

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

ל.ק.י - מהנדסי תחבורה יועצים  
L.C.I – TRANSPORTATION ENGINEERS  
CONSULTANTS



ביצוע  
ועריכה:

חיבור וכתובה: דר' יוסף קראוס  
דר' בני פרישר

תרשימים: ש. קרני מהנדסים

הנחייה וליווי: בח"ק אינג' אהרון שי גרשנסון – מהנדס דרכים ראשי



## הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

מרכז בינוי 5600  
ענף הנדסה ומו"פ  
מדור דרכים  
טלפון: 03-5695024  
פקס: 03-5696426

### פתח דבר

קורא נכבד :

1. הכרך שלפניך מכיל הנחיות לתכנון דרכים, כבישים, פיתוח שטח, עבודות עפר, ניקוז קרקעות וכיו בצה"ל (חילות היבשה) ובכלל ובמחנות צה"ל בפרט "לחילות היבשה בלבד" מאחר וזהו תחום אחריותנו. אין זה אומר שהחומר בכרך אינו מתאים, לפחות בחלקו, גם לחיל האוויר וגם לחיל הים, ולשאר מתקני מערכת הביטחון.
2. ההנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל במהדורה מעודכנת הן מורחבות ומושלמות בהשוואה להנחיות לתכן גיאומטרי שהוצאו בעבר ע"י מדור דרכים במרכז בינוי 5600. כאמור כוללת הפעם המהדורה הנ"ל בנוסף:
  - חלק א : תכן גיאומטרי – פרקים 1-10 הכוללים הפעם גם,, צמתים" (פרק 7) ו,,עקלתונים" (פרק 10).
  - חלק ב : מבנה – פרק 11.
  - חלק ג : ניקוז – פרק 12.
  - חלק ד : תאורה – פרק 13.
3. למרות העובדה שאין הכרך הנ"ל מתיימר להיות ספר לימוד במלוא מובן המילה למרות העובדה שכרכים דומים ומפורטים יותר קיימים בשוק האזרחי בהוצאת מ.ע.צ – (תכן גיאומטרי, צמתים ומחלפים) או בהוצאת משרד השיכון – (תכנון רחובות וצמתים ותכן מבנה) אנו דוגלים בדעה שיש הבדל כלשהו, מן הסתם, בין,, הנדסה אזרחית" לבין,, הנדסה צבאית" בגלל הצרכים השונים, החומרים השונים, הדרישות והקריטריונים השונים בהתאם לכלים השונים (הצבאיים) שהדרך צריכה לשרת.
4. הכרך הנ"ל הוא תשובה לאמור לעיל והוא בא לתת תשובות למתכננים עבור מערכת הביטחון (למרכז בינוי ולקוחותיו כאחד). הכרך גם מממש את נושא האחידות והסטנדרטיזציה של התכנון בצה"ל על מנת לאפשר לכל המתכננים להגיש את עבודותיהם לפי דרישות שוות אך תוך התחשבות בכך שהשיקול הכלכלי/ הנדסי הוא (ספציפית) השיקול המכריע בתהליך התכנון של הדרך או המחנה.  
כהשלמה לכרך הנ"ל קיים גם **אוגדן סטנדרטים** לעבודות פיתוח שונות כגון כבישים, גדרות, ניקוז קרקעות וכיו בהוצאת מדור דרכים במרכז בינוי של צה"ל.
5. בהכנת ההנחיות הנ"ל הושקע מאמץ רב להופכן,, למפתח" ולכלי עזר לליווי שוטף בתהליך התכנון והתכן. המבחן המעשי של ההנחיות הנ"ל אמנם יהיה בהפעלתן ע"י המתכננים והמאפיינים השונים,, הלכה למעשה" ולשם כך אנו מצפים למלוא שיתוף הפעולה מצדכם. הניסיון העשיר שלכם יחד עם הניסיון שיירכש בעתיד בשימוש בהנחיות אלו יתנו לנו אפשרות



## הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

לשפר בעתיד את הכרך של ההנחיות בעזרת הערותיכם המקצועיות ולהופכו ע"י כך לכלי תכנון יעיל ובטוח.

6. העבודה הנ"ל נעשתה בצוות משותף של אנשי מקצוע עם ניסיון מוכח בתכנון ותכן דרכים בדיסציפלינות השונות ובריכוזו של מהנדס דרכים ראשי של מרכז בינוי של צה"ל מר אהרון שי גרשנסון ובהדרכתו והנהגתו של רע"ן הנדסה ומו"פ בצה"ל (עוזר המפקד להנדסה) סא"ל משה בנג'ו, ע"י צוות יועצים עם ניסיון רב בתחומו כגון :

א. הנחיות גיאומטריות – (פרקים 1-10) – ע"י ד"ר רס"ן בני פרישר במסגרת המילואים שלו ובסיוע מיוחד של פרופסור יוסף קראוס ל.ק.ג.

ב. הנחיות למבנה – (פרק 11) – ע"י ד"ר רס"ן רפאל (רפי) ירון במסגרת המילואים שלו.

ג. הנחיות לניקוז – (פרק 12) – ע"י אינג' שמואל רזניק מהנדס ראשי לניקוז במ.ע.צ.

ד. הנחיות תאורת דרכים, צמתים – (פרק 13) – ע"י אינג' גארי אוציטל ממדור חשמל של מרכז בינוי בהנהגתו של רמד חשמל סא"ל נדב תמרי.

- כאמור ההנחיות מבוססות על שילוב הידע התאורתי והניסיון הרב שנצבר בארץ עם ניסיונם של אחרים רבים וטובים גם מחו"ל לפי הביבליוגרפיה המופיעה בהנחיות.
- ראוי לציון מיוחד בהקשר הנ"ל גם משרד שמואל קרני עם ניסיון רב ובולט בתחומו אשר סייע לנו ע"י ביצוע השירותים הרלוונטים המלווים הנחיות אלו.
- כן ראוי לציון סמל ראשון משה יוסף שתחת הנהגתו של רמ"ד דרכים ביצע את כל עבודת הניהול, העריכה וההדפסה הקשורה עם משרד הביטחון.

7. אנו משוכנעים שהנחיות אלו יהיו לעזר ולתועלת רבה למערכת הביטחון בכלל ולצה"ל (חילות היבשה) באמצעות מרכז בינוי.

8. תודתנו מקרב לב נתונה לכל המשתתפים במפעל חשוב זה.

רע"ן הנדסה ומו"פ  
סא"ל משה בנג'ו

רמ"ד דרכים ומהנדס דרכים ראשי  
אהרון שי גרשנסון

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## תוכן עניינים (לרבות טבלאות וציורים)

<b>1-1</b> .....	<b>פרק 1 מבוא</b>	<b>1-1</b>
<b>1-1</b> .....	<b>1.1 כללי</b>	<b>1-1</b>
<b>1-1</b> .....	<b>1.2 מטרות</b>	<b>1-1</b>
<b>1-2</b> .....	<b>1.3 מבנה ההנחיות</b>	<b>1-2</b>
<b>1-3</b> .....	<b>1.4 תחולת ההנחיות ותקפותן</b>	<b>1-3</b>
<b>2-1</b> .....	<b>פרק 2 מדיניות תכן בסיסית</b>	<b>2-1</b>
<b>2-1</b> .....	<b>2.1 סיווג מערכת הדרכים</b>	<b>2-1</b>
<b>2-1</b> .....	<b>2.1.1 מבוא</b>	<b>2-1</b>
<b>2-1</b> .....	<b>2.1.2 המאפיינים העיקריים של סיווג מערכת הדרכים</b>	<b>2-1</b>
<b>2-2</b> .....	<b>2.1.3 מידרג הדרכים ומאפייני הדרגות השונות</b>	<b>2-2</b>
<b>2-3</b> .....	<b>2.1.4 מאפיינים נוספים הקשורים לסיווג רשת הדרכים</b>	<b>2-3</b>
<b>2-4</b> .....	<b>טבלה מס' 2.1 מאפייני הדרכים השונות בתוך הבסיס</b>	<b>2-4</b>
<b>2-5</b> .....	<b>ציור מס' 2.1 סיווג מערכת דרכים בבסיס</b>	<b>2-5</b>
<b>2-6</b> .....	<b>2.2 מהירות תכן</b>	<b>2-6</b>
<b>2-6</b> .....	<b>2.2.1 הגדרת מהירות התכן ויישומה בתכן דרכים</b>	<b>2-6</b>
<b>2-6</b> .....	<b>2.2.2 הנחיות לקביעת מהירות התכן</b>	<b>2-6</b>
<b>2-7</b> .....	<b>טבלה מס' 2.2 סיווג המאפיינים הטופוגרפיים</b>	<b>2-7</b>
<b>2-7</b> .....	<b>טבלה מס' 2.3 מהירות תכן מזערית בקמ"ש</b>	<b>2-7</b>
<b>2-8</b> .....	<b>2.3 סיווג החתך הרוחבי בדרך הגישה לבסיס</b>	<b>2-8</b>
<b>2-9</b> .....	<b>טבלה מס' 2.4 הסיווג לקביעת חתך הרוחב לדרכי גישה לבסיס</b>	<b>2-9</b>
<b>3-1</b> .....	<b>פרק 3 מאפייני הרכב לתכן</b>	<b>3-1</b>
<b>3-1</b> .....	<b>3.1 כללי</b>	<b>3-1</b>
<b>3-1</b> .....	<b>3.2 הסיווג המקובל של כלי הרכב האזרחיים</b>	<b>3-1</b>
<b>3-2</b> .....	<b>3.3 סיווג כלי הרכב במחנות צה"ל</b>	<b>3-2</b>
<b>3-2</b> .....	<b>3.3.1 נתוני כלי-הרכב הצבאיים</b>	<b>3-2</b>
<b>3-2</b> .....	<b>3.3.2 סיווג כלי-הרכב הצבאיים</b>	<b>3-2</b>
<b>3-4</b> .....	<b>3.3.3 מאפיינים תכנוניים למוביל טנקים</b>	<b>3-4</b>
<b>3-3</b> .....	<b>טבלה מס' 3.1 מידות אופייניות של כלי-רכב צבאיים, במ"מ</b>	<b>3-3</b>
<b>3-5</b> .....	<b>ציור מס' 3.1 הגדרת המידות האופייניות לכלי-רכב צבאיים</b>	<b>3-5</b>
<b>3-4</b> .....	<b>3.4 בחירת כלי-הרכב לתכן</b>	<b>3-4</b>

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

3-7	ציור מס' 3.2 מסלול פניה מזערי למוביל טנקים	
<b>4-1</b>	<b>פרק 4 התוואי האופקי</b>	
<b>4-1</b>	<b>4.1 מבוא</b>	
<b>4-1</b>	<b>4.2 רדיוסים והגבהות בעקומים אופקיים</b>	
4-1	4.2.1 כללי	
4-1	4.2.2 חישוב הרדיוסים המזעריים בעקומים אופקיים	
4-2	4.2.3 הגבהה צידית בדרכים פנימיות	
4-2	4.2.4 הרדיוסים המזעריים בדרכים פנימיות	
4-3	4.2.5 הגבהה צידית מירבית ורדיוסים מזעריים בדרכי גישה	
4-4	4.2.6 הקשר בין רדיוסים גדולים מהמזעריים להגבהה המתאימה	
4-4	4.2.7 עקומים אופקיים בעלי שיפוע רוחבי רגיל בדרכי גישה	
4-3	טבלה מס' 4.1 הרדיוסים המזעריים בעקומים אופקיים בדרכים פנימיות	
4-3	טבלה מס' 4.2 הרדיוסים המזעריים בעקומים אופקיים בדרכי גישה	
	טבלה מס' 4.3 ערכי הרדיוסים המזעריים בדרכי גישה בהם ניתן לשמור על החתך הרגיל לרוחב	
4-4	ציור מס' 4.1 הקשר בין רדיוס העקום האופקי להגבהה הצידית לדרכים פנימיות	
4-5	ציור מס' 4.2 הקשר בין רדיוס העקום האופקי להגבהה הצידית בדרכי גישה מסוג א-1 עד א-3	
4-6	ציור מס' 4.3 הקשר בין רדיוס העקום האופקי להגבהה הצידית בדרכי גישה בעלות אחוז משאיות גבוה	
<b>4-8</b>	<b>4.3 עקומי מעבר</b>	
4-8	טבלה מס' 4.4 ערכי מקדם הנוחות לעקום מעבר	
4-9	ציור מס' 4.4 תאור סכמתי של עקום מעבר	
<b>4-8</b>	<b>4.4 מעבר שיפועים</b>	
	טבלה מס' 4.5 הפרש שיפוע מירבי מותר בין ציר הדרך לקצות המיסעה במעברי שיפועים	
4-10	ציור מס' 4.5 מעבר שיפועים (לאורך עקום מעבר)	
<b>4-12</b>	<b>4.5 הרחבה בעקומים אופקיים</b>	
4-12	4.5.1 מטרת ההרחבה	
4-12	4.5.2 ערכי תכן	
4-12	4.5.3 אופן ביצוע ההרחבה	
4-15	4.5.4 הרחבה למוביל טנקים	

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

טבלה מס' 4.6	ההרחבה הדרושה למיסעה דו-נתיבית בעקום אופקי עבור אוטובוס	4-13
טבלה מס' 4.7	ערכי ההרחבה הדרושה למיסעה דו-נתיבית בעקום אופקי למשאיות מורכבות ומחוברות	4-14
טבלה מס' 4.8	רוחב המיסעה התפוס על-ידי גורר טנקים בעת פניה בעקום עם רדיוס קטן, ומהירות פניה מזערית	4-15
<b>4.6</b>	<b>עקומים עוקבים בתוואי האופקי</b>	<b>4-15</b>
4.6.1	עקומים לאותו כיוון	4-15
4.6.2	עקומים מנוגדי כיוון	4-16
ציור מס' 4.6	המרחק בין עקומים עוקבים לאותו כיוון	4-17
ציור מס' 4.7	מעבר השיפועים בעקומים מנוגדי כיוון	4-17
<b>4.7</b>	<b>מרחקי-ראות</b>	<b>4-16</b>
4.7.1	מרחק-ראות לעצירה	4-16
4.7.2	מרחק-ראות לעקיפה דחוקה	4-19
4.7.3	ראות בעקום אופקי	4-19
טבלה מס' 4.9	ערכי תכן למרחקי-ראות לעצירה ולעקיפה דחוקה	4-18
ציור מס' 4.8	ראות בעקום אופקי	4-20
ציור מס' 4.9	המרווח הצידי הפנוי הדרוש בעקום אופקי בתלות במרחק-הראות לתכן וברדיוס העקום	4-21
<b>פרק 5</b>	<b>התוואי האנכי</b>	<b>5-1</b>
<b>5.1</b>	<b>מבוא</b>	<b>5-1</b>
<b>5.2</b>	<b>שיפועים לאורך התוואי</b>	<b>5-1</b>
5.2.1	שיפועים מירביים לאורך בדרכי גישה	5-1
5.2.2	אורך מירבי לקטע משופע בדרכי גישה	5-1
5.2.3	שיפועים מירביים לאורך בדרכים פנימיות	5-2
5.2.4	שיפועים מירביים בעקומים אופקיים	5-3
5.2.5	שיפוע אורכי מזערי	5-3
טבלה מס' 5.1	ערכים מירביים וחריגים של שיפוע אורכי בדרכי גישה, ואורך מירבי לקטע המשופע	5-2
טבלה מס' 5.2	ערכים מירביים וחריגים לשיפוע אורכי בדרכים פנימיות	5-3
<b>5.3</b>	<b>המרווח החופשי (גבריט)</b>	<b>5-3</b>
<b>5.4</b>	<b>עקומים אנכיים</b>	<b>5-4</b>
5.4.1	הגדרה ויעד	5-4

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

5-4	הפרשי שיפועים ללא עקום אנכי	5.4.2
5-4	עקומים קמורים	5.4.3
5-5	עקומים קעורים	5.4.4
5-4	שינוי שיפוע אורכי מירבי, שאינו מצריך עקום אנכי	5.3
	טבלה מס' 5.4	5.4
5-8	בטיחותיים	5.5
	טבלה מס' 5.5	5.5
5-8	בטיחותיים	5.1
5-6	האורך המזערי לעקום אנכי קמור לפי מרחק ראות לעצירה	5.2
	האורך המזערי לעקום אנכי קמור לפי מרחק ראות לעקיפה	5.2
5-7	דחוקה	5.3
5-9	האורך המזערי לעקום אנכי קעור	5.3

## **פרק 6 החתך לרוחב של דרכים**

6-1	מבוא	6.1
6-1	נתיבי הכביש	6.2
6-1	מספר נתיבי הנסיעה	6.2.1
6-2	רוחב נתיבי הנסיעה בקטע ישר	6.2.2
6-3	רוחב הנתיב בעקום האופקי	6.2.3
6-3	נתיב חניה	6.2.4
	טבלה מס' 6.1 רוחב נתיב תנועה בעבור דרגות הדרך השונות ובהתאם לתנאי הדרך	6.1
6-2	הדרך	6.2
6-3	השיפוע לרוחב הכביש	6.3
6-3	שוליים	6.4
6-4	טבלה מס' 6.2 רוחב השוליים עבור דרגות הדרך השונות	6.2
6-4	אי-הפרדה	6.5
6-4	מדרכה	6.6
6-4	טבלה מס' 6.3 הצדקים להקמת מדרכה באזור פנוי	6.3
6-5	חתכים טיפוסיים	6.7
6-5	מקרים מיוחדים	6.8
6-5	איזור השער	6.8.1
6-5	נתיבים לאיסוף נוסעים (טרמפיאדות, תחנת אוטובוס)	6.8.2
	ציור מס' 6.1 חתך טיפוסי לרוחב דרכים דו-נתיביות ללא אבני-שפה בקטע ישר	6.1
6-6	ישר	6.6

