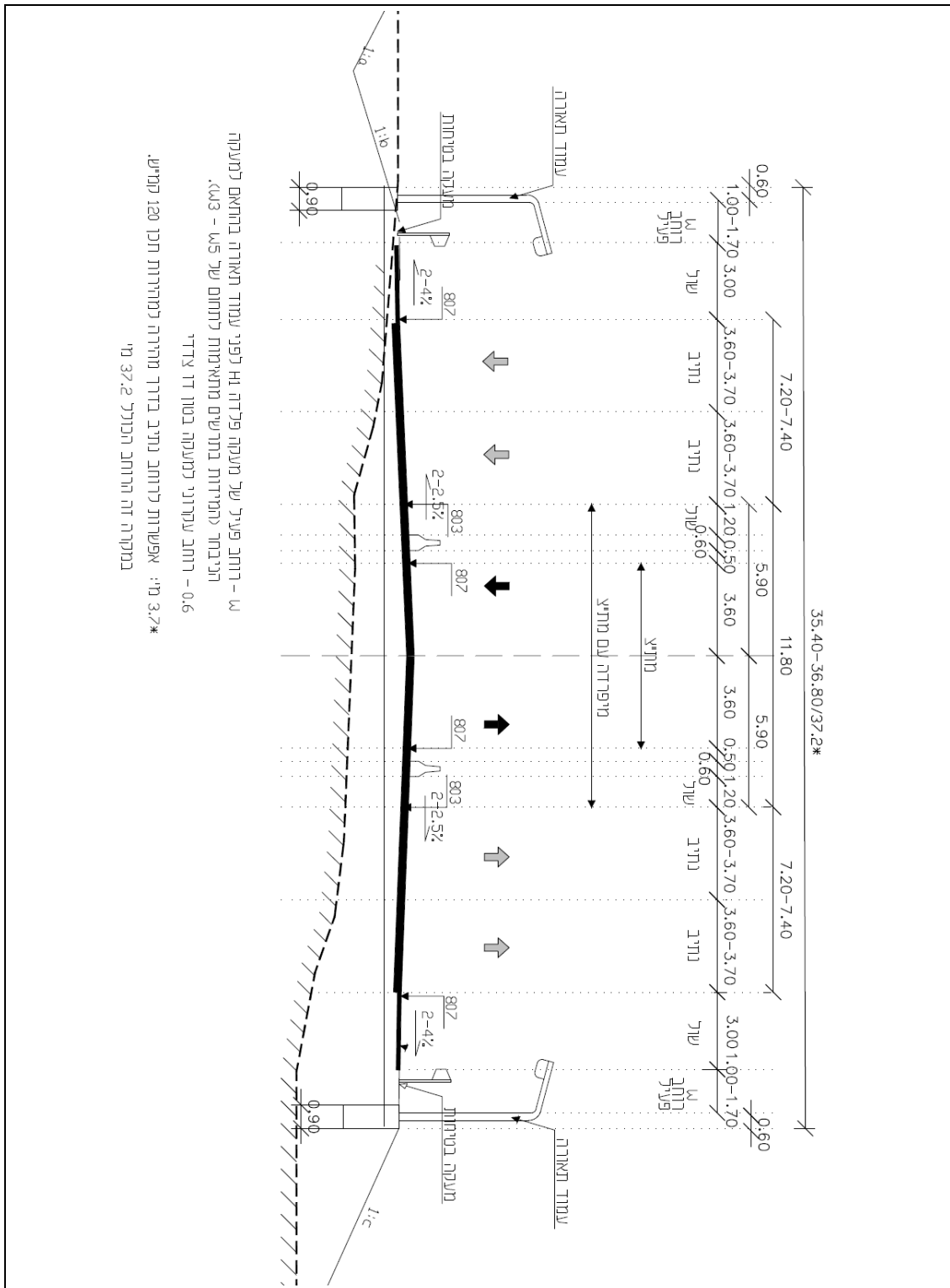
רצועת רכבת ממוקמת במפרדה של הדרך הדו-מסלולית ותתפוס חלק מרוחבה. היא ממוקמת בפועל בין מעקות הבטיחות שבמפרדה. הסטייה הדינמית של מעקה הבטיחות המפריד בין הכביש לבין רצועת הרכבת תיכלל בתחום הכביש ולא בתחום רצועת הרכבת. רמת התיפקוד הדרושה למעקה (H1, H2 או H4) תיקבע בהתאם ל"הנחיות לבחירה ולהצבה של מעקות בטיחות קבועים בדרכים בין-עירוניות" (לאורך רצועת רכבת המצויה במפלס הכביש או מתחתיו נדרש בד"כ מעקה מרמת תפקוד H4). דגם המעקה ונתוני הרוחב הפעיל שלו ייבחרו בהתאם לרמת התפקוד הנדרשת מתוך רשימת "התקני תנועה ובטיחות מאושרים" של הוועדה הבין-משרדית להתקני תנועה ובטיחות, המתעדכנות מדי 6 חודשים. תרשים 10.5 מציג חתך טיפוסי לשילוב רצועת רכבת בתחום המפרדה של דרך דו-מסלולית.

במקרים מסוימים ופחות שכיחים, רצועת הרכבת יכולה להיות ממוקמת גם בצד הדרך. מאחר שמקרים מסוג זה אינם טיפוסיים, לא מוצג חתך כזה במסגרת ההנחיות.





**תרשים 10.2:** חתך לרוחב בדרך דו-מסלולית הכוללת מת"צ מרכזי עם עמודי תאורה



**תרשים 10.3:** חתך לרוחב בדרך דו-מסלולית הכוללת מת"צ מרכזי ועמודי תאורה בצד







### 10.3 שילוב תחנות אוטובוס ו-BRT בקטעי דרך בין-עירונית

#### 10.3.1 תחנת אוטובוס בקטע דרך הכולל מת"צ או נת"צ שמאלי (BRT ואוטובוס)

לא מומלץ למקם תחנת אוטובוס בקטע דרך בין-עירונית הכולל מת"צ או נת"צ שמאלי. תחנה מסוג זה תמוקם בתחום מחלף או צומת. תחנה במת"צ תחייב את הגדלת רוחב השטח למת"צ. בנת"צ שמאלי, אזורי התחנות יצריכו הפרדה פיזית מנתיבי הנסיעה הרגילים. מיקום תחנת אוטובוס בשטח המפרדה יחייב הסדרת מעבר להולכי-רגל בגשר או במעבר תת-קרקעי בתחום המחלף או בתחום הצומת.

#### 10.3.2 תחנת אוטובוס בסמוך לנת"צ ימני בדרך דו-מסלולית (אוטובוס)

תחנת אוטובוס בסמוך לנת"צ ימני תתוכנן כמפרץ תחנה סטנדרטית לדרך בין-עירונית. רוחב מפרץ התחנה יהיו 3.6 מטר. לוכסן הכניסה לתחנה יתוכנן בהיסט 1:40 (באורך 144 מטר), ולוכסן היציאה מהתחנה יתוכנן בהיסט 1:60 (באורך 216 מטר). התוויית הלוכסן תהיה על חשבון רוחב שול הדרך.

אורך הקטע המקביל במפרץ תחנת האוטובוס ( $L_{BUS}$ ) יהיו 18 מטר עבור אוטובוס רגיל כאשר נפח האוטובוסים יהיו עד 10 אוטובוסים לשעת שיא.  $L_{BUS}$  ייקבע לפי טבלה 12.1 בכרך II (כרך צמתים), בהתאם לתדירות האוטובוסים בשעת שיא.

תרשים 10.6 מציג תנוחה של מפרץ תחנת אוטובוס בדרך דו-מסלולית.

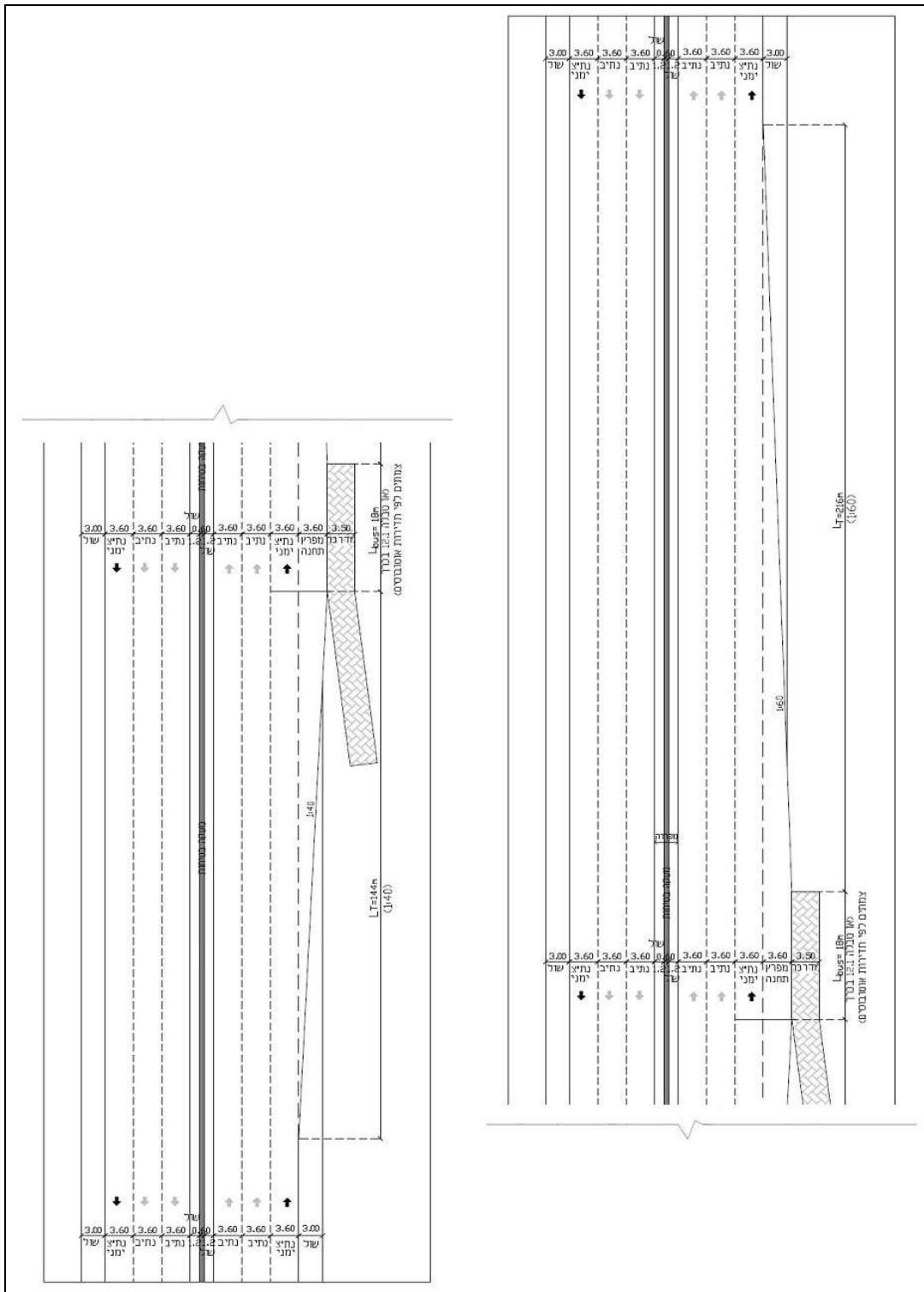
#### 10.3.3 תחנת אוטובוס בדרך חד-מסלולית (תנועה מעורבת ללא נת"צ)

בדרך חד-מסלולית דו-נתיבית לא מומלצים נתיבי תחבורה ציבורית. תחנת אוטובוס בסמוך לנתיב הנסיעה תתוכנן כמפרץ תחנה סטנדרטית לדרך בין-עירונית.

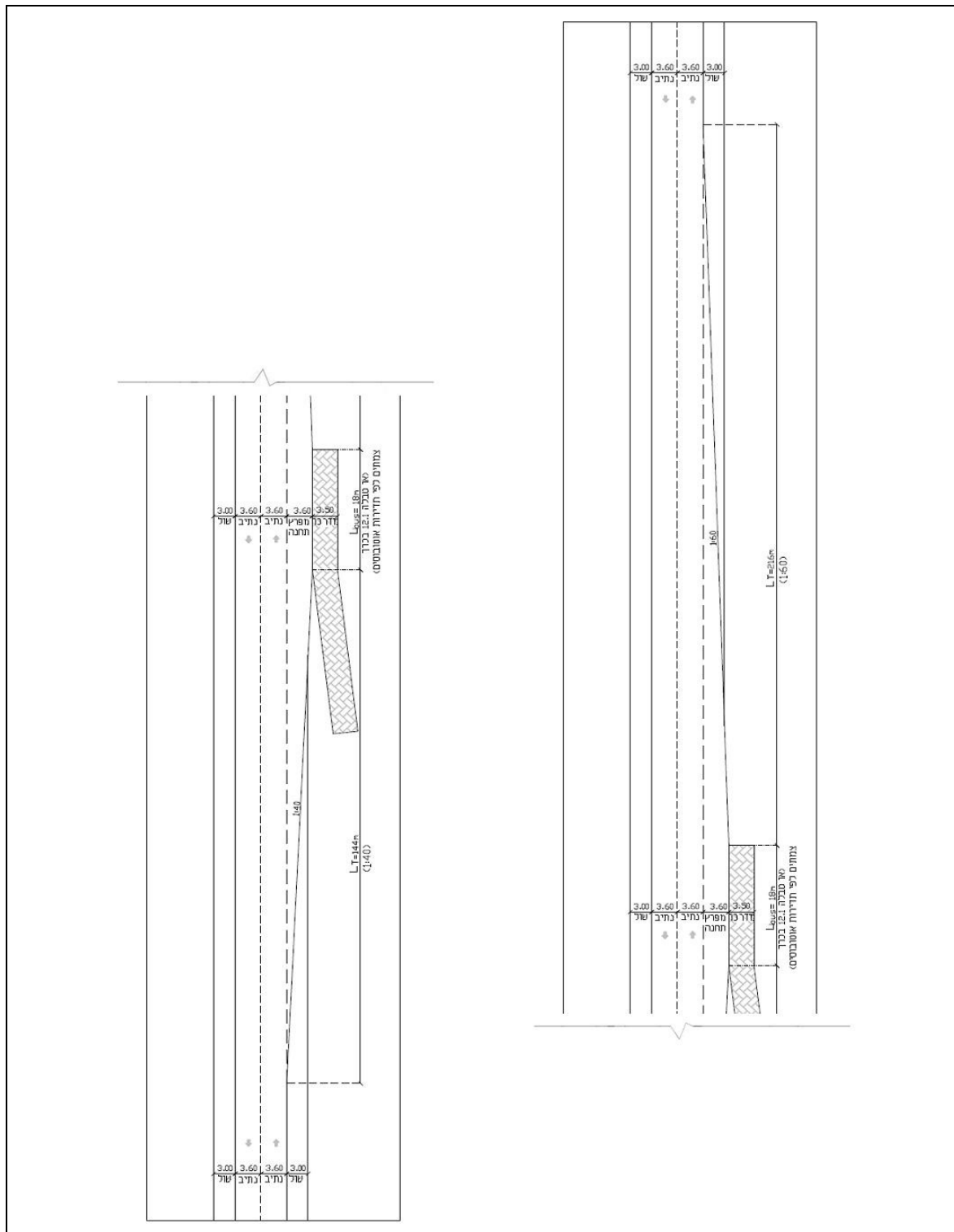
בדומה לתכנון תחנת אוטובוס בסמוך לנת"צ ימני בדרך דו-מסלולית, התחנה תתוכנן כמפרץ תחנה סטנדרטית לדרך בין-עירונית. רוחב מפרץ התחנה יהיו 3.6 מטר. לוכסן הכניסה לתחנה יתוכנן בהיסט 1:40 (באורך 144 מטר), ולוכסן היציאה מהתחנה יתוכנן בהיסט 1:60 (באורך 216 מטר). התוויית הלוכסן תהיה על חשבון רוחב שול הדרך.

אורך הקטע המקביל במפרץ תחנת האוטובוס ( $L_{BUS}$ ) ייקבע לפי טבלה 12.1 בכרך II (כרך צמתים) בהנחיות מע"צ הקיימות מ-2000, בהתאם לתדירות האוטובוסים בשעת שיא.

תרשים 10.7 מציג תנוחה של מפרץ תחנת אוטובוס בדרך חד-מסלולית דו-נתיבית.



**תרשים 10.6:** מפרץ לתחנת אוטובוס בדרך דו-מסלולית (לא ממוחלפת) עם נת"צ ימני



**תרשים 10.7:** מפרץ לתחנת אוטובוס בדרך חד-מסלולית דו-נתיבית ראשית או אזורית (מהירות תכן 80 קמ"ש, תנועה מעורבת)

### 10.3.4 תחנת אוטובוס מופרדת בדרך דו-מסלולית (תנועה מעורבת ללא נת"צ)

בדרך דו-מסלולית ללא נת"צ (תנועה מעורבת של אוטובוס ורכב פרטי), תתוכנן התחנה כמפרץ הסעה מופרד, בצמוד לשולי הדרך הדו-מסלולית. המפרץ מופרד מהדרך הדו-מסלולית באמצעות אבן שפה בנוייה. תצוגה סכימתית של תחנה במפלס הדרך בדרך דו-מסלולית ממוחלפת במפרץ הסעה מופרד, מובאת בחלק התחתון של ציור 10.1 בכרך III (כרך המחלפים) בהנחיות מע"צ הקיימות (2000).

#### מרכיבי התכנון:

רוחב ההפרדה הפיזית (אי הפרדה בנוי) בין המת"צ לנתיבי הדרך הדו-מסלולית הינו 2.0 מטר. לאורך אי ההפרדה מומלץ להתקין מחזירי אור כל 10 מטר.

רוחב המת"צ הינו 4.5 מטר. רוחב זה קבוע לכל אורך נסיעת רכב התחבורה הציבורית במת"צ, כולל אזור התחנה. המעבר מנתיב הנסיעה הימני של הדרך הדו-מסלולית למת"צ מבוצע בדומה לתכנון מחבר כניסה ומחבר יציאה ברמפות מחלפים. להלן המרכיבים הגיאומטריים של מעבר זה:

א) לוכסן יציאה מהדרך הדו-מסלולית ( $L_T$ ) בהיטט 1:16, באורך 60 מטר.

ב) נתיב האטה ( $L_D$ ). אורכו נקבע בהתאם לטבלה 6.1 בכרך III (כרך המחלפים), עד למצב עצירה או גלישה. רוחב המת"צ בקצה נתיב ההאטה הינו 4.5 מטר.

ג) לוכסן מעבר ( $L_R$ ) מנתיב ההאטה בהיטט 1:16. לוכסן זה מוביל לאזור המיועד לעצירת אוטובוסים בתחנה ( $L_{BUS}$ ).

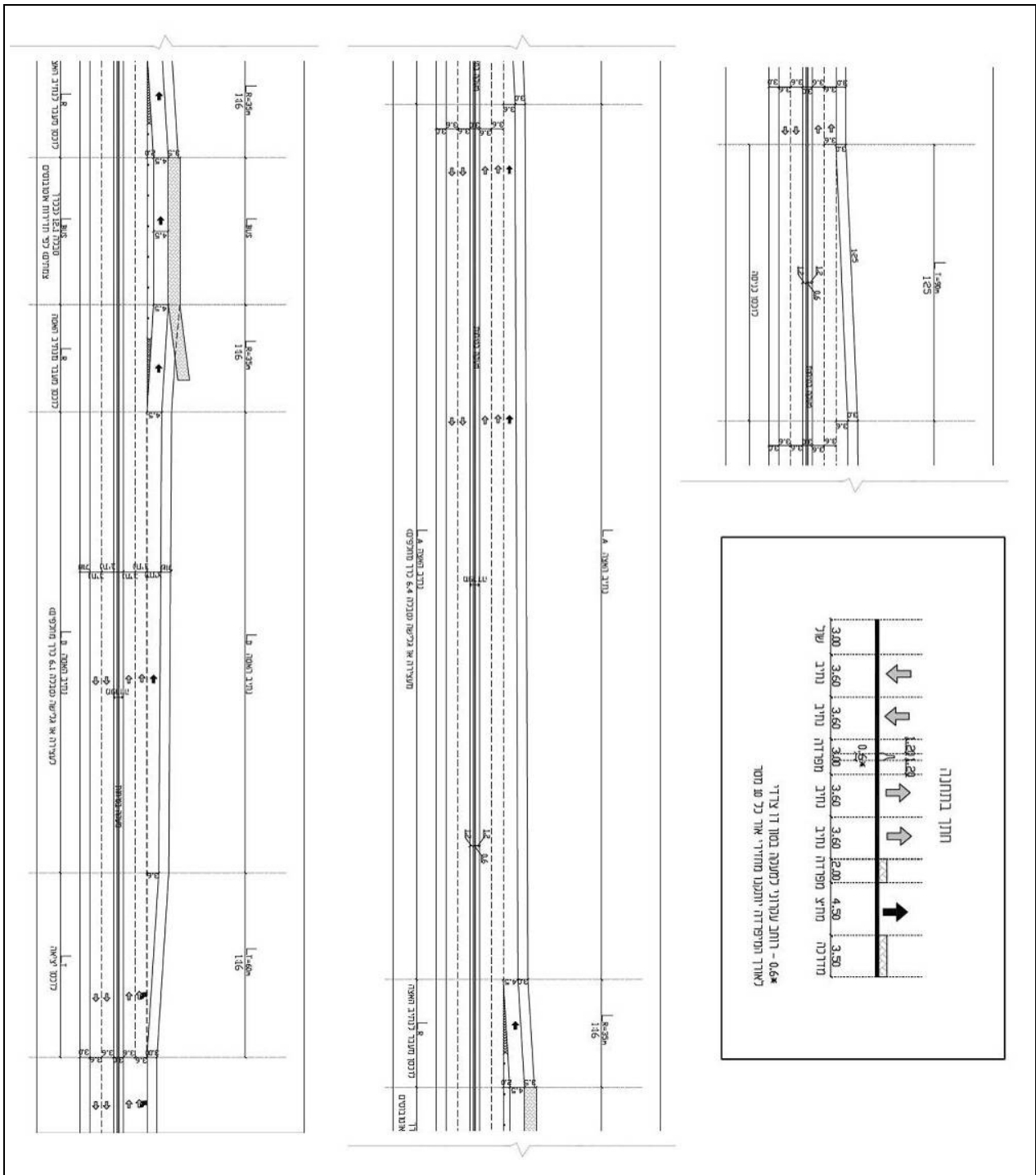
ד) אורך לעצירת אוטובוס בתחנה ( $L_{BUS}$ ). אורך זה ייקבע לפי טבלה 12.1 בכרך II (כרך צמתים) בהתאם לתדירות האוטובוסים בשעת שיא. לאורך  $L_{BUS}$  יותקן אי ההפרדה ברוחבו המלא, 2.0 מטר.

ה) לוכסן מעבר ( $L_R$ ) לנתיב ההאצה בהיטט 1:16. לוכסן זה מקשר בין האזור המיועד לעצירת אוטובוס בתחנה ( $L_{BUS}$ ) לבין תחילת נתיב ההאצה. בתחילת נתיב ההאצה רוחב המת"צ עדיין 4.5 מטר.

ו) נתיב האצה ( $L_A$ ). אורכו נקבע בהתאם לטבלה 6.4 בכרך III (כרך המחלפים), ממצב עצירה או גלישה. רוחב המת"צ בתחילת נתיב ההאצה הינו 4.5 מטר. רוחב זה הולך וקטן עד ל-3.6 מטר בסיום נתיב ההאצה לקראת ההשתלבות אל נתיב הנסיעה הימני של הדרך הדו-מסלולית.

ז) לוכסן כניסה לדרך הדו-מסלולית ( $L_T$ ) בהיטט 1:25, באורך 90 מטר.