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

ציור מס' 6.2	חתך טיפוסי לרוחב דרכים דו-נתיביות עם מדרכה בצד אחד	6-7
ציור מס' 6.3	חתך טיפוסי לרוחב דרכים דו-נתיביות עם מדרכה בשני הצדדים בקטע ישר	6-8
ציור מס' 6.4	חתך טיפוסי לרוחב דרכים פנימיות דו-מסלוליות בקטע ישר	6-9
<b>פרק 7 תכן צמתים</b>	<b>7-1</b>	
<b>7.1 מבוא</b>	<b>7-1</b>	
7.1.1	תפקיד הצמתים ברשת	7-1
7.1.2	הנחיות לתכן צמתים של רשויות אזרחיות	7-1
7.1.3	צמתים בהנחיות אלה	7-2
7.1.4	הגדרות, מושגים ומונחים	7-2
<b>7.2 תהליך התכן ועקרונות התכן</b>	<b>7-3</b>	
7.2.1	שיקולים מנחים בתכן צמתים	7-3
7.2.2	שלבי תהליך התכן והנתונים הדרושים	7-4
7.2.3	כלי הרכב לתכן	7-4
<b>7.3 קביעת סוג הצומת המתאים, צורתו ומיקומו בתוואי</b>	<b>7-5</b>	
7.3.1	כללי	7-5
7.3.2	הסתעפות או הצטלבות	7-6
7.3.3	צורות בלתי רצויות	7-6
7.3.4	שמירת הכיוון הראשי בצומת	7-7
7.3.5	תנוחת הצומת	7-9
7.3.6	התוואי האנכי ומיקום הצומת	7-11
ציור מס' 7.1	צורות של צמתים שאינן רצויות בשימוש	7-8
ציור מס' 7.2	שינוי צורת הסתעפות לשם התאמתה לסיווג הדרכים	7-10
ציור מס' 7.3	שינוי צורת הצטלבות לשם התאמתה לסיווג הדרכים	7-10
<b>7.4 מרחקי ראות בצמתים</b>	<b>7-12</b>	
<b>7.5 התוואי האנכי בצמתים</b>	<b>7-13</b>	
7.5.1	מבוא	7-13
7.5.2	שיפוע מירבי בזרועות הצומת	7-13
7.5.3	שיפועים מזעריים	7-14
7.5.4	עקום אנכי קמור	7-14
7.5.5	עקום אנכי קעור	7-15
טבלה מס' 7.1	ערכי השיפועים המירביים לאורך בזרועות הצומת ובמובאותיו	7-14

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

7-14	טבלה מס' 7.2 רדיוסים מזעריים לעקום אנכי קמור בצומת	
<b>7-15</b>	<b>רומים וקווי רום בצומת</b>	<b>7.6</b>
<b>7-16</b>	<b>תחנות אוטובוסים ותחנות הסעה</b>	<b>7.7</b>
<b>7-16</b>	<b>מעברי-חצייה ומעקות בטיחות להולכי-רגל</b>	<b>7.8</b>
<b>7-16</b>	<b>ניתוב בצומת</b>	<b>7.9</b>
7-16	7.9.1 כללי	
7-17	7.9.2 נתיבים לפנייה ימינה	
7-17	7.9.3 נתיבים לפנייה שמאלה	
7-20	טבלה מס' 7.3 אורך אחסנה (מ') בתלות במס' כלי הרכב הפונים שמאלה	
	7.4 ציור מס' 7.4 הצורות הגיאומטריות של הנתיב לפנייה ימינה עם אי תנועה משולש	
7-18		
7-19	7.5 ציור מס' 7.5 הצדקים להתקנת נתיב מיוחד לפנייה שמאלה	
7-21	7.6 ציור מס' 7.6 נתיב מיוחד לפנייה שמאלה בציר הראשי בדרך מחולקת	
	7.7 ציור מס' 7.7 יצירת הנתיב המיוחד לפנייה שמאלה ואיי הפרדה בציר הראשי בדרך דו-נתיבית באמצעות הרחבת המיסעה לשני הצדדים	
7-22		
<b>7-23</b>	<b>עקומים ותפניות בצמתים</b>	<b>7.10</b>
7-23	7.10.1 מבוא	
7-23	7.10.2 פנייה ימינה ללא אי תנועה	
7-25	7.10.3 פנייה ימינה עם אי תנועה	
7-24	טבלה מס' 7.4 אפשרויות לתכן שפות המיסעה לפנייה ימינה ללא אי תנועה	
	7.8 ציור מס' 7.8 אפשרויות לתכן שפת המיסעה לפנייה ניצבת ימינה ברדיוס מזערי ללא אי תנועה	
7-26		
<b>7-27</b>	<b>איי תנועה</b>	<b>7.11</b>
7-28	7.9 ציור מס' 7.9 תכן אופייני לפנייה ניצבת ימינה עם אי תנועה	
<b>7-29</b>	<b>צמתים סיבוביים (מעגלי תנועה)</b>	<b>7.12</b>
<b>8-1</b>	<b>דרך גישה צרה לבסיס (דרגה א-4)</b>	<b>פרק 8</b>
<b>8-1</b>	<b>מאפיינים והצדקים</b>	<b>8.1</b>
<b>8-1</b>	<b>מהירות התכן</b>	<b>8.2</b>
8-1	8.2.1 מדיניות	
8-2	8.2.2 ערכי תכן	

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

8-2	טבלה מס' 8.1 ערכים מזעריים של מהירות התכן בדרך מדרגה א-4	
<b>8-2</b>	<b>הרכב לתכן והחתך הרוחבי</b>	<b>8.3</b>
8-4	ציור מס' 8.1 חתך רוחבי טיפוסי של דרך מדרגה א-4 בקטע ישר	
<b>8-3</b>	<b>התוואי האופקי</b>	<b>8.4</b>
8-3	8.4.1 עקרונות תכן לעקום האופקי	
8-3	8.4.2 ערכי תכן לרדיוסים והגבהות	
8-5	8.4.3 עקומי מעבר ומעברי שיפועים	
8-5	8.4.4 הרחבה	
8-3	טבלה מס' 8.2 רדיוס מזערי לעקום אופקי בדרך א-4	
	טבלה מס' 8.3 הפרש שיפוע מירבי מותר בין קצות המיסעה במעברי שיפועים בדרך א-4	
8-5	טבלה מס' 8.4 ההרחבה הדרושה בעקום אופקי בדרך א-4 בתלות ברדיוס העקום	
8-5	ציור מס' 8.2 הקשר בין רדיוס העקום האופקי להגבהה הציידית בדרך גישה א-4	
8-6		
<b>8-7</b>	<b>התוואי האנכי</b>	<b>8.5</b>
8-7	8.5.1 שיפוע אורכי מירבי	
8-7	8.5.2 עקומים אנכיים	
8-7	טבלה מס' 8.5 שיפוע אורכי מירבי לדרך א-4	
<b>8-7</b>	<b>מרחקי ראות</b>	<b>8.6</b>
8-7	8.6.1 מדיניות וערכי תכן	
8-8	8.6.2 ראות בעקום אופקי	
8-8	8.6.3 ראות בעקום אנכי	
8-8	טבלה מס' 8.6 מרחקי הראות לתכן בדרך א-4	
<b>9-1</b>	<b><u>פרק 9 דרכי מערכת ודרכי פטרולים</u></b>	
<b>9-1</b>	<b>רקע כללי</b>	<b>9.1</b>
<b>9-1</b>	<b>עקרונות התכן של דרך המערכת ודרך הפטרולים</b>	<b>9.2</b>
9-1	9.2.1 השימוש בדרך	
9-2	9.2.2 הרכב לתכן	
9-2	9.2.3 מהירות התכן	
<b>9-2</b>	<b>תכן המרכיבים הגיאומטריים</b>	<b>9.3</b>
9-2	9.3.1 מרחקי ראות	
9-3	9.3.2 הגבהה ורדיוס בעקום אופקי	

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

9-3	ראות בעקום אופקי	9.3.3
9-4	מפרצונים להמתנה	9.3.4
9-4	השיפוע המירבי לאורך	9.3.5
9-4	עקומים אנכיים	9.3.6
9-3	טבלה מס' 9.1 ערכי מרחקי הראות השונים לדרכי מערכת ופטרולים	
9-3	טבלה מס' 9.2 רדיוסים מזעריים לעקום אופקי בדרכי מערכת ופטרולים	
9-5	טבלה מס' 9.3 רדיוסים מזעריים לעקומים אנכיים בדרכי מערכת ופטרולים	
<b>9-5</b>	<b>החתך הרוחבי לדרך מערכת</b>	<b>9.4</b>
9-5	התכן המשולב של דרך מערכת ורצועות טשטוש	9.4.1
9-5	מרכיבי דרך מערכת מאספלט	9.4.2
9-6	מבנה הדרך	9.4.3
<b>9-6</b>	<b>מרכיבי דרך פטרולים פנים-בסיסית</b>	<b>9.5</b>
9-7	ציור מס' 9.1 חתך טיפוסי לרוחב דרך מערכת	
<b>10-1</b>	<b>פרק 10 תכן עקלתונים</b>	<b>10.1</b>
<b>10-1</b>	<b>הגדרה</b>	<b>10.1</b>
<b>10-1</b>	<b>הצדקים לשימוש בעקלתון</b>	<b>10.2</b>
10-1	יישום	10.2.1
10-1	יתרונות וחסרונות לשימוש בעקלתון	10.2.2
<b>10-2</b>	<b>סיווג עקלתונים</b>	<b>10.3</b>
10-2	קטגוריית העקלתון	10.3.1
10-2	סימטריה ואסימטריה	10.3.2
10-3	ציור מס' 10.1 מרכיבי העקלתון	
10-3	ציור מס' 10.2 עקלתון מקטגוריה מס' 1 – סימטרי	
10-4	ציור מס' 10.3 עקלתון מקטגוריה מס' 1 – אסימטרי	
10-4	ציור מס' 10.4 עקלתון מקטגוריה מס' 2	
10-10	ציור מס' 10.5 סמי-עקלתון	
<b>10-5</b>	<b>התואי הראשוני ובדיקתו</b>	<b>10.4</b>
<b>10-5</b>	<b>קריטריונים לתכן עקלתונים</b>	<b>10.5</b>
10-5	מהירות תכן	10.5.1
10-5	הגבהה צידית מירבית	10.5.2
10-6	רדיוסים מזעריים	10.5.3
10-6	שיפועים מירביים בעקום הראשי	10.5.4

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

10-6	10.5.5	הרחבה
10-7	10.5.6	עקומי מעבר ומעברי שיפועים
10-8	10.5.7	אורך מזערי לקטעים הישרים בין עקומים מנוגדי כיוון
10-9	10.5.8	אורך מזערי לקטעים הישרים בין עקומים שווי כיוון
10-9	10.5.9	מרחק בין עקלתונים סמוכים
10-6	10.1	טבלה מס' 10.1 מהירויות תכן מומלצות ורדיוסים מזעריים לאורך העקלתון
10-6	10.2	טבלה מס' 10.2 השיפוע המירבי לאורך בציר העקום הראשי בעקלתון
	10.3	טבלה מס' 10.3 ערכי ההרחבה הדרושה למיסעה בעקלתון בתלות ברדיוס העקום, עבור רוחב מיסעה של 6.0 מ' בקטע הישר
10-7	10.4	טבלה מס' 10.4 מקדמים לחישוב אורך עקומי מעבר ומעברי שיפועים בעקלתון
10-8		טבלה מס' 10.4 מקדמים לחישוב אורך עקומי מעבר ומעברי שיפועים בעקלתון
10-10	10.6	ציור מס' 10.6 עקלתון עם עקומי מעבר
<b>10-9</b>	<b>10.6</b>	<b>בדיקות הכרחיות לתוואי הראשוני של העתקלון</b>
10-9	10.6.1	התאמת הקו האדום להפרש הגובה בקרקע
10-11	10.6.2	בדיקת המרחק הקרוב ביותר בין שני הענפים
10-11	10.6.3	בדיקת אורך קווי הביניים הישרים
10-11	10.6.4	כמות עבודות עפר
10-12	10.7	ציור מס' 10.7 כללי תיכנון ה"קו האדום" בעקלתונים
10-13	10.8	ציור מס' 10.8 המרחק הקרוב ביותר בין שני ענפי עקלתון
<b>11-1</b>	<b>11</b>	<b>פרק 11 תכן מבנה דרכים</b>
<b>11-1</b>	<b>11.1</b>	<b>מבוא</b>
11-1	11.1.1	כללי
11-1	11.1.2	ייחודיות הפרוייקטים הצבאיים
11-2	11.1.3	מרכיבי תהליך התכן
<b>11-2</b>	<b>11.2</b>	<b>תהליך החקירה ההנדסית</b>
11-2	11.2.1	מטרות החקירה
11-3	11.2.2	אופן החקירה במקרים שונים
<b>11-4</b>	<b>11.3</b>	<b>קביעת הערכים התכנוניים</b>
11-4	11.3.1	כללי
11-5	11.3.2	הערכת תכונות חוזק של קרקעות בהעדר תוצאות חקירה
11-5	11.1	טבלה מס' 11.1 הערכת ערכי מת"ק לסוגים שונים של קרקעות
<b>11-6</b>	<b>11.4</b>	<b>מאפייני התנועה וההעמסה</b>
11-6	11.4.1	הגורמים המשפיעים

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

11-6	הערכות התנועה	11.4.2
11-7	עומסי הסרנים ופיזורם	11.4.3
11-8	תקופת התכן ושיעור הגידול	11.4.4
11-8	רכב חריג	11.4.5
<b>11-8</b>	<b>בחירת סוג המיסעה</b>	<b>11.5</b>
<b>11-10</b>	<b>תכינת מבנה המיסעה</b>	<b>11.6</b>
<b>11-11</b>	<b>סוללות ומדרונות</b>	<b>11.7</b>
11-12	טבלה מס' 11.2 הערכת ערכי מת"ק לסוגים שונים של קרקעות	
11-12	טבלה מס' 11.3 שיפועים מומלצים במדרונות חפירה עד כ-5 מטר (ת"י 940)	
<b>11-12</b>	<b>הערות נוספות</b>	<b>11.8</b>
11-12	שימוש בחומרים גיאואסינטיים	11.8.1
11-13	סלילה בשלבים	11.8.2
<b>11-14</b>	<b>סיכום</b>	<b>11.9</b>
<b>12-1</b>	<b>פרק 12 תכנון ניקוז</b>	
<b>12-1</b>	<b>מבוא</b>	<b>12.1</b>
12-1	חשיבות הניקוז	12.1.1
12-1	השימוש בהנחיות	12.1.2
<b>12-2</b>	<b>דרישות תכנון</b>	<b>12.2</b>
12-2	כללי	12.2.1
12-2	שלבי עבודה	12.2.2
<b>12-3</b>	<b>פרוט הדרישות לפי שלבי התכנון</b>	<b>12.3</b>
12-3	סקר הידרולוגי	12.3.1
12-4	תכנון מוקדם	12.3.2
12-5	תכנון מפורט	12.3.3
<b>12-6</b>	<b>תקופות חזרה לתכנון ניקוז</b>	<b>12.4</b>
12-6	קביעת תקופת החזרה	12.4.1
12-7	הגדרת דרגות סיכון לפי קבוצות	12.4.2
12-7	טבלה מס' 12.1 הקשר בין דרגת סיכון המבנים לתקופות חזרה (בשנים)	
<b>12-8</b>	<b>ביצוע סקר הידרולוגי</b>	<b>12.5</b>
<b>12-9</b>	<b>תכנון ניקוז</b>	<b>12.6</b>
12-9	ניקוז מסעות	12.6.1
12-10	מיגלש	12.6.2

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

12-10	מערכת תיעול	12.6.3
12-11	תעלות ניקוז	12.6.4
12-12	מעבירי מים	12.6.5
12-13	מעבר אירי	12.6.6
12-13	ניקוז תת-קרקעי	12.6.7
12-11	טבלה מס' 12.2 נתוני תכן לתעלות בקרקעות שונות	
12-12	טבלה מס' 12.3 קוטר מזערי של מעבירי מים לדרגות הסיכון	
<b>12-14</b>	<b>תכנון ייצוב</b>	<b>12.7</b>
12-14	כללי	12.7.1
12-14	מזרוני וארגזי גביונים	12.7.2
12-14	ייצוב על-ידי אבן	12.7.3
12-15	ייצוב על-ידי בטון	12.7.4
12-15	ייצוב על-ידי כוורת עם מילוי עפר	12.7.5
12-16	ייצוב על-ידי פולימרים	12.7.6
12-17	ייצוב על-ידי רשתות טבעיות	12.7.7
<b>12-17</b>	<b>רשימת מקורות</b>	<b>12.8</b>
<b>12-18</b>	<b>נספח מס' 1: מפרט לשימוש ואבטחת איכות יישום הפולימרים</b>	
12-18	נ.1.1 תיאור כללי	12.1.1
12-18	נ.1.2 החומרים	12.1.2
12-18	נ.1.3 הובלת ואספקת החומרים	12.1.3
12-18	נ.1.4 יישום	12.1.4
12-19	נ.1.5 בקרת/אבטחת איכות	12.1.5
12-20	נ.1.6 אחריות הקבלן ותיקון נזקים	12.1.6
12-20	נ.1.7 מדידה ותשלום	12.1.7
12-21	נ.1.8 הנחיות למתכנן	12.1.8
12-19	טבלה מס' 12.נ מידע על הפולימרים המאושרים לשימוש	
<b>12-22</b>	<b>נספח מס' 2: הנחיות לתכנון מערכות ניקוז באגנים קטנים (משנת 1989)</b>	
12-22	2. חישוב תעלות ומבנים – (הידרוליקה)	
12-22	2.1 התעלה, הגדרות ומונחים	
12-24	2.2 כושר הולכה של תעלה	
12-27	2.3 צורת החתך הרוחבי	
12-29	2.4 מהירות גבולית	
12-30	2.5 יצוב תעלות עפר	
12-38	2.6 אחזקת תעלות	
12-39	2.7 תכנון מעבירי מים	

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

12-41	גשר אירי	2.8
<b>13-1</b>	<b>פרק 13 תאורת דרכים במחנות צה"ל</b>	
<b>13-1</b>	<b>רמות ההארה</b>	<b>13.1</b>
13-1	טבלה מס' 13.1 רמות ההארה הממוצעות עבור דרכים במחנות צה"ל	
<b>13-2</b>	<b>עקרונות חישובי תאורת חוץ</b>	<b>13.2</b>
13-2	13.2.1 תהליך החישוב	
13-2	13.2.2 גופי התאורה ומיקומם	
13-3	13.2.3 חישוב מפלי מתח במעגל תאורה	
13-3	13.2.4 שיפור כופל הספק בתאורת דרכים	
<b>13-3</b>	<b>מקורות אור</b>	<b>13.3</b>
<b>13-3</b>	<b>עמודי תאורה</b>	<b>13.4</b>
13-3	13.4.1 עמודי עץ	
13-4	13.4.2 עמודי פלדה	
<b>13-4</b>	<b>חיבור תאורת הדרכים לרשת החשמל</b>	<b>13.5</b>
<b>13-4</b>	<b>הארקות והגנות נגד חישמול</b>	<b>13.6</b>
<b>13-5</b>	<b>שיקולים כלכליים בתכנון תאורה</b>	<b>13.7</b>
<b>13-7</b>	<b>נספח – הנחיות לחישוב מפלי מתח במתקני חשמל במתח נמוך במחנות צה"ל</b>	
	טבלה מס' נ.13 מפלי מתח מותרים בחישוב ממקור האספקה עד לנקודה	
13-8	כלשהי במתקן לשנאי רשת נפוצים	

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

---

### פרק 1

### מבוא

#### 1.1 כללי

צה"ל הינו צרכן גדול מאד של תשתית תחבורתית, כאשר התשתית מורכבת ברובה ממערכת דרכים ורחבות. מערכת הדרכים הנמצאת באחריות צה"ל כוללת את הדרכים בתוך הבסיסים, את דרכי הגישה המחברות את הבסיסים אל מערכת התחבורה האזרחית הקרובה, ודרכים ביטחוניות ומבצעיות, כדוגמת דרכי פטרולים.

הצרכים של צה"ל בתחום התשתית התחבורתית הינם בעלי אופי ייחודי, בעיקר עקב שתי הסיבות הבאות:

א. ההרכב המיוחד של המשתמשים במערכת הדרכים.

ב. הדרישות הייחודיות של צה"ל ביחס לתנאים הקריטיים בהם צריכה לעמוד מערכת התחבורה. בנוסף לכך, מיוחדת מערכת הדרכים הצבאית בכך, שהיא כוללת הן מרכיבים בעלי אופי של שטח בנוי עירוני, והן מרכיבים בעלי אופי של שטח בין-עירוני פתוח, כאשר כל אחד מהם מתאפיין על-ידי דרישות שונות ומערכת שונה של שיקולים הנדסיים, תכנוניים וביטחוניים.

לאור האמור לעיל מובן, כי על התכן הגיאומטרי של מערכת הדרכים הצבאית להתאים עצמו לצרכים הייחודיים. ההנחיות והסטנדרטים המוצגים להלן מבוססים ברובם על ההנחיות המעודכנות ביותר המקובלות ברשויות התכנון השונות בארץ, אך בכל מקרה הם נבדקו לגופם בהתאם לדרישות הצבאיות, והותאמו אליהן.

#### 1.2 מטרות

המטרה הראשית של עבודה זו היא מתן הנחיות לתכן גיאומטרי של הדרכים הבאות: דרכים בתוך בסיסי צה"ל; דרכים בשימוש בלעדי של צה"ל; דרכי גישה אל הבסיסים.

ייעודן של הנחיות בנושא תכן דרכים הוא השגת 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 בידי 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 למנהלי פרויקט ולמזמיני תכנון להגדרת מדיניות, ויצירת בסיס אחיד ומשותף לתכנון ותכן מערכת הדרכים. כתוצאה מכך תושג מטרה של תכן עקבי ואחיד של מערכת הדרכים שבאחריות צה"ל.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

בנוסף לכך, מיועדות הנחיות אלה להבטיח את ההתאמה הנדרשת מבחינה הנדסית ובטיחותית בהתחברויות שבין דרכים שבאחריות צה"ל לדרכים שבאחריות גופים אחרים (אזרחיים), כגון מע"צ ורשויות מקומיות.

### **1.3 מבנה ההנחיות**

ההנחיות המובאות להלן מחולקות למספר נושאים, כאשר כל נושא מקיף תחום מסוים ומיוחד בתכן הגיאומטרי של מערכת הדרכים. תהליך התכן הכולל מחייב שילוב ההנחיות מהפרקים השונים למיקשה אחת.

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.

להלן פרוט הפרקים המרכיבים את ההנחיות:

**פרק 2 – מדיניות תכן בסיסית:** סיווג מערכת הדרכים הצבאית; מאפיינים עיקריים של הסוגים השונים; קביעת מהירות התכן המתאימה לכל דרך והכללים ליישומה (דרגת הדרך ומהירות התכן שלה מהווים את הקלט החשוב ביותר הדרוש לתכן הגיאומטרי של הדרך).

**פרק 3 – סיווג כלי הרכב:** סיווג כלי הרכב הצבאיים ובחירת כלי הרכב המייצגים לצורכי התכן הגיאומטרי (הרכב התנועה הצבאית הינו רבגוני וייחודי. מתוך הרכב זה יש לבחור את סוג הרכב אשר תכונותיו וביצועיו יכתיבו את התכן הגיאומטרי).

**פרק 4 – תכן התוואי האופקי:** עקרונות התכנון הכללי של התוואי האופקי והתכן המפורט של מרכיביו, דהיינו: רדיוסים, הגבהות, הרחבות, מעברי שיפועים, עקומי מעבר, וכן כללי בקרת התוואי האופקי והראות בו; מרחקי-הראות השונים שיש להבטיח בתכן התוואי – הגדרותיהם, ערכיהם ויישומיהם.

**פרק 5 – תכן התוואי האנכי:** עקרונות התכנון הכללי של התוואי האנכי והתכן המפורט של מרכיביו, דהיינו: קביעת השיפועים לאורך התוואי, עקרונות התכן של עקומים אנכיים, כללי בקרה לתוואי האנכי.

**פרק 6 – החתך לרוחב הדרך:** התכן המפורט של מרכיבי חתך הרוחב של הדרך, בהתאם לסיווג הדרכים שנקבע בהנחיות: קביעת רוחב המיסעה, רוחב השוליים, תכנון שטח ההפרדה, נתיבי חנייה ומדרכות, קביעת השיפועים לרוחב הדרך, ומקרים מיוחדים.

**פרק 7 – תכן צמתים:** התכן הגיאומטרי של הצמתים בבסיסי צה"ל ופרטי התכן של מרכיבי הצמתים. פרק זה מטפל ביישום הכללים מהפרקים הקודמים לצורך תכן צמתים, והוא מובא בפרק נפרד עקב מורכבותו הרבה.

**פרק 8 – דרכי גישה צרות למחנות:** הצדקים למתן דרכי גישה צרות ופרטי התכן הגיאומטרי שלהן (נושא זה הינו ייחודי למחנות צה"ל).

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

---

**פרק 9 – דרכי פטרולים:** עקרונות ופרטי התכן של דרכי פטרולים ודרכי מערכת לאורך הגבולות ומסביב למתקנים צבאיים (גם נושא זה הינו ייחודי למחנות צה"ל).

**פרק 10 – תכן עקלתונים:** קביעת הצדקים וקריטריונים מפורטים לשימוש בעקלתונים בתכן תוואי הדרך באזורים טופוגרפיים קשים.

**פרק 11 – תכנון מיסעות:** המדיניות והעקרונות הכלליים בתכן המבנה של כבישים, רחבות ופיתוח שטח בבסיסי צה"ל.

**פרק 12 – תכנון ניקוז:** עקרונות התכן והתפוקות העיקריות הנדרשות ממתכנן הניקוז בפרוייקט.

**פרק 13 – תאורת דרכים במחנות צה"ל:** המדיניות ועקרונות התכן בתאורת דרכים המוליכות למחנה ובתוכו.

ההנחיות מכילות תרשימים עקרוניים המיועדים להבהרת ההסברים בטקסט, ולבדיקת ערכי-תכן. התרשימים אינם בקנה-מידה וברמת-פירוט המיועדים לשימוש כפרטי-תכן לביצוע. תשומת-לב המתכנן מופנית לאוגדן "קטלוג פרטים סטנדרטיים – מדור דרכים", המכיל למעלה מ-150 תכניות של פרטים סטנדרטיים בנושא סלילה ופיתוח שונים, אליהם יש להתייחס בעת הכנת תכניות מפורטות. במקרה של אי-התאמה בין הפרטים הסטנדרטיים להנחיות הנוכחיות תועדף המהדורה המאוחרת מבין השתיים.

### **1.4 תחולת ההנחיות ותקפותן**

ההנחיות תיכנסנה לתוקף מיד עם פרסומן. הנחיות אלה נועדו בראש וראשונה לתכן דרכים חדשות, ויש לשאוף 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 הוראות מיוחדות של עוזר מפקד מרכז בינוי להנדסה או של מהנדס דרכים ראשי. חשוב להדגיש שההנחיות מציינות בדרך-כלל ערכים **מזעריים** (מינימליים) או ערכים **מירביים** (מקסימליים) לתכן המרכיבים השונים, ואין בכך משום המלצה למתכנן להיצמד לערכים קיצוניים אלה. יש לשאוף תמיד לתכנון מאוזן המשתמש בערכים המיטביים לתנאים הנתונים. על המתכנן לבדוק היטב את כל החלופות האפשריות. מצד שני יש לזכור, כי הנחיות אינן מסוגלות לצפות את כל התנאים האפשריים, לכן 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 מרכז בינוי, והמהדורה העדכנית של ההנחיות היא המחייבת את המתכנן.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### פרק 2

## מדיניות תכן בסיסית

### 2.1 סיווג מערכת הדרכים

#### 2.1.1 מבוא

תוכנית האב לבסיס מגדירה, בין השאר, מערכת תחבורה המורכבת מסוגים שונים של דרכים וכן ממשטחים בעלי אפיונים שונים. סיווג הדרכים למיניהן נובע מייעודן וממיקומן בבסיס. הקריטריונים המשמשים לתכן המפורט שונים עבור כל סוג של דרך, לכן, קביעת סיווגו של קטע-דרך מסוים מקדימה את הגדרת מערכת קריטריוני התכן המנחים שלו.

רשת הדרכים בבסיס מתוכננת כדי לשרת את הפעילויות המתרחשות בו. יעדי התכנון התחבורתי הם: (א) לחבר את המחנה לרשת הדרכים הארצית, (ב) לאפשר ניידות בין אזורי המחנה השונים לקיום הפעילויות המבצעיות והמנהלתיות בשגרה ובחירום ו-(ג) לספק נגישות מירבית לפונקציות השונות במחנה. שיטת הסיווג מחלקת את הדרכים במחנה לפי אופי השירות המסופק על-ידן, במושגי הניידות והנגישות (הנמצאות בסתירה זו כלפי זו), והגורם הקובע את אופי התנועה הוא היחס שבין התנועה העוברת ובין התנועה הניגשת.

חשוב לזכור, כי תכנון מחנות אינו שונה במתודיקה מתכנון של בנייני ערים בעל אופי אחר כל שהוא. המהנדס חבר בצוות יחד עם האדריכל, ועוזר לו, בכלים שלו, לגבש חלופה אופטימלית. אחד הכלים האלה הוא הארגון הפנימי הנכון של האזור המבונה, כאשר מבנה רשת הדרכים הוא אחד מגורמי המפתח החשובים ביותר. כלי זה הוא מידרג (הירארכיית) הדרכים – אשר קובע ומגדיר (יחד עם התכן האדריכלי) את כל המבנה השילדי של המחנה, מיקום הפונקציות והתמצאות, ובאה לידי ביטוי עוד בשלב התכן המוקדם של המחנה.

#### 2.1.2 המאפיינים העיקריים של סיווג מערכת הדרכים

- קטעי הדרך השונים יסווגו על-פי הגורמים הבאים:
- א. מיקום הקטע ביחס לבסיס וביחס לסביבה.
  - ב. יעוד הקטע מבחינה תפקודית (פונקציונאלית).
  - ג. עוצמת התנועה בקטע הדרך.
  - ד. אופי פעילות הבסיס בשעת חירום.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

להלן פירוט גורמי התכן והשפעתם על הסיווג:

**א. מיקום הקטע:** משמש לחלוקה ראשונה בין דרכי גישה לבסיס, ובין הדרכים הנמצאות בתוך הבסיס. בתוך הבסיס ישנה חלוקה נוספת בין הדרכים בהתאם לאזורים בהם הן עוברות. לצורך זה מוגדרים להלן שני אזורים בתוך הבסיס:

(1) אזורים בנויים: אזורים תפקודיים בנויים בתוך גבולות הבסיס, הכוללים מבנים מסוגים שונים.

(2) אזורים פתוחים: כל האזורים בתוך גבולות הבסיס אשר נמצאים מחוץ לאזורים הבנויים, ומיועדים לאימונים, לתמרונים, לתנועה, לאחסון תחמושת או למטרות אחרות.

**ב. יעוד הקטע:** גורם זה מבחין בין הדרכים על-פי תפקידיהן הפונקציונאליים השונים:

(1) בדרכי גישה, ניתן להבחין בין דרכים המשרתות בסיס בודד, לדרכים המשרתות מספר בסיסים או דרכים המיועדות לשמש גם כציר תחבורה אזורי. לעובדה זו יש השלכה על עוצמת התנועה בדרך.

(2) בתוך הבסיס ישנם הבדלים תפקודיים נוספים, כאשר ישנן דרכים המחברות אזורים בתוך הבסיס, וישנן דרכים המשמשות לנגישות ישירה אל מתקן ספציפי או אל שימוש קרקע מסוים (מנהלתי או מבצעי). כמו-כן, ישנן דרכים בבסיס ומחוצה לו, שתפקודן לנסיעות ביטחונית ומבצעיות בלבד.

**ג. עוצמת התנועה:** גורם זה נקבע לפי הנפח בעיתות רגיעה. נפח זה מחולק לארבע רמות המשמשות לסיווג הדרכים, כמובא בסעיף 2.1.3 להלן.

**ד. אופי הבסיס בחרום:** גורם זה משמש לתיקון החתך הרוחבי של דרך הגישה לבסיס באופן שיתאים לדרישות מצב חירום, כמפורט בסעיף 2.3 להלן. בנוסף, ייתכנו חיבורים והסדרים הנדסיים נוספים בבסיס שיהיו מנותקים בשיגרה, אולם ייפתחו ויושמשו בשעת-חירום להקלת התנועה המבצעית.

### 2.1.3 מידרג הדרכים ומאפייני הדרגות השונות

מקטעי הדרך השייכים למערכת התחבורה הצבאית מסווגים כלהלן (ציור מס' 2.1):

**א. דרגה א' – דרך גישה לבסיס:** הדרך המחברת את שער הבסיס אל המערכת התחבורתית האזרחית הקרובה. דרגה זו מחולקת לארבע תת-דרגות כלהלן:

(1) דרגה א-1: דרך זו תינתן לבסיס, כאשר עוצמת התנועה היא מעל 1000 כלי-רכב ביום (12 השעות העמוסות) ואורך הדרך מעל 10 ק"מ. דרך זו מאופיינת על-ידי קיום מהירות תכן גבוהה יחסית.

(2) דרגה א-2: דרך זו תינתן לבסיס, כאשר עוצמת התנועה היא 500-1000 כלי-רכב ביום, או כאשר עוצמת התנועה היא מעל 1000 כלי-רכב ביום ואורך הדרך קטן מ-10 ק"מ.