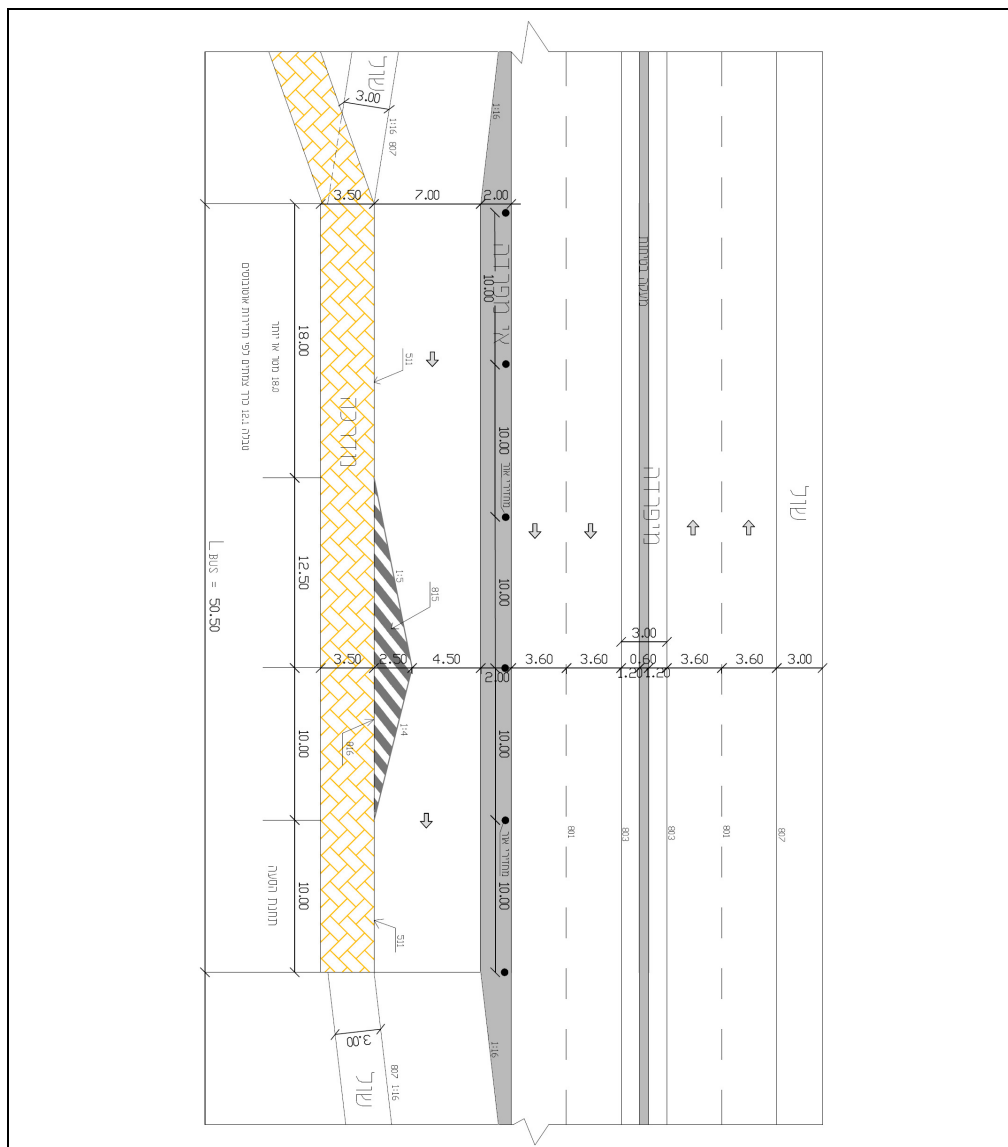
תרשים 10.8 מציג תנוחה של תחנת אוטובוס מופרדת בדרך דו-מסלולית עם תנועה מעורבת ללא נת"צ.



**תרשים 10.8:** תחנה מופרדת כמפרץ הסעה מופרד בדרך דו-מסלולית עם תנועה מעורבת ללא נת"צ

### אפשרות לתחנת הסעה במפרץ ההסעה המופרד

האורך  $L_{BUS}$  יכול לכלול גם תחנת הסעה במפרץ. תרשים 10.9 מציג את  $L_{BUS}$  המכיל מקום לעצירת אוטובוס אחד בתוספת תחנת הסעה. במצב זה רוחב המת"צ יהיה 7.0 מטר, על מנת לאפשר הפרדה בין אזור תחנת ההסעה לאזור עצירת האוטובוסים בתחנה. לוכסי המעברים ( $L_R$ ) בין קצוות  $L_{BUS}$  לנתיבי ההאצה (או ההאטה) יתחשבו בהיצרות רוחב המת"צ מ-7.0 מטר בקצה  $L_{BUS}$ -ל-4.5 מטר בתחילת נתיב ההאצה, או בהרחבת רוחב המת"צ מ-4.5 מטר בסיום נתיב ההאטה ל-7.0 מטר בקצה  $L_{BUS}$ . פרט ההפרדה בין אזור עצירת האוטובוס לבין תחנת ההסעה זהה למוצג בציור 12.3 או בשרטוט J1 בכרך II (כרך הצמתים, מע"צ 2000).



**תרשים 10.9:** פרט לתחנת אוטובוס משולבת בתחנת הסעה

## פרק 11: דרכים מעויירות מהירות

### תוכן עניינים

<b>11-1</b> .....	<b>מבוא</b>	<b>11.1</b>
11-1 .....	כללי	11.1.1
11-1 .....	הכנת ההנחיות	11.1.2
11-2 .....	מטרת ההנחיות	11.1.3
11-3 .....	מבנה ההנחיות וייחודן	11.1.4
11-4 .....	תחולת ההנחיות ותקפותן	11.1.5
<b>11-4</b> .....	<b>קטעי דרך</b>	<b>11.2</b>
11-4 .....	מבוא	11.2.1
11-4 .....	מהירות תכן	11.2.2
11-5 .....	חתכי רוחב	11.2.3
11-5 .....	מרחקי ראות	11.2.4
11-5 .....	התוואי האופקי	11.2.5
11-5 .....	התוואי האנכי	11.2.6
11-6 .....	קיבולת הדרך	11.2.7
11-7 .....	תחבורה ציבורית	11.2.8
11-8 .....	נושאים נוספים	11.2.9
<b>11-8</b> .....	<b>מחלפים</b>	<b>11.3</b>
11-8 .....	מבוא	11.3.1
11-9 .....	אזורי המחלף כפונקציה של סוג הטיפול	11.3.2
11-11 .....	רמפות	11.3.3
11-14 .....	מחברי זרימה	11.3.4
11-17 .....	מרחק בין מחלפים	11.3.5
11-18 .....	צמתי המחלפים	11.3.6
11-18 .....	מתקני דרך	11.3.7
<b>11-19</b> .....	<b>היבטים אורבניים וכלליים בהנחיות לדרכים מעויירות</b>	<b>11.4</b>
11-19 .....	התפקיד התנועתי של הדרך המעויירת	11.4.1
11-21 .....	מה עושה הדרך המעויירת לעיר	11.4.2
11-23 .....	ההשקה בין העיר לדרך המעויירת	11.4.3



11-26	.....	דיוקן הדרך המעויירת – משתמשים ומרחבים	11.4.4
11-35	.....	מרווחי בנייה מדרך מעויירת	11.4.5
11-38	.....	התאמת דרך לפיתוח אורבני עתידי	11.4.6

## פרק 11: דרכים מעויירות מהירות

### 11.1 מבוא

#### 11.1.1 כללי

במהלך שלושים השנים האחרונות נערכו מספר לא קטן של ספרי הנחיות לתכנון דרכים בין-עירוניות ורחובות עירוניים. הנחיות אלה נכתבו, רובן ככולן, על ידי הגופים הממלכתיים המופקדים על נושא התכנון והסלילה של מערכות הדרכים בישראל, ובעיקר משרד הבינוי והשיכון ומשרד התחבורה, וכן הגופים הכפופים למשרדים אלה.

בין ההנחיות ניתן למצוא, מצד אחד, את ההנחיות לתכנון רחובות בערים שפורסמו בשנים 1983-1989 וחודשו בשנים 2009-2011, ומצד שני הוכנו על ידי מע"צ חמישה אוגדנים של הנחיות לדרכים בין-עירוניות (כולל שילוט) שפורסמו בשנים 1994-2004. הפרסומים הנ"ל כיסו למעשה את רוב רובן של הדרכים שתוכננו ובוצעו בשנים אלה.

במקביל לנ"ל שודרגו בתמ"א 3 לא מעט מהדרכים האזוריות שסמוכות לארבעת המטרופולינים, לרמה של דרכים פרבריות מהירות. בדיעבד הסתבר כי נושא הדרכים הפרבריות המהירות לא טופל במסגרת ההנחיות לרחובות בערים, ולא במסגרת הדרכים הבין-עירוניות.

בשנת 2004 יזם מינהל היבשה במשרד התחבורה מהלך להכנת הנחיות לתכנון לדרכים פרבריות מהירות, על מנת לכסות נושא זה שלא היה, כאמור, מטופל קודם לכן בספרות המקצועית הישראלית. פרק ההנחיות להלן הינו התוצר של עבודה זו.

#### 11.1.2 הכנת ההנחיות

העבודה התחילה בחברת "נתיבי איילון", והמשיכה עד סיומה בחברת "יפה נוף".

##### צוות המחברים:

אינג' אבי שרייבר, אינג' דני פוכס – דגש הנדסה תכנון ודרכים בע"מ  
אינג' יובל בלום – PGL בע"מ  
אדריכל דורון צפרי – פרחי צפרי אדריכלים בע"מ  
ד"ר בני פרישר – עורך ההנחיות

##### חברי ועדת ההיגוי:

אינג' ישעיהו רונן – משרד התחבורה והבטיחות בדרכים – יו"ר  
ד"ר דורון בלשה – חב' יפה נוף, ולאחר מכן הטכניון  
אינג' דורון מגיד – חב' יפה נוף  
ד"ר דן לינק – הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים

– מינג' יקי פרלשטין	– משרד התחבורה והבטיחות בדרכים
– מינג' מריה כהן-אתגר	– משרד התחבורה והבטיחות בדרכים
– מינג' מריאן ברוק	– משרד התחבורה והבטיחות בדרכים
– מינג' עירית שפרבר	– משרד התחבורה והבטיחות בדרכים
– מינג' סימונה גולדנברג	– משרד התחבורה והבטיחות בדרכים
– מינג' טניה קליין	– עיריית חיפה
– מינג' קובי ברטוב	– עיריית ירושלים
– מינג' ענבר ניצני	– עיריית ירושלים
– מינג' דן בן עמרם	– חב' מוריה בע"מ
– מינג' לב קרסילשיקוב	– חב' נתיבי איילון בע"מ
– מינג' מילה מירקין	– חב' נתיבי איילון בע"מ
– מינג' אברי קדמי	– ש. קרני מהנדסים בע"מ
– רפ"ק אינג' ערן סדן	– אגף התנועה, משטרת ישראל
– מינג' רומינה כץ	– החברה הלאומית לדרכים
– מינג' עופר סלעי	– החברה הלאומית לדרכים
– מינג' יואב דנציגר, אינג' רובי כרמל	– חב' יפה נוף בע"מ – מרכזי הועדה

לקראת השלמת טיוטת ההנחיות, התברר כי החברה הלאומית לדרכים החלה כבר בהכנת העדכון לכרך הראשון של ההנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות, ובסעיפים רבים נוצרה חפיפה או הקבלה בין ההנחיות. לפיכך הוחלט כי הדרכים המהירות המעויירות ייכללו כקטגוריה נוספת בהנחיות מע"צ על כל נושאייהן, החלטות ועדת ההיגוי לדרכים מעויירות יושמו בהנחיות מע"צ, ובפרק להלן ייכללו רק ההסברים הייחודיים לדרכים אלה, שלא נכללו בפרקים הקודמים, עם אזכור לנושאים שייכללו רק בכרכים הבאים של הנחיות מע"צ (כגון מחלפים).

**פרק השילוט בדרכים המעויירות המהירות, שטופל בוועדת ההיגוי ונועד להיות פרק בהנחיות, הופיע בסופו של דבר בנפרד כנספח ב' במסגרת "הנחיות לתכנון שילוט בדרכים בין-עירוניות" של משרד התחבורה, מיוני 2011.**

### 11.1.3 מטרת ההנחיות

הדרכים הפרבריות המהירות כונו כך במהלך שנות ה-70 של המאה הקודמת, בעת הכנת תכנית מתאר ארצית לדרכים – תמ"א 3. השם תורגם בזמנו מאנגלית (urban/suburban freeways), ומלווה את תמ"א 3 מאותה עת.

צוות ההיגוי של ההנחיות להלן מצא לנכון לשנות את השם מ-'דרך פרברית מהירה' ל-'דרך מעויירת מהירה', כדי לכלול את כל הדרכים בעלות מאפיינים הנדסיים ותפעוליים דומים, גם אם לא הוגדרו

סטטוטורית כבין-עירונית או כדרכים פרבריות מהירות. לפיכך, הדרך הפרברית המהירה תוגדר ותיקרא במסגרת הנחיות אלה כ-"דרך מעויירת מהירה".

ההגדרה שנבחרה לדרך זו היא כדלקמן:

**"דרך מעויירת מהירה – דרך מסוייגת גישה במלואה, בעלת צפיפות מחלפים גבוהה, העוברת באזורים מטרופוליניים ועירוניים, קיימים או מתוכננים, משרתת נפחי תנועה גבוהים, ומחברת בין רשת הדרכים הארצית לבין רשת הדרכים העירונית".**

מטרתן של ההנחיות להלן היא לאפשר למתכננים ולגורמים המאשרים לקבוע את הערכים המנחים בכל מקרה של תכנון דרך מעויירת מהירה, ולהימנע מקביעת קריטריונים וסטנדרטים לכל אחת מהדרכים המעויירות המהירות בנפרד. יצירת האחידות בתכנון היא אמנם מטרה בפני עצמה, אולם אין כוונה בשום פנים להגביל את חופש המחשבה של המתכנן ושל מקבלי ההחלטות התכנוניות.

יתרה מזאת, תכנון דרך מעויירת מהירה הינו הליך קשה ומורכב. יש לזכור שבשונה מהדרכים המהירות הבין-עירוניות, יש לנו במקרה זה טיפול בנפחי תנועה גבוהים, מרחקים קצרים בין המחלפים, אילוצים אורבניים וסביבתיים, מגבלות בתוואי האופקי והאנכי, ואזורי השקה למערך העירוני הסובב. לפיכך, יש ללמוד ולקבל גם חריגות סבירות מההנחיות, שמקורן באחד או ביותר מהאילוצים הנ"ל, וכן באילוצים נקודתיים אחרים. זאת, תוך שמירה קפדנית שהדרך תהיה ניתנת לשימוש סביר ובטיחותי לאחר שתאושר על ידי הרשויות. יש, אמנם, לסמוך על שיקול דעתם של המתכננים והרשויות המורשות לכך, אולם אין להפוך חריגים אלה ל"נורמה".

בכל המקרים יהיה התכנון כפוף לתקנות התכנון והבנייה, לתקנות התעבורה ולתקנות והנחיות אחרות התקפות באזור הנדון.

#### 11.1.4 מבנה ההנחיות וייחודן

מאחר שמדובר על דרכים מהירות, הרי שיש מספר מאפיינים הזוהים לכל סוגי הדרכים המהירות למיניהן. שניים מהמאפיינים החשובים ביותר, המהווים בסיס לכל דרך מהירה הם:

א. נגישות מבוקרת לחלוטין (אין קונפליקטים של חציית רכב).

ב. מניעת תנועת הולכי-רגל ואופניים במפלס הדרך או סמוך לה ללא חציצה.

בהתקיים שני תנאים אלה ניתן, באמצעות שילוט ותמרור מתאימים, לאסור גם על רכב איטי להשתמש בדרך זו.

ההנחיות הגיאומטריות-הנדסיות של הדרכים המעויירות המהירות חולקו, לנחיות המשתמשים, לשניים:

א. מאפיינים וסטנדרטים לקטעי הדרכים המהירות (סעיף 11.2).

ב. מאפיינים וסטנדרטים למחלפים לאורך הדרך המהירה (סעיף 11.3).

בנוסף להיבטים הגיאומטריים, נכלל בהנחיות אלה גם פרק אורבני (סעיף 11.4), אותו מצא צוות ההיגוי לנכון לשלב בהנחיות לדרכים מעויירות מהירות, בשל ההשקה הרבה בין הדרך לבין השטח המעוייר אותו היא חוצה.

פרק השילוט, שחובר במסגרת הנחיות אלה, הופיע כבר, כאמור לעיל, כנספח בהנחיות משרד התחבורה לשילוט בין-עירוני.

### 11.1.5 תחולת ההנחיות ותקפותן

הנחיות אלה תיכנסנה לתוקפן מיד עם פרסומן.

ההנחיות נועדו הן לתכנון של דרכים מעויירות מהירות חדשות, והן לשיפורים בטיחותיים ואחרים בדרכים מעויירות קיימות. יש להדגיש כי ההנחיות מציגות, מטבע הדברים, את הערכים המזעריים בהם ניתן להשתמש במהלך תכנון דרך מעויירת מהירה. מומלץ, ככל הניתן, לא להיצמד לערכים אלה, במידה והתנאים מאפשרים זאת.

מאידך, יש להדגיש, חזור והדגש, כי הנחיות, מטבען, אינן מסוגלות לצפות את כל המצבים בהם ייתקל מתכנן הדרך, ולפיכך יש להתייחס אליהן בגדר המלצות תכנוניות ולא תקן פורמלי או חוק כל שהוא.

## 11.2 קטעי דרך

### 11.2.1 מבוא

פרק זה מציג את הסטנדרטים והקריטריונים של אותם חלקים של הדרכים המהירות המעויירות בהן זרימת התנועה היא חופשית, מבלי שכלי-רכב יתווספו או יעזבו את הדרך. מדובר בקטעים המרוחקים מאזורי ההשפעה המיידית של המחלפים שלאורך הדרך.

בפרקים שלהלן יוצגו הקריטריונים המומלצים לדרכים מהירות מעויירות, הנבדלים מהקריטריונים שנקבעו לדרכים המהירות הבין-עירוניות, כמוצג בפרקים הקודמים של ההנחיות.

### 11.2.2 מהירות תכן

מהירות התכן היא הגורם הראשי לקביעת המאפיינים הגיאומטריים והאלטימטריים של דרך מהירה מעויירת, כמו גם של כל סוגי הדרכים האחרות. מהירות זו מוגדרת כמהירות המרבית המותאמת לנסיעה בטוחה וחלקה לאורך הקטע.

מרכיבי הדרך המושפעים ישירות ממהירות התכן הם: עקומים אופקיים ואנכיים, הגבהות צידיות, מרחקי ראות, שיפועי אורך, רוחב מרכיבי חתך הדרך (נתיב, שול, מרווחי בטיחות) וכדומה.

מהירויות התכן ומהירויות הייעוד המוצעות לדרכים מעויירות מהירות מוצגות בטבלאות 2.4 ו-2.5 בפרק 2 לעיל. מהירויות אלו נמוכות ב-10 קמ"ש מהמהירויות בדרכים מהירות בין-עירוניות לאותם

תנאים. רק במקרים יוצאי דופן ניתן להקטין את מהירות התכן הקטנה נוספת, ל-100 קמ"ש בשטח מישורי, 90 קמ"ש בשטח גבעי, 80 קמ"ש בשטח הררי, תוך הפחתת המהירות המרבית המותרת, בהתאמה.

### 11.2.3 חתכי רוחב

#### א. רוחב נתיב

רוחב הנתיב הוא הגורם המשפיע ביותר על נוחות הנסיעה ובטיחותה. כמו כן משפיע רוחב הנתיב על אפשרויות התמרון של כלי הרכב, כמו גם על קיבולת הדרך וכושר ההעברה שלה. **רוחב נתיב בדרך מעויירת מהירה יהיה 3.60 מ',** כפי שמוגדר גם בסעיף 3.2 "רוחב הכביש" בפרק 3 לעיל.

#### ב. רוחב שוליים

רוחב השוליים בדרך מהירה יהיה כדלקמן (ראו פירוט בסעיף 3.3 "שולי הדרך" בפרק 3 לעיל):

- רוחב שול ימני 3.00 מ' (במקרים חריגים רוחב מזערי של 2.00 מ').
- רוחב מזערי של שול שמאלי יהיה כדלקמן:
- עד שלושה נתיבים בסיסיים לכיוון – 1.20 מ' (במקרים חריגים רוחב של 1.00 מ').
- מעל שלושה נתיבים בסיסיים לכיוון – 3.00 מ'.

### 11.2.4 מרחקי ראות

מרחקי הראות הרלבנטיים לדרכים מהירות מעויירות הם מרחקי הראות לעצירה ולהחלטה. ההמלצות בנושא זה תואמות את סעיפים 4.2 ו-4.3 בפרק 4 "מרחקי ראות" לעיל.

### 11.2.5 התוואי האופקי

פרק זה תואם כולו את האמור בפרק 5 "התוואי האופקי" לעיל, היות שגורמי החיכוך, ההגבהות והרדיוסים הותאמו לערכי תערובות S ו-SMA, אשר נלקחו בחשבון גם לדרכים המעויירות.

### 11.2.6 התוואי האנכי

#### א. שיפוע לאורך

התוואי האנכי משלב קטעים ישרים ועקומות אנכיות קמורות או קעורות. ככלל, השיפועים המרביים נתונים בטבלה 6.1 בפרק 6 לעיל. רק במקרים יוצאי דופן ניתן לחרוג מהם לשיפועים המרביים המוצגים בטבלה 11.1 עבור קטעי הדרך. בטבלה נתונים גם השיפועים עבור רמפות הקישור בין הדרך לבין המערך העירוני.

**טבלה 11.1: שיפועים מרביים לאורך התוואי**

טופוגרפיה	בדרך	ברמפה
מישורי	6%	8%
גבעי	7%	9%
הררי	8%	10%

**ב. עקומים אנכיים**

העקומים האנכיים נועדו על מנת לעבור משיפוע אנכי אחד למשנהו. שני טיפוסים העקומים האנכיים הם עקום קמור ועקום קעור. תכן העקומים יהיה בהתאם לאמור בסעיף 6.4 "עקומים אנכיים" בפרק 6 לעיל.

**11.2.7 קיבולת הדרך**

קיבולת הדרך (road capacity) היא הכמות הגדולה ביותר של כלי-רכב שיכולה לעבור בנקודה מסוימת לאורך הדרך, בפרק זמן מוגדר ובהתייחס לתנאים השוררים בדרך באותה נקודת זמן.

ככלל נמדדת הקיבולת בשיעור זרימה שעת, אלא אם נאמר אחרת.

רמת השירות (level of service) הוא מדד איכותי, המצביע על התנאים התפעוליים הקיימים בקטע דרך מסויים ובנקודת זמן מסויימת. רמת השירות מתארת את התנאים המצטברים של מספר מאפיינים כגון: מהירות כלי הרכב, צפיפותם, זמן הנסיעה, חופש התימרון, הפרעות, בטיחות ונוחות הנסיעה.

הדרוג המקובל לקביעת רמת השירות מציג את רמת השירות הטובה ביותר באות "A", כאשר רמת השירות הנמוכה ביותר מוגדרת כ-"F".

לאורך למעלה מחמישים שנה התבססו חישובי הקיבולת על המדריך לקיבולת בדרכים של ארצות הברית (Highway Capacity Manual); בתחילת העשור הקודם יזם משרד התחבורה את תרגומו של המדריך לעברית, תוך בחינת התאמת הנתונים לתנאים בישראל. בין השינויים שנתגלו במחקר זה בלט השינוי המשמעותי בזרימת תנועה בדרכים מהירות, כאשר התוצאות שהתקבלו בישראל היו גבוהות ממה שפורסם במדריך האמריקאי.

טבלה 11.2 מציגה את התוצאות שהתקבלו ואומצו במדריך הישראלי לקיבולת בדרכים שפורסם על ידי משרד התחבורה בדצמבר 2005.

**טבלה 11.2:** נפחי שירות מרביים לרמות השירות השונות בדרך מעויירת מהירה\*

100	90	80	מהירות תכן (קמ"ש)
110	100	90	מהירות שיט חופשית (קמ"ש)**
770	700	630	רמת שירות A
1,210	1,100	990	רמת שירות B
1,740	1,600	1,440	רמת שירות C
2,135	2,065	1,955	רמת שירות D
2,335	2,300	2,250	רמת שירות E

\* על פי HCM 2000 מכיל לתנאי ישראל  
 \*\* בהנחה שמהירות השיט החופשית (FFS) גבוהה ב-10 קמ"ש מהמהירות המוצגת, ובהנחה שהמהירות המוצגת הינה בגובה מהירות התכן.

הטבלה מציגה את כמות כלי הרכב לנתיב לשעה בתנאים "סטרייליים".  
 לרמות השירות לתכן ולערכי התכן, ראו סעיף 8.4 "דרכים דו-מסלוליות מהירות" בפרק 8 לעיל.

**11.2.8 תחבורה ציבורית**

**א. מבוא**

ככלל קיים קונפליקט מובנה בין מתן עדיפות לתחבורה ציבורית בדרך מהירה כלשהיא, לבין צידה השני של המשוואה בו קיים איסור על הולכי-הרגל המשתמשים בתחבורה הציבורית להימצא בכפיפה אחת עם הרכב הנוסע בדרך המהירה. מאידך, מאחר שמדובר באזורים מטרופוליניים עם פעילות אורבנית צפופה, ניתן לתכנן עדיפות לתחבורה הציבורית, תוך שמירה על הפרדה מוחלטת בין משתמשי התחבורה הציבורית לבין מסלולי הנסיעה של הדרך המהירה המעויירת.