(3) דרגה א-3: דרך זו תינתן לבסיס, כאשר עוצמת התנועה היא בין 100-500 כלי-רכב ביום.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

- 4) דרגה א-4: דרך זו תינתן לבסיס, כאשר עוצמת התנועה נמוכה מ-100 כלי-רכב ליום, וכאשר היקף הפעילות התחבורתית בעיתות חירום אינו דורש רוחב מיסעה גדול יותר מאשר בעיתות רגילה. דרך זו מתאפיינת בין השאר על-ידי רוחב מיסעה צר וסטנדרטים ספציפיים לתכנון. לכן, ההנחיות הקשורות לתכנון דרך מדרגה א-4 מובאות בנפרד, בפרק 8 להלן.
- ב. דרגה ב' – דרך עורקית**: הדרך המשמשת להעברת התנועה משער הכניסה לבסיס אל הדרכים המאספות ואל דרכי הגישה הפנימיות המתחברות אליה. בדרך עורקית לא רצוייה גישה ישירה לשימושי הקרקע הגובלים. דרגה זו מחולקת לשתי תת-דרגות, כלהלן:
- 1) דרגה ב-1: דרך עורקית שבה עוצמת התנועה היא מעל ל-500 כלי-רכב ביום.
- 2) דרגה ב-2: דרך עורקית שבה עוצמת התנועה היא מתחת ל-500 כלי-רכב ביום.
- ג. דרגה ג' – דרך מאספת**: דרך המתחברת לדרך העורקית בבסיס ומחברת בין אזורים תפקודיים שונים בבסיס. דרגה זו מחולקת לשתי תת-דרגות, כלהלן:
- 1) דרגה ג-1: דרך מאספת פתוחה – דרך מאספת העוברת ברובה באזורים פתוחים, פנויים או חצי פנויים.
- 2) דרגה ג-2: דרך מאספת בנויה – דרך מאספת העוברת ברובה באזורים בנויים.
- ד. דרגה ד' – דרך גישה פנימית**: דרך המתחברת לדרכים אחרות בבסיס, ומספקת גישה ספציפית למיתקן ו/או ליחידה נפרדת בתוך אזור תפקודי בבסיס. בדרך-כלל מוגבל אורכה של הדרך ל-300-400 מטר.
- ה. דרגה ה' – דרך מבצעית**: דרך שעשויה להימצא הן בתחומי הבסיס והן בגבולותיו או מחוצה לו, ומיועדת אך ורק לנסיעה של כלי-רכב בפעילות מבצעית או בט"ש. אינה משמשת גישה למתקנים (למעט מוצבים או עמדות), ונפח התנועה אינו מהווה שיקול לתכן. ההנחיות הקשורות לדרך זו מובאות בנפרד בפרק 9 להלן.
- מערכת הדרכים בבסיס אינה חייבת לכלול את כל הדרגות הנ"ל. בייחוד אמורים הדברים לגבי דרכים מדרגה ב' (דרך עורקית), אשר אינן קיימות בהכרח בכל בסיס ובסיס.
- עוצמות התנועה המשמשות לסיווג הדרכים ייקבעו בהתאם לנפחים הנעים בדרך בעיתות רגילה. נפח התנועה הקובע הוא הנפח החזוי בדרך (שני הכיוונים יחד) במשך 12 השעות העמוסות בתום תקופת היעד לתכן, כפי שתיקבע על-ידי המזמין/היזם.**

### 2.1.4 מאפיינים נוספים הקשורים לסיווג רשת הדרכים

הגורמים המובאים בסעיף 2.1.3 לעיל משמשים להגדרת הדרך במידרג. בפועל, קיימים מאפיינים נוספים הקשורים לדרגות השונות של הדרכים, ואשר מקורם בצרכים תכנוניים, תנועתיים והנדסיים. המאפיינים הנדסיים מפורטים בפרקים 4, 5, 6 ו-7, המובאים בהמשך. טבלה מס' 2.1 להלן מביאה מספר מאפיינים תנועתיים עיקריים, הקשורים לדרוג הדרכים שבתוך הבסיס. תכנון הדרכים ייעשה תוך שמירה על מספר רב ככל האפשר של המאפיינים הקשורים לכל דרגה ודרגה.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### טבלה מס' 2.1 מאפייני הדרכים השונות בתוך הבסיס

סוג הדרך				מאפיין הדרך
ה	ד	ג	ב	
מבצעית	גישה פנימית	מאספת	עורקית	תיפקוד הדרך
<ul style="list-style-type: none"> <li>- דרך מבצעית</li> <li>- דרך פטרולים</li> <li>- דרך מערכת</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- מאפשרת גישה ישירה למתקנים</li> <li>- מתחברת לדרך מדרגה ג'</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- מחברת בין האזורים והמתקנים השונים בבסיס</li> <li>- מתחברת לדרכים מדרגה ב', ג' ו-ד'</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- מפזרת תנועה מכניסת הבסיס אל הדרכים המובילות למתקנים השונים</li> <li>- מתחברת לדרכים מדרגה א', ב' ו-ג'</li> </ul>	יעוד
עמדות ומוצבים	מנהלה, מגורים, שקם, חדר-אוכל, מטווח, משרדים, מוסכים, רחבות, עמדות שמירה	אזורי אימונים, ימ"חים, מנהלה, מוסכים, מגורים	מתקן כניסה, מגרשי חניה, תחנות הסעה	שימושי קרקע הגובלים עם הדרך
מבצעיים בלבד	כן	כן (חלקי)	לא	אפשרות גישה ישירה לשימושי קרקע
לתנועה דלילה ומזדמנת	קטן מ-200	מעל 200	ב-1 : מעל ל-500 ב-2 : מתחת ל-500	נפח תנועה יומי לתכן
לא	לא	לא	כן	קיום תחנות הסעה
-	50	100-200	250-400	מרחק מזערי בין צמתים עם דרכים מאותו סוג (מ') <sup>(1)</sup>
-	-	50-100	150-250	מרחק מזערי בין צמתים עם דרכים בדרג נמוך יותר (מ') <sup>(2)</sup>

- (1) משיקולי זרימת תנועה וצימצום ניגודים, יש לשאוף למרחק מזערי בגבול העליון של התחום.  
 (2) רצוי שדרך תחובר רק לדרכים שדרגתן זהה לה או שונה רק בדרגה אחת.



# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### 2.2 מהירות תכן

#### 2.2.1 הגדרת מהירות התכן ויישומה בתכן דרכים

מהירות התכן היא המהירות הנקבעת לצורך התכן הגיאומטרי של הדרך, דהיינו קביעת המאפיינים הגיאומטריים המשפיעים על תפעול כלי-רכב במירב הבטיחות. כלומר, מהירות התכן היא המהירות הבטוחה הגבוהה ביותר שאפשר לשמור עליה בדרך, כאשר הגורמים הקובעים את מהירות הנסיעה הם המאפיינים הגיאומטריים של הדרך.

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 בקביעת הערכים הגבוליים של האלמנטים הגיאומטריים של הדרך (רדיוס מזערי בעקום אופקי ובעקום אנכי, מרחק-ראות מזערי, שיפוע מירבי לאורך, הגבהה בעקומים וכד'), והתיאום ביניהם. קביעה זו חייבת להיות מלווה בתכן גיאומטרי מאוזן (שילוב נכון של תוואי אופקי ותוואי אנכי), כאשר המגמה היא לאמץ בדרך-כלל ערכים מתונים יותר מהערכים הגבוליים המצוינים.

#### 2.2.2 הנחיות לקביעת מהירות התכן

קביעת מהירות התכן המתאימה לדרך מסוימת מבוססת בעיקר על הגורמים הבאים:

**סיווג הדרך:** לדרך שמיקומה גבוה יותר במידרג תיקבע מהירות תכן גבוהה יותר.

**טופוגרפיה:** לדרך העוברת באזור מישורי תיקבע מהירות תכן גבוהה יותר.

**עוצמת התנועה:** לדרך בה עוצמת התנועה החזויה היא גבוהה, תיקבע מהירות תכן גבוהה יותר.

השילוב הנכון בין שלושת הגורמים הנ"ל אמור להביא לקביעת מהירות תכן המשקפת איזון בין עלות הקמתה של הדרך לבין נוחות ובטיחות הנסיעה.

טבלה מס' 2.3 מרכזת את ערכי מהירויות התכן לדרכים לפי סיווגן, ובהתאם לאזור הטופוגרפי בו הן מצויות. האפיון הטופוגרפי הוא בהתאם למאפייני התבליט המוגדרים בטבלה מס' 2.2, כאשר ערכי הפרשי הגבהים ושיפועי המדרונות הטבעיים משמשים לאינדיקציה, ואינם הנחיה מחייבת.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### טבלה מס' 2.2 סיווג המאפיינים הטופוגרפיים

אזור	מאפייני התבליט	הפרשי גבהים במטרים (1) לאורך 1 ק"מ	שיפועי מדרונות (1) טבעיים
מישורי	שטחים מישוריים פתוחים ונרחבים עם שיפועים טבעיים קטנים	קטן מ-30	עד 1:10
גבעי	שטחים גדולים עם שיפועים מתונים, ללא שבירות חדות בפני הקרקע, ועם ואדיות בשכיחות נמוכה	30-70	1:10 עד 1:3
הררי	שטחים מבוטרים עם שיפועים גדולים, פסגות חדות וואדיות בערוצים צרים וחדים עם עומק רב, השוברים את פני השטח בשכיחות גבוהה. עבודות העפר מצריכות בד"כ חציבות	גדול מ-70	מעל 1:3

(1) ערכים לאינדקציה, לא ערכים מנחים.

### טבלה מס' 2.3 מהירות תכן מזערית בקמ"ש (1)

דרך מחוץ לבסיס					
סוג הדרך (2)					אפיון האזור
ה	א-4	א-3	א-2	א-1	
ראה	ראה	70	80	80	מישורי
סעיף	טבלה	60	70	80	גבעי
9.3	8.1	50	60	70	הררי
דרך בתוך הבסיס					
סוג הדרך (2)					אפיון האזור
ד	ג-2	ג-1	ב		
30	40	50	60		מישורי
30	40	40	50		לא מישורי

(1) בדרך-כלל יש לקבוע מהירות תכן אחידה לאורך כל תוואי הדרך. עם זאת, כאשר בקטע רציף מהתוואי באורך משמעותי חל שינוי בולט בטופוגרפית השטח, ניתן לשנות את מהירות התכן בהתאם.

(2) כהגדרתה בסעיף 2.1.3 לעיל.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### 2.3 סיווג החתך הרוחבי בדרך הגישה לבסיס

בתכן דרכים מקובל, שחתך הרוחב של הדרך נקבע על-פי סיווג הדרך ומהירות התכן שלה. יחד עם זאת, בבסיסי צבא קיימת בעיה ייחודית, לפיה, יש להתאים את רוחב דרך הגישה באופן שיאפשר התארגנות מהירה ושוטפת בעיתות חירום, וזאת מבלי לשנות את שאר האלמנטים הגיאומטריים לאורך הדרך. לכן, החתך הרוחבי המתוכנן של דרך הגישה לבסיס ייקבע בהתאם לדרישות הבאות:

א. רוחב דרך הגישה לבסיס המהווה ימ"ח לחטיבה ומעלה, וכן לבסיסי הובלה, יהיה הרוחב הדרוש לדרך מדרגה א-1.

ב. רוחב דרך הגישה לבסיס המהווה ימ"ח עד לרמת חטיבה, או לבסיס תחמושת, יהיה לפחות הרוחב הדרוש לדרך מדרגה א-2.

ג. רוחב דרך הגישה לבסיס ציוד, מזון, דלק ושאר בסיסי חיל תחזוקה יהיה לפחות הרוחב הדרוש לדרך מדרגה א-3.

ד. החתך הרוחבי של דרך גישה לבסיס אחר, שאינו בסיס ימ"ח, תחמושת הובלה או תחזוקה, יהיה החתך הרוחבי אשר נקבע לפי דרוג הדרך בהתאם לסעיף 2.1.3 לעיל, ואשר מתאים לנפח בעיתות רגיעה.

ה. בכל מקרה, החתך הרוחבי המתוכנן של הדרך יענה הן על דרישות הנפח בעיתות רגיעה והן על דרישות הרוחב בעיתות חירום. טבלה מס' 2.4 מסכמת את אופן השילוב בין קביעת מהירות התכן לבין החתך הרוחבי לדרכי הגישה השונות בהתאם לסיווגן.

ו. כאשר עקב נתוני התנועה או פעילות הבסיס בחירום או מצבים חריגים בתכנון, מתקבל שהרוחב הדרוש לדרך הגישה הוא הרוחב המתאים לדרגה א-1, יש צורך באישור סופי של עוזר מפקד מרכז בינוי להנדסה, לרוחב הדרך שיתוכנן ויבוצע.

ז. בנוסף לאמור לעיל, כאשר רוחב דרך הגישה נקבע מתוך השיקולים התנועתיים ולא מתוך אופי הבסיס בחירום, או כאשר רוחב דרך הגישה נקבע מתוך אופי הבסיס בחירום ואורך הדרך הוא מעל 2.0 ק"מ, יש להשוות את הרוחב הדרוש לדרך הגישה לבסיס לרוחב המתוכנן בתכנית האב של הדרך האזרחית המתחברת לדרך הגישה: במקרים בהם רוחב דרך הגישה לבסיס גדול מן הרוחב המתוכנן בתוכנית האב של הדרך האזרחית, יוקטן רוחב דרך הגישה לבסיס, באופן שלא יהיה רחב יותר מן הרוחב המתוכנן של הדרך האזרחית, למעט מקרים חריגים, עליהם יש לקבל אישור מראש.

ח. עם זאת, כאשר רוחב דרך הגישה נקבע על-פי צרכי הבסיס בחירום, ואורך הדרך הוא קצר (1-2 ק"מ), לא יופחת רוחב דרך הגישה, גם אם הוא גדול מרוחב הדרך האזרחית המתחברת. זאת, מאחר שהדרישות התפעוליות ואופי זרימת התנועה בדרך הגישה הקצרה יחסית, שונים מן הדרישות בדרך האזרחית, שהיא דרך ארוכה יחסית.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### טבלה מס' 2.4 הסיווג לקביעת חתך הרוחב לדרכי גישה לבסיס

הסיווג לקביעת מהירות התכן בטבלה 2.3				סוג הבסיס
א-4	א-3	א-2	א-1	
--	א-1	א-1	א-1	ימ"ח לחטיבה ומעלה
--	א-2	א-2	א-1	ימ"ח עד חטיבה ובסיס תחמושת
--	א-3	א-2	א-1	בסיס תחזוקה
א-4	א-3	א-2	א-1	אחר

הערה: חתכי הרוחב האופייניים הנקבעים לפי הטבלה מוצגים בפרק 6 - "החתך לרוחב" בהמשך הנחיות אלה.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### פרק 3

## מאפייני הרכב לתכן

### 3.1 כללי

המימדים הפיזיים של כלי הרכב משמשים כאמצעי בקרה לתכן הגיאומטרי, מאחר שהם קובעים מידות אלמנטים מסוימים כגון: רוחב הנתיב בקטע ישר, הרחבות בעקום, ורדיוסי פניות בצמתים. הרכב התנועה הצבאי שונה מההרכב האזרחי, מאחר שבנוסף לכלי הרכב המבוססים על המודלים האזרחיים המקבילים, קיימים כלי רכב צבאיים ספציפיים, שמשקלם בהרכב התנועה לעיתים אינו מבוטל. לצרכי תכן, מחולקים כלי הרכב לסוגים כלליים שונים, כאשר כל סוג מיוצג על ידי מידות של רכב אופייני אחד, באופן שמידות ומאפייני כלי הרכב המייצג מכסים את המידות והמאפיינים של שאר כלי הרכב השייכים לאותו סוג. בהרכב התנועה במחנות נעים כלי רכב מסוגים שונים, ועל המתכנן לבחור מתוך סוגים אלו את סוג כלי הרכב לתכן. לכן, על המתכנן להכיר היטב את כל סוגי כלי הרכב הנעים בבסיסים.

### 3.2 הסיווג המקובל של כלי הרכב האזרחיים

בתכן הגיאומטרי האזרחי קיים סיווג מקובל של כלי הרכב, אשר מאפשר למתכננים התייחסות מהירה למידות ולתכונות ידועות.

סיווג כלי הרכב האזרחיים לצרכי התכן הגאומטרי הוא כדלהלן:

- א. מכונית פרטית (לרבות המסחריות הקלות והטנדרים, וכן רכב רב-מינוע "אזרחי").
- ב. משאית "יחידה אחת".
- ג. אוטובוס רגיל ואוטובוס מפרקי.
- ד. משאית מורכבת (תומך-נתמך, "סמי-טריילר").
- ה. משאית מחוברת (גורר-נגרר, "פול-טריילר").

המידות המירבית המותרות של כלי-הרכב האזרחיים נגזרות מתקנות התעבורה שבתוקף, אשר מסדירות את נושא רישוי כלי-הרכב. את ריכוז המידות של כלי-הרכב האזרחיים לסוגיהם השונים לצרכי התכן, ניתן למצוא בשני המקורות הבאים:

- א. "הנחיות לתכנון רחובות בערים, כרך 2 – צמתים", של משרד הבינוי והשיכון ומשרד התחבורה, במהדורתן המעודכנת.
- ב. "הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות, כרך II – צמתים", של מע"צ, במהדורתן המעודכנת.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

בשני מקורות אלה מצויות המידות המירביות של סוגי הרכב הסטנדרטיים בהם יש להשתמש לתכן הרשת העירונית והרשת הבין-עירונית בישראל. בנוסף, מצויים בשני הכרכים תרשימי-עיקבה ("טמפלט") של כלי-הרכב האזרחיים לתכן, המתעדכנים מעת לעת. בכל המקרים בהם הרכב לתכן במחנה הצבאי אינו רכב ייחודי לצה"ל, כמפורט להלן, ישתמש המתכנן בנתוני ובתרשימי העיקבה של כלי הרכב האזרחיים.

### 3.3 סיווג כלי הרכב במחנות צה"ל

#### 3.3.1 נתוני כלי-הרכב הצבאיים

כלי הרכב הנעים במחנות צה"ל ובמתקניו שייכים לאחת מהקבוצות הבאות:

- א. כלי רכב אזרחיים, המגיעים למחנה לצרכי אספקה, הובלה או הסעה, או כרכב מגוייס.
  - ב. כלי רכב צבאיים, הזהים לדגמים האזרחיים המקבילים – בעיקר כלי רכב מנהלתיים ("לבנים") ורכבי-שטח קטנים (גייפים, טנדרים רבי-מינוע).
  - ג. כלי-רכב צבאיים ייחודיים, המשמשים לצרכים מבצעיים, ייעודיים, טקטיים או תובלתיים.
- כלי רכב מקבוצות א' ו-ב' שייכים בהכרח לאחד מהסיווגים המפורטים בסעיף 3.2 לעיל. כלי הרכב מקבוצה ג' מאופיינים ע"י ענף רכב במקחש"ר. בטבלה מס' 3.1 מפורטות מידות כלי הרכב הייעודיים, בהתאם לנתונים שנתקבלו ממקחש"ר ומעודכנים לסוף 1999. להמחשה עקרונית של המידות המרוכזות בטבלה, ראה ציור מס' 3.1.

#### 3.3.2 סיווג כלי-הרכב הצבאיים

כדי להקל ולפשט את תהליך התכנון, סווגו כלי הרכב הצבאיים, במידת האפשר, בהתאם לסיווג האזרחי המקובל. כלומר – סוג הרכב האזרחי המייצג את הרכב הצבאי, הינו בעל מידות ותכונות הכוללות את מידות ותכונות הרכב הצבאי.

הכללים לסיווג כלי-הרכב הצבאיים, לאור הנתונים בטבלה מס' 3.1, הם:

- א. כל כלי הרכב המנהלתיים (פרטים, מסחריים קלים וטנדרים) ורכבי השטח הקלים (גייפים מסוגים שונים) הם בעלי דגמים אזרחיים מקבילים, ולכן יתבססו על נתוני התכן לרכב פרטי בהנחיות הגופים האזרחיים השונים.
- ב. רכב "האמר" אמבולנס הוא בעל המידות המירביות לתכן עבור רכב השטח הבינוני.
- ג. כל המשאיות "יחידה אחת" הצבאיות מוכלות בתוך מעטפת המידות המירבית של המשאית הסטנדרטית בהנחיות הגופים האזרחיים.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### טבלה מס' 3.1 מידות אופייניות של כלי-רכב צבאיים, במ"מ

רדיוס סיבוב חיצוני		בלט קדמי ואחורי		מרחק מירבי בין סרנים	גובה מרכב מירבי	רוחב מרכב מירבי <sup>(1)</sup>	אורך מרכב מירבי	סוג הרכב
–	–	F	E	D	C	B	A	תאור בציר 3.1
<b>רכב שטח</b>								
7200	6850	665	1265	3200	2340	2210	5120	נ.נ. אביר
7830	7620	390	1180	3300	1880	<sup>(1)</sup> 2160	4840	האמר רגיל
7830	7620	390	1800	3300	2590	2160	5190	האמר אמבולנס
<b>משאיות יחידה אחת</b>								
12000	11300	1300	2092	6250	3469	2550	9642	פרייטליינר
8050	7600	830	1610	4320	3100	2380	6760	אינטרנשיונל
9950	9200	1400	1840	5200	2670	2500	8440	מרצדס L-1621
10250	9400	1470	2530	5400	2800	2500	9400	מאן H-16240
10250	9400	1470	3055	4525+1200 (סרן כפול)	3550	2500	10250	מאן DH-26240
<b>משאיות טקטיות</b>								
14300	13300	2100	<sup>(1)</sup> 1340	4760+1400	2900	2500	<sup>(4)</sup> 9600	ריאו MS-14
15500	---	---	---	5330	---	2440	10170	אושקוש M985
15500	---	---	---	5334	2565	2440	10173	MTV M1086
<b>ראש תומך לנתמך צב"ל</b>								
11000	10500	914	<sup>(2)</sup> 1524	<sup>(2)</sup> 4826	3515	2667	7264	ווייט
---	---	---	---	---	3150	2500	7000	מאק DM685
<b>ראש תומך לנתמך טנקים</b>								
11650	11000	1675	<sup>(2)</sup> 1540	<sup>(2)</sup> 4525	3700	2667	7740	מאן 40-440
11950	11350	1560	<sup>(2)</sup> 1740	<sup>(2)</sup> 5140	3100	2800	8400	מאק DM-895
11940	11410	1365	<sup>(2)</sup> 2125	4460	4000	<sup>(1)</sup> 2520	7950	וולבו FH16
<b>נתמך צב"ל</b>								
---	---	<sup>(1)</sup> 750	<sup>(3)</sup> 1850	<sup>(3)(2)</sup> 9750	1460	2770	12350	צב"ל שלדות
<b>נתמך להובלת טנקים</b>								
---	---	---	---	---	---	3650	12820	נצר סירני 55
---	---	<sup>(1)</sup> 525	<sup>(3)</sup> 2490	<sup>(3)(2)</sup> 10230	<sup>(6)</sup> 1030	3710	<sup>(7)</sup> 13245	T-16
--	--	--	1550	<sup>(5)</sup> 4x1.80	<sup>(6)</sup> 1100	3660	<sup>(7)</sup> 15080	M-1000

ראה הערות לטבלה בעמוד הבא

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### הערות לטבלה 3.1 :

- פירושו שהנתון לא נמסר, או שלא מהווה ערך מירבי לתכן בקבוצה זו.
- (1) לא כולל רוחב מראות, המוסיפים עד 0.50 מטר נוסף. לדוגמה, רוחב ה"האמר" כשהמראות אינן מקופלות הוא 2650 מ"מ, ואילו רוחב הוולבו - 2990 מ"מ.
  - (2) נמדד אל מרכז צלחת הגרירה.
  - (3) נמדד ממרכז המרכבה האחורית.
  - (4) 9980 עם כננת.
  - (5) 5 סרנים, מהם 4 עם היגוי. נתמך זה יוצא דופן בהתנהגותו, ואינו מיועד לשימוש שוטף, ולכן לא יהווה רכב לתכן.
  - (6) גובה משטח ההעמסה.
  - (7) אורך מירבי של ראש תומך + נתמך להובלות טנקים: 19.50 מטר לנתמך T-16, 21.50 מטר לנתמך M-1000. האורך המירבי לתכן הוא 19.50 מטר, כי M-1000 אינו רכב לתכן, כאמור ב-(5).

ד. למשאיות הטקטיות כושר תימרון גרוע מלמשאיות הרגילות על משטחי אספלט - בתכנון מתקנים ספציפיים עבורן יש להתחשב ברדיוס הסיבוב החיצוני הגדול (15.5 מטר). עם זאת, הן מיועדות בעיקר לתנאי שטח, ולא ישמשו כרכב-תכן סטנדרטי לדרכים במחנות.

ה. לצה"ל אין אוטובוסים משלו, והתכן לאוטובוסים יבוצע לפי ההנחיות האזרחיות התקפות.

ו. בקבוצת המשאיות המחוברות והמורכבות, במידות האזרחיות המקובלות (אורך מירבי בין 15.50-18.00 מטר, בהתאם לסוג), אין לצה"ל דגמים ייחודיים, וההנחיות האזרחיות תקפות.

ז. הרכב הצבאי הייחודי הגדול ביתר לתכן הוא מוביל (תומך-נתמך) לטנקים. ראה פרוט בסעיף הבא.

### 3.3.3 מאפיינים תכנוניים למוביל טנקים

גורר טנקים (מחובר לגרור T-16) הנו כלי רכב ללא סיווג אזרחי מקביל. זאת, עקב האורך והרוחב הגדולים של הגרור. סוג זה של כלי רכב מחייב מתן מאפיינים תכנוניים מתאימים, כמובא להלן.

גורר הטנקים (עם גרור מלא) דורש רוחב מסעה גדול בעת בצוע פניות ברדיוסים מיזעריים. ציור מס' 3.2 מביא את עקבות הרכב בעת ביצוע פניה מיזערית ב-90° וב-180° כפי שנמדדו בקטע ניסוי באתר.

מציור מס' 3.2 ניתן ללמוד כי הרדיוס החיצוני המיזערי הדרוש לפנית גורר טנקים הוא 15.5 מטר. רדיוס זה הוא רדיוס מיזערי מוחלט, ובתכנון רצוי להשתמש בערכים גבוהים יותר.

ברדיוסים קטנים מאד, רוחב המיסעה הדרוש ע"י גורר הטנקים הוא גדול – ברדיוס מיזערי מוחלט הרוחב אשר תופס גורר הטנקים הוא 9.25 מטר. ברדיוסים אחרים, רוחב המיסעה הנתפס ע"י גורר הטנקים מובא בטבלה מס' 4.8 בפרק 4. לכן, כאשר נפח התנועה קטן מאד, ניתן לתכנן את הפניות בעבור גורר טנקים תוך התחשבות בעובדה שהוא תופס את כל רוחב הדרך.

### 3.4 בחירת כלי הרכב לתכן

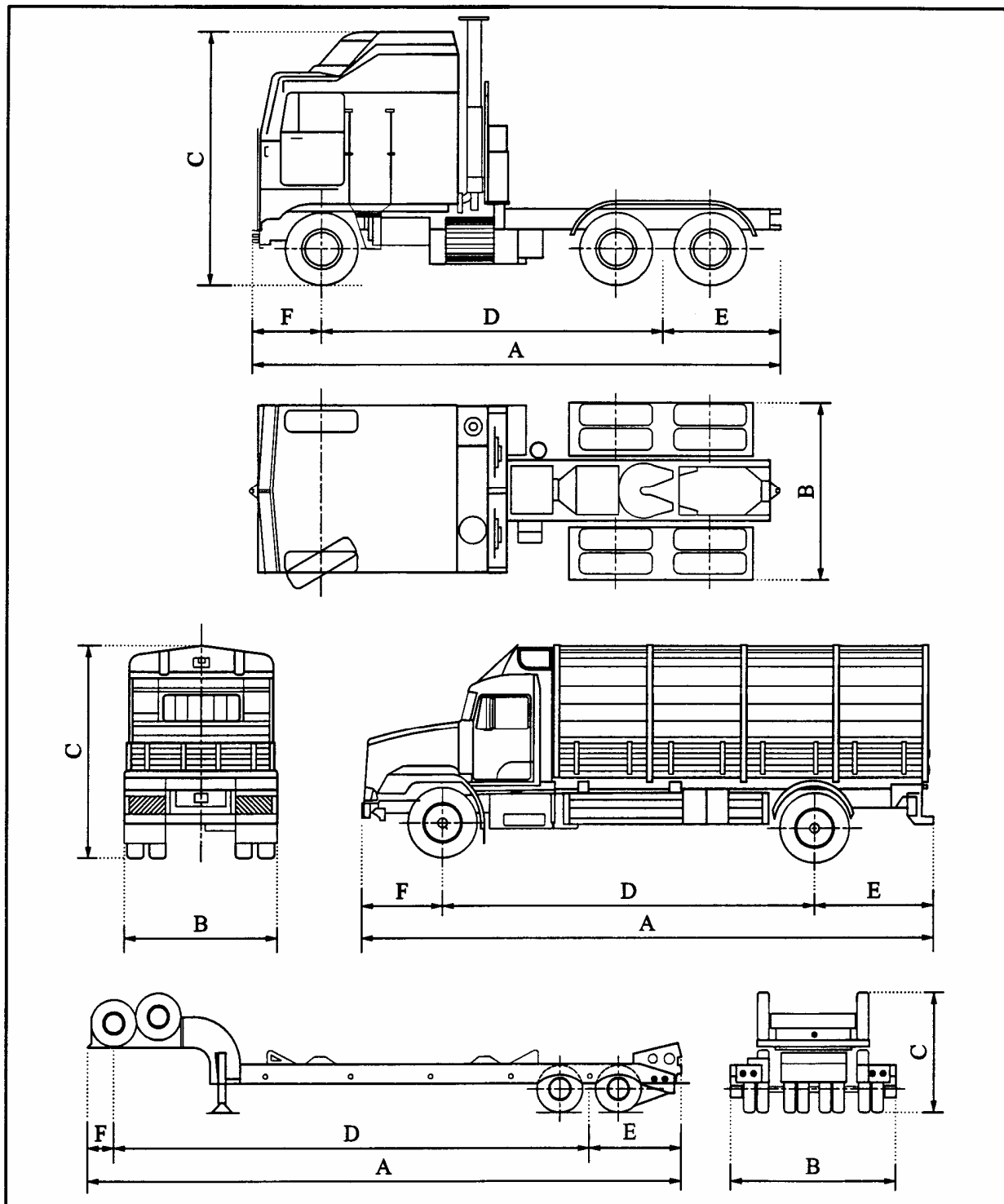
כלי הרכב הסטנדרטים לתכן הגיאומטרי בבסיסי צה"ל ובדרכי הגישה אליהם יהיו כמפורט:

א. **בתוך הבסיס** - משאית "יחידה אחת", למעט המקרים המצויינים בסעיפים ג' ו"י בהמשך.

ב. **דרכי גישה לבסיס** - אוטובוס, למעט המקרים המצויינים בסעיפים ג' ו"ו בהמשך.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי



ציור מס' 3.1 הגדרת המידות האופייניות לכלי-רכב צבאיים

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

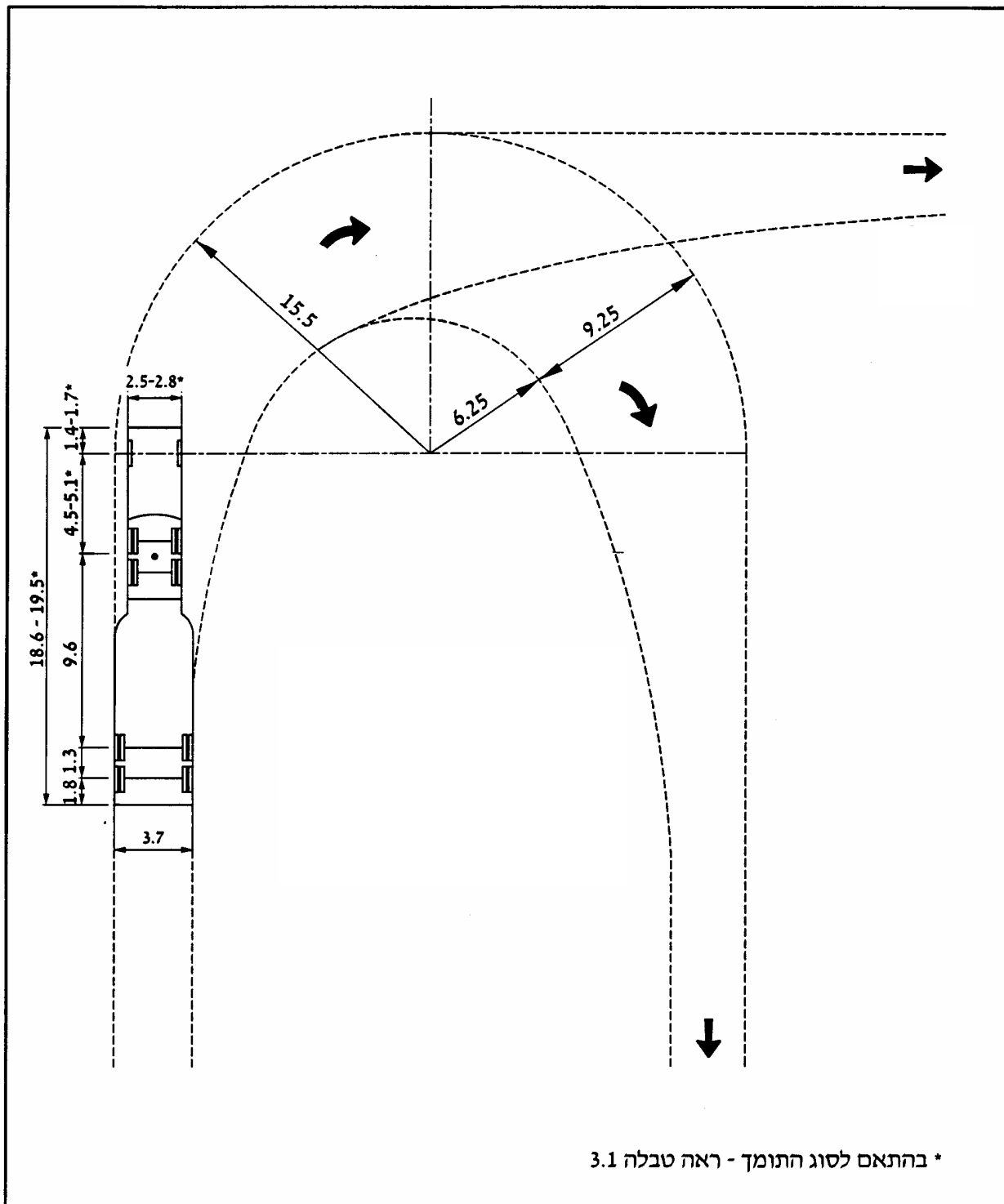
## חלק א' – תכן גיאומטרי

---

- ג. בכל דרך פנימית בה עשוי לעבור אוטובוס באופן סדיר – תכן לפי אוטובוס.
- ד. בכל דרך פנימית בבסיסי מזון, אספקה, ציוד, חימוש וכיו"ב, בה צפויה תנועת משאיות מורכבות ומחוברות, ובדרכי גישה לבסיסים אלה – תכן לפי משאיות מורכבות ומחוברות.
- ה. בכל דרך פנימית בימ"חים וכן בבסיסי תובלה, חימוש, שריון, תותחנים וכיו"ב, בה צפויה תנועת מובילי טנקים, ובדרכי הגישה לבסיסים אלה – תכן לפי מובילי טנקים.
- ו. בבסיסי הנדסה בהם צפויה תנועת צמ"ה על מובילים – תכן האזורים הפנימיים הרלוונטים ודרכי הגישה לבסיס לפי מובילי טנקים.
- ז. דרכים מבצעיות ודרכי פטרולים יתוכננו לרכבי שטח.
- ח. משאיות טקטיות מיועדות בעיקר לנסיעה בדרכי-שטח בלתי מוסדרות. עם זאת, באזורי בסיסים המיועדים לנסיעה של כלי רכב אלה, להחנייתם או לטיפול בהם, יש להתחשב ברדיוס הסיבוב הגדול שלהם כמפורט בסעיף 3.3 לעיל.
- ט. הנחיות ספציפית לצמתים – ראה פרק 7 בהנחיות אלה.
- י. מודגש, כי על המתכנן להעריך באופן מפורט את מסלולי הנסיעה החזויים לכלי-הרכב מסוגים שונים בתחומי הבסיס, כדי לוודא את התאמת מאפייני התכן באזורים השונים שבבסיס לכלי-הרכב לתכן באותו אזור. יש להיזהר, הן ממצב של תכנון-חסר, שלא יענה לדרישות כלי-הרכב, והן ממצב של תכנון-יתר, שהוא בזבזני. התכן הגיאומטרי יושלם באמצעות הסדרי תנועה שיבטיחו את הכוונת כלי-הרכב לאזורים שתוכננו עבורם, והוצאתם מאזורים אחרים.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי



ציור מס' 3.2 מסלול פניה מזערי למוביל טנקים (כל המידות במטרים)

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### פרק 4

## התוואי האופקי

### 4.1 מבוא

התוואי האופקי של הדרך מורכב מרצף של עקומים אופקיים וקטעים ישרים. העקומים האופקיים הם צירופים שונים של קשתות מעגליות ועקומי מעבר, כאשר הקשתות המעגליות משמשות לשינוי כיוון התוואי, ועקומי המעבר – להסדרת המעבר מהקטעים הישרים לקשתות המעגליות ולהיפך, הן מהבחינה הדינמית (נוחות הנסיעה) והבטיחותית, והן מהבחינה החזותית.