להלן הקווים המנחים להעדפה לתחבורה ציבורית:

**ב. מסלול תחבורה ציבורית**

ניתן לתכנן מסלול לתחבורה ציבורית מופרד מנתיבי התנועה הפרטית.

מאחר שבדרכים מהירות מעויירות המרווח בין המחלפים אינו גדול, ישנה העדפה לתכנן מסלול תח"צ במרכז הדרך, ולהימנע מיצירת קונפליקטים בינו לבין הרכב הנכנס או היוצא מהדרך המהירה.

יש להדגיש, במקרה זה, כי במידה שייקבעו תחנות אוטובוס במרכז הקטע של הדרך המהירה, יש לכוון את הולכי-הרגל למפלט נפרד שיקשור בין התחנה לבין המערך העירוני הסמוך, בין אם מעל לדרך המהירה או מתחתיה, ובין אם לאחד הגשרים החוצים, תוך שמירת כללי הנגישות המתחייבים והפרדה פיזית מהדרך עצמה.



### ג. נתיב תחבורה ציבורית

נתיב תחבורה ציבורית בדרך מעויירת מהירה מוגדר כנתיב המיועד לתחבורה ציבורית בחלק משעות היממה וימי השבוע, או ללא הגבלת זמן. הנתיב אינו מופרד באמצעות מתקן כלשהוא, וניתן לעבור ממנו ואליו מנתיבי הנסיעה האחרים, ללא מגבלה פיזית.

מהיות הדרך המהירה המעויירת בעלת מחלפים סמוכים האחד לשני, לא מומלץ לתכנן את הנתיב בימין הדרך כנהוג, בדרך כלל, ברחובות עירוניים.

מאידך, תכנון הנתיב בצד שמאל של המסלול מחייב את הרכב הציבורי בחציית מספר נתיבים מרגע עלייתו על הכביש המהיר, וכנ"ל גם לקראת יציאתו במחלף היעד. במידה שהמרווחים גדולים מספיק וקיימת הצדקה כמותית, ניתן לשקול את האפשרות לייעד נתיב זה, השמאלי, לתחבורה ציבורית בחלק משעות היממה או באופן גורף ללא הגבלת זמן.

אין להציב תחנות בקטע הדרך במקרה זה, אלא אם תתבצע הפרדה פיזית שאינה מאפשרת לעולים וליורדים לגלוש מהתחנה לדרך המהירה.

## 11.2.9 נושאים נוספים

### א. תאורה

הדרכים המעויירות המהירות יהיו מוארות, תכנון התאורה בהתאם להנחיות משרד התחבורה ולתקנים ישראליים.

### ב. ניקוז

מומלץ שהניקוז בדרכים מעויירות יהיה סגור ולא פתוח. מיקום הקולטנים יהיה בקצה השול בלבד, לפחות מטר אחד מקצה הנתיב.

### ג. שוחות בקרה

מיקום שוחות בקרה יהיה מחוץ לשול, במקרים מיוחדים בקצה השול, ולפחות מטר אחד מקצה הנתיב.

## 11.3 מחלפים

### 11.3.1 מבוא

בתקנות התעבורה מוגדר המחלף כ"מפגש דרכים במפלסים שונים הכולל את הדרכים המחברות בין המפגש".

הנוסח המקובל בספרות המקצועית הבין-לאומית מגדיר מחלף כ"מערכת של דרכים מחברות בשילוב עם הפרדה דו-מפלסית, אחת או יותר, המאפשרת מעבר בין שתי דרכים או יותר, הנמצאות במפלסים שונים".

ההגדרות הנ"ל מתאימות, ברמה העקרונית, לארבעה סוגי מחלפים כדלקמן:



א. מחלפי מערכת – מחלפים המקשרים בין שתי דרכים מהירות מכל סוג שהוא.  
ב. מחלפי שירות/גישה – מחלפים הקושרים בין התנועה המבוקרת (מסוייגת גישה), לבין המערך העירוני/מקומי.

ג. מחלפונים – כמו מחלפי שירות, אולם במידות קטנות יותר.

ד. מפרידנים – כנ"ל, אולם הדרך המשנית אמורה להיות דרך ברמת מדרג נמוכה.

בהבדל מהמערך הבין-עירוני, בו תנועת הולכי-הרגל בדרכים החוצות היא דלילה יחסית, הרי שבמחלפים האורבניים, שאינם מחלפי מערכת, קיימת תנועת הולכי-רגל משמעותית (ולפעמים משמעותית ביותר) ברחובות החוצים.

מבחינה זו רצוי להתייחס לדרך החוצה כאל דרך עירונית לכל דבר, הן מבחינת תפקוד הרכב והן מבחינת התפקודים העירוניים של הולכי-הרגל, רוכבי אופניים, משתמשי התחבורה הציבורית וכל שאר הפעילויות האורבניות.

לפיכך, תתייחסנה ההנחיות בנושא המחלפים בדרכים מהירות מעויירות אל הדרך החוצה כאל חלק מהמערך העירוני העורקי, על כל המשתמע מכך. זאת, כאשר הדרך המהירה והרמפות יהיו חלק מהמערך המהיר העירוני (ראו גם סעיף 11.4 להלן).

בתרשים 11.1 מוצגים האזורים לפי רמת ההתייחסות אליהם, במסגרת הנחיות אלה.

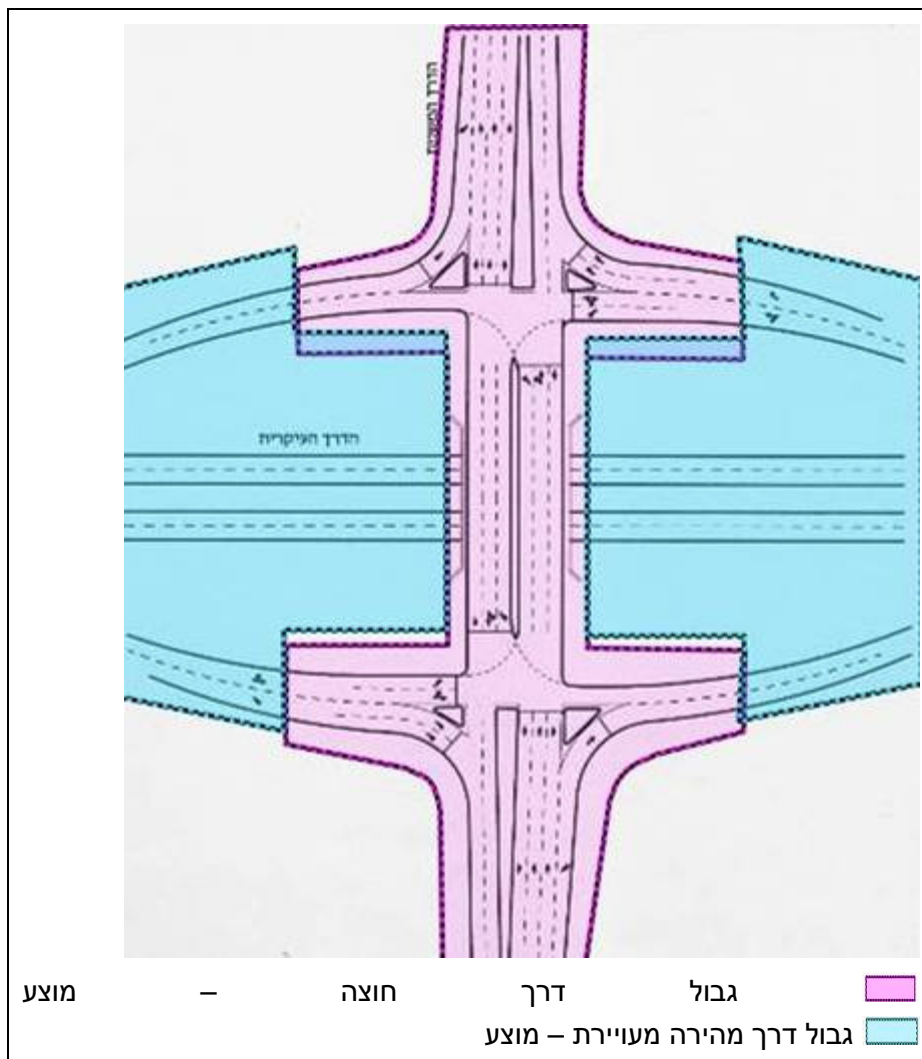
מבחינת מדרג המפגשים, הדרכים המעויירות ייפגשו במחלפים בעיקר עם דרכים עירוניות עורקיות, כהגדרתן בסעיף 11.4.1 להלן. רק במקרים יוצאי דופן יהיה מחלף עם רחוב מאסף ראשי (מאסף רמה 2 לפי ההנחיות העירוניות החדשות). לא יהיה מחלף עם רחוב מקומי – אך ורק מיפרד, במקרה של חציית התוואים.

בסעיף זה יוצגו המאפיינים אשר שונים מהמצוין בכרך III – מחלפים, של הנחיות מע"צ משנת 2000 ועדכון מ-2002.

### 11.3.2 אזורי המחלף כפונקציה של סוג הטיפול

#### **א. שיקולים ועקרונות**

על פניו ניתן להשתמש בדרכים המהירות המעויירות בכל סוגי המחלפים הידועים בספרות המקצועית ומפורטים בכרך III של הנחיות מע"צ. יחד עם זאת, ככל שהאזור מהווה אזור אורבני צפוף יותר, וככל שפעילות הולכי-הרגל, התחבורה הציבורית, רוכבי האופניים וכדומה גדולה יותר, כך רצוי להסתמך על אותם מחלפים המאפשרים את השילוב הטוב ביותר בין המשתמשים שאינם נמצאים ברכב, לבין הרכב העובר. לדוגמא: פתרון לולאה, שהינו סביר ביותר, ובהרבה מקרים גם מועדף, בדרכים בין-עירוניות, מתקשר למערך העירוני, או עוזב אותו, בזרימה חופשית ובלי הגדרת עדיפות ומתן זכות קדימה להולכי-הרגל, וללא מיקום טבעי לתחנות תח"צ.



**תרשים 11.1:** גבולות ההתייחסות בין הדרך המעויירת לבין הרחוב העירוני

ככל שהיקף הפעילות האורבני גדל, הרי שהזרימה החופשית של כלי הרכב הופכות ל"חיסרון" בגלל הקונפליקט עם הולכי-הרגל. במקרים בהם היקף הולכי-הרגל הוא גדול במיוחד, התנועה מהלולאה מצורפת לרמזור עצמו, ומאפשרת מתן זמן ירוק בלעדי להולכי-הרגל.

בכל הקשור למערך הנסיעה על הדרך המהירה, הפתרונות העקרוניים דומים לאלו של הדרכים המהירות הבין-עירוניות בהיבטים של שמירת הכיוון הראשי, המשכיות נתיבים ואיזונם, האטה והאצה בגישה אל המחלף וממנו (במידות אחרות שיפורטו בהמשך), יציאה בודדת (ככל האפשר) וכדומה.

במחלפי דרכים מעויירת עם רחובות עירוניים, רצויה סימטריה בין כיווני התנועה האפשריים באותו מחלף (דהינו שלכל יציאה מהדרך המעויירת תהיה כניסה מקבילה).

## ב. תצורות המחלפים

ניתן, כאמור, להשתמש בכל תצורות המחלפים הידועות. יחד עם זאת, ככל שמדובר באזור המתפקד בפעילות אורבנית גבוהה יותר, רצוי לתכנן את נקודות ההתקשרות של הרמפות בצורה המתחשבת בהולכי-הרגל, לא פחות מאשר בהסדרי הנסיעה של הרכב.

במקרים של זרימת רכב חופשית (פניה ימנית, לולאה וכדומה), יש לשקול את תכנונם גם בהתאם להיקפי הולכי-הרגל שאמורים לחצות את הרכב הנוסע.

תצורות המחלפים העקרוניות על יתרונותיהם וחסרונותיהם מצוינות בהרחבה בכרך III – מחלפים, בהנחיות מע"צ משנת 2000. להלן בתמצית אופן ההתאמה של תצורות המחלפים השונים לדרך המעויירת:

- יהלום רגיל עם קטע באורך 100 מ' לאכסון פניות שמאלה בין שני הצמתים – מומלץ.
- יהלום צר – חסרון: זמני פינוי גדלים; יתרון: שטח מצומצם.
- יהלום חד-נקודתי – חסרון: אין המשכיות ברמפות, לכן לא מאפשר תחנות אוטובוס והסעה ברמפה, ומקשה על ישום מפרצי שירות ברמפות.
- יהלום בפיצול מרובע – חסרון: דורש שטח גדול; יתרון: מעביר נפחים גדולים בפניות.
- מעגל תנועה מרומזר – חסרון: עצירה ביותר צמתים לעומת יהלום בפיצול מרובע.
- יהלום תלת קומתי – חסרון: יקר; השפעות אורבניות; יתרון: קיבולת גבוהה.
- עלי תלתן לסוגיהם – חסרונות: הולכי-רגל חוצים תנועות לא מרומזרות, נדרשים שטחים גדולים, אינם מאפשרים המשכיות לתחבורה ציבורית.

באזורים עירוניים יש לצפות לחוסר בקרקע ובשטחים חדשים, כמו גם לאילוצים שאינם מאפשרים את הקונפיגורציות המלאות המקובלות למחלפים באזורים בין-עירוניים. במסגרת זו יש להיערך לתכנון לולאה ברדיוס קטן מהמקובל באזורים בין-עירוניים, כמו גם לבניית קירות תומכים, גשרים ומתקני עזר הנדסיים אחרים, במקום להסתמך על שיפועי קרקע וכדומה.

בסעיפים הבאים יפורטו הסטנדרטים והקריטריונים המזעריים המאפשרים לתכנן את מערכת הדרכים המהירות המעויירות, במסגרת האילוצים האורבניים הקיימים.

### 11.3.3 רמפות

#### א. כללי

הרמפות הן אותם דרכים המופיעות בהגדרת המחלף כדרכים המקשרות בין מערכות הכבישים במחלף, ומאפשרות את ביצוע הפניות מכיוון אחד למשנהו.

קיימים שלושה אזורים עיקריים בכל רמפה שהיא:

- א. הקטע המרכזי שלה;
- ב. קטע החיבור אל המערך העירוני או ממנו;
- ג. הקטע העוזב או מתחבר אל הדרך המעויירת המהירה.

בנוסף משמשת הרמפה, ברוב רובם של המקרים, על מנת לגשר בין מפלס הדרך המהירה המעויירת לבין הרחוב העירוני החוצה. כמו כן, ברוב רובם של המקרים הרמפה היא חד-סיטרית, לפחות בחלקה הקרוב לדרך המעויירת המהירה. בין שאר תפקידיה נועדה הרמפה גם להעביר את הרכב ממהירות אחת לשנייה, בהתאם לשתי הדרכים אותה היא מחברת.

באזורים עירוניים, בחלק מרבי מהמקרים משתנה המהירות ממהירות התכן של הדרך המהירה המעויירת (80-100 קמ"ש מהירות תכן מזערית), למצב של נסיעה איטית ואף עצירה מוחלטת ברמזורים בקצה הרמפות. לחילופין, בכיוון הנגדי על הרכב להגביר את מהירותו ממצב של עצירה מוחלטת, למהירות המותרת על הדרך המהירה המעויירת.

תפקיד נוסף של הרמפה, האופייני בעיקר לדרכים מעויירות ופחות לדרכים בין-עירוניות, הוא השימוש ברמפה להמתנת רכב לפני הצומת העירוני. אמנם, מבחינה עקרונית יש לתכנן את צמתי המחלף כך שלא תהיה הצטברות רכב בגישה לצומת, יחד עם זאת, התופעה של הצטברות רכב לפני צמתי המחלף נפוצה בשעות השיא של הבוקר ואחר הצהריים ברוב המחלפים העירוניים הקיימים, לא רק בישראל, אלא בכל העולם המפותח.

לפיכך, יש לתכנן את הרמפה כך שתוכל לקבל על עצמה את הצטברות הרכב הממתין, מבלי להזדקק להמתנה על הדרך המהירה עצמה, בין אם על הנתיבים הבסיסיים או נתיבי העזר.

אם מתוכננת בקרת רמפות (ramp metering), יש לתכנן ברמפות הכניסה נתיבי האצה שיתאימו להתמזגות ממהירות 0 בקו ההמתנה לבקר, עד למהירויות הזרימה המתואמות עם בקרת הרמפה.

### ב. מהירות התכן ברמפות

על בסיס המאפיינים הנ"ל, טבלה 11.3 מציגה את מהירויות התכן המזעריות לפי סוגי הרמפות השונות.

**טבלה 11.3: מהירויות תכן ברמפות\***

אזור טופוגרפי			סוג הדרך/הרמפה
הררי	גבעי	מישורי	
80-90	90-100	100-110	הדרך המעויירת
40	40	40	לולאה
50-60	60-70	60-70	רמפה ישירה

\* במהירויות המוצגות כתחום, הערך העליון זו המהירות המזערית הרצויה, הערך התחתון זו המהירות המזערית המוחלטת.

### ג. חתך רוחב ברמפות

חתך הרוחב האופייני ברמפה של דרכים מהירות מעויירות מורכב ממיסעת כביש, כשמשני צידיה שוליים סלולים. זאת, בקטע הסמוך לדרך המהירה ובקטע הביניים.

בקטע הסמוך לצומת העירוני, "נעלמים" השוליים, ובמקומם מוצגת, ברוב רובם של המקרים, מדרכה להולכי-רגל.

אזור המעבר מהשול למדרכה חייב להיעשות בצורה המבטיחה את תשומת ליבו של הנהג כי הינו נכנס לשטח עירוני ועליו לנהוג בהתאם.

חתכי הרוחב ברמפות ישרות יהיו כדלקמן:

#### ▪ רמפה חד-נתיבית

רוחב נתיב	4.0 מ'
שול ימני	2.5 מ'
שול שמאלי	<u>1.0 מ'</u>
סה"כ רוחב מזערי נקי	7.5 מ'

#### ▪ רמפה דו-נתיבית

רוחב שני נתיבים	7.2 מ'
שול ימני	2.5 מ'
שול שמאלי	<u>1.0 מ'</u>
סה"כ רוחב מזערי נקי	10.7 מ'

### ד. תוואי אופקי ברמפות

בטבלה 11.4 המוצגת להלן מפורטים הרדיוסים המזעריים לתכנון הרמפות כתלות במהירות התכן של הרמפה ובהגבהה הצידיית המרבית.

**טבלה 11.4: רדיוסים מזעריים ברמפות**

90	80	70	60	50	40	מהירות תכן (קמ"ש)
10	10	10	10	10-12	10-12	הגבהה מרבית (%)
320	235	165	110	75	45	רדיוס מזערי (מ')

מעבר השיפועים ייעשה באמצעות קלוטואידות. יחד עם זאת, במידה שעקומה אופקית אחת מתחברת לשנייה באותו כיוון, אין צורך להשתמש בקלוטואידה, כל עוד היחס בין שני העקומים אינו עולה על 2:1.

## ה. תוואי אנכי ברמפות

אחד מתפקידי הרמפה, כפי שפורטו בסעיף 11.4.3 לעיל, הוא להתגבר על הפרש הגבהים בין הדרך המהירה המעויירת לדרך העירונית החוצה, אליה מתחברת הרמפה. בשונה מדרכים בין-עירוניות, מהירויות הנסיעה בפועל ברמפות הקישור בדרכים המהירות העירוניות נעות ממהירות התכן (ואף יותר בפועל), ועד למהירויות זחילה או אפילו 'עצור וסע' בשעות השיא של המתקן התחבורתי. בנוסף לנ"ל, מאחר שנושא ההשתזרות והקירבה בין המחלפים בדרכים מהירות עירוניות הוא קריטי יותר מאשר בדרכים בין-עירוניות, הרי שקיים, במקרים מסוימים, צורך לקצר את אורך הרמפה, על מנת לאפשר מרווחי השתזרות גדולים יותר בדרך המהירה עצמה.

בטבלה 11.1 הוצג השיפוע המרבי ברמפות יחד עם השיפוע המרבי של הדרך המעויירת המהירה.

## 11.3.4 מחברי זרימה

מחברי הזרימה אל הדרך המהירה המעויירת וממנה יתוכננו בימין הדרך.

את המהירות במחבר, שהוא האזור בו מהירות הרכב משתנה ובאמצעותו מצטרפים או עוזבים את נתיב הנסיעה, יש לתכנן באופן שיבטיח את אפשרות הנהג המשתמש להסתגל ממצב אחד לשני.

במחברי היציאה ייתכנו הן מחבר אלכסוני והן מחבר מקביל המתוארים בהנחיות מע"צ למחלפים. זווית הפתיחה במחבר יציאה היא בין 3 ל-4 מעלות, במחבר כניסה – היסט של  $1^\circ$ .

מחברי כניסה יכולים להיות חד-נתיבים או דו-נתיביים. שלוש חלופות ניתוב מחברי כניסה דו-נתיביים מוצגות בתרשים 11.2:

**חלופה א'** מציגה התכנסות של שני נתיבים (או יותר) הנמצאים ברמפת הגישה לדרך לנתיב בודד, ונתיב זה נמשך כנתיב עזר לאורך אזור ההשפעה של המחלף. במידה שהמחלפים אינם רחוקים זה מזה, יימשך נתיב העזר עד למחלף הבא.

**חלופה ב'** מציגה מצב בו שני הנתיבים של הרמפה ממשיכים במתכונתם לעבר הדרך המהירה. במצב זה הרכב הימני נוסע בלתי מופרע בנתיבו, ואילו הרכב המגיע בנתיב השמאלי של הרמפה אמור להתמזג עם הרכב הנוסע בנתיב הימני של הדרך המהירה.

יש להדגיש במקרה זה כי אם הרכב הנוסע בימין הדרך אינו מתכוון לצאת במחלף הבא, עליו למצוא במורד הזרם פער בנתיב שמשמאלו על מנת לעבור אליו.

**חלופה ג'** דומה לחלופה א' – אולם התמזגות כלי הרכב ברמפה לנתיב אחד יכולה להיעשות גם לאחר הנסיעה מעבר לאף הפיזי. בחלופה זו חלק מכלי הרכב הנמצאים בנתיב השמאלי של הרמפה יכולים להתמזג בדרך, אם נמצא פער מתאים.

**א. מחבר יציאה חד-נתיבי**

מחבר יציאה בן נתיב אחד היוצא מנתיב הנסיעה הימני, יתוכנן באופן עקרוני על פי המקובל בתכנון הדרכים המהירות הבין-עירוניות.

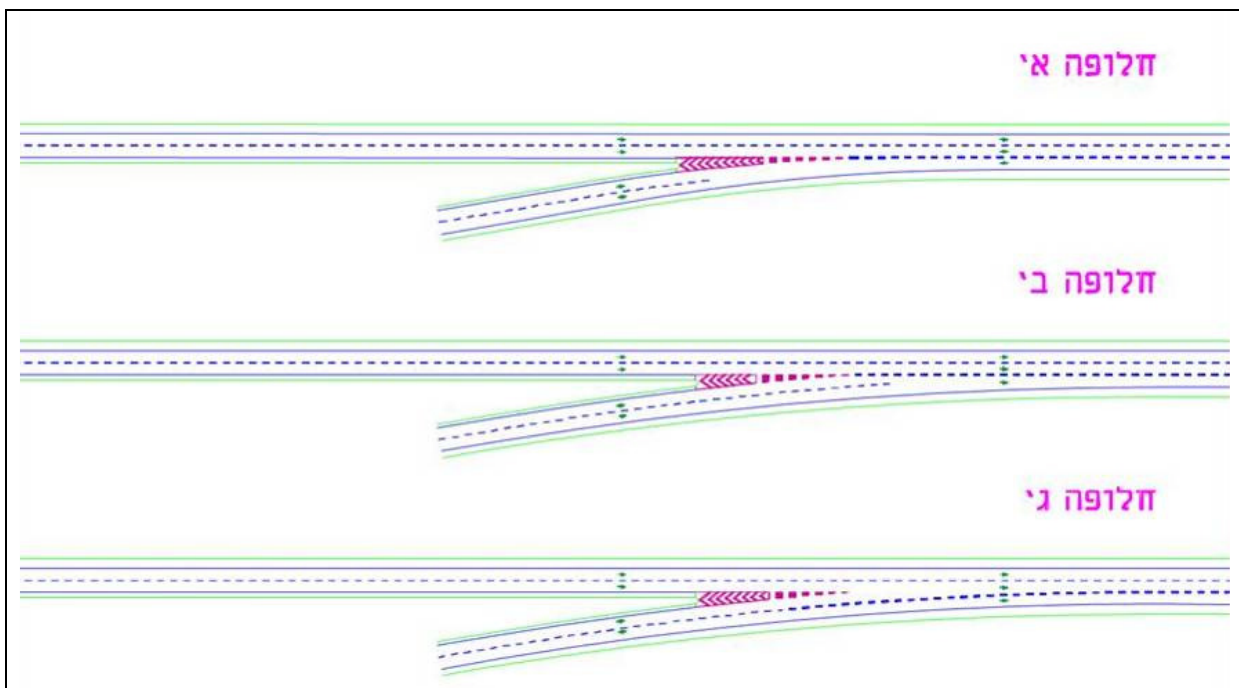
**ב. מחבר יציאה דו-נתיבי**

מחבר יציאה דו-נתיבי יתוכנן רק במקרה שקיים במעלה זרם התנועה נתיב עזר שאינו ממשיך בכביש הראשי לאחר הפיצול.