### 4.2 רדיוסים והגבהות בעקומים אופקיים

#### 4.2.1 כללי

סעיף זה מתייחס לנושאים הבאים בתכן העקומים המעגליים בתוואי האופקי:

- קביעת ההגבהה הצידי ליישום בעקום האופקי.
- קביעת הרדיוסים המזעריים למהירויות התכן השונות.
- קביעת הקשר בין הרדיוס להגבהה עבור רדיוסים גדולים מהמזעריים.

בסעיף זה יש התייחסות נפרדת לעקרונות התכן בדרכים פנימיות ובדרכי גישה.

#### 4.2.2 חישוב הרדיוסים המזעריים בעקומים אופקיים

על רכב הנוסע בקשת מעגלית בתוואי האופקי פועל כוח צנטריפוגלי, הדוחף את הרכב אל מחוץ לעקום. כוח זה גדל, ככל שמהירות הרכב עולה, וככל שרדיוס העקום קטן. הכוח הצנטריפוגלי מאוזן על-ידי שני גורמים: (1) כוח החיכוך הצידי, המתפתח בין הגלגלים למיסעה, ו-(2) הרכיב של מסת הרכב, הפועל בכיוון מורד ההגבהה הצידי בשיפוע אחיד, הגדול מערכו של השיפוע הצידי בחתך הרגיל. הרדיוס המזערי לעקום אופקי נקבע לפי ההגבהה הצידי המירבית למהירות התכן ולפי גורם החיכוך הצידי המתאים למהירות זו, לפי הקשר:

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

כאשר:

- $R_{\min}$  הרדיוס המזערי למהירות התכן (מטר).
- $V_d$  מהירות התכן (קמ"ש).
- $e_{\max}$  ההגבהה הצידי המירבית למהירות תכן זו (בשבר עשרוני).

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

- f – גורם החיכוך הצידי למהירות תכן זו (בשבר עשרוני).  
127 – המקדם הדרוש להמרת יחידות, ולרבות תאוצת הכובד.

### 4.2.3 הגבהה צידית בדרכים פנימיות

מבחינה תנועתית רצוי לספק הגבהות צידיות משמעותיות בעקומים האופקיים, ועל-ידי-כך להקטין את התלות בחיכוך הצידי. אולם באזורים בנויים קיימים מספר אילוצים, הגורמים לכך, שמבחינה מעשית קשה, או לא רצוי, לשנות את החתך הדו-צדדי הרגיל של המיסעה.

הגורמים המגבילים את מתן ההגבהה באזור בנוי הם:

- ניקוז המיסעה.
- עיבוד והתאמת גבהים בצמתים ובגישות למתקנים.
- התאמת מפלס המדרכות למפלס הכביש.
- שיקולים חזותיים.
- תנועת משאיות עמוסות במהירויות נמוכות ממהירות התכן.

ההנחיות לקביעת ההגבהה באזורים אלה, הן:

א. בדרכים בתוך המחנה מדרגה ב' ו-ג', כהגדרתן בסעיף 2.1.3 לעיל, העוברות בשטחים בהם הניקוז הוא עילי, וכאשר לאורך הדרך ניתן לפתח מהירות אחידה עקב מיעוט הצמתים, יש להגביה את המיסעה בקשתות המעגליות. ההגבהה המירבית היא 5%, כאשר בדרכים מדרגה ג' לא רצוי לעבור 4%.

ב. בדרכים מדרגה ב', ג' ו-ד', העוברות בשטח בנוי ומוגבלות באבני שפה משני הצדדים, ניתן לשמר בעקום האופקי את החתך הרוחבי הרגיל המתאים לקטע הישר. במקרה זה יהיה רדיוס העקום גדול יותר, כמובא להלן בסעיף 4.2.4. חתך רוחבי רגיל יישמר בעקומים רק בדרכים שמהירות התכן שלהן אינה עולה על 60 קמ"ש.

### 4.2.4 הרדיוסים המזעריים בדרכים פנימיות

- א. הרדיוס המזערי בהגבהה צידית של 5% בקשת המעגלית, נתון בשורה המתאימה בטבלה מס' 4.1.
- ב. בדרכים בהן נשמר החתך הרגיל גם בעקום האופקי, ועל-ידי-כך מתקיים שיפוע דו-צדדי של 2%, הרדיוס המזערי גדול יותר ונתון בשורה התחתונה בטבלה מס' 4.1.
- ג. יתכנו מקרים בהם הרדיוס המתוכנן של הקשת המעגלית גדול מהרדיוס המיזערי המאפשר שמירת הקימרון הרגיל, אך מתאים גם להגבהה אחידה בשיעור נמוך (ראה סעיף 4.2.6 להלן). במקרה כזה, כאשר ניתן להגביה את המיסעה, רצוי לספק את ההגבהה הציידית בהתאם לציור מס' 4.1 ולא את הקימרון הרגיל, מאחר שתכנון כזה מאפשר ניצול קטן יותר של גורם החיכוך הצידי, ועל-ידי כך גדלה בטיחות הנסיעה בעקום.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### טבלה מס' 4.1 הרדיוסים המזעריים בעקומים אופקיים בדרכים פנימיות

מהירות תכן (קמ"ש)	30	40	50	60
גורם החיכוך הצידי (f)	0.19	0.18	0.17	0.15
הרדיוס בהגבהה צידית אחידה 5% (מ')	---	55	90	140
הרדיוס בשיפוע דו-צדדי 2% (מ')	60	120	200	330

### 4.2.5 הגבהה צידית מירבית ורדיוסים מזעריים בדרכי גישה

- בדרכי גישה מסוג א-1 עד א-3, שהן בעלות מאפייני נסיעה של דרכים בין-עירוניות מקומיות, תינתן הגבהה צידית אחידה בעקומים אופקיים:
- א. ההגבהה הציידית המירבית תהיה 0.08 במהירויות תכן 50 ו-60 קמ"ש ו-0.07 במהירויות גבוהות יותר.
- ב. כאשר אחוז המשאיות מכלל התנועה היומית בדרך עולה על 25%, תהיה ההגבהה המירבית 0.06, בכל מהירויות התכן.
- ג. במקרים מיוחדים ניתן לשקול הגבהה גדולה יותר משיקולים בטיחותיים, כאשר לא ניתן להגדיל את הרדיוס.
- הרדיוסים המזעריים המתאימים לדרכי גישה מובאים בטבלה מס' 4.2.

### טבלה מס' 4.2 הרדיוסים המזעריים בעקומים אופקיים בדרכי גישה

מהירות תכן (קמ"ש)	50	60	70	80	90	$\gamma$
גורם החיכוך הצידי (f)	0.17	0.15	0.14	0.12	0.10	---
רדיוס בהגבהה מירבית 8% (מ')	80	120	---	---	---	0.883
רדיוס בהגבהה מירבית 7% (מ')	---	---	190	270	380	0.849
רדיוס בהגבהה מירבית 6% (מ')	85	135	200	290	405	0.827

### 4.2.6 הקשר בין רדיוסים גדולים מהמזעריים להגבהה המתאימה

כאשר רדיוס העקום גדול מהרדיוס המזערי למהירות התכן, קטנה התאוצה הצנטריפוגלית הפועלת על רכב הנוסע בעקום זה, לעומת התאוצה הפועלת על רכב הנוסע ברדיוס המזערי במהירות זהה.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

משיקולי איזון בין ההגבהה לחיכוך הצידי והשפעתם על נוחות הנסיעה, יש להקטין את ההגבהה ככל שרדיוס העקום גדל במהירות תכן קבועה.

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

$$e_c = e_{\max} \left( \frac{R_{\min}}{R_c} \right)^\gamma$$

כאשר:

- $e_c$  ההגבהה הצידיית הדרושה בעקום בעל רדיוס  $R_c$  גדול מהמזערי.
- $e_{\max}$  ההגבהה הצידיית המירבית למהירות התכן, מטבלה מס' 4.1 או 4.2.
- $R_{\min}$  הרדיוס המזערי למהירות התכן (מטר), מטבלה מס' 4.1 או 4.2.
- $R_c$  הרדיוס הקיים בעקום (מטר).
- $\gamma$  מקדם התלוי ב- $e_{\max}$  ונתון בטבלה מס' 4.2.

ציור מס' 4.1 מתאר את השתנות ההגבהה עם הרדיוס לדרכים פנימיות; ציור מס' 4.2 מתאר את השתנות ההגבהה עם הרדיוס לדרכי גישה, וציור מס' 4.3 מתאר את השתנות ההגבהה עם הרדיוס לדרכי גישה עם אחוז משאיות גבוה (מעל 25%).

הערך המזערי של הגבהה צידיית אחידה היורדת בכיוון מרכז העקום האופקי הוא 2%. משיקולי ניקוז, אין לבצע הגבהה בעלת ערך קבוע הנמוך מכך (פרט למעברי שיפועים).

### 4.2.7 עקומים אופקיים בעלי שיפוע רוחבי רגיל בדרכי גישה

בעקומים בעלי רדיוסים גדולים בדרכי גישה (א-), ניתן לשמור על צורת החתך הרגיל (שיפוע דו-צדדי בשיעור 2%) לכל אורך העקום, ואין צורך במעבר שיפועים, אם התאוצה הצנטריפוגלית המתפתחת קטנה מהערך המירבי שאינו מחייב הגבהה, שהוא 0.2 מ/שנ<sup>2</sup>. הרדיוס האופקי שהחל ממנו אין צורך בשינוי החתך הרגיל להגבהה אחידה נקרא  $R_N$ , וערכיו מוצגים בטבלה מס' 4.3.

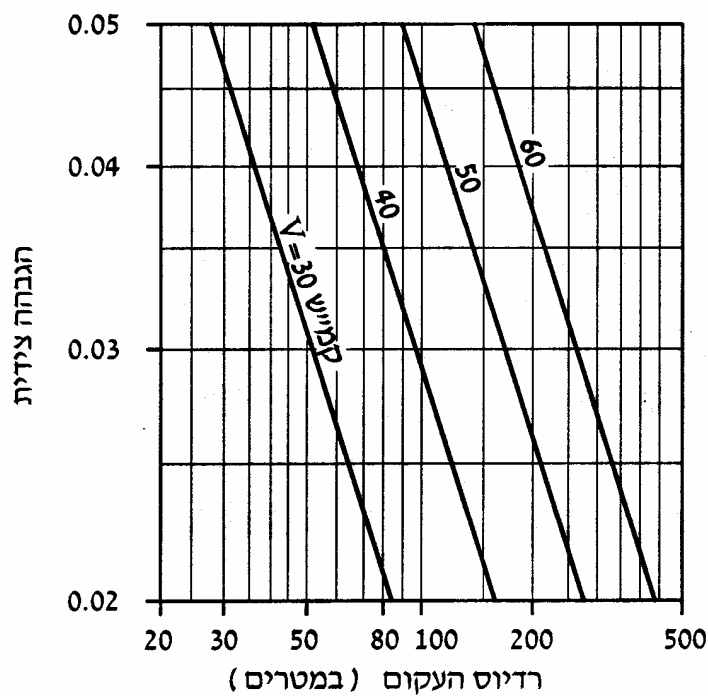
בעקומים אופקיים שהרדיוס שלהם קטן מ- $R_N$ , אך גדול מהערכים המחייבים הגבהה צידיית אחידה של 2%, יש לשמור על הגבהה אחידה בשיעור 2% לרוחב כל החתך.

### טבלה מס' 4.3 ערכי הרדיוסים המזעריים בדרכי גישה בהם ניתן לשמור על החתך הרגיל לרוחב ( $R_N$ )

90	80	70	60	50	מהירות התכן (קמ"ש)
3100	2500	1900	1400	1000	רדיוס אופקי $R_N$ (מ')

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

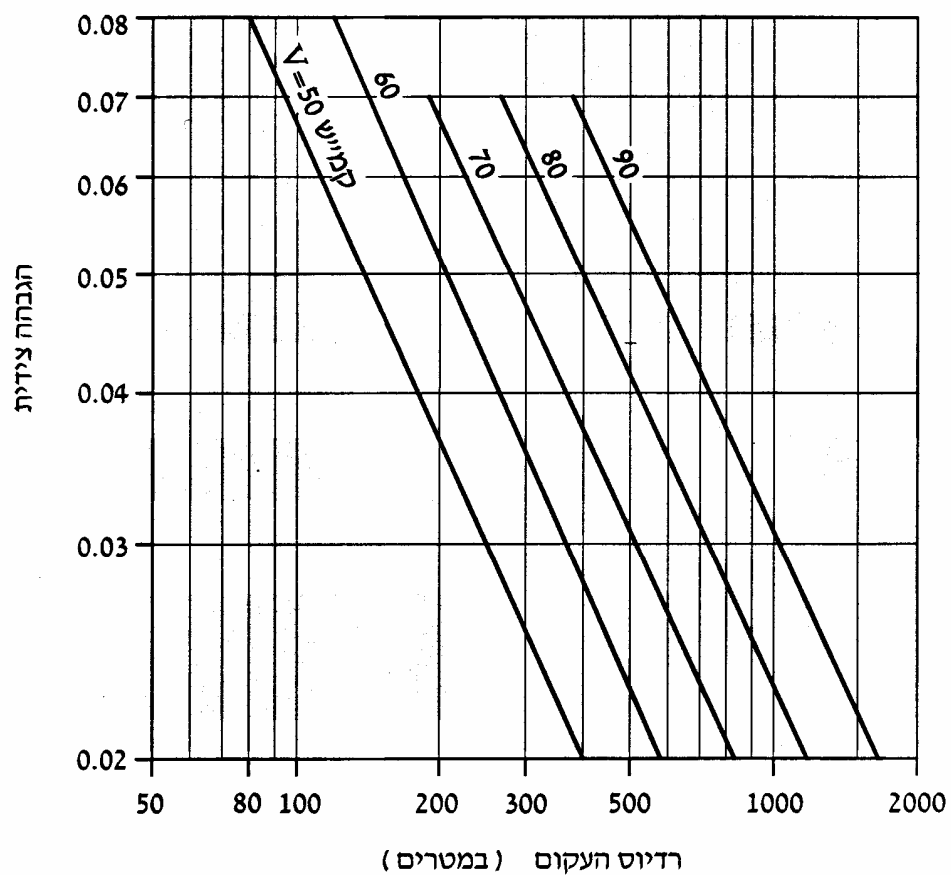
## חלק א' – תכן גיאומטרי



ציור מס' 4.1 הקשר בין רדיוס העקום האופקי להגבהה הצידית לדרכים פנימיות

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

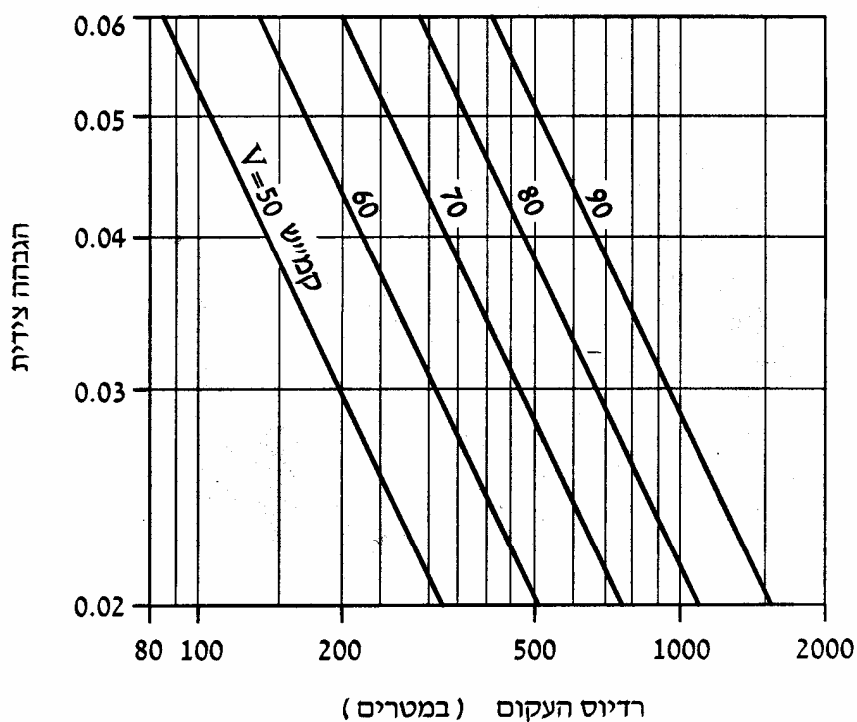
## חלק א' – תכן גיאומטרי



ציור מס' 4.2 הקשר בין רדיוס העקום האופקי להגבהה הציודית בדרכי גישה מסוג א-1 עד א-3

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי



**ציור מס' 4.3** הקשר בין רדיוס העקום האופקי להגבהה הצידית בדרכי גישה בעלות אחוז משאיות גבוה

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### 4.3 עקומי מעבר

עקום מעבר אופקי הינו עקום המאפשר מעבר הדרגתי מקטע דרך ישר אל הקשת המעגלית. לאורך עקום המעבר משתנה הרדיוס באופן הדרגתי, מאינסוף בנקודות ההשקה לקטע הישר ועד לרדיוס השווה לרדיוס הקשת המעגלית בנקודת ההשקה לקשת, כמתואר בציור מס' 4.4, וגורם להתפתחות הדרגתית של הכוח הצנטריפוגלי הפועל על הנהג והרכב. צורת העקום המועדפת לשימוש היא הקלוטואידה, הקרובה ביותר אל המסלול הטבעי שמבצע הרכב במעבר מקטע ישר לקטע מעגלי במהירות קבועה וקצב קבוע לסיבוב ההגה.

השימוש בעקומי מעבר יהיה בדרכים מסוג א-1 עד א-3 וכן ב-, כאשר מהירות התכן שלהם 60 קמ"ש ומעלה, והתאוצה הצנטריפוגלית בעקום האופקי במהירות התכן עולה על 0.4 מ/שנ<sup>2</sup>.

אורך העקום יחושב לפי:

$$L_s = \frac{V_d^3}{47 \times C \times R_c}$$

כאשר:

- $L_s$  אורך עקום המעבר (מטר), (ציור מס' 4.4).
- $V_d$  מהירות התכן (קמ"ש).
- $C$  מקדם הנוחות (מ"שנ<sup>3</sup>), מטבלה מס' 4.4.
- $R_c$  רדיוס הקשת המעגלית (מטר).
- 47 מקדם ההמרה הדרוש להסדרת היחידות.

אורך עקום המעבר יאוחד עם אורך מעבר ההגבהה, כמפורט בסעיף 4.4 להלן.

### טבלה מס' 4.4 ערכי מקדם הנוחות לעקום מעבר (C)

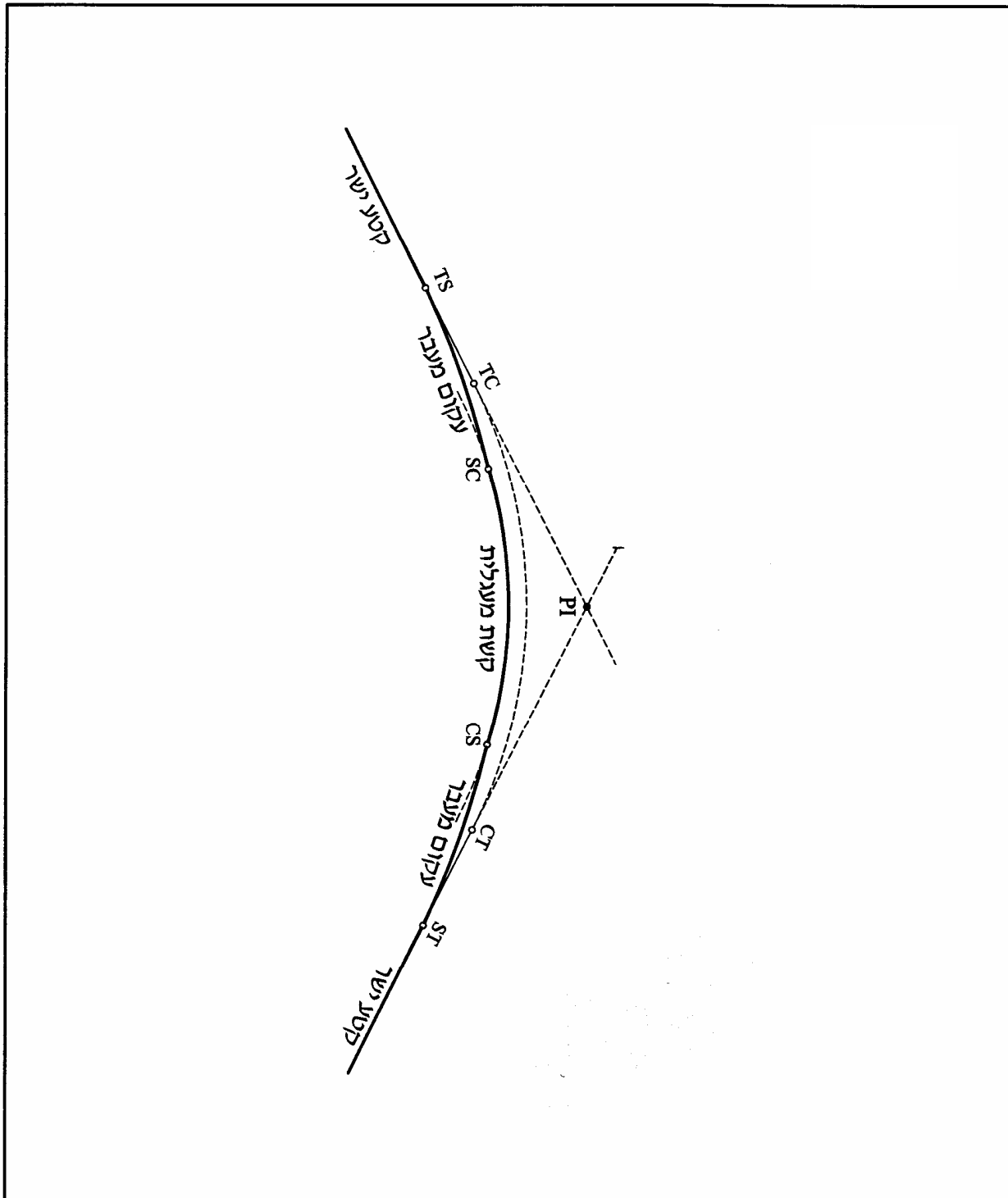
90	80	70	60	מהירות התכן (קמ"ש)
0.545	0.605	0.664	0.723	מקדם הנוחות C (מ"שנ <sup>3</sup> )

### 4.4 מעבר שיפועים

מעבר שיפועים הוא קטע הדרך בו מתרחש המעבר ההדרגתי מהחתך הרוחבי הרגיל (שיפוע של 2% בכיוונים מנוגדים), לחתך הרוחבי המוגבה בשיעור אחיד, הקיים לאורך הקשת המעגלית. מעבר השיפועים דרוש כדי לענות לדרישות נוחות ובטיחות הנסיעה, וכדי לשמר חזות נעימה של קצות המיסעה, ללא עיוות פני הדרך. מעבר השיפועים מורכב משני חלקים (ציור מס' 4.5):

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי



ציור מס' 4.4 תאור סכימתי של עקום מעבר

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

א. **מעבר המשיק** – הקטע שלאורכו נעשה מעבר הדרגתי מהחתך הרחבי בעל השיפוע הדו-צדדי הרגיל, לחתך רוחבי שבו הנתיב החיצוני אופקי, והנתיב הפנימי עדיין בחתך הרגיל.

ב. **מעבר ההגבהה** – הקטע שלאורכו נעשה מעבר הדרגתי של השיפועים לרוחב, מסוף מעבר המשיק עד לחתך המוגבה בהגבהה האחידה, המתאימה לרדיוס העקום.

האורך המזערי של **מעבר ההגבהה** מחושב לפי הנוסחה:

$$L_1 = \frac{b \times e_c}{\Delta}$$

כאשר:

- $L_1$  – אורך מזערי למעבר ההגבהה (מטר).
  - $b$  – רוחב הנתיב הפנימי בקשת המעגלית (מטר) לרבות ההרחבה, אם קיימת.
  - $e_c$  – ההגבהה הקיימת בקשת המעגלית (אחוזים).
  - $\Delta$  – ההפרש המירבי של שיפוע השפה ביחס לציר הדרך (אחוזים), מטבלה מס' 4.5.
- האורך המזערי של מעבר ההגבהה לא יפחת מהמרחק המתאים לשתי שניות נסיעה במהירות התכן.

### טבלה מס' 4.5 הפרש שיפוע מירבי מותר בין ציר הדרך לקצות המיסעה במעברי שיפועים

90	80	70	60	50	40	מהירות התכן (קמ"ש)
0.46	0.50	0.56	0.64	0.73	0.85	הפרש שיפוע $\Delta$ (%)*

\* ערכי  $\Delta$  הם לדרך דו-נתיבית. בדרך דו-מסלולית יהיה  $b$  רוחב מסלול אחד, וערכי  $\Delta$  יוגדלו ב-50%

אורך **מעבר המשיק** ( $L_2$ ) מחושב לפי:

$$L_2 = \frac{b \times 2}{\Delta}$$

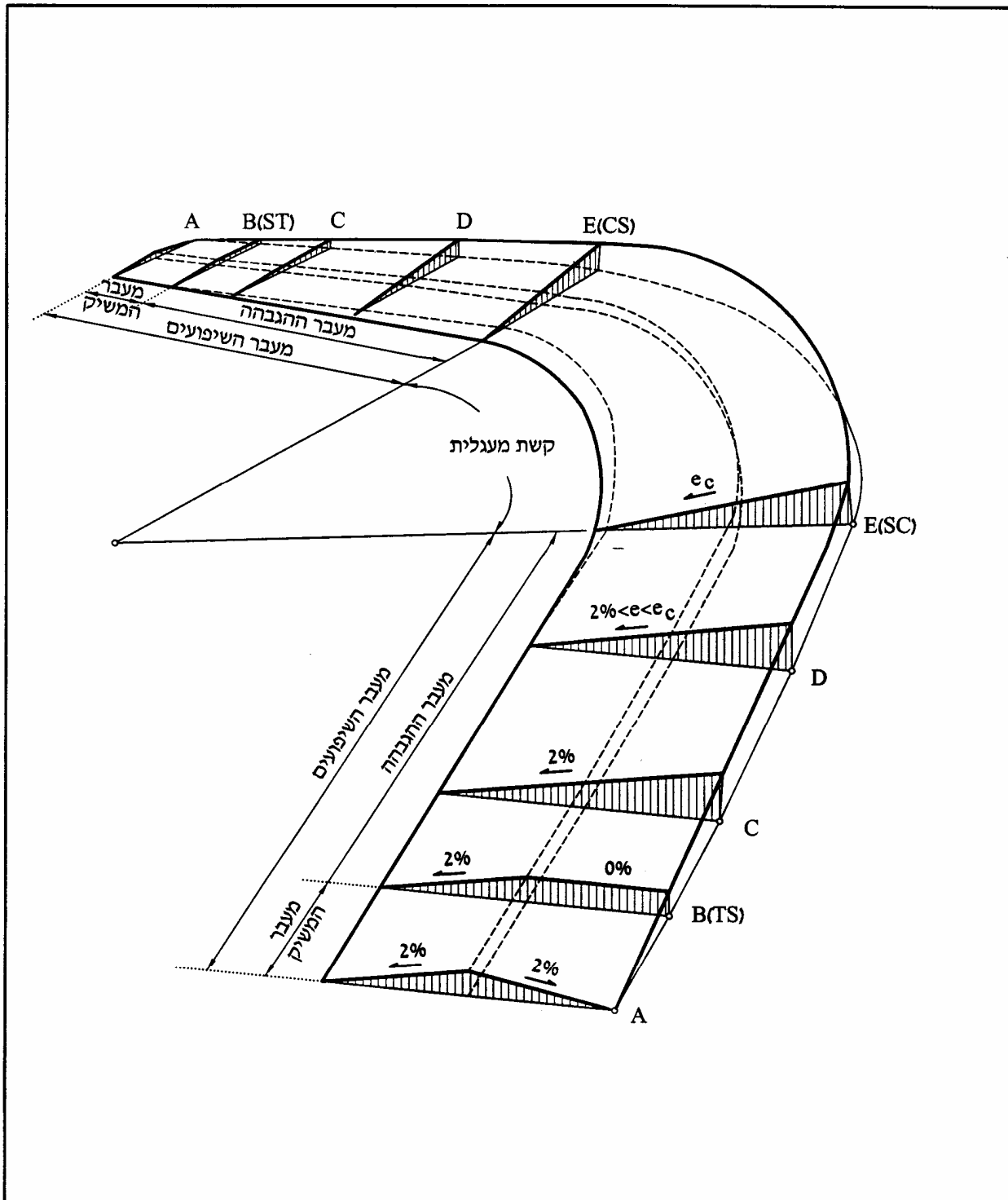
כאשר  $b$  הוא רוחב הנתיב בקטע הישר. אורך מעבר השיפועים הוא סכום האורכים של מעבר המשיק ומעבר ההגבהה.

כאשר קיימים עקומי מעבר, יאוחד אורכם עם אורך מעבר ההגבהה, לפי האורך מבין השניים. במקרה זה יבוצע מעבר המשיק בקטע הישר שלפני תחילת עקום המעבר, והחתך המוגבה בשיעור  $e_c$  ישאר קבוע לאורך העקום המעגלי, כמתואר בציור מס' 4.5.

אם לפני הקשת המעגלית אין עקומי מעבר, יהיה שליש ממעבר ההגבהה בתוך הקשת המעגלית, ושני-שליש ממעבר ההגבהה וכן מעבר המשיק יהיו על הקטע הישר שמחוץ לקשת. מעבר השיפועים מתבצע על-ידי סיבוב המיסעה סביב ציר הכביש.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי



ציור מס' 4.5 מעבר שיפועים (לאורך עקום מעבר)

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### 4.5 הרחבה בעקומים אופקיים

#### 4.5.1 מטרת ההרחבה

הרחבת המיסעה בעקומים אופקיים דרושה כדי לאפשר את נסיעת הרכב בעקום בתנאים הדומים לנסיעה בקטע דרך ישר. הרוחב הדורש למיסעה מורכב מהגורמים הבאים:

- א. רוחב כלי-הרכב התיכנוני.
  - ב. מרווח הבטיחות הדרוש כדי להפריד בין שני כלי-רכב הנוסעים זה מול זה.
  - ג. מרווח הבטיחות בין כלי-הרכב לבין שולי המיסעה או המדרכה.
- הרוחב הדרוש בעקום אופקי גדול מהרוחב הדרוש בקטע ישר, מהסיבות הבאות:
- א. רוחב העיקבה של רכב הנוסע בקשת מעגלית, גדול מרוחב העיקבה בקטע ישר (עיקבה היא הסימן שמשאיר הגלגל במקום נסיעתו).
  - ב. בעת נסיעה בעקום מתקשה הנהג לתמרן את רכבו לנסיעה במרכז הנתיב.
- רוחב העיקבה של הרכב בעקום תלוי בסוג הרכב וברדיוס העקום: ככל שהרכב ארוך יותר, או שהמרחק בין הסרנים שלו גדול יותר, או שהשלוחה הקדמית ארוכה יותר, וככל שהרדיוס קטן יותר, יש צורך בהרחבה גדולה יותר.

#### 4.5.2 ערכי תכן

בטבלאות הבאות מובאות ההרחבות הדרושות לכלי-הרכב הבאים לתכן: אוטובוסים (טבלה מס' 4.6), משאיות מורכבות ומחבורות (טבלה מס' 4.7). להרחבות עבור מוביל טנקים ראה סעיף 4.5.4 להלן. ההרחבה הדרושה עבור משאית רגילה קטנה מההרחבה הדרושה עבור אוטובוס, ולכן מוכלת בתוכה. כלי-הרכב ייבחר בהתאם לאמור בסעיף 3.4 בהנחיות. לא תינתן הרחבה הקטנה מ-0.5 מטר.