כאשר אין נתיב עזר ונדרשים שני נתיבים ברמפה, יפותח קודם כל נתיב נוסף במורד זרם התנועה (שיהווה, למעשה, נתיב עזר חלקי), ורק לאחר מכן תיקבע נקודת הפיצול.

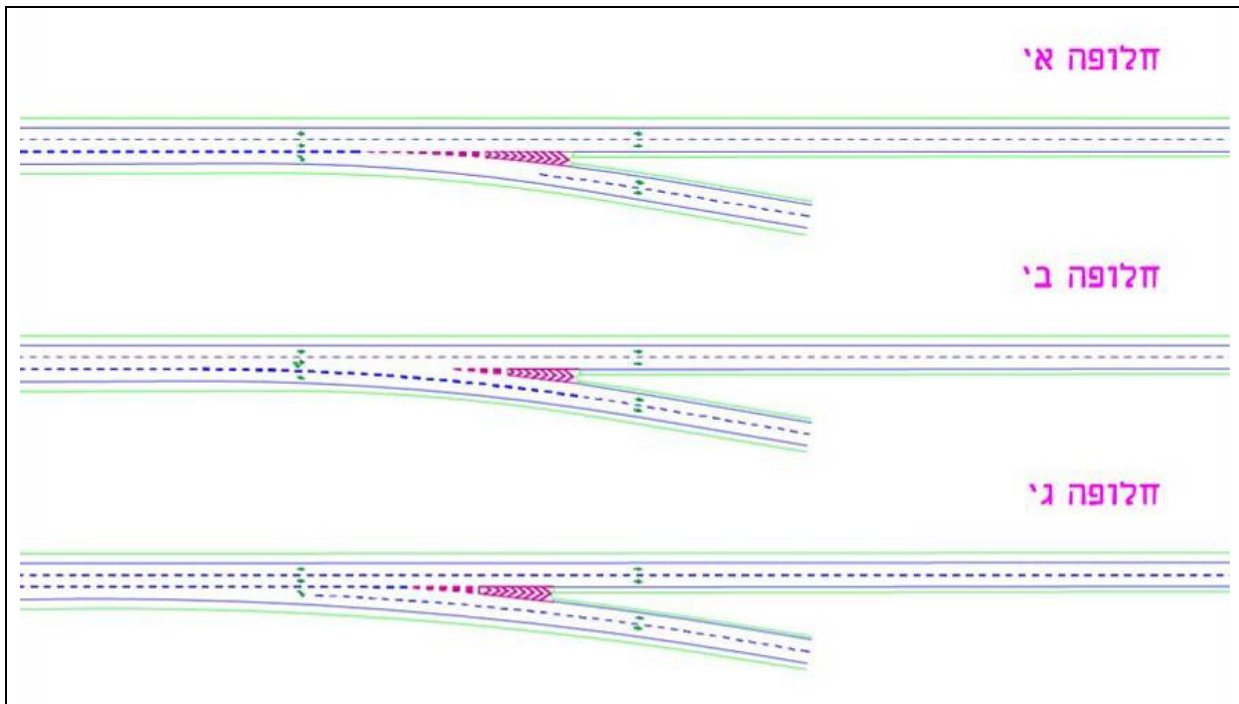
מבחינת הכוונת הרכב, קיימים באופן עקרוני שלושה מצבים לניתוב הרמפה מעבר לנקודת הפיצול.

בתרשים 11.3 מוצגות שלוש החלופות:



**תרשים 11.2:** החלופות למחברי כניסה דו-נתיביים





### תרשים 11.3: החלופות למחברי יציאה לרמפות דו-נתיביות

- **חלופה א'** – מציגה נתיב יציאה אחד, ופתיחת נתיב נוסף ברמפה עצמה במורד זרם התנועה.
- **חלופה ב'** – מציגה שני נתיבים נמשכים אל הרמפה, כאשר הנתיב השמאלי ברמפה (השני מימין בדרך המהירה) הוא נתיב משותף, דהיינו, התנועה בנתיב זה יכולה להחליט אם להמשיך ישר בדרך המהירה או לפנות לעבר רמפת היציאה.
- **חלופה ג'** – היא חלופת ביניים, בה אמנם היציאה היא בנתיב בודד, אולם הרחבת הרמפה לשני נתיבים נעשית עוד לפני פיצול התנועה ולפני האף הפיזי.

#### **ג. השתזרות ונתיבי עזר**

השתזרות מוגדרת כשילוב בין תנועות מתמזגות ותנועות נפרדות, הנעשית באותו קטע דרך ובאותו הכיוון.

בקטעים בין מחלפים, כאשר אין נתיב עזר, אין למעשה הגדרה של השתזרות אלא התמזגות, נסיעה בנתיב משותף והיפרדות. יחד עם זאת, במדריך לקיבולת בדרכים, גם הפעולה המתוארת לעיל מוגדרת כהשתזרות, בהיבט של ההשפעות על זרם התנועה והאטת מהירות השיט של הרכב המשתזר והרכב שאינו משתזר תוך כדי ביצוע פעולות אלה.

המרכיבים העיקריים המשפיעים על השינוי במאפייני התנועה בקטע בו מתבצעת השתזרות הם: אורך קטע ההשתזרות, מספר הנתיבים בקטע, נפחי התנועה המשתמשים בקטע זה (בין אם משתזרים או לא), ומהירות כלי-הרכב במעלה ובמורד זרם התנועה.

בדרכים מהירות מעויירות תופעת ההשתזרות שכיחה הרבה יותר מאשר בדרכים בין-עירוניות. ככל שהמחלפים קרובים האחד לשני, הרי שגורם ההשתזרות הופך למשמעותי הרבה יותר בעת תכנון מערך התנועה ומיקום המחלפים לאורך הדרך המהירה המעויירת.

על פי המדריך לקיבולת דרכים, המרחק המרבי בין נקודת המיזוג ונקודת הפיצול של רמפות הכניסה והיציאה בו עדיין מתקיימת תופעת ההשתזרות עומד על סדר גודל של 800 מטר.

במידה שהמרחק בין רמפת הכניסה לרמפת היציאה גדול יותר, יש להתייחס לקטע כאל קטע בו מתקיימת התמזגות בחלקו הראשון, לאחר מכן הרכב מתנהג על פי מאפייני הדרך עצמה, ולקראת הפיצול הוא מתנהג כמקובל ברמפת יציאה.

המשמעות הכמותית של תופעת ההשתזרות בדרך המהירה המעויירת נבדקה במסגרת המדריך הישראלי לקיבולת בדרכים, שפורסם על ידי משרד התחבורה בדצמבר 2005.

סימון ה'קוביות' בנתיבי עזר יהיה המשכי לאף המצוייר. במקרה של צורך בסגירת נתיב, הנתיב הנסגר יהיה תמיד הימני.

### 11.3.5 מרחק בין מחלפים

עירונית, המרווחים בין המחלפים בדרך המהירה המעויירת יהיו קטנים יותר מאשר בדרכים בין-עירוניות. במדריך להנחיות למחלפים של מע"צ, המרחק המזערי בין מחלפי גישה עומד על כ-4 ק"מ. באותו פרק יש אזכור לדרכים פרבריות מהירות "בין-עירוניות", בהן המרחק המזערי בין זוג מחלפי גישה סמוכים עומד על כ-2 ק"מ בלבד (הכוונה לדרך פרברית מהירה במבואות הערים אך לא בתוכן).

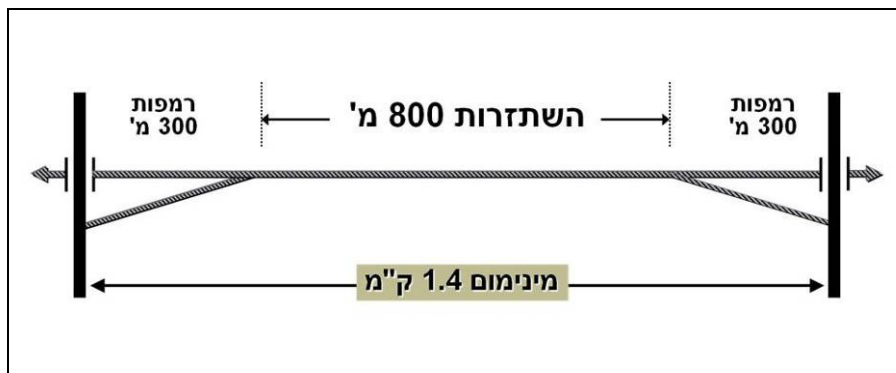
המרווח בין מחלפים אינו רק תוצאה של מרחקי ההשתזרות בין המחלפים, שנועד לאפשר לרכב הנוסע בדרך המהירה להמשיך בנסיעתו ללא הפרעה או, לחילופין, לצאת למערכת העירונית בהתאם ליעד הנסיעה – יש להביא בחשבון, כי העברת המסרים לנהג, דהיינו שילוט ההכוונה והתימרור המתאים, יופיעו באינטנסיביות גבוהה בהרבה בדרכים המהירות המעויירות לעומת השילוט המוצב בדרכים הבין-עירוניות.

כדוגמה למרחק מזערי בין שני מחלפים סמוכים, מוצגת בתרשים 11.4 הסכימה המציגה את המרווחים הנדרשים של מרכיבי המרחק בסדרי גודל מקובלים במקרה של מחלף "סטנדרטי", בו הרמפות מתפקדות כדוגמת מחלף יהלום. המרחק בין מחלפים בדרך מעויירת מוגדר כמרחק בין סימוני קצות האפים.

### 11.3.6 צמתי המחלפים

הנסיעה בדרכים המהירות המעויירות מתחילה ו/או נגמרת במערכת העירונית. הקשר בין העיר לבין הדרך המהירה מתבצע ברוב המקרים באמצעות צומת.

כפי שהוצג בסעיפים הקודמים, הצומת מהווה מתקן תחבורתי עירוני לכל דבר, ולפיכך עליו להתייחס לא רק לכלי הרכב המשתמשים בו, אלא לכל שאר המשתמשים הרגילים בעיר כגון הולכי-רגל, רוכבי אופניים, משתמשי התחבורה הציבורית העירונית והבין-עירונית וכד'.



**תרשים 11.4:** מרחק השתזרות מזערי בדרך מעויירת

תכנון הצמתים יתבסס לפיכך על המקובל בצמתים עירוניים, לרבות ההנחיות לתכנון רחובות בערים שהוכנו על ידי משרד התחבורה ומשרד הבינוי והשיכון ופורסמו בחמישה כרכים עד סוף 2011.

### 11.3.7 מתקני דרך

בהיות הדרך המהירה המעויירת דרך מבוקרת מלאה וללא הולכי-רגל, אופניים או כלי-רכב איטיים, יש לנסות ולהימנע ככל האפשר מהתקנת מתקני דרך המחייבים אחת או יותר מהפעילויות הנ"ל.

יחד עם זאת, באזור המחלפים בו נעשית ההשקה בין הדרך המהירה למערך העירוני, ניתן לאפשר הצבת מתקני דרך הנדרשים להפעלת הסבירה של המערך התחבורתי. באזורים אלה ניתן למקם תחנת אוטובוסים, בעיקר באזור צמתי המחלף ובמתכונת דומה למקובל בצמתים עירוניים לכל דבר, כנ"ל גם לגבי מפרצי הורדת והעלאת נוסעים (טרמפיאדות), אותם אין למקם על הדרך המהירה עצמה אלא באזור הצמתים.

ככלל רצוי למקם הן את הטרמפיאדות והן את תחנת האוטובוסים במורד זרם הנסיעה מהצומת (far side).

חיבורים לרמפות העלייה והירידה אינם מומלצים בשום מקרה – יחד עם זאת, במקרים חריגים, בהם מדובר במתקן תחבורה ציבורית או מתקן תחבורתי דומה, ניתן לשקול את האפשרות לחיבור בכיוון אחד או יותר, אולם אין להפוך מצב זה למצב שגרתי.

## 11.4 היבטים אורבניים וכלליים בהנחיות לדרכים מעויירות

### 11.4.1 התפקיד התנועתי של הדרך המעויירת

בסעיף זה יודגש הייחוד התנועתי של הדרך המעויירת, אשר תכונתה החשובה הינה יעילות מרבית בפילוג ואיסוף של תנועה בהיקפים גדולים, בניגוד למשתני קיבולת בדרכים בין-עירוניות, הנשענים בעיקר על מהירויות התנועה.

#### א. הגדרת הדרכים

##### 1) דרכים בין-עירוניות

ההגדרות הנקוטות היום לדרכים בין-עירוניות לקוחות מההגדרות הסטטוטוריות שנקבעו בתמ"א 3 לדרכים. על פי אלה הדרכים הבין-עירוניות מחולקות ל-5 רמות כמפורט בטבלה 2.1 בפרק 2 לעיל: **דרך מהירה, דרך פרברית מהירה, דרך ראשית, דרך אזורית, דרך מקומית.** לקבוצות הדרכים הבין-עירוניות השונות מאפיינים שונים בכל האמור לתפקוד, אמצעי בקרה, משתני תכן ומבנה תנועתי התואמים את מידרג הדרך, כפי שמפורט בטבלה 2.5 לעיל.

##### 2) דרכים ורחובות בתוך העיר

הסיווג של רחובות ודרכים בתוך העיר (כפי שמוגדר בהנחיות לתכנון רחובות בערים 2009), מייצר חלוקה בסיסית המבחינה בין רחובות – אשר בהם ניתנת עדיפות לפעילות עירונית בדופן הרחוב ולנגישות עליה, לבין דרכים – אשר בהן תינתן עדיפות מובהקת לתנועה לאורך הדרך, לעומת נגישות מוגבלת לדופן הדרך.

מבחינה תנועתית הסיווג הינו (מהנמוך לגבוה):

**רחוב מקומי** – רחוב שהתנועה בו הינה בעיקר לצרכי השימושים ברחוב.

**רחוב מאסף** – רחוב שהתנועה בו הינה הן לצורך השימושים ברחוב והן לצורך מעבר בין חלקים אחרים של העיר.

**דרך עירונית עורקית** – מסדרון תנועתי המקשר בדרך כלל בין רשת הדרכים הבין-עירונית והדרכים המהירות המעויירות לבין רחובות העיר, הדרך העירונית משמשת גם למעבר בין חלקים מרוחקים של העיר.

**דרך מעויירת מהירה** – מסדרון תנועה המשמש למעבר תנועה בין ערים ואזורים במטרופולין. הדרך ממוחלפת ומקשרת את רשת הדרכים הבין-עירונית עם רשת הדרכים העירונית.

ראוי להדגיש את ההבדלים המהותיים בין קבוצות הדרכים הבין-עירוניות ובין קבוצות הדרכים והרחובות העירוניים:

**א) משתמשים**

הדרכים הבין-עירוניות מיועדות באופן כמעט בלעדי לתנועת כלי-רכב מנועיים ולמעבר תשתיות (ובאופן חלקי בלבד גם לתנועת אופניים). הקבוצה העירונית מיועדת לתנועה ופעילות של מגוון רחב של צרכנים, ואשר כלי הרכב המנועיים מהווים רק חלק מהם.

**ב) סדר עדיפויות**

בתוך העיר קיימת הבחנה ברורה בין קבוצת הרחובות לבין קבוצת הדרכים. ברחובות העירוניים המקומיים והמאספים יש עדיפות מובהקת לתנועה ולפעילות של משתמשים עירוניים שאינם כלי-רכב פרטיים, כמו הולכי-רגל ורוכבי אופניים, ולתחבורה הציבורית.

**ג) נגישות**

למונח 'נגישות' יש משמעות שונה בקבוצה הבין-עירונית ובקבוצה העירונית: 'נגישות' בקבוצה הבין-עירונית מתייחסת בעיקר למפגשים תנועתיים המצטלבים עם הדרך; 'נגישות' בקבוצה העירונית מתייחסת בעיקר לנגישות של כלי-רכב ו/או הולכי-רגל לכל מגרש ומגרש הסמוכים לדופן הרחוב.

**ב. הדרך המעויירת כמעבר בין תנועה חוץ עירונית לתנועה תוך עירונית**

בתוך הרצף של מערך התנועה, מהווה הדרך המעויירת חולייה המקשרת בין מערך הדרכים הבין-עירוניות לבין המערך העירוני, אולם באופן שאינו מובן מאליו, יש לדרך המעויירת הצדקים תנועתיים במקרים מסוימים בלבד:

- 1) הדרך המעויירת מקשרת מערך עירוני (עיר או קבוצת ערים) עם דרך בין-עירונית במדרג גבוה (כגון דרך מהירה או דרך ראשית) ולהיפך – אין הצדקה להתקנתה של דרך מעויירת המקשרת מערך עירוני לדרך אזורית או מקומית (ראו תרשים 11.5).
  - 2) הדרך המעויירת מקושרת למערך עירוני פעיל במיוחד, המחולל תנועה בהיקפים גדולים המחייבים פתרונות משוכללים לעומסי התנועה.
  - 3) הדרך המעויירת מקושרת למערך העירוני ברצף של חיבורים תנועתיים (מחלפים) קרובים יחסית זה לזה, באופן המחייב פתרונות משוכללים לשזירה של תנועה נכנסת ויוצאת.
- ולסיכום, הדרך המעויירת מתמחה בהובלתם של נפחי תנועה גבוהים במיוחד, ושזירתם בסדרה רצופה של חיבורי תנועה באופן יעיל ובטוח.
- בדרך המעויירת קיימת עדיפות מובהקת לשזירה בטוחה ויעילה של התנועה על פני מהירות התנועה בה.

### ג. מהירות בדרך מעויירת כ-'מוצר לוואי'

העובדה כי מהירויות התנועה בדרכים מעויירות גבוהות יחסית, אינה בהכרח תולדה של תכנון מוכון מהירות. מבחנה האמיתי של הדרך המעויירת הינו בעיקר בשעות השיא, בעת הכניסה והיציאה המסיבית של רבבות כלי-רכב ממרכזי הערים הגדולות. בשעות אלה מהירויות הנסיעה בדרכים המעויירות הן נמוכות ורמת השירות נמוכה. יעילותה של הדרך המעויירת נבחנת באופן שבו מצליחות התנועות הרבות בשעות השיא להשתזר, להתפצל ולהיאסף בין המחלפים הסמוכים באופן יעיל ובטוח. אלא שהפרמטרים התכנוניים להבטחת יעילות הדרך המעויירת, חופפים במידה רבה את משתני התכנון למהירויות גבוהות (רוחבי נתיבים, כמות נתיבים, רוחבי שוליים, מרחקים בין מחלפים, עקומות אופקיות ואנכיות וכיוצ"ב).

לפיכך, בשעות רבות של היממה שאינן שעות שיא, מאפשרת הדרך המעויירת בשל המבנה שלה ותכונותיה תנועות מהירות למדי, במגבלות מהירות הנסיעה המותרת.

כך קורה שבניגוד לצרכים התנועתיים האמיתיים, מחוייבת הדרך המעויירת לתת תשובות תכנוניות לא רק לשזירת תנועה במצבי גודש, אלא גם לבטיחות הנסיעה במהירויות הגבוהות המתרחשות בה בשעות שאינן שעות השיא.

### 11.4.2 מה עושה הדרך המעויירת לעיר

סעיף זה יפרט באופן עקרוני את השפעותיה החיוביות והשליליות של הדרך המעויירת על תפקודה ומבנה של העיר.

#### א. הדרך המעויירת כמחולל פעילות עירונית

דרכים מעויירות (urban freeways) הינן מוצרים חדשים יחסית של המבנה האורבני, ופותחו בעשורים האחרונים, בדרך כלל כמתן תשובה למחנק תנועתי שאיים על ערים וותיקות וגדולות ומטרופולינים מושכי תנועה. הופעתה של הדרך המעויירת השפיעה באופן מובהק על סביבתה האורבנית – יצירת מסדרון נגיש בתוככי המטרופולין חולל לא פעם מהפך ישיר על נכסים הסמוכים לתוואי הדרך, ובעיקר כאלה הסמוכים לחיבורים התנועתיים שלו. מוכרת מאוד תופעת פיתוח המטאורי של מגרשים הסמוכים למבואות הדרכים המעויירות.

התופעה מובהקת במיוחד במקומות שבהם חוצה הדרך המעויירת את העיר באזורים חלשים מבחינה אורבנית, ובמקומות בעלי ערכי קרקע נמוכים. שינויים המתחוללים באזורים כאלה עקב הפיכתם לנגישים, משנים לא פעם את מרכז הכובד העירוני, ומסיטים חלק מהפעילות העירונית לאזורים שהפכו בעזרת הדרך המעויירת משולי העיר למוקד פעילות.

לפיכך, הקמתה של דרך מעויירת המשנה את מפת הנגישות העירונית, עשויה לחולל שינויים בדינמיקה ההתפתחותית של העיר, בפרישתה, ובמיקום מרכזי הכובד שלה.

### **ב. הדרך המעויירת כנתק ברציפות המרקם**

בצד ההשפעה הגדולה שעשויה להיות לנגישות שהדרך מעויירת מאפשרת, יש לה השפעה מהותית על מבנהו של האזור בעצם חצייתו. שלא כמו דרכים ורחובות עירוניים אחרים, הדרך המעויירת מנותקת לחלוטין מהשימושים בדפנותיה, ומהווה מבחינה אורבנית 'גוף זר' ברצף העירוני המשיק. רצועה ברוחב של עשרות מטרים, החוצה את המרקם האורבני ואינה מהווה חלק מהפעילות שבו (למעט ההיבט התנועתי), יוצרת נתק במבנה העירוני. הרצף העירוני בין צידי הדרך המעויירת מצטמצם לדרכים ולרחובות עירוניים החוצים את הדרך המעויירת (בדרך כלל בהפרדה מפלסית).

באופן שאינו ברור מאליו, קיים קושי נוסף לרציפות העירונית במקומות שבהם מתקיימים חיבורים תנועתיים בין הדרך המעויירת לבין המרקם העירוני. בנקודות אלו קיים לחץ תנועתי מסיבי, הגורר התקנת דרכים עירוניות רבות – קיבולת לקליטת התנועה מהדרך המעויירת ולפילוגה בעיר. מגמה זו יוצרת בתוך העיר 'קרחות' אורבנית גדולות, המרחיקות פעילות אורבנית רגילה.

### **ג. קונפליקט שולי המרקם**

לתופעת הנתק שיוצרת הדרך המעויירת בתוך המרקם העירוני ולהשפעתה הסביבתית המרחיקה ישנה תופעת לוואי בעייתית לא פחות – תופעת 'שולי המרקם'. העובדה שקרקע המשיקה לדרך מעויירת מנותקת מחלקים אחרים של העיר ובעלת ערכי סביבה נמוכים (בשל השפעות הדרך המעויירת עצמה), הופכת אותה לא פעם לשוליים עירוניים בלתי מבוקשים, ממש כמו קרקעות ירודות המצויות בשולי העיר. קרקעות כאלה נתפשות לא פעם ע"י שימושי קרקע ירודים ובלתי אטרקטיביים כמו שטחי אחסנה, מפעלים ובתי מלאכה בעייתיים מבחינה סביבתית. מיקומם של אלה תורם לירידה נוספת בערכי הקרקע וכן הלאה.

וכך קורה שבאזורים המצויים לא פעם במרכזי כובד אורבניים, ואפילו סמוך מאוד לקרקעות מפותחות הנהנות מהנגישות של הדרך המעויירת, מתקיימים איים של עזובה והזנחה אורבנית והעדר דינמיקה של פיתוח עירוני.

תצוגה חזותית מובהקת לתופעה זו, ניכרת בנסיעה לאורך דרכים מעויירות בארץ ובעולם, בהן ניתן להבחין לצד הדרך בחצרות אחוריות מוזנחות ומנוונות של מפעלים ירודים, שטחי אחסנה ירודים, או אף 'שטחי בר' בלתי מפותחים.

### **ד. ה'מחיר האורבני' של שטח הדרך**

העובדה שדרכים מעויירות עוברות במרכזים מטרופוליניים או סמוך מאוד להם (הן כי הותוו לעבור באזורים אלה והן כי שידרגו את סביבתן), יצרו קונפליקט אורבני וכלכלי גדול. הקרקע בשולי הדרך המעויירת יכולה להיות רבת ביקוש ובעלת ערכים כלכליים גבוהים. לעומתה, שטח הדרך המעויירת עצמה, הוא בעל ערכי קרקע נמוכים מבחינה כלכלית, בעיקר בשל היעדר היכולת לעשות בו שימוש אורבני (למעט התנועה המתקיימת בדרך).

בין מחלף חולון בדרום תל אביב ועד מחלף קק"ל בצפונה, נחצית העיר לאורך של כ-10 ק"מ ע"י דרך ששטחה גדול מ-1000 דונם. לשם המחשה, זהו בערך השטח הכלוא בין הרחובות אבן גבירול, פנקס, דרך נמיר וארלוזורוב.

זהו המחיר האורבני שמשלמת העיר כדי לשפר את הנגישות המנועית למרכזיה – שטחי קרקע עצומים שאינם מתפקדים במרקם העירוני (על היערכות לפיתוח עתידי של שטחי הדרכים המעויירות ראו סעיף 11.4.6 להלן).

### ה. הפרדה בין מפלס הדרך למפלס העיר

ההכרה ביתרונה הגדול של הדרך המעויירת לנגישות המנועית למרכזי הערים, והבנת מחיר הגבוה שמשלמת העיר במטבעות של נתק במרקם, מפגעים סביבתיים ושטח קרקע נכבד ויקר, הביאו למסקנה כי ניתן להתגבר על מרבית חולייה של הדרך המעויירת ע"י הפרדה בין מפלס הדרך (בדרך כלל תחתון) למפלס העיר. הפרדה זו לא נעשית רק באזורי המחלפים של הדרך משיקולי תנועה, אלא לאורך כל קטעי הדרך המשיקים לעיר. ההפרדה מאפשרת פיתוח עירוני של שטח הדרך במפלס העיר, מבלי לפגוע בתפקודה התנועתי במפלס שונה.

פתרונות דו-מפלסיים כאלה, המבוצעים בערים רבות בעולם, ממחישים כי ניתן לצמצם באופן מהותי את המחיר האורבני של הדרך המעויירת, ללא וויתור על ערכיה התנועתיים.

### 11.4.3 ההשקה בין העיר לדרך המעויירת

בסעיף זה יתואר אופי ההשקה של העיר והדרך המעויירת בעזרת הגדרתם של 4 מרכיבי הבסיס של הדרך המעויירת (ראו תרשים 11.5):

- א. קטע דרך קווי (סעיף א' להלן)
- ב. קטע חצייה עירוני (סעיף ב' להלן)
- ג. קטע חיבור תנועתי (מחלף עירוני) (סעיף ג' להלן)
- ד. קישור תחבורתי (סעיף ד' להלן).

#### א. קטע דרך קווי (ליניארי)

קטע דרך קווי הינו המופע השגרתי של הדרך המעויירת בחצייתה את העיר. זהו קטע שבו לא מתקיימת בתחום הדרך כל פעילות החורגת מהתנועה הליניארית של רכב לאורך הדרך, וכן כל הפונקציות ההמשכיות המתקיימות בתחום הדרך המעויירת כמו: תנועת רכבות, מעבר תשתיות לאורך הדרך, מערכי הגנה אקוסטית רציפים וכיוצ"ב.

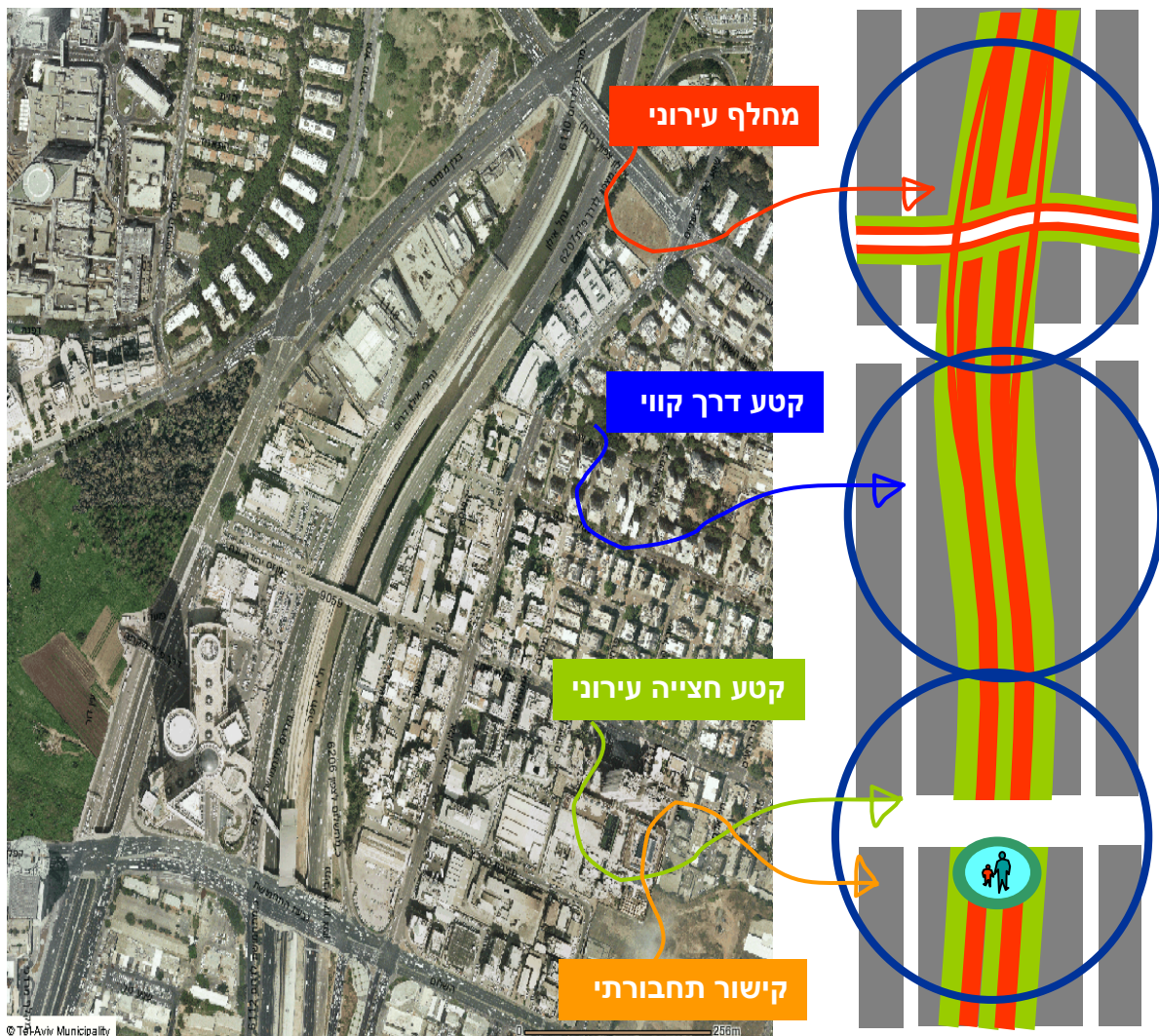
לתכנון 'קטע דרך' ישנם שני היבטי תכנון מהותיים:

- קטע דרך של דרך מעויירת מייצג את מכלול המרחבים הנדרשים למשתמשי הדרך השונים במופע ליניארי שגרתי. לדוגמא – נתיבי התנועה, שולי הבטיחות, מרחבי העזר לתשתיות ולעיצוב נופי,



רצועת עתודה לפיתוח עתידי וכיוצ"ב, הנדרש גם לאורך הדרך לצורך שוטף. (מרחבים אלה משתנים באופן מהותי בקטעי דרך אחרים).

- קטע דרך קווי הוא קטע שבו לא מתקיימת כל אינטראקציה תנועתית, אורבנית או אחרת בין הדרך לבין שוליה העירוניים (למעט השפעות סביבתיות כמו רעש, זיהום אוויר וכיוצ"ב).



**תרשים 11.5:** מרכיבי ההשקה בין הדרך המעויירת לבין העיר

### ב. קטע חצייה עירוני

קטע חצייה עירוני הינו מקום שבו חוצה רחוב עירוני (או דרך עירונית) את הדרך המעויירת מבלי ליצור איתה כל אינטראקציה תנועתית, עירונית או אחרת. חצייה זו נעשית תמיד בהפרדה מפלסית (מיפרד), המאפשרת תפקוד נפרד ובלתי תלוי לדרך המעויירת ולרכיב העירוני החוצה.

תחומי החצייה העירוניות יכולים לכלול (מצד העיר) רכיבי תנועה בלבד כמו נתיבי תנועה, מדרכות, נתיבי אופניים, שדרות עצים וכיוצ"ב רחובות עירוניים על רכיביהם. תחומי חצייה עירוניים יכולים לכלול בנוסף גם מבנים ושימושים עירוניים אחרים, המלווים את הרחובות החוצים ומקרים את הדרך המעויירת (כמו מבני משרדים ומגורים, שטחי ציבור מבונים ופתוחים וכיוצ"ב). יודגשו הנקודות הבאות:

- לנקודות החצייה העירונית אין משמעות מהותית על ההתנהלות של הדרך המעויירת, ותפקודה דומה לזה שמתקיים בקטע דרך קווי (להוציא התאמות הנדרשות לשם ביסוס, קירוי ובינוי של מפלס החצייה העירוני).
- לנקודות החצייה העירונית משמעות מהותית על מבנה העיר ותפקודה. בנקודה זו מתאחה הנתק העירוני, ומתקיימת רציפות אורבנית מבנית ותפקודית בין שתי גדות הדרך המעויירת.

#### ג. קטע חיבור תנועתי – מחלף עירוני

קטע חיבור תנועתי בין הדרך המעויירת לבין המרקם העירוני המשיק הינו הרכיב המורכב והבעייתי ביותר בין קטעי הדרך המעויירת. זו הנקודה שבה נבחנות יעילות התנועתית של הדרך המעויירת, קיבולתה וכושרה לשזור באופן מיטבי ובפרקי זמן מזעריים את התנועה הנכנסת והיוצאת את העיר.

לשם עמידה במשימותיו התנועתיות, משתנה המבנה של הדרך המעויירת בקטע החיבור התנועתי שינויים מהותיים בתכלית:

- נוצרים בתחום הדרך המעויירת נתיבי חיבור בין מפלסיים (רמפות), המאפשרים לתנועה הנעה בדרך לעבור למפלס העיר ולהיפך.
  - מתרבים באופן מהותי מספר נתיבי התנועה של הדרך המעויירת (בעיקר בתחום הרמפות), כדי להגדיל את קיבולת הצמתים.
  - שינויי המפלסים, הצורך בהבטחת יעילות ובטיחות, התקנת הרמפות ומבני הגישור מעל הדרך המעויירת, מחייבים מרחבים מיוחדים לתימור והכוונה, קירות תמך, עמודים ומבני דרך וכיוצ"ב.
- כל אלה מרחיבים בדרך כלל את מימדי הדרך המעויירת בקטע החיבור התנועתי ביחס לקטעים הליניאריים, ומחייבים היערכות תכנונית מתאימה.

גם הרחוב/דרך העירוניים המתקשרים עם הדרך המעויירת בקטע החיבור התנועתי, מחייבים התאמה תכנונית מקבילה. כדי לייעל באופן מיטבי את היכולת התנועתית של המחלף, הרחוב העירוני חייב להיות מותאם תנועתית להיקפי התנועה הצפויים מהדרך המעויירת. זאת כמובן בנוסף לתפקידיו האורבניים של הרחוב, כמו תנועה ופעילות של הולכי-רגל, תח"צ, אופניים וכיוצ"ב.

#### ד. קישור תחבורתי

הקישור התחבורתי של דרך מעויירת עם העיר, היא נקודה שבה מתקיים מעבר של משתמשים בין כלי תחבורה במפלס הדרך המעויירת לבין מפלס העיר (זאת ללא מעבר של כלי התחבורה עצמו). מרבית הקישורים התחבורתיים הינם תחנות של תחבורה ציבורית רבת נוסעים, הנעה במפלס הדרך המעויירת, והמעבירות את הנוסעים ממפלס הדרך למפלס העיר (או להיפך).

הקישורים התחבורתיים ממוקמים תמיד בקטע חצייה עירונית, או בקטע חיבור תנועתי, ויוצרים רכיב תכנוני נוסף למכלול הרכיבים המאפיינים את הקטעים האמורים.

נקודות הקישור התחבורתי לאורך הדרך המעויירת מחייבות היערכות תכנונית יסודית, הן בתכנון מימדי ומבנה הדרך המעויירת, והן בתכנון רכיבי הרחוב העירוני באותה נקודה. למעשה מדובר בהתקנת מסוף תחבורתי לכל דבר ועניין, המחייב פתרון ראוי למכלול הצרכים של מסופי תחבורה כגון: גישה נוחה בטוחה ואטרקטיבית להולכי-רגל, מרחבים להעלאה והורדת נוסעים במפלס העיר, נגישות מיידית של נוסעים לתחבורה ציבורית במפלס העיר, מרחבי חנייה לרכב פרטי, אופניים, רכב דו-גלגלי וכיוצ"ב.

ראוי להדגיש כי נקודות הקישור התחבורתי הן נקודות המיצו האורבני המרבי של הדרך המעויירת. אלה הם המוקדים שבהם ניזון המרקם העירוני מיכולת ההובלה של הדרך המעויירת, אך מבלי להעמיס על העיר את הרכב הפרטי.

#### 11.4.4 דיוקן הדרך המעויירת – משתמשים ומרחבים

ככל שהדרך המעויירת הינה בראש ובראשונה פתרון תנועתי להזרמת תנועה אל העיר וממנה, מהווה הדרך על רכיביה השונים מתקן מורכב, המספק מכלול שירותים נוספים לעיר וסביבתה:

תוואי הדרך המעויירת הינו מסדרון רחב החוצה את העיר, וככזה מהווה הזדמנות לחציית העיר ע"י מערכות תשתית שאינן ניתנות למיקום במרחב העירוני הפעיל עצמו.

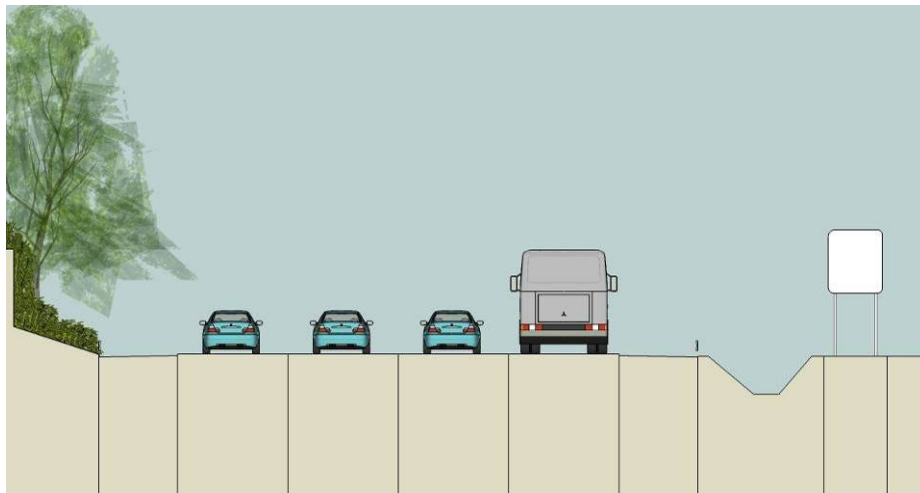
לפיכך, תכנונה של דרך מעויירת אינו נסוב רק על היבטים תנועתיים, אלא מחייב התייחסות רב-נושאת של מכלול רכיבי תשתית, רכיבי מבנה ועיצוב, רכיבי הגנה סביבתית ורכיבים נוספים.

מוצע כי תכנונה של כל דרך מעויירת יחל בגיבוש דיוקן הדרך – פרוגרמה הקובעת את זהות המשתמשים החזויים לדרך בשלב הקרוב ולטווח רחוק, עצמת השימוש בה והצרכים המיוחדים של כל משתמש.

סעיף זה יציע 'רשימת מלאי' בסיסית של המשתמשים הצפויים בתחום הדרך המעויירת ושוליה. לגבי מרבית המשתמשים שיוזכרו ברשימתנו, לא ייקבעו מימדים הנדרשים לצרכיהם, או שיוצגו אומדני בסיס לצורך הערכה ראשונית בלבד. קביעת המימדים הינה חלק מתהליך התכנון הבסיסי של הדרך עצמה.

משתמשי הדרך המעויירת חולקו לקבוצות הבאות: (1) תנועה, (2) תחבורה ציבורית, (3) תשתית עירונית, (4) מבני דרך ורכיבים הנדסיים, (5) סביבה ועיצוב, (6) משתמשי לוואי, (7) ניקוז הדרך. מאפייני מרבית המרכיבים מפורטים להלן:

1) תנועה

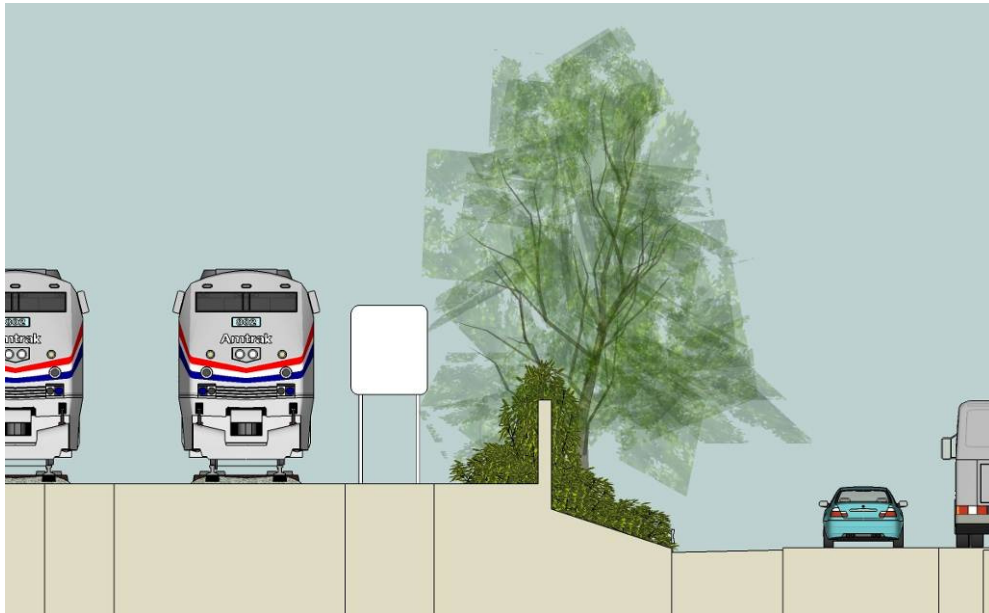


<p><b>בקטע דרך קווי יוקצו נתיבי תנועה בשני מסלולים חד-סיטריים במספר שייקבע לדרך, ובמימדים המפורטים בחלק הגיאומטרי לעיל.</b>  <b>באזורי המבוא והמוצא לחיבורי תנועה, יתווספו לנתיבי התנועה גם נתיבי האטה/האצה במימדים המפורטים בחלק הגיאומטרי לעיל.</b>  <b>בסמוך לחיבורי התנועה יותקנו רמפות עם נתיבי האטה/האצה כפי שייקבע, ובמימדים המפורטים בחלק הגיאומטרי לעיל.</b>  <b>בתחום הצומת העירוני יותקנו נתיבי המתנה ונתיבי פניות, כפי שיידרש ליעילות ובטיחות הצומת, כמפורט בנחיות לתכנון צמתים עירוניים.</b></p>	<p><b>1.1</b> <b>נתיבי תנועה</b></p>
<p><b>יכול שיותקנו נתיבים בלעדיים לתחבורה ציבורית. מספר הנתיבים, מיקומם ומימדיהם יהיו כפי שייקבע לכל דרך.</b>  <b>לא יותקנו לאורך הדרך המעויירת תחנות לתחבורה ציבורית אלא במקרים הבאים:</b>  <b>בחיבור תנועה/מחלף – באזור הסמוך למפלס העיר (בתחום הרמפות או ברחוב הניצב).</b>  <b>בתחום חיבור עירוני (מתחת לרחוב עירוני חוצה) – ובלבד שניתן להתקין לתחנה נתיבי האטה/האצה, מפרדת בטיחות ומרחב מספק לפעילות התחנה ולבטיחות הולכי-הרגל.</b></p>	<p><b>1.2</b> <b>נתיבי תח"צ</b></p>
<p><b>בקטעי דרך קוויים, וככל האפשר לאורך כל קטעי הדרך האחרים, יוקצו שולי בטיחות מימין ומשמאל למסלולי הנסיעה ע"פ המפורט בספר זה.</b></p>	<p><b>1.3</b> <b>שולי בטיחות</b></p>

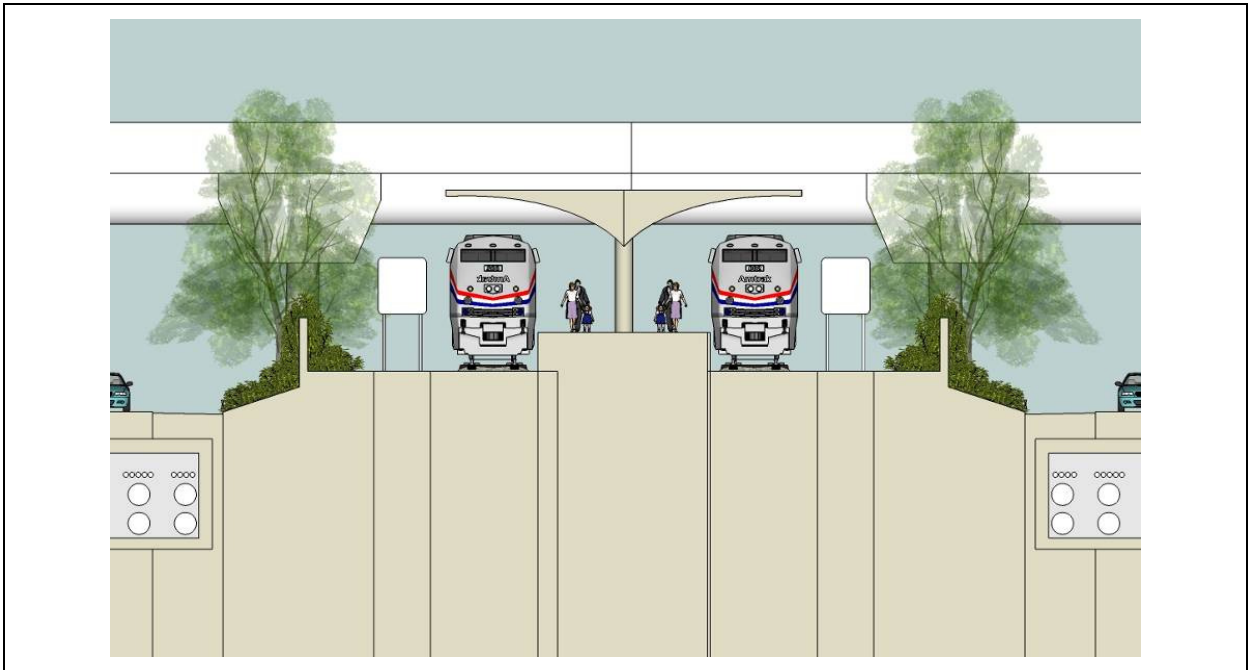


<p><b>בין מסלולי הדרך המעויירת</b> תותקן מפרדת בטיחות במימדים המפורטים בחלק הגיאומטרי. ניתן להרחיב את המפרדה ולאפשר בה שימוש מהשימושים המפורטים בהמשך.</p> <p>בנוסף למפרדה מרכזית יותקנו מפרדות בטיחות במקומות הבאים:</p> <p><b>בין מסלול התנועה ההמשכי לבין נתיבי האטה/האצה של הרמפות</b> תותקן מפרדה במימדים המפורטים בחלק הגיאומטרי.</p> <p><b>בתחום מסלולי התנועה</b> מתחת לאזורים מקורים (גשרים, קטעי חצייה, מחלפים וכיוצ"ב) יותקנו ככל שיידרש מפרדות בטיחות לשם התקנת עמודים ואלמנטים קונסטרוקטיביים לתמיכת המבנה.</p>	<p><b>1.4</b> <b>מפרדות</b></p>
<p><b>לאורך כל קטעי הדרך</b>, משני צידי כל מסלול, תישמר ככל האפשר רצועה ברוחב של 2 מ' לצורך התקנת שלטים ותמרורי תנועה. רצועת השילוט תמוקם מחוץ לשולי הבטיחות. ניתן לעשות בתחום רצועת השילוט שימושים נוספים מהמפורטים בהמשך, ובלבד שלא תיפגע האפשרות להתקנת שלטים ותמרורים כנדרש.</p>	<p><b>1.5</b> <b>רצועות</b> <b>תימרון</b> <b>ושילוט</b></p>

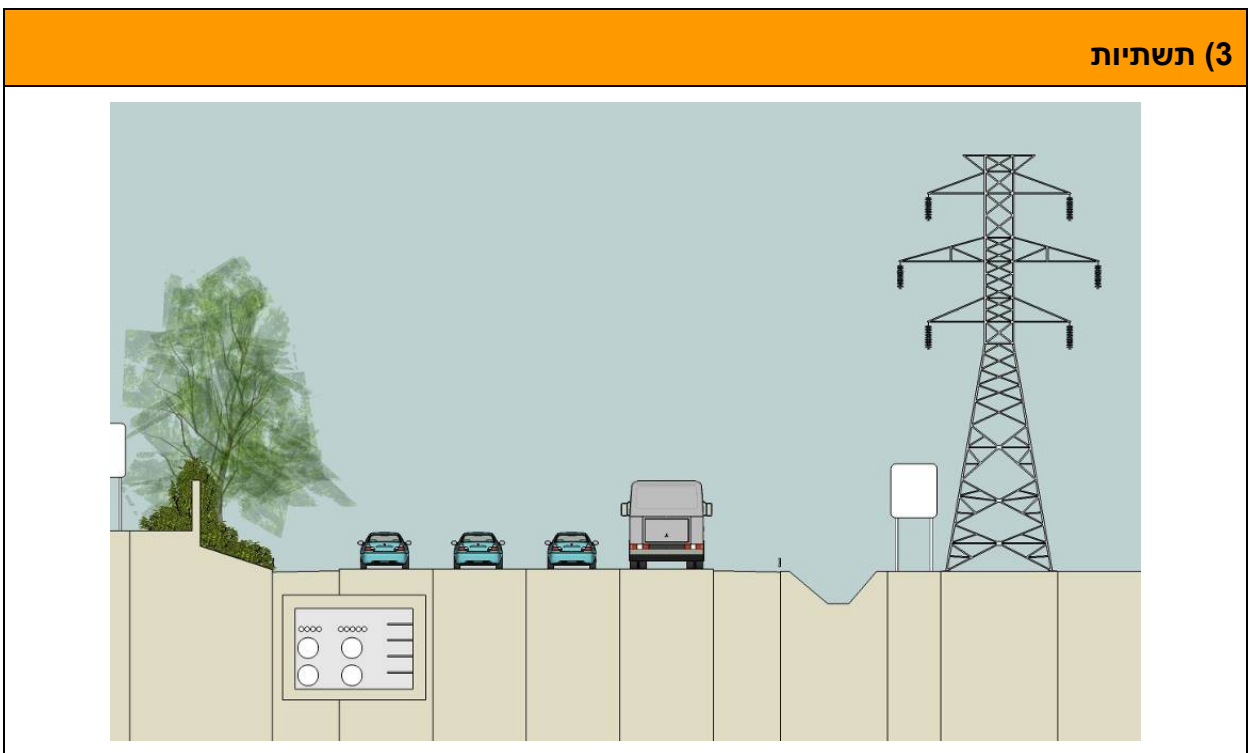
**(2) תחבורה עתירת נוסעים**  
תוואי רכבת כבדה/פרברית/קלה.



<p>ייתקבע ע"פ הנחיות משרד התחבורה</p>	<p><b>2.1</b> <b>מסילות</b> <b>ומרחקי</b> <b>בטיחות</b></p>
<p>יותקנו בשולי רצועת המסילות לפי הנחיות משרד התחבורה</p>	<p><b>2.2</b> <b>שולי</b> <b>בטיחות</b> <b>ורצועות</b> <b>תימרון</b></p>
<p>יותקנו רצועות תיחום בגבול תוואי הרכבת עם שימושים שכנים לשם התקנת גדר, קיר אקוסטי, קירות תמך ופיתוח נופי, כפי שיותאם לצרכי המקום.</p>	<p><b>2.3</b> <b>רצועות</b> <b>תיחום</b></p>
<p><b>בתחום רצועת המסילות</b> מתחת לאזורים מקורים (גשרים, קטעי חצייה, מחלפים וכיוצ"ב) יותקנו ככל שיידרש מפרדות בטיחות לשם התקנת עמודים ואלמנטים קונסטרוקטיביים לתמיכת המבנה.</p>	<p><b>2.4</b> <b>מפרדות</b></p>
<p>במקומות שייקבעו לכך (ככל האפשר מתחת לרחובות החוצים את הדרך המעויירת) יתוכנו תחנות נוסעים. לשם כך יתווספו רצועות לתנועה ולפעילות של הולכי-הרגל ובטיחותם בתחום התחנה כפי שייקבע ע"י משרד התחבורה.</p>	<p><b>2.5</b> <b>תחנות</b></p>



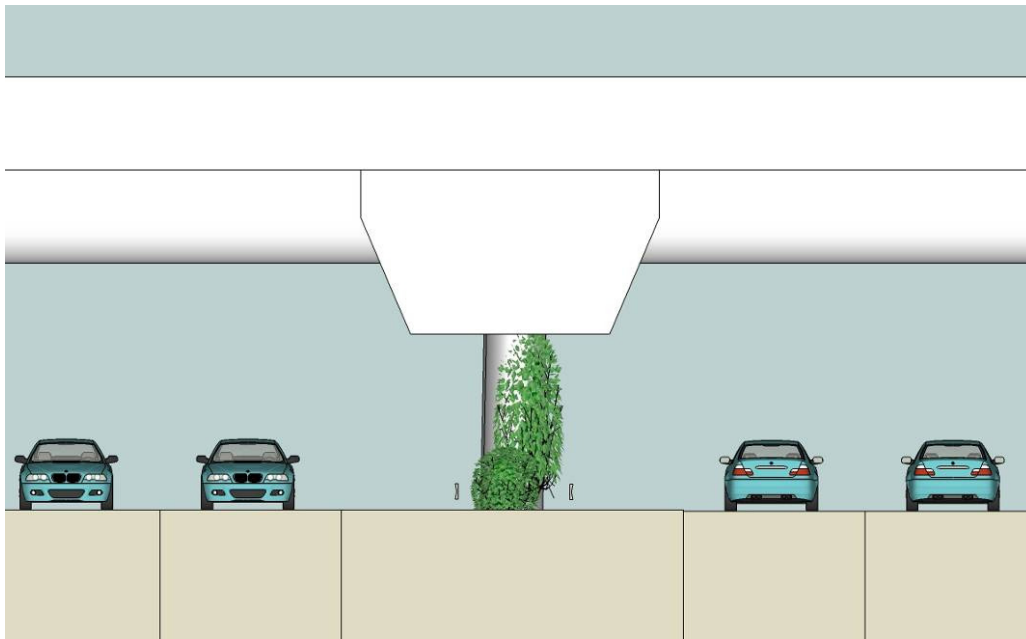
### 3 תשתיות



<p>המסדרון הנוצר ע"י הדרך המעויירת מאפשר מעבר של קווי חשמל ראשיים (מתח גבוה ומתח עליון). ניתן למקם קווי חשמל גם בתחום רצועות שילוט, רצועת עיצוב וסביבה וכיוצ"ב.</p> <p>מרווחי בטיחות (קווי הבנייה למבנים בשולי הדרך) הינם: לקו מתח גבוה – 6 מ', לקו מתח עליון – 20 מ'.</p> <p>קיימת עדיפות מובהקת להתקנת תשתיות חשמל תת-קרקעיות, לשם חסכון בקרקע, לשם הקטנת מרווחי הבטיחות ולשם הבטחת פתרון לפיתוח אורבני עתידי בתחום הדרך.</p>	<p><b>3.1</b> <b>חשמל</b></p>
<p>בתחום הדרך המעויירת סביר שיותקנו תשתיות עירוניות/ארציות נוספות כמו תקשורת, מים, ביוב, ניקוז, גז, דלק וכיוצ"ב.</p> <p>התשתיות יותקנו בתת-הקרקע. תינתן עדיפות להתקנת מנהרות תשתית מרוכזות, המאפשרות טיפול ותחזוקה שוטפת. במקרים כאלה לא תהיה מניעה להתקין את התשתיות מתחת לנתיבי תנועה או לרצועת המסילות.</p> <p>התקנת מנהרות תשתית מחייבת התקנת מבני כניסה ויציאה לאורך המנהרה.</p>	<p><b>3.2</b> <b>תשתיות נוספות</b></p>
<p>תוואי הדרך המעויירת חייב להיות מנוקז ממי גשמים ומי נגר הנקווים בו, ע"פ פרמטרים שייקבעו ע"י הרשויות המוסמכות.</p> <p>בשלב קביעת דיוקן הדרך יש לקחת בחשבון רצועת ניקוז עילי ע"י תעלת ניקוז בצידו מסלולי התנועה, ברוחב ובמרחק מזערי כפי שייקבעו.</p> <p>בשלב התכנון המתקדם ייקבע מיקומם ונפחם הסופי של מתקני הניקוז, כולל אפשרות לרכיבי ניקוז תת-קרקעיים.</p> <p>תעלת הניקוז יכולה להיכלל בתחום רצועת סביבה ועיצוב ו/או רצועת סטטיות אחרות.</p>	<p><b>3.3</b> <b>מתקני הניקוז של הדרך</b></p>



4 מבני דרך

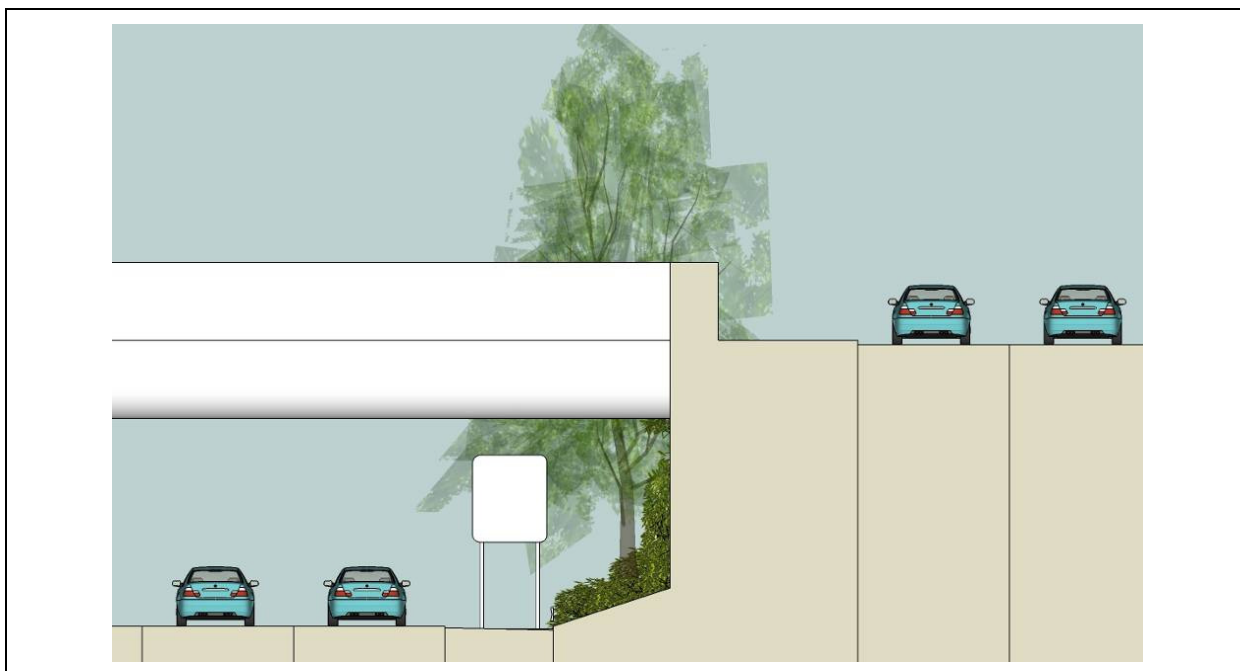


4.1  
קירות  
תמך  
וסוללות

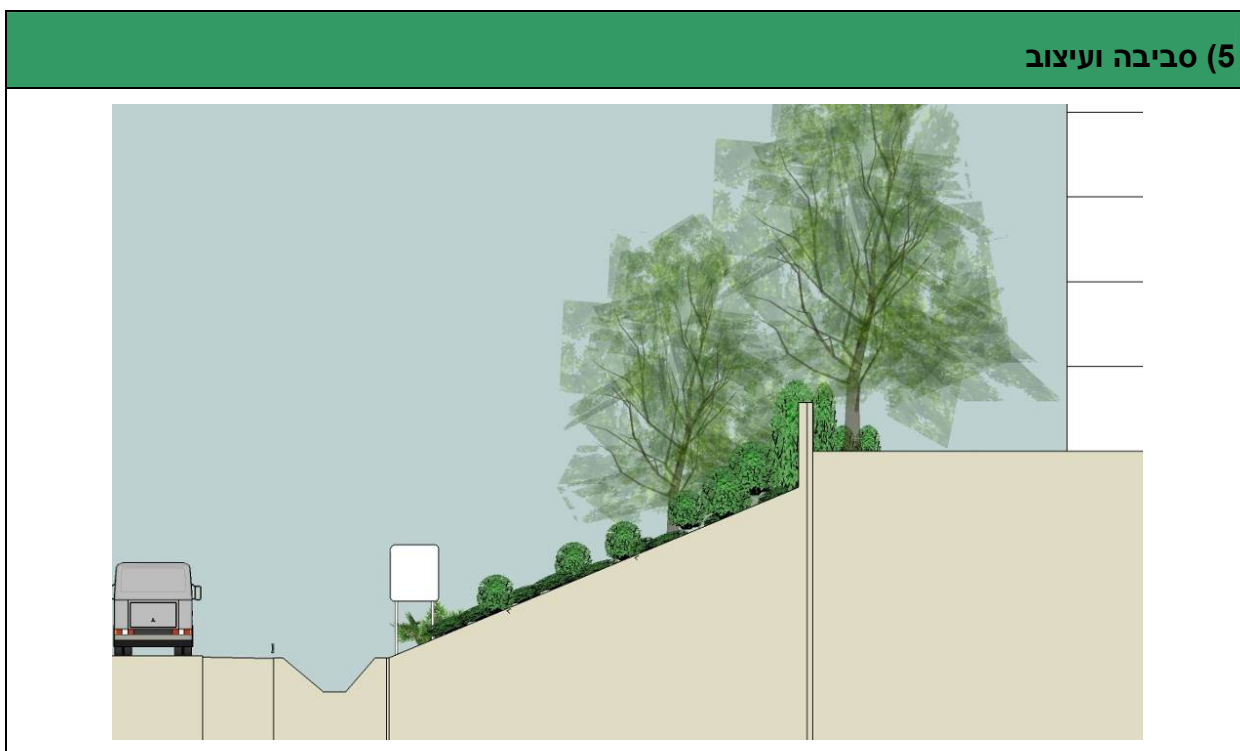
קירות תמך וסוללות נדרשים בעיקר במקומות שבהם יש לגשר על פערים בין מפלסי קרקע שונים בתחום הדרך או בשוליה. פערים אלה מתרחשים למשל בקטעים שבהם תוואי הדרך (או מסלולי הנסיעה) משוקע ביחס לסביבתו, וכן בקטעי חיבורים תנועתיים (רמפות). המרחב שנדרש למבני הדרך כולל בתוכו את הרכיב ההנדסי (קיר, גדר, עמוד), וכן את שולי הבטיחות הנדרשים מצידיו. צרכים חזותיים ועיצוביים כמו נטיעות וצמחייה לשם חיפוי המבנה, מחייבים שטח נוסף.

4.2  
עמודים  
ותמיכות  
לקירי

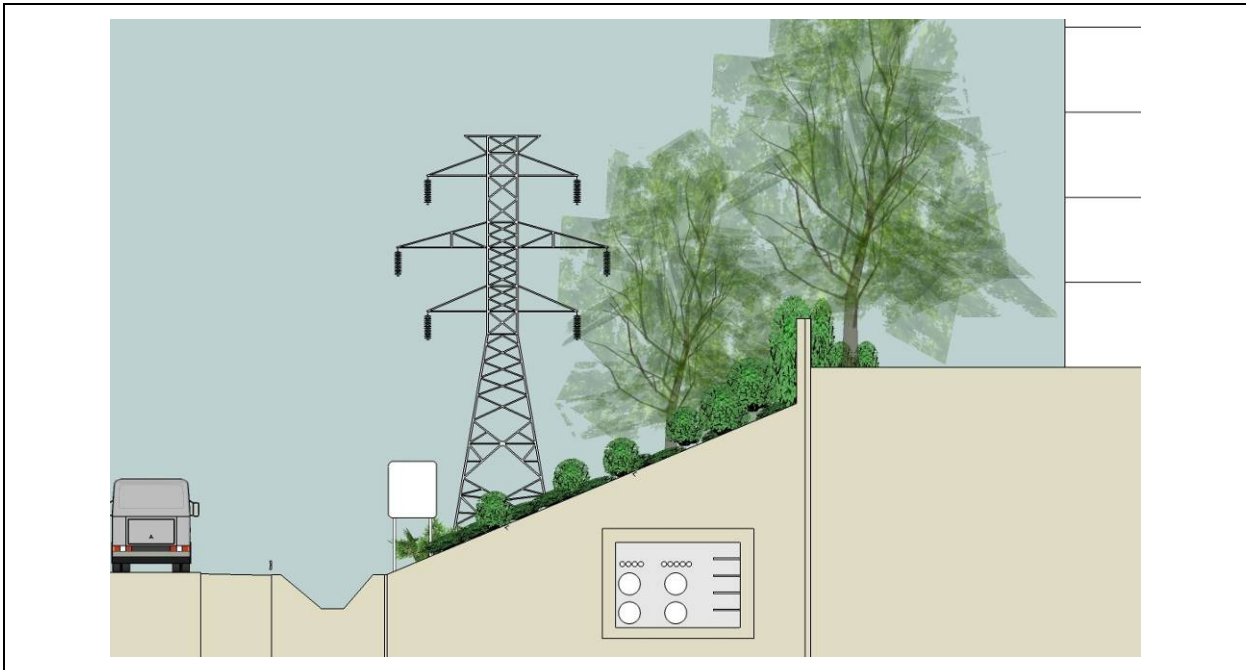
מקומה של הדרך המעויירת בתחום אזורים אורבניים מחייב חיבורים עירוניים במפלס שונה ממפלס הדרך (בדרך כלל במפלס עילי). החיבור העירוניים יכולים לכלול רחובות עירוניים מגשרים, או אף חיבורים מבניים. לשם תמיכה הנדסית של המבנים נדרש מערך של עמודים וקירות תמך, במרחקים מתאימים משיקולים הנדסיים. מצידו כל רכיב מבני יותקנו שולי בטיחות כנדרש. המרחבים הנדרשים לרכיבים הנדסיים לקירוי וגישור, משמעותיים ביותר ומשפיעים על כלל משתני התכנון. במקומות שבהם צפויים גישורים וקירויים רבים של הדרך המעויירת (בעת הקמתה או בעתיד), יש לראות בהיבט ההנדסי של מבנה הדרך גורם דומיננטי בתכנונה.



5) סביבה ועיצוב



<p>חלק מהאמצעים לצמצום מטרדי רעש של הדרך המעויירת על סביבתה הינם צרכני שטח המחייבים התייחסות תכנונית מוקדמת. המרחב הנדרש לקירות ומתרסי רעש הנבנים בשולי הדרך או בחלקים הפנימיים שלה, כולל את מימדי המתרס עצמו, ואת שולי הבטיחות הנדרשים בינו לבין נתיבי התנועה.</p> <p>קירות ומתרסי רעש עלולים להיות בעייתיים חזותית. לשם כך ראוי לשמור מרווח סביר (בצידי המתרס הבעייתיים חזותית) לשם טיפוח צמחייה ונטיעות.</p>	<p><b>5.1</b> <b>קירות ומתרסי רעש</b></p>
<p>צמחייה היא האלמנט החזותי החשוב ביותר בתחום הדרך ובשוליה. בנוסף לתרומה החזותית של הצמחייה כשלעצמה, נכון לעשות שימוש בצמחייה בכדי להסתיר רכיבים בעייתיים ומפגעים חזותיים אחרים. נכון לעשות שימוש בצמחייה על מגוון סוגיה וצבעיה בכדי לאפיין את הדרך, להדגיש בה אלמנטים תנועתיים (כמו יציאות וכיוצ"ב) ובכך לסייע להתמצאות הנהג.</p> <p>לצמחייה תפקיד חשוב בהנחת עוצמת הרעש של הדרך על סביבתה, בעיקר ע"י יצירת 'שכבה סופגת' על-פני הקרקע וצמצום ההחזרה של רעש מהקרקע לסביבה.</p> <p>צמחייה מחייבת מרחב מתאים לגידולה. כמו כן, יש לקחת בחשבון מרחב לגישה ולטיפול בצמחייה וכן שולי בטיחות כנדרש.</p>	<p><b>5.2</b> <b>צמחייה</b></p>
<p>סוללות עפר הכוללות צמחייה הינן הפתרון הטוב ביותר, הן להיבטים חזותיים והן להיבטי הגנה מרעש. סוללות עפר מגוננות בשולי הדרך הן תחליף מועדף הן לקירות תמך ומבני דרך, והן למתרסי רעש, אלא שסוללות עפר הינן צרכן גדול של שטח והתקנתן מחייבת היערכות תכנונית מתאימה.</p> <p>סוללת עפר סטנדרטית תהיה בשיפוע של 1:2 – 1:3, כלומר לכל הגבהה של מטר נדרשים לפחות 2-3 מ' רוחב לעפר ולצמחייה. (סוללה שאינה נשענת על קיר תמך מחייבת שיפועים בשני צידיה, וכן רוחב מינימלי בראש הסוללה. במקרה כזה הגבהה של מטר מחייבת שטח של כ-5-6 מ').</p> <p>ניתן להשיג חיסכון מסויים בשטח ע"י שימוש משולב של קירות תמך/מתרסי רעש וסוללות לסרוגין.</p> <p>ראוי להדגיש כי השטח המשמש לסוללות עפר מגוננות יכול לשמש לצרכנים נוספים, ובכך 'ייחסך' שטח יקר, למשל – תשתיות עיליות ותת-קרקעיות, שילוט ותימרוח, הרחקה אקוסטית, מרחב למבני דרך וכיוצ"ב.</p>	<p><b>5.3</b> <b>סוללות</b></p>



## 6) משתמשי לוואי נוספים

מעבר לרשימת המשתמשים שהוזכרה לעיל, ייתכנו משתמשים רבים אחרים בתחום הדרך המעויירת (על הקרקע או מתחתיה) המנצלים את קיומו של 'מסדרון' רציף החוצה את המרחב העירוני.

ראוי להזכיר את העובדה ששולי הדרך המעויירת משיקים באופן רציף למרקם העירוני. אין מניעה, ככל שהדבר אפשרי משיקולי שטח, תפקוד ובטיחות, לאפשר לאורך שולי הדרך, במפלס העיר – התקנת שבילי הולכי-רגל, שבילי אופניים ואף נתיבי תנועה מנועית, מעבר תשתיות מקומיות וכיוצ"ב.

### 11.4.5 מרווחי בנייה מדרך מעויירת

למונח 'קווי בנייה' או 'מרווחי בנייה' (המתייחס למרחקים שבין בניינים לדרך הסמוכה להם), משמעויות שונות בהקשר הבין-עירוני והעירוני:

#### א. קו בניין בין-עירוני

בהוראות תמ"א 3 המתווה את מערך הדרכים הבין-עירוניות, הוגדר קו בניין כקו המצוי במרחק מסויים מציר הדרך, ואשר בינו לבין הדרך (הרצועה המתוכננת) לא ייבנה כל מבנה למעט מבנה שירות. אין בתכנית הארצית קביעה לגבי מהות המרווח שבין הבניין לדרך מבחינת תפקוד, שימוש, בעלות וכיוצ"ב.

לדוגמא – בהוראות תמ"א 3 נקבע כי הרצועה המתוכננת ל"דרך פרברית" הינה 120 מ', ואילו קו הבניין שלה הוא 100 מ' לכל צד. משמעות הוראה זו היא כי אין להתיר בנייה עד למרחק של 40 מ' משולי רצועת הדרך המתוכננת.

סביר כי קביעה זו בתכנית מתאר ארצית אינה באה ל"עצב" סופית את הדרך ואת שוליה, אלא להבטיח מרחב תכנוני סביר לתכנון עירוני מפורט, אשר במסגרתו תיקבענה הוראות מתאימות.

### **ב. קו בניין עירוני**

להגדרת קו בניין בתחום העיר (בתכנון מפורט) שלושה היבטים עיקריים – תפקוד אורבני, עיצוב וסביבה:

#### 1) ההיבט התפקודי/אורבני

קביעת המרחק בין הדרך לבניינים המשיקים לה הינו חלק מקביעות תכנוניות המתייחסות למהות האורבנית של מרחב הדרך ושוליה. קביעות אלה כוללות בין היתר הוראות בעניין: מימדיה של הדרך, השימושים בתחום הדרך ומיקומם (מסעות, מדרכות הולכי-רגל, חניות, שדרות עצים, רצועות תשתית וכיוצ"ב), השימושים במגרשים המשיקים לדרך (מגורים, תעסוקה, שטחים פתוחים וכיוצ"ב), הנגישות מהדרך אל המגרשים הסמוכים ברכב וברגל וכיוצ"ב. באותו הקשר נקבעים גם מימדיו של מרווח הבנייה לדרך ואופן השימוש בו (כניסות מגוננות, שטחי חניה, חצרות לשימוש המגרש וכיוצ"ב).

#### 2) ההיבט העיצובי

קביעת המרחק בין בניינים לדרך הינו חלק מקביעות עיצוביות של המרחב הציבורי. המרחק בין חזיתות הבניינים בשני צידי הדרך וגובהם של הבניינים, מהווים מרכיב בסיסי בעיצוב המרחב, בפרופורציות שלו, ובתחושות שהוא מקרין על המשתמשים בדרך. למרווח הבנייה משמעויות עיצוביות נוספות הקשורות לאופי הפיתוח ולשימוש במרווח הבנייה, כמו גינון ונטיעות במרווח הבנייה, איסור או הגבלות בנייה, הנחיות לחומרי בנייה, פרטי בנייה, גדרות וכיוצ"ב.

#### 3) ההיבט הסביבתי

ההיבט הסביבתי המהותי ביותר הינו הרעש הנגרם מהדרך, והשפעתו על השימושים הסמוכים לה. להרחקת מקור הרעש מקולט הרעש יש למרווחי הבנייה בעיר תפקיד שולי למדי. מעצם טבעו בנוי המרחק העירוני בצפיפות. המרחקים בין הבניינים לדרכים ולרחובות הסמוכים להם אינו עולה בד"כ על מטרים ספורים – מרחק זה כשלעצמו זניח מבחינה אקוסטית. למרווח הבנייה יכולה להיות משמעות לצמצום מפגעי הרעש, אם נדרש ואם ניתן (משיקולים אורבניים, תפקודיים ואחרים) להתקין במרווח זה אלמנטים להנחתת רעש כמו מתרסי רעש, סוללות עפר מגוננות וכיוצ"ב. ברוב המקרים, אין הדבר כך.

ידגש כי לשם צמצום מפגעי רעש בתחום העיר, נעשה שימוש באמצעים נוספים ויעילים יותר כמו – הגבלת שימושים לאורך דרכים רועשות ע"פ רגישותם לרעש, הקטנת הרעש ע"י טיפול במקור

הרעש (אספלט שקט, הגבלת מהירות וכיוצ"ב), הגנות אקוסטיות על מקבל הרעש (איטום מבנים, הפנית פתחים וכיוצ"ב).

### ג. קו הבניין לדרכים מעויירות

למרות שיוכה של הדרך המעויירת (פרברית) למערך הדרכים הבין-עירוניות (תמ"א 3), מהווה הדרך המעויירת רכיב בסיסי במערך התנועה העירוני. דרכים מעויירות מתקיימות רק בצמידות לשטחים עירוניים, ומשפיעות באופן ישיר על התפקוד העירוני, ועל המבנה העירוני והתפתחותו.

בשל כך יש לתכנן את הדרך המעויירת ע"פ קריטריונים עירוניים, בכל האמור ליחס בין הדרך למגרשים שבשוליה, כולל עניין מרווחי הבנייה (שיקולי תפקוד, עיצוב וסביבה).

ככלל לא מתקיימת זיקה תפקודית/אורבנית ישירה בין הדרך המעויירת לבין המגרשים הסמוכים לה. מגרשים אלה נשענים על מערך רחובותיה הפנימיים של העיר. השיקולים הרלוונטיים בקביעת קווי הבנייה לדרך מעויירת הינם עיצובים וסביבתיים.

יודגש – מרבית ההיבטים העיצוביים והסביבתיים של הדרך המעויירת אמורים לקבל פתרונות הולמים בתחום 'רצועת תכנון' הדרך ושוליה. תחום זה כולל מרווח לשולי הדרך לשם התקנת מתרסי רעש, סוללות עפר מגוננות, שדרות עצים, קירות תמך וגדרות, וכיוצ"ב רכיבים הנדרשים לעיצוב הדרך ולהפחתת מטרדי רעש.

לפיכך מוצע כי קביעת קווי הבנייה לדרכים עירוניות יהיו על פי העקרונות הבאים:

- תכנית לדרך מעויירת, אשר קובעת בתחום הדרך פתרונות מספקים מבחינה עיצובית וסביבתית, לא תכלול הגבלות לעניין קווי בנייה לדרך. הוראות אלה ייגזרו משיקולי תכנון של המרקם העירוני, ויכללו בתכניות העוסקות במגרשים הסמוכים לדרך. לחילופין ניתן, משיקולים תכנוניים, לקבוע ערך מזערי לקווי הבנייה (5-10 מ').
- תכנית לדרך המעויירת אשר לא כוללת בתחום הדרך פתרונות מספקים מבחינה עיצובית וסביבתית בשל העדר מרחב מספק, תכלול הוראות למרווחי הבנייה בתחום המגרשים הסמוכים לדרך לשם הבטחת היבטים עיצוביים וסביבתיים (המרחק המזערי בין בניינים לדרך וכן הוראות נוספות למרווחי הבנייה כגון דרישה להקמת מתרסי רעש, סוללות עפר, גינות נטיעות, איסור מבני עזר וכיוצ"ב).



#### 11.4.6 התאמת דרך לפיתוח אורבני עתידי

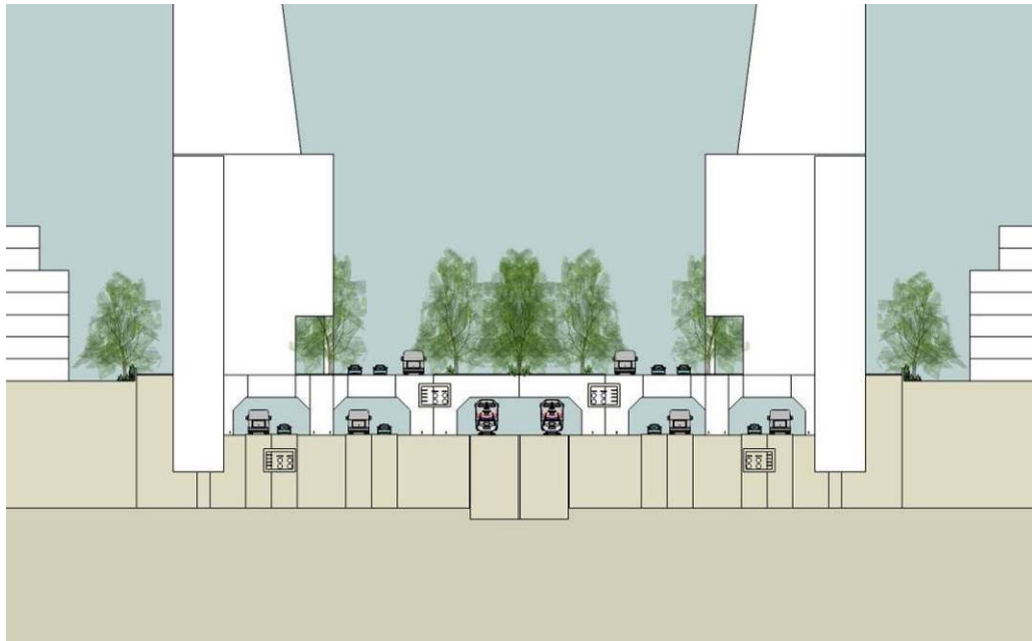
הניסיון שהצטבר בארץ ובעולם בעניין שילובן של דרכים מעויירות במרחבים אורבניים מוביל למסקנה, כי עם התפתחות העיר והעצמת הפעילות של הדרך, צפוי הרגע שבו מתחזקים הקונפליקטים בין העיר לדרך, ומתחדד הצורך לצמצום הקונפליקטים ולשילוב מיטבי בין השניים.

חלק נכבד מהפתרונות לכך הינם פתרונות מבניים, המבוססים על הפרדה מפלסית ברורה בין מישור העיר למישור הדרך, ודורשים פרישה מתואמת של פונקציות הדרך ומרחב מתאים לפיתוח.

בחינה מוקדמת של אופציות לפיתוח אורבני עתידי בתחום הדרך ושוליה כבר בשלבי התכנון הראשוניים, ואימוץ ממצאי הבחינה בעת תכנון הדרך, עשויים להתגלות במרוצת הזמן כהשקעה כדאית, המאפשרת להגיע לפתרונות יעילים ואף כלכליים במרוצת הזמן.

מומלץ כי במסגרת גיבוש דיוקן הדרך יגובש דיוקן נוסף, עתידי, המבוסס על שילוב מיטבי וניצול מיטבי של תחום הדרך לשם פיתוח עתידי.

הבסיס לשילוב הדרך המעויירת במרחב העירוני מורכב משלשה היבטים עיקריים – הפרדה מפלסית, מיקום פונקציות הדרך והתשתיות, ומרחב ראוי למבני דרך עתידיים – בעיקר גישור וקירווי מסיבי של הדרך.



### הפרדה מפלסית

המפתח לשילוב מיטבי של הדרך המעויירת בתחום העיר, מושתת על צמצום ההגבלות שיוצרת הדרך – פתיחה מרבית של אפשרויות לאיחוי שני צידי המרקם העירוני, והפחתה מרבית של מטרדים סביבתיים. שמירת הרציפות העירונית תחייב תמיד הפרדה מפלסית, מפלס הדרך המעויירת יתוכנן נמוך ממפלס העיר. (קיימים גם פתרונות של דרך מעויירת במפלס גבוה ממפלס העיר. פתרונות אלה הינם בדרך כלל נחותים מבחינה סביבתית, חזותית ותפקודית ולא נדונו בסעיף זה).

יודגש – לעצם שיקוע הדרך עצמו יתרונות מועטים בלבד בהקשר העירוני, מרביתם חזותיים וסביבתיים, ואולם האפשרות שיוצר השיקוע לשם חציית הדרך ע"י רחוב עירוני ואף ע"י פיתוח ובנייה מעל הדרך, הם שיוצרים סיכוי לצמצום הקונפליקטים ולניצול מיטבי של הקרקע.

### מבני דרך עתידיים

שיקוע הדרך עצמו הינו פתרון חלקי בלבד לדו-הקיום – דרך/עיר. במקביל מתחייב מתן האפשרות לעיר לחצות את הדרך, הן ע"י גישור מקומי ואף ע"י בנייה אינטנסיבית מעל הדרך. פיתוח אורבני אינטנסיבי מחייב בין היתר פתרונות מבניים מתאימים – גבהים קונסטרוקטיביים לקירוי הדרך, מפתחי קירוי סבירים, מרחב לביסוס מבנים ולגרעיני מבנים, מרחב למעבר תשתיות עירוניות, מרחב לפיתוח נופי עירוני וכיוצ"ב. כל המרכיבים האלה הינם צרכנים של שטח, אשר נכון לבחנם בשלבי התכנון הראשוניים (דיוקן הדרך).



## רשימת מקורות

- גיטלמן ו., זילברשטיין ר., ישראל ג., הקרט ש. (2006) **בחינת אמצעי הפרדה חדשים בדרכים החד מסלוליות**, סקר ספרות, אמי מתום, הוכן עבור מע"צ.
- הקרט ש., גיטלמן ו. (2005) **הנחיות לבחירה ולהצבה של מעקות בטיחות קבועים בדרכים בינעירוניות**, מהדורה 2, משרד התחבורה, מינהל היבשה, אגף תכנון תחבורתי.
- זילברשטיין ר., ישראל ג. (2006) **עדכון הנחיות התכן בנושא רוחב שוליים בדרכים בין-עירוניות**, סקר ספרות, אמי מתום, הוכן עבור מע"צ.
- זילברשטיין ר., ישראל ג. (2006) **עדכון הנחיות התכן בנושא עקומים אנכיים**, סקר ספרות, אמי מתום, הוכן עבור מע"צ.
- חביב-מטר ק. (2001) **פיתוח מודלים לתכנון עקבי של כבישים**, טכניון – מכון טכנולוגי לישראל.
- חברת כביש חוצה ישראל בע"מ (1995) **קריטריונים הנדסיים לכביש מספר 6**.
- מע"צ (1994) **הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בינעירוניות, צמתים ומחלפים**, כרך 1, תכן גיאומטרי של דרכים, משרד הבינוי והשיכון, הוכן ע"י ל.ק.י. מהנדסים.
- מע"צ (2009) **עדכון הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בינעירוניות**, כרך 1 – מרחקי ראות, סקר ספרות, הוכן על ידי אמי מתום.
- משרד התחבורה (2005) **הנחיות לבחירה ולהצבה של מעקות בטיחות קבועים בדרכים בינעירוניות**, מהדורה שנייה, מנהל יבשה/ אגף תכנון תחבורתי, משרד התחבורה.
- משרד התחבורה (2005) **H.C.M. 2000 מתורגם ומותאם לתנאי ישראל**, הוכן ע"י דגש הנדסה.
- משרד התחבורה מינהל היבשה (1999, 2008) **מדיניות פיתוח התחבורה היבשתית למדינת ישראל**.
- משרד התחבורה מינהל היבשה (1999) **מדיניות פיתוח התחבורה היבשתית למדינת ישראל**.
- פולוס א., פולטשק מ. (2007) **פיתוח שיטה ומודלים לקביעת מאפייני הזרימה ורמת שירות של כבישים דו-נתיביים בינעירוניים**, הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל, הנדסה אזרחית וסביבתית, הוכן עבור מע"צ.
- פולוס א., פולטשק מ. (2007) **פיתוח מתודולוגיה לחישוב אורך נתיבי עקיפה (מפרצונים) בכבישים דו נתיביים עם נפח בינוני**, סקר ספרות, טיוטה עבור מע"צ.
- פולוס א., קראוס י., ליבנה מ., שמואלי ס. (1997) **פיתוח קריטריונים לתכנון אחיד ולהערכה אלטרנטיבית**, דוח מחקר 97-254, המכון לחקר התחבורה, הטכניון.

פרח ח. (2004) **השפעת מאפייני התשתית על התאונות בדרכים**, מגיסטר למדעים בהנדסה אזרחית, הטכניון, חיפה.

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials (1984) **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets**, Washington D.C.

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials (1994) **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets**, 5<sup>th</sup> Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Washington D.C.

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials (2004) **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets**, 5<sup>th</sup> Ed., Washington D.C.

Alexander J., Garder P. (1995) **Continued Research on Continuous Rumble Strips**, Final Technical Report 94-4, Maine Department of Transportation.

Allen R.W., Harwood D., Chrstos J.P., Glauz W.D. (2000) **The Capability and Enhancement of VDANL and TWOPASS for Analyzing Vehicle Performance on Upgrade and Downgrade within IHSDM**, FHWA-RD-00-078, Federal Highway Administration,

Al-Masaeid H. R., Hamed M., Ela M. A. and Gannam A. G. (1995) **Consistency of Horizontal Alignment for Different Vehicle Classes**, Transportation Research Record 1500, Transportation Research Board, Washington, D.C., pp.178-183.

Anderson I.B., Bauer K.M., Harwood D.W. and Fitzpatrick K. (1999) **Relationship to Safety of Geometric Design Consistency Measures for Rural Two-Lane Highways**, TRR 1658, 43-51, Transportation Research Board, Washington D.C.

Austrian Research Association for Traffic and Road Engineering (2001) **The New Austrian Guidelines for the Alignment of Roads**, Principles and Explanation, RVS 3.23 Vol.76, Vienna, Austria.

AUSTROADS (1989) **Design-Guide to the Geometric Design of Rural Roads**, Australia.

AUSTROADS (1993) **Rural Road Design: Guide to the Geometric Design of Rural Roads**, Sydney, Australia.

AUSTROADS (2002) **Urban Road Design: A Guide to the Geometric Design of Major Urban Roads**, Sydney, Australia.

AUSTROADS (2003) **Rural Road Design: A Guide to the Geometric Design of Rural Roads**, Sydney, Australia.

AUSTROADS (2006) **Guide to Road Design Part 1: Introduction to Road Design**, Sydney, Australia.

AUSTROADS (2006) **Guide to Road Design Part 2: Design Considerations**, Sydney, Australia.

AUSTROADS (2009) **Guide to Road Design Part 3: Geometric Design**, Sydney, Australia.

Bahar G. and Prakhill M. (2005) **Synthesis of Practices for the Implementation of Centerline Rumble Strips**, The Traffic Operations and Management Initiatives Session of the 2005 Annual Conference of the Transportation Association of Canada.

Bahar G., Mollet C., Persaud B. et al (2004) **Safety Evaluation of Permanent Raised Pavement Markers**, NCHRP Report 518, Transportation Research Board, Washington D.C.

Barnett J. (1936) **Safe Side Friction Factors and Superelevation Design**, Proc. HRB, Vol. 16, Highway Research Board, pp. 69-80.

Bergh T., Carlsson A. (1998) **Design Criteria and Traffic Performance in New Swedish Guidelines on Rural Highways**, International Symposium of Highway Geometric Design Practices (1995), Transportation Research Board, Boston, Massachusetts, U.S.A.

Bergh, T., Carlsson, A., Moberg, J. (2005) **2+1 Roads with Cable Barriers – A Swedish Success Story**, 3rd International Symposium on Highway Geometric Design, TRB, Chicago, Illinois, U.S.A.

Bird R., Hashim I. (2006) **Exploring the Relationship between Safety and the Consistency of Geometry and Speed on British Roads**, TRB 85th Annual Meeting.

Blue D.W., Kulakowski B.T.(1991) **Effects of Horizontal Curve Transition Design on Truck Roll Stability**, Journal of Transportation Engineering, Vol. 117, No.1, pp.91-102.

Bonneson J. A. (2000) **Superelevation Distribution Methods and Transition Designs**, NCHRP Project 439, Transportation Research Board, Washington D.C.

Brilon W. (1996) **The New German Guidelines, Part: Cross Sections (RAS-Q 96): What is New?**, Road Traffic Technique, Vol. 11, pp. 529-532, Germany.

Brilon W., Weiser F. (1993) **Actualization of the Guidelines for the Design of Roads, Part: Cross Sections (RAS-Q 1982)**, Final Report of the Research Contract, FE No. 02.151 R 92F of the Minister of Transportation, Ruhr University, Institute of Traffic Engineering, Bochum, Germany.

Brilon W., Weiser F. (1998) **Recent Developments in Highway Cross Section Design in Germany**, International Symposium of Highway Geometric Design Practices (1995), Ruhr-University of Bochum, Transportation Research Board, Boston, Massachusetts, U.S.A.

Buehlmann F., Lindenmann H.P., Spacek P. (1991) **Sight Distances, Examination of the Fundamentals to the Swiss Norm SN640 090, Design Principles, Sight Distances**, Institute for Traffic Planning Transport Technique, Highway and Railroad Construction, ETH-Zurich, Publication of the IVT, No. 89, Zurich, Switzerland.

CALTRANS – California Department of Transportation (1982) **Highway Design Manual of Instructions**, Sacramento, California.

CALTRANS – California Department of Transportation (2006) **Highway Design Manual – Chapter 100: Basic Design Policies**, Sacramento, California, U.S.A.

Carlson P.J., Miles J.D. (2005) Research Recommendations for Uniform Rumble Strip Applications in Texas, Texas Transportation Institute, from site: <http://tti.tamu.edu>.

Collins J., Fitzpatrick K., Bauer K.M. and Harwood D.W. (1999) **Speed Variability on Rural Two-Lane Highways**, Transportation Research Record 1658, pp 60-69.

CRB (1974) **Road Design Manual for Rural and Urban Roads other than Freeways**, Country Roads Board, Victoria, Australia.

CROW (1998) **Ideeenbundel: Duurzaam Veilig in Ontwikkeling** (in Dutch), Center for Research and Contract Standardization in Civil and Traffic Engineering, Netherlands.

Davis V. (2002) **Is Rumble a Deterrent**, Department of Economics, University of Colorado at Denver (unpublished).

DelDOT (2006) Central Rumble Strips, Delaware Department of Transportation, from site: <http://www.deldot.gov>, accessed 2.7.2006.

**Design Manual for Roads and Bridges (DMRB)**, Vol. 6 (Road Geometry), Section 1 (Links), United Kingdom, 1993.

**Design Manual for Roads and Bridges**, Road Geometry, Links, Design of Wide Single 2+1 Roads. Volume 6, Section 1, Part 4. United Kingdom. TD70, 8/2008.

Durth W., Bernhard M. (2000) **Revised Design Parameters for Stopping Sight Distance**, Second International Symposium on Highway Geometric Design, pp.410-421.

Durth W., Levin C. (1991) **Specified Design of Crest Vertical Curves. Research Road Construction and Road Traffic Technique**, Vol. 600. Minister of Transportation, Bonn Germany.

Enberg A., Pursula M. (1997) **Traffic Flow Characteristics on a Three-Lane Rural Highway in Finland: Results from Empirical Studies and Simulations**, In Transportation Research Record 1572, TRB, National Research Council, pp. 33-42, Washington, D.C.

Fambro B., Fitzpatrick K., Koppa R.J. (1997) **Determination of Stopping Sight Distance**, National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), Report 400, Transportation Research Board, Washington D.C.

Fitzpatrick K., Balke K., Harwood D.W., Anderson I.B. (2000) **Accident Mitigation Guide for Congested Rural Two-Lane Highways**, NCHRP Report 440, Transportation Research Board, Washington D.C.

Fitzpatrick K., Carlson P., Brewer M.A. et al (2003) **Design Speed, Operating Speed, and Posted Speed Practices**, NCHRP Report 504, Transportation Research Board.

Fitzpatrick K., Krammes, R.A., Fambro, D.B. (1997) **Design Speed, Operating Speed and Posted Speed Relationships**, ITE Journal, February, pp.52-59.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (1995) **Richtlinie für die Anlage von Straßen RAS-L**, Teil: Linienführung, Germany.

Francesco B. (2005) **Verification of the Coordination of Horizontal Alignment and Profile at the Driving Simulator**, 3<sup>rd</sup> International Symposium in Highway Geometric Design, 6-7/2005.

Frost U., Morall J. (1995) **A Comparison and Evaluation of the Geometric Design Practices with Passing Lanes, Wide Paved Shoulders and Extra-Wide Two Lane Highways in Canada and Germany**. 1<sup>st</sup> International Symposium in Highway Geometric Design, pp. 34.1-34.15, 8-9/1995.

Garder P. (1990) **Occurrence of Evasive Maneuvers Prior to Accidents – Data from North Carolina Accidents**, Bulletin 86, Lund Institute of Technology, Lund, Sweden.

German Road and Transportation Research Association (1970) **Guidelines for the Design of Rural Roads (RAL)**, Part: Alignment (RAL-L). Section 2: Three Dimensional Alignment, Cologne, Germany.

German Road and Transportation Research Association (1984) **Guidelines for the Design of Roads (RAS)**, Part II: Alignment (RAS-L), Section 1: Elements of the Alignment (RAS-L-1), Cologne, Germany.

German Road and Transportation Research Association (1995) **Guidelines for the Design of Roads (RAS)**, Part: Alignment (RAS-L), Proposals, 1993 and 1995, New Edition of RAS-L, Cologne, Germany.

Gibreel G.M., Easa S.M., Hassan Y., El-Dimeery I.A. (1999) **State of the Art of Highway Geometric Design Consistency**, ASCE Journal of Transportation Engineering, 125(2), pp. 305-313.

Glennon J.C. (1988) **New and Improved Model of Passing Sight Distance on Two-Lane Highways**, Transportation Research Record 1195, TRB, National Research Council, pp. 59-69, Washington, D.C.

Glenon J.C. (1970) **An Evaluation of Design Criteria for Operating Trucks Safely on Grades**, Highway Research Record 312, pp. 93-112.

Gregory R. (1972) **Eye and Brain Psychophysiology of Vision**, Fischer Publishing House, Stuttgart, Germany.

Hall L.E., Powers R.D., Turner D.S., Brilon W., Hall J.W. (1998) **Overview of Cross Section Design Elements**, International Symposium of Highway Geometric Design Practices (1995), Transportation Research Board, Boston, Massachusetts, U.S.A.

Hammond J.L., Wegmann F.J. (2001) **Daytime Effects of Raised Pavement Markers on Horizontal Curves**, ITS Journal, pp. 38-41.

Hardwood D.W., Council F.M., Hauer E., Hughes W.E., Vogt A. (1999) **Prediction of the Expected Safety Performance of Rural Two Lane Highways**, FHWA-RD-99-207, Federal Highway Administration. <http://www.tfhr.gov/Safety/pubs/99207>.

Harwood D.W., Fambro D.B., Fishburn B., Herman J., Lamm R., Psarianos B. (1995) **International Sight Distance Practices**, 1<sup>st</sup> International Symposium in Highway Geometric Design, pp. 32.1-32.23, 8-9/1995.

Harwood D.W., Gilmore D.K., Richard K.R., Dunn J.M., Sun C. (2008) **Passing Sight Distance Criteria**, NCHRP Report 605, Transportation Research Board, Washington D.C..

Harwood D.W., Glennon J.C. (1989) **Passing Sight Distance Design for Passenger Cars and Trucks**, Transportation Research Record 1208, TRB, National Research Council, pp. 59–69, Washington, D.C.

Harwood D.W., Hoban C.J. (1987) **Low Cost Methods for Improving Traffic Operations on Two-Lane Roads**, Report No. FHWA-IP-87-2, McLean, Virginia: Federal Highway Administration.

Harwood D.W., Hoban C.J., Warren D.L. (1988) **Effective Use of Passing Lanes on Two-Lane Highways**, Transportation Research Record 1195, TRB, National Research Council, pp. 79–91, Washington, D.C.

Hassan Y., Easa S.M. (2003) **Effect of Vertical on Driver Perception of Horizontal Curve**, Journal of Transportation Engineering, Vol. 129, No. 4, pp. 399-407.

Hassan Y., Easa S.M., Abd El Halim A.O. (1996) **Passing Sight Distance on Two-Lane Highways: Review and Revision**, Transportation Research Part A, Vol. 30, No. 6, pp. 453–469.

Hassan Y., Sayed T., Taberner V. (2001) **Establishing Practical Approach for Design Consistency Evaluation**, ASCE Journal of Transportation Engineering, 127(4), pp. 295-302.

Hauer E. (1998) **Literature Review and Analysis on Collision Rates on Vertical Alignment**, University of Toronto.

Hauer E. (2000) **Shoulder Width, Shoulder Paving and Safety**, Draft.

Hauer E. (2001) Lane Width and Safety: Review and Interpretation of Published Literature, from site: <http://www.roadsafetyresearch.com>.

Hauer E., Persaud B. (1996) **Safety Analysis of Roadway Geometric Design and Ancillary Features**, Transportation Association of Canada, Ottawa, Canada.

Holland T. (1982) **Geometric Design Guidelines (Classification, Alignment, Cross-Section)**, NRA – National Roads Authority, Dublin, Ireland.

Holland T. (1982) **Geometric Design Guidelines (Motorway Interchanges)**, NRA – National Roads Authority, Dublin, Ireland.

<http://www.tfhr.gov/Safety/00-078.pdf>.

- Insurance Institute for Highway Safety (2004), **Rumble Strips Down Centerlines of Two-Lane Roads Reduce Head-On and Sideswipe Crashes**, Status Report, Vol. 39 No. 2, p. 3, <http://www/ihs.org/externaldata/srdata/docs/sr3902.pdf>
- Islam M.N., Seneviratne P.N. (1994) **Evaluation of Design Consistency of Two-Lane Highways**, Inst. Of Transp. Engrs. J., 64(2), 28-31.
- Jamroz K., Krystek R., Michelski L. (1998) **Selected Aspects of Road Safety in Polish Road Design Practice**, International Symposium of Highway Geometric Design Practices (1995), Transportation Research Board, Boston, Massachusetts, U.S.A.
- Kanellaidis G., Psarianos B., Golias J., Glaros G., Papavasiliou B., Efstathiadis S., Vardaki S. (1993) **Contribution to the Preparation of the Geometric Design of Rural Highways**, Vol. 2, Research Report, National Technical University of Athens, Greece.
- Kerbs H.G., Kloeckner (1977) **Investigations of the Effect of Highway and Traffic Conditions Outside Built-up Areas on Accident Rates**, Research Road Construction and Road Traffic Technique, Vol. 223, pp. 1-63, Minister of Transportation, Bonn Germany.
- Kik J.J., van Kelegom M., Westdijk E. (2002) **Duurzaam Veilig de Maat Genomen**, Verkeerskunde, No. 1, pp 24-29 (in Dutch).
- Kontaratos M., Lamm R., Psarianos B., Kassapi E. (1995) **Capacity Analysis of Standard Cross Sections: A Case Study of Greece**, XX<sup>th</sup> Road World Congress, Montreal, Individual Paper, Committees and Working Groups 20.52.E, Canada, 9/1995, pp. 129-131.
- Krammes R.A., Brackett R.Q., Shafer M.A. et al (1994) **Horizontal Alignment Design Consistency for Rural Two Lane Highways**, Report No. FHWA-RD-94-034, Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- Krammes R.A., Garnham M.A. (1995) **Review of Alignment Design Policies Worldwide**, International Symposium of Highway Geometric Design Practices, Transportation Research Board, Boston, Massachusetts, U.S.A.
- Krammes R.A., Tyler K.D. (1991) **Post-Mounted Delineators and Raised Pavement Markers: Their Effect on Vehicle Operations at Horizontal Curves on Two-Lane Rural Highways**, Transportation Research Record No. 1324, pp. 59-71.
- Krammes, R.A. (1997) **Interactive Highway Safety Design Model: Design Consistency Model**, Public Roads, September/October, pp 47-51.



Krause J., Reichwein H.P. (1990) **Comparison of Limiting Values of Relevant Design Elements for the Design of Roads in the Countries of the European Community**, Federal Highway Research Institute (BAST), Bergisch Gladbach, Germany.

Krebs H.G., Lamm R., Kloeckner J.H. (1981) **Mathematical Investigation of Three Dimensional Impression of the Perspective Image on the Motorist**, Part I: Accident Analysis, Contract 2.067G 80E, Minister of Transportation, Germany.

Lamm R., Choueiri E. (1995) **The Relationship between Highway Safety and Geometric Design Consistency: A Case Study**, Road Safety in Europe and Strategic Highway Research Program (SHRP), pp. 133-151.

Lamm R., Psarianos B., Kontaranos M., Drymalitou D., Soilemezoglou G. (1995) **Guidelines for the Design of Highway Facilities**, Vol. 2: Cross sections (Draft II), Ministry of environment, Regional Planning and Public Works, Athens, Greece.

Lamm R., Psarianos B., Mailaender T. (1999) **Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook**, Mc-Graw-Hill.

Leisch J.E. (1975) **Application of Human Factors in Highway Design**, Unpublished Paper Presented at AASHTO Region 2 Meeting.

Leisch J.E. (2005) **Freeway and Interchange Geometric Design Handbook**, ITE – Institute of Transportation Engineers, Washington D.C., U.S.A.

Leisch J.E., Leisch J.P. (1977) **New Concepts in Design Speed Application**, TRR 631, pp. 4-14.

Leutzbach W., Zoellmer J. (1989) **Relationship between Traffic Safety and Design Elements**, Research Road Construction and Road Traffic Technique, Vol. 545. Minister of Transportation, Bonn, Germany.

Levin C. (1995) **New Ways for Crest Vertical Curve Design**, Commemorative Volume to the 60<sup>th</sup> Birthday of University Prof. Dr. Durth W. Technical University of Darmstadt, Department: Road Design and Road Operation, Darmstadt, Germany, pp.113-120.

Mahoney K.M., Porter R.J., Donnel E.T. et al (2003) **Evaluation of Centerline Rumble Strips on Lateral Vehicle Placement and Speed on Two-Lane Highways**, Final Report, Pennsylvania Transportation Institute, University Park.

Main Roads Western Australia (2010) **Overtaking Lanes**, Document 67-08-62J.

- May A.D. (1991) **Traffic Performance and Design of Passing Lanes**, In Transportation Research Record 1303, TRB, National Research Council, pp. 63–73, Washington, D.C.
- McGee H.W., Hughes W.E., Daily K. (1995) **Effects of Highway Standards on Safety**, National Cooperative Highway Research Program, Report 374, Washington D.C.
- McLean, J.R. (1988) **Speeds, Friction Factors and Alignment Design Standards**, ARR 154, Australian Road, Research Board, Vermont South, Vic., Australia.
- Monsere C.M. (2002) **Preliminary Evaluation of the Safety Effectiveness of Centerline (Median) Rumble Strips in Oregon**, Presented at the ITE Quad Conference, Seattle, Washington.
- Moyer R.A., Berry D.S. (1940) **Marking Highway Curves with Safe Speed Indications**, Proceedings HRB, Vol. 20, Highway Research Board, pp. 399-428.
- Mutabazi M.I., Russell, E.R., Stokes, R.W. (1999) **Review of the Effectiveness, Location, Design, and Safety of Passing Lanes in Kansas**, Report No. K-TRAN: KSU-97-1, Kansas State University, Manhattan, Kansas.
- National Road Authority (2007) **Design Manual for Roads and Bridges, Road Link Design for Type II and Type III Dual Carriageways**, Vol. 6, Sec. 1, Part 1B, NRA TD10, Ireland.
- National Roads Authority (2003) **Design Manual for Roads and Bridges, Guidance on Road Link Design**, Vol. 6, Sec. 1, Part 1A, Ireland.
- National Roads Authority (2003) **Design Manual for Roads and Bridges, Road Link Design**, Vol. 6, Sec. 1, Part 1, TD9/07 2007, TA43/03, Ireland.
- National Roads Authority (2007) **Design Manual for Roads and Bridges, Road Link Design**, Vol. 6, Sec. 1, Part 1, TD9, Ireland.
- Naumann H. (1977) **Development of a Program System for the Establishment of Computer Aided Perspective Films**, Institute for Highway and Railroad Engineering, Vol. 17, University of Karlsruhe, Germany.
- NCHRP – National Cooperative Highway Research Program (2001) **Recent Geometric Design Research for Improved Safety and Operations**, Synthesis 299, Washington D.C.

NCHRP – National Cooperative Highway Research Program (2003) **Application of European 2+1 Roadway Designs**, Research Results Digest, Number 275, Transportation Research Board, 4/2003.

Neuman T.R., Pfefer R., Slack K.L. et al (2003) **NCHRP Report 500: Guidance for Implementation of the AASHTO Strategic Highway Safety Plan**, Vol. 4: A Guide for Addressing Head-On Collisions, Transportation Research Board, Washington D.C.

Noyce D.A., Elango V.V. (2003) **Safety Evaluation of Centerline Rumble Strips**, Final Report, University of Massachusetts Transportation Center, Amherst.

Noyce D.A., Elango V.V. (2004) **Safety Evaluation of Centerline Rumble Strips: A Crash and Driver Behavior Analysis**, Transportation Research Board No. 04-3932.

NRA – National Roads Authority (2003) **Guidance on Road Link Design**, Vol. 6, Sec. 1, Part 1A – NRA TA 43/03, Dublin, Ireland.

NRA – National Roads Authority (2007) **New Divided Road Types: Type 2 and Type 3 Dual-Carriageways**, Dublin, Ireland.

NRA – National Roads Authority (2007) **Road Link Design**, Vol. 6, Sec. 1, Part 1 – NRA TD 9/07, Dublin, Ireland.

O'Connell D. (1995) **The Relationship between Geometric Design Standards and Safety**, International Symposium on Highway Geometric Design Practices, Transportation Research Board, Boston, Massachusetts, U.S.A.

ODOT – Oregon Department of Transportation (2003) **Highway Design Manual**, Oregon, U.S.A.

Osterloh H. (1968) **The Space Curve from Driver's View – Investigation about the Superimposition of Plan and Profile from the Perspective View**, Engineering Office of Hrenz-Osterloh, Wiesbaden, Germany.

Osterloh H. (1983) **Mathematical Evaluation of Three Dimensional Impression of the Perspective View for the Driver**, Research Road Construction and Road Traffic Technique, Vol. 394, Minister of Transportation, Bonn, Germany.

Outcalt W. (2001) **Centerline Rumble Strips**, Colorado Department of Transportation, Report No. CDOT-DTD-R-2001-8.

Overkamp D., Schermers G. (2002) **Niets Tegen een Inhaalverbod**, Verkeerskunde, No.4, pp 34-39 (in Dutch).

Penny K., Belluz L. (1999) **Visual Perception of Combined Vertical and Horizontal Curves Using 3D Computer Modeling**, Dept. of Civil Engineering, Lakehead Univ., Ontario, Canada.

Perco P. (2005) **Comparison between Vehicle Paths along Transition Sections with and without Spiral Curves**, International Symposium on Highway Geometric Design, 3rd, June 2005, Chicago, Illinois, Transportation Research Board, Washington D.C.

Persaud B. (2001) **NCHRP Synthesis of Highway Practice 295: Statistical Methods in Highway Safety Analysis**, Transportation Research Board, Washington D.C.

Persaud B., Bahar G., Mollett C.J., Lyon C. (2004) **Safety Evaluation of Permanent Raised Snow-Plowable Pavement Markers**, Transportation Research Record No. 1894, pp. 148-155.

Persaud B., Retting R., Lyon C. (2003) **Crash Reduction Following Installation of Centerline Rumble Strips on Rural Two-Lane Roads**, Insurance Institute for Highway Safety, Arlington, Virginia, U.S.A.

PIARC (2003) **Road Safety Manual**, Recommendations from the World Road Association, pp.386-398, 532-556.

Potts I.B., Harwood D.W. (2003) **Application of European 2+1 Roadway Designs**, NCHRP Research Results Digest 275.

Prisk C.W. (1941) **Passing Practices on Rural Highways**, Proceedings HRB, Vol. 21, Highway Research Board, pp. 366-378.

Psarianos B. (1982) **A Combination to the Development of the Three Dimensional Alignment of Traffic Routes with Special Emphasis on Highways**, Ph.D. Dissertation, Department of Surveying, Scientific Proceedings No. 113, University of Hanover, Germany.

Qin X., Ivan J. (2002) **Selecting Exposure Measures for Predicting Crash Rates on Two-Lane Rural Highways**, Presented at 81st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

RAS-L (1995) **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets**, Germany.

Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL) (1970) **Tiel 2: Linienführung** RAL-L-Abschnitt 2 Raumliche Linienführung.

RISER – Roadside Infrastructure for Safer European Roads (2003) **Summary of European Design Guidelines for Roadside Infrastructure**, Chalmers University of Technology.

RTAC – Roads and Transportation Association of Canada (1979) **Geometric Design Standards for Canadian Roads and Streets**, Ottawa, Canada.

Russell E.R., Rys M.J. (2005) **NCHRP Synthesis of Highway Practice 339: Centerline Rumble Strips**, Transportation Research Board, Washington D.C.

Russell E.R., Rys M.J., Brin T.S. (2003) **US Experience with Centerline Rumble Strips on Tow-Lane Roads: Pattern and North American Usage**, The 2003 Mid-Continent Research Symposium.

Rys M.J., Russell E.R., Brin T.S. (2003) **Evaluation of Milled Centerline Rumble Strip Patterns**, Journal of Transportation Forum, Vol. 57, No. 4, pp 135-147.

Sandle I. (2005) **Wide Single 2+1 Carriageways on the UK**, 3rd International Symposium on Highway Geometric Design, TRB, Chicago, Illinois.

SATCC – Southern Africa Transport and Communications Commission (1987) **Recommendations on Road Design Standards**, Vol. I: Introduction, Geometric Design of Rural Roads, South Africa.

Schlichter H.G. (1977) **Spatial Alignment of Traffic Routes. Institute for Highway and Railroad Engineering**, University of Karlsruhe (TH), Vol. 30, Germany.

Schulze C., Lamm R. (2000) **A Procedure for Designing Auxiliary Lanes on Upgrade Sections of Two Lane Rural Roads**, Second International Symposium on Highway Geometric Design, Mainz, Germany, pp. 472-485.

Schulze C. (1996) **Comparison, Analysis, and Evaluation of Speed Behavior on Auxiliary Lanes of Upgrade Sections, Based on International Design Procedures as well as on Speed Measurements**, Master Thesis, Institute of Railroad and Highway Engineering, Karlsruhe, Germany.

Shortt W.H. (1909) **A Practical Method for Improvement of Existing Railroad Curves**, Proceeding Institutions of Civil Engineering, Vol. 76, Institution of Civil Engineering, pp. 97-208, London.

Smeby T. (1987) **Requirements to Overtaking Facilities**, XVIII<sup>th</sup> World Road Congress, Brussels, Question IV: Interurban Roads and Motorway, National Report Norway, Brussels, Belgium.

Smith B., Lamm R. (1994) **Coordination of Horizontal and Vertical Alignment with Regard to Highway Esthetics**, Transportation Research Record, Vol. 1445, pp. 73-85.

Srinivasan S. (1982) **Effect of Roadway Elements and Environment on Road Safety**, Institution of Engineers, Vol. 63, United Kingdom.

Stamatiadis N., Pigman J., Sacksteder J., Ruff W., Lord D. (2009) **Impact of Shoulder Width and Median Width on Safety**, NCHRP Report 633, Transportation Research Board, Washington D.C.

Stonex K.A., Noble C.M. (1940) **Curve Design and Tests of the Pennsylvania Turnpike**, Proceedings HRB, Vol. 20, Highway Research Board, pp. 429-451.

Suzman J. (1999) **Rumble Strips: A Wake-up Call for Drowsy Drivers**, IMSA Journal, Vol. 37, No.6, pp 36.

Swedish National Road Administration (1982, 1986) **Standard Specification for Geometric Design of Rural Roads**, Borlaenge, Sweden.

Szagala P. (2005) **Analysis of 2+1 Roadway Design Alternatives**, 3rd International Symposium on Highway Geometric Design, TRB, Chicago, Illinois, U.S.A.

TAC – Transportation Association of Canada (1999) **Geometric Design Guide for Canadian Roads**, Ottawa, Canada.

TAC – Transportation Association of Canada (2000) **Synthesis of Best Practices for the Implementation of Shoulder and Centerline Rumble Strips**, Synthesis of Practice 8, Transportation Association of Canada, Ottawa, Canada.

Texas Transportation Institute, The Texas A&M University System; **Design Criteria for Improved Two-Lane Section (Super 2)**, Project Summary Report 4064-S Project 0-4064.

The Highways Agency (1992) **The Good Roads Guide, New Roads, Integration with Rural Landscapes**, Design Manual for Roads and Bridges, Vol. 10, Section 1, Part 3, HA 57/92, HMSO, U.K.

The Highways Agency (2002) **Highway Link Design, Design Manual for Roads and Bridges**, Vol. 6, Sec. 1, Part 1, TD 9/93, HMSO, U.K.

The Highways Agency (2008) **Design of Wide Single 2+1 Roads, Design Manual for Roads and Bridges**, Vol. 6, Sec.1, Part 4, TD 70/08, HMSO, U.K.

TRANSIT (2000-2003) **State Highway Geometric Design Manual**, Wellington, New Zealand.

TRANSIT (2003) **State Highway Geometric Design Manual**, Section 2,3,4, Wellington, New Zealand.

TRB – Transportation Research Board (2000) **Highway Capacity Manual**, Special Report 209, Third Edition.

Urbanik T., Hinshaw W., Fambro D. (1989) **Safety Effects of Limited Sight Distance on Crest Vertical Curves**, Transportation Research Record, Vol. 1208, pp. 23-25, U.S.A.

van Vliet P., Davidse R.J. (2003) **Wegen Beter Herkenbaar** (in Dutch).

Vermont Agency of Transportation (2008) <http://www.aot.state.vt.us/progdev/Progdev.htm>, Accessed 22.10.08.

VSS – Swiss Association of Road Specialists (1978) **Swiss Norm SN 640 140: Alignment Optical Criteria**, Zurich, Switzerland.

VSS – Swiss Association of Road Specialists (Various Dates) **Swiss Norm SN 640 080b, 100, 105, 110, 123a, 138a, 141, 145, 195a, 198, 266, Alignment Features**, Zurich, Switzerland.

Wacker J. (1996) **Accident Development at Elzer Mountain (Autobahn 3) between Cologne and Frankfurt from 1961 to 1995**, Unpublished Manuscript, Ministry of Economy and Technique, State of Hessen, Wiesbaden, Germany.

Wambold J.C., Rivera-O. L.A., Wang M.C. (1988) **A Field and Laboratory Study to Establish Truck Escape Ramp Design Methodology**, Commonwealth of Pennsylvania, Department of Transportation, Report No FHWA-PA-86-032-83-26.

Wang J., Hughes W.E., Stewart R. (1995) **Safety Effects of Cross-Section Design on Rural Multi-Lane Highways**, International Symposium of Highway Geometric Design Practices, Transportation Research Board, Boston, Massachusetts, U.S.A.

Washington State Department of Transportation (2006) Rumble Strip Display, from site: <http://www.wsdot.wa.gov>, accessed 2.7.2006.

Weaver G.D., Glennon J.C. (1971) **Passing Performance Measurements Related in Sight Distance Design**, Report 134-6, College Station, Texas: Texas Transportation Institute, Texas A&M University.

Weaver G.D., Woods D.L. (1978) **Passing and No Passing Signs, Markings, and Warrants**, Report No. FHWA-RD-79-5, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington D.C.

- Weber R. (2005) **Traffic Safety and Traffic Flow on 2+1 Routes Carrying Mixed Traffic**, 3rd International Symposium on Highway Geometric Design, TRB, Chicago, Illinois, U.S.A.
- Wooldridge M.D., Messer C.J., Heard B. D., Raghupathy S., Parham A.H., Brewer M. A., Sangsoo L. (2001) **Design Guidelines for Passing Lanes on Two Lane Roadways (Super 2)**, FHWA/TX-02/4064-1, Texas Transportation Institute.
- Zador P., Stein H., Hall J., Wright P. (1987) **Relationship between Vertical and Horizontal Roadway Alignments and the Incidence of Fatal Rollover Crashes in New Mexico and Georgia**, Transportation Research Record, Vol. 1111, pp. 27-41, Washington D.C.
- Zegeer C.V., Stewart J.R., Council F.M., Reinfurt D.W. (1991) **Cost Effective Geometric Improvements for Safety Upgrading of Horizontal Curves**, FHWA-RD-87/094, Federal Highway Administration, Washington D.C.
- Zegeer C.V., Twomey J.M., Heckman M.L., Hayward J.C. (????) **Safety Effectiveness of Highway Design Features**, Vol. II; Alignment, FHWA RD-91-045, Federal Highway Administration, Washington D.C.
- Zhang C., Ivan J. N. (2005) **Effects of Geometric Characteristics on Head-On Crash Incidence on Tow-Lane Roads in Connecticut**, Transportation Research Record No. 1908, pp. 159-164.

## מקורות לפרק 9 – אופניים

- משרד התחבורה (1996) הנחיות לתכנון מאור בדרכים.
- משרד התחבורה (2006) טיוטת סעיף 4.5 – תנועת אופניים בדרכים בינעירוניות – לא נכלל בהנחיות לתכנון אופניים בערים.
- משרד התחבורה ומשרד השיכון (2009) הנחיות לתכנון רחובות בערים – תנועת אופניים.
- AASHTO (1991) **Guide for the Development of Bicycle Facilities**, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington D.C.
- AASHTO (1999) **Guide for the Development of Bicycle Facilities**.



Austrroads (1999) **Guide to Traffic Engineering Practice: Part 14 – Bicycle**, Sydney, Australia.

Austrroads (2009) **Guide to Road Design: Part 6A – Pedestrian and Cyclist Path**, Sydney, Australia.

Austrroads (2011) **Cycling Aspects of Austrroads Guides**, APG88, Sydney, Australia.

CALTRANS – California Department of Transportation (2006) **Highway Design Manual, Chapter 1000: Bikeway Planning and Design**, California, U.S.A.

CERTU (2007) **Guidelines for Cycle Facilities Urban Area**, France.

CERTU (2008) **Guidelines for Cycle Facilities**, France.

CROW (1993) **Sign up for the Bike: Design Manual for a Cycle Friendly Infrastructure**, Center for Research and Contract Standardization in Civil and Traffic Engineering, Netherlands.

CROW (2007) **Design Manual for Bicycle Traffic**, Center for Research and Contract Standardization in Civil and Traffic Engineering, Netherlands.

**Cycling England**, Design Portfolio A11.1 Cycle Lanes.

Department of Transport Scottish Executive (2008) **Cycle Infrastructure Design**, Local Transport Note 2/2008, Welsh Assembly Government.

Jensen et al. (2000) **Collection of Cycle Concepts Catalogue of Ideas**, Denmark.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Fietsberaad (2009) **Cycling in the Netherlands**, Ministry of Transport, Public Works and Water Management Directorate General for Passenger Passport/ [www.minvenw.nl](http://www.minvenw.nl); [www.fietsberaad.org](http://www.fietsberaad.org) or [www.bicyclecouncil.org](http://www.bicyclecouncil.org)

Ministry of Transport (2006) **Getting There – On Foot, By Cycle**, Strategic Implementation Plan 2006-2009, Land Transport New Zealand.

**New Zealand Supplement to the Austrroads Guide to Traffic Engineering and Practice, Part 14: Bicycles** (2008).

TRANSIT (2002) **Geometric Design Manual**, Section 6: Cross Section, New Zealand.

Vermont Agency of Transportation **Pedestrian and Bicycle Facility Planning and Design Manual**, Chapter 4: On Road Bicycle Facilities.

**Wisconsin Design Manual, Chapter 1520: Roadway Bicycle Facilities** (2010).