#### 4.5.3 אופן ביצוע ההרחבה

הקטע לאורכו מבוצעת ההרחבה ההדרגתית של המיסעה מאפס עד להרחבה הדרושה בעקום הוא "מעבר ההרחבה". אופן ביצוע מעבר ההרחבה הוא כדלהלן:

- א. בעקום אופקי ללא עקום מעבר, תנתן ההרחבה הדרושה בנתיב הפנימי של הדרך. מעבר ההרחבה יבוצע לאורך מעבר ההגבהה, כך ש-2/3 ממעבר ההרחבה יבוצע לאורך הקטע הישר ו-1/3 ממנו – בקשת המעגלית.
- ב. כאשר מתוכננים עקומי מעבר בקצות העקום האופקי, יינתן מעבר ההרחבה לאורך עקום המעבר, כך שאורכם של מעבר ההרחבה ועקום המעבר יהיה שווה. את ההרחבה ניתן למקם כך, שכולה בפנים העקום, או לחלקה באופן שווה בין שני הנתיבים.
- ג. ציר המיסעה יסומן תמיד בצבע באמצע המרחק שבין הקצוות.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### טבלה מס' 4.6 ההרחבה הדרושה למיסעה דו-נתיבית בעקום אופקי עבור אוטובוס

רוחב מיסעה בקטע דרך ישר (מ')														רדיוס העקום במטרים	
7.2			6.6					6.0							
מהירות תכן (קמ"ש)			מהירות תכן (קמ"ש)					מהירות תכן (קמ"ש)							
50	40	30	70	60	50	40	30	80	70	60	50	40	30		
–	1.2	1.1	–	–	–	1.5	1.4	–	–	–	–	1.8	1.7	50	
–	1.0	0.9	–	–	–	1.3	1.2	–	–	–	–	1.6	1.5	60	
–	0.8	0.7	–	–	–	1.1	1.0	–	–	–	–	1.4	1.3	70	
0.8	0.7	0.6	–	–	1.1	1.0	0.9	–	–	–	1.4	1.3	1.2	80	
0.7	0.6	0.5	–	–	1.0	0.9	0.8	–	–	–	1.3	1.2	1.1	90	
0.6	0.5		–	–	0.9	0.8	0.7	–	–	–	1.2	1.1	1.0	100	
			–	–	0.9	0.8	0.7	–	–	–	1.2	1.1	1.0	110	
			–	–	0.8	0.7	0.6	–	–	–	1.1	1.0	0.9	120	
			–	0.8	0.7	0.6	0.5	–	–	1.1	1.0	0.9	0.9	130-150	
			–	0.7	0.6	0.5		–	–	1.0	0.9	0.8	0.8	160-180	
			0.7	0.6	0.5			–	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	190-200	
			0.6	0.5				–	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	210-240	
			0.5					–	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	250-260	
								0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	270-280	
במהירות שמעל 50 קמ"ש הרדיוסים גדולים ואינם מחייבים הרחבה						במהירות שמעל 70 קמ"ש הרדיוסים גדולים ואינם מחייבים הרחבה			0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	290-300
								0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	310-350	

הערות:

- (1) הסימון "–" בטבלה פירושו שאין להשתמש בהרכב זה של מהירות תכן ורדיוס.
- (2) מקום ריק בטבלה פירושו שאין צורך בהרחבה.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### טבלה מס' 4.7 ערכי ההרחבה הדרושה למיסעה דו-נתיבית בעקום אופקי למשאיות מורכבות ומחוברות

רוחב מיסעה בקטע דרך ישר (מ')													רדיוס העקום במטרים		
7.2			6.6					6.0							
מהירות תכן (קמ"ש)			מהירות תכן (קמ"ש)					מהירות תכן (קמ"ש)							
50	40	30	70	60	50	40	30	80	70	60	50	40		30	
–	–	2.1	–	–	–	–	2.4	–	–	–	–	2.7	–	2.7	50
–	1.8	1.7	–	–	–	2.1	2.0	–	–	–	–	2.4	2.3	–	60
–	1.5	1.4	–	–	–	1.8	1.7	–	–	–	–	2.1	2.0	–	70
–	1.3	1.1	–	–	–	1.6	1.4	–	–	–	–	1.9	1.7	–	80
1.2	1.1	1.0	–	–	1.5	1.4	1.3	–	–	–	1.8	1.7	1.6	–	90
1.1	1.0	0.9	–	–	1.4	1.3	1.2	–	–	–	1.7	1.6	1.5	–	100
1.0	0.9	0.6	–	–	1.3	1.2	1.1	–	–	–	1.6	1.5	1.4	–	110-120
0.6	0.5	–	–	–	1.1	1.0	0.9	–	–	–	1.4	1.3	1.2	–	130-140
–	–	–	–	1.1	1.0	0.9	0.8	–	–	1.4	1.3	1.2	1.2	–	150
–	–	–	–	1.0	0.9	0.9	0.8	–	–	1.3	1.2	1.2	1.1	–	160-170
–	–	–	–	0.9	0.9	0.8	–	–	–	1.2	1.2	1.1	1.0	–	180-200
–	–	–	0.9	0.8	0.8	–	–	–	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	–	210-220
–	–	–	0.8	0.7	–	–	–	–	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8	–	230-250
–	–	–	0.7	–	–	–	–	–	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	–	260-270
–	–	–	–	–	–	–	–	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	–	280-300
–	–	–	–	–	–	–	–	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	–	310-320
–	–	–	–	–	–	–	–	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	–	330-450
–	–	–	–	–	–	–	–	0.5	0.5	–	–	–	–	–	450-500

הערות:

- (1) הסימון "–" בטבלה פירושו שאין להשתמש בהרכב זה של מהירות תכן ורדיוס.
- (2) מקום ריק בטבלה פירושו שאין צורך בהרחבה.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### 4.5.4 הרחבה למוביל טנקים

כאשר הרכב לתכנון הוא מוביל טנקים, מביאה טבלה מס' 4.8 את הרוחב המירבי של עקבות הגלגלים, בתלות ברדיוס הסיבוב המתבצע ע"י חזית הגורר. ערכים אלו מחושבים בעבור מהירות נסיעה מזערית. בעבור ערכים נמוכים של רדיוס סיבוב, הרוחב הדרוש הוא גדול מאוד. במקרה זה רשאי המתכנן להביא בחשבון, כי בעת הנסיעה בעקום משתמש המוביל בכל רוחב הדרך. עובדה זו מאפשרת לספק ערכים נמוכים יחסית של הרחבה. מובן כי תכנון כזה מתאים רק לדרכים בעלות נפח תנועה נמוך.

### טבלה מס' 4.8 רוחב המיסעה התפוס על ידי מוביל טנקים בעת פניה בעקום עם רדיוס קטן, ומהירות פניה מזערית

50	40	35	30	25	20	18	15	14	הרדיוס שמבצע הגלגל החיצוני הקדמי, מ'
4.8	5.2	5.5	5.9	6.5	7.6	8.4	10.4	11.9	רוחב המיסעה המירבי הדרוש, מ'

### 4.6 עקומים עוקבים בתוואי האופקי

#### 4.6.1 עקומים לאותו כיוון

עקומים עוקבים קרובים לאותו כיוון אינם רצויים, עקב שיקולי בטיחות הנסיעה ושיקולים חזותיים. בדרכים שאינן טבעתיות, הנהגים אינם מצפים לשני עקומים עוקבים לאותו כיוון, ולכן, רצוי לתכנן עקום יחיד במידת האפשר. השימוש בעקומים מורכבים (עקומים אופקיים עוקבים לאותו כיוון המשיקים זה לזה) יוגבל לצמתים.

כאשר האילוצים מחייבים בכל-זאת תכנון עקומים אופקיים עוקבים לאותו כיוון, יש לשמור על קטע ישר באורך מזערי בין העקומים (אורך הקטע הישר נמדד בין נקודות ההשקה של הקשתות המעגליות לפני הכנסת עקומי המעבר –  $L_1$  בציוור מס' 4.6), כמפורט:

- האורך המזערי במטרים של הקטע הישר בדרך מדרגה א' הוא  $5.0V_d$  ( $V_d$  מהירות התכן בקמ"ש).
- האורך המזערי במטרים של הקטע הישר בדרכים מדרגה ב', ג', ו-ד' הוא  $3.0V_d$  ( $V_d$  מהירות התכן בקמ"ש).

מעברי השיפועים בקטע בין העקומים יבוצעו באופן הבא:

- כאשר אורך הקטע הישר בין העקומים (במטרים) עולה על  $3.0V_d$  ( $V_d$  – מהירות התכן בקמ"ש), יבוצע מעבר השיפועים בכל עקום בנפרד, באופן בלתי תלוי בעקום השני.
- כאשר אורך הקטע הישר בין העקומים (במטרים) נע בין  $1.0V_d$  ל- $3.0V_d$  ( $V_d$  – בקמ"ש), יבוצעו רק חלקי מעברי ההגבהה של כל עקום מההגבהה המירבית עד להגבהה אחידה של 2%, כך שבין קצות מעברי ההגבהה תישמר ההגבהה האחידה של 2% לאורך הקטע הישר.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

ג. כאשר האורך במטרים של הקטע הישר בין העקומים קטן מ- $1.0V_d$  (בקמ"ש), יבוצע לכל אורך הקטע הישר שינוי ההגבהה באופן רציף כמתחייב מהפרש ההגבהה הקיים בין שני העקומים.

### 4.6.2 עקומים מנוגדי כיוון

לעקומים אופקיים מנוגדי כיוון תפקיד חשוב בהתאמת התוואי לטופוגרפיה. יש להימנע מביצוע שינוי הכיוון באופן פתאומי. בנוסף לכך, נדרשים בעקומים מנוגדים מעברי שיפועים נאותים להסדרת שינוי כיוון השיפוע הצידי. האורך המזערי המומלץ של הקטע הישר בין הקשתות המעגליות הנגדיות במטרים הוא  $2.0V_d$ , כאשר  $V_d -$  מהירות התכן בקמ"ש (אורך הקטע הישר נמדד בין נקודות ההשקה של הקשתות המעגליות לפני הכנסת עקומי המעבר, כמתואר בציור מס' 4.7). עם זאת, כאשר אילוצי התוואי מחייבים זאת, ניתן להסתפק בכך שעקומי המעבר בכיוונים מנוגדים ישיקו זה לזה, ללא קטע ישר ביניהם.

מעברי השיפועים בין העקומים מנוגדי הכיוון יבוצעו כדלהלן:

א. כאשר יש קטע ישר באורך המומלץ ביניהם, יבוצעו מעברי השיפועים בכל עקום מעבר כמקובל, כשביניהם מצוי קטע בשיפוע הרחבי הרגיל.

ב. כאשר אין אורך מספיק לביצוע מעברי השיפועים בשיטה הקודמת, יבוצע מעבר השיפועים לאורך עקומי המעבר כך, שבתחילת עקום המעבר יהיה שיפוע רחבי דו-צדדי, אשר יעבור לאורך עקום המעבר להגבהה מלאה.

ג. כאשר שני עקומי המעבר משיקים ללא קטע ישר ביניהם, יבוצע מעבר השיפועים לאורך עקומי המעבר על-ידי סיבוב השפות בקצב אחיד בשני העקומים, כך שבנקודת ההשקה של עקומי המעבר זה לזה תהיה המיסעה אופקית לרוחב.

### 4.7 מרחקי-ראות

#### 4.7.1 מרחק-ראות לעצירה

מרחק-הראות לעצירה הוא האורך המזערי של הדרך אשר חייב להיראות לעיני נהג הנוסע במהירות התכן, כך שיספיק לעצור לפני מכשול בו הבחין בנתיב נסיעתו (רכב עומד בנתיב, חפץ על הדרך, וכדומה). מרחק-הראות לעצירה חייב להתקיים בכל נקודה לכל אורך הדרך.

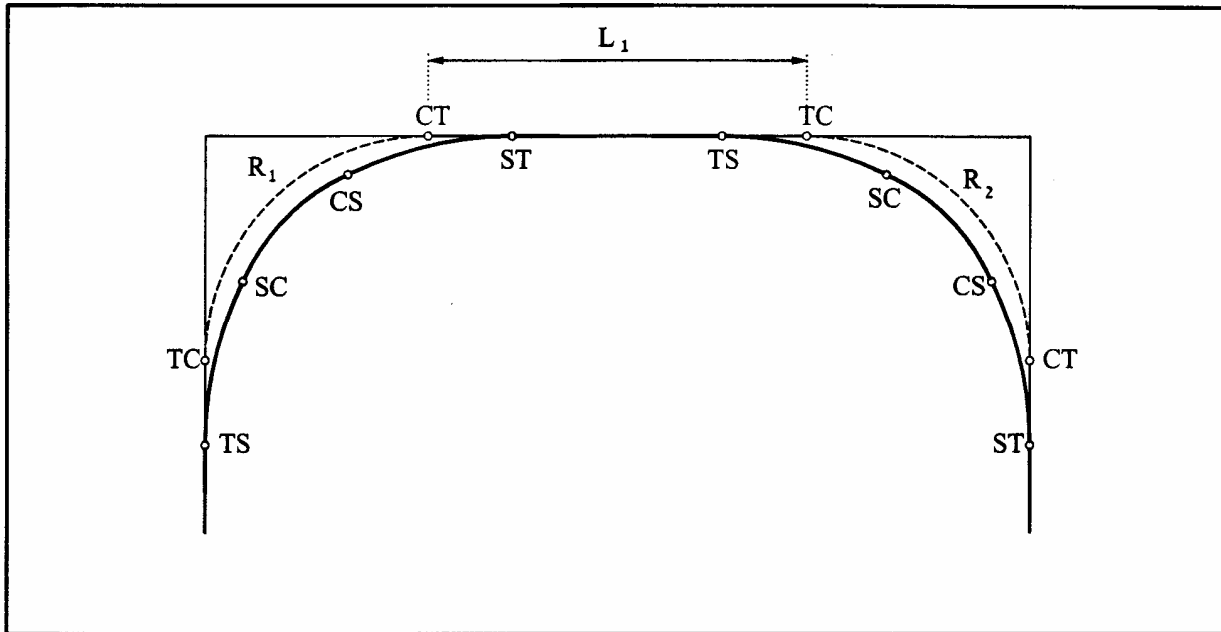
מרחק-הראות לעצירה הוא סכום של שני המרכיבים:

א. **מרחק החישה-תגובה**: המרחק שהרכב עובר מהבחנת הנהג במכשול עד להפעלת הבלמים.

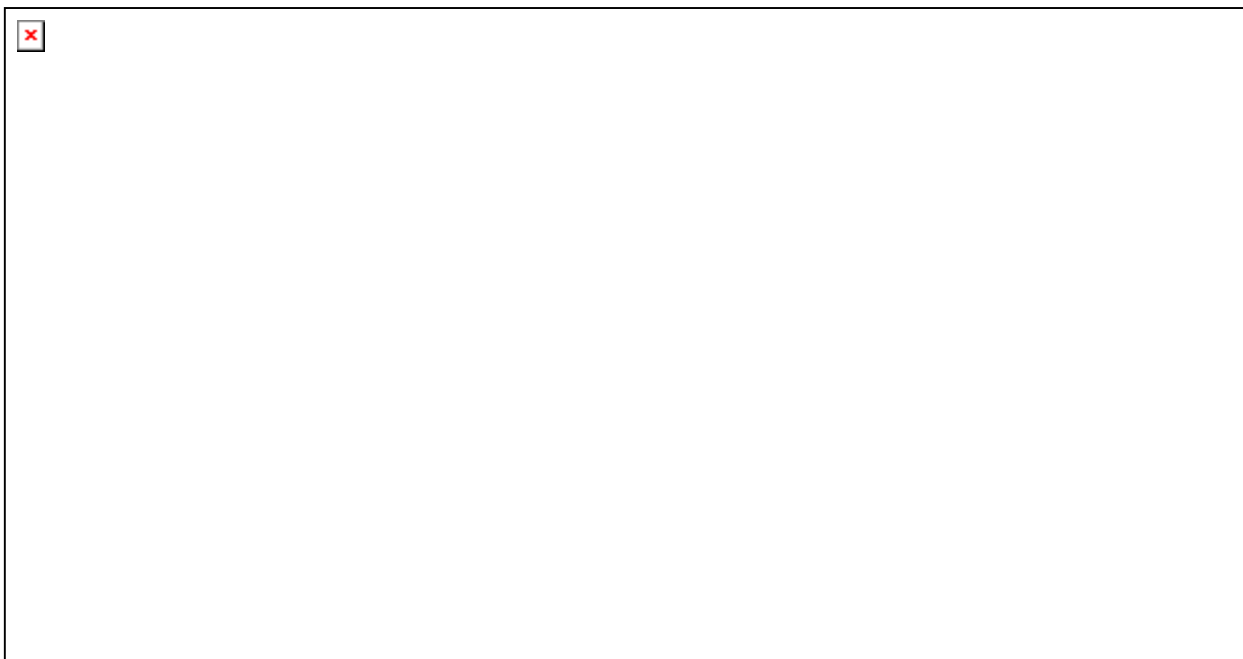
ב. **מרחק הבלימה**: המרחק שהרכב עובר מתחילת פעולת הבלמים עד לעצירה מוחלטת.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי



ציור מס' 4.6 המרחק בין עקומים עוקבים לאותו כיוון



ציור מס' 4.7 מעבר השיפועים בעקומים מנוגדי כיוון

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

מרחק-ראות מזערי לעצירה מחושב כדלהלן:

$$S_D = 0.7V_d + \frac{V_d^2}{254(f \pm 0.01i)}$$

כאשר:

- $S_D$  מרחק-הראות המזערי לעצירה (במטרים).
- $V_d$  מהירות התכן (קמ"ש).
- $f$  מקדם החיכוך לעצירה.
- 254 המקדם הדרוש להמרת יחידות, ולרבות תאוצת הכובד.
- $i$  השיפוע האורכי של הדרך (באחוזים): סימן (+) בעלייה ו-(-) בירידה. יש להשתמש בערך השיפוע בנוסחה בכל מקרה בו השיפוע האורכי הוא 4% או יותר.

ערכי התכן למרחק-ראות מזערי לעצירה מוצגים בטבלה מס' 4.9.

### טבלה מס' 4.9 ערכי תכן למרחקי-ראות לעצירה ולעקיפה דחוקה

מרחק-הראות לעקיפה דחוקה (מטר)	מרחק-הראות לעצירה (מטר)*	מקדם חיכוך (f)	מהירות תכן (קמ"ש)
---	30	0.40	30
---	45	0.38	40
---	65	0.36	50
200	85	0.34	60
230	110	0.32	70
270	140	0.31	80
300	170	0.30	90

(\* ערכים אלו הינם לדרך בשיפוע אורכי קטן מ-4%. עבור שיפועים גדולים יותר יש לתקן בהתאם לנוסחה.

מרחק הראות לעצירה יימדד מגובה עין הנהג (1.05 מ') לגובה של 0.15 מ' מעל-פני הכביש.

בדרך זו סיטרית שרוחבה קטן מהרוחב הדרוש לשני נתיבי-תנועה, כדוגמת דרך גישה א-4 או דרך פטרולים, יש לדאוג כי מרחק הראות יאפשר לשני כלי-רכב הנעים אחד לקראת השני לעצור בביטחה. לכן, מרחק-הראות הדרוש בדרך דו-סיטרית צרה הינו כפול ממרחק-הראות הנתון בטבלה מס' 4.9, אולם ימדד מגובה 1.05 מ' לגובה גג רכב פרטי (1.30 מ'). ראה סעיפים 8.6.1 ו-9.3.1 בהמשך ההנחיות.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

---

### 4.7.2 מרחק-ראות לעקיפה דחוקה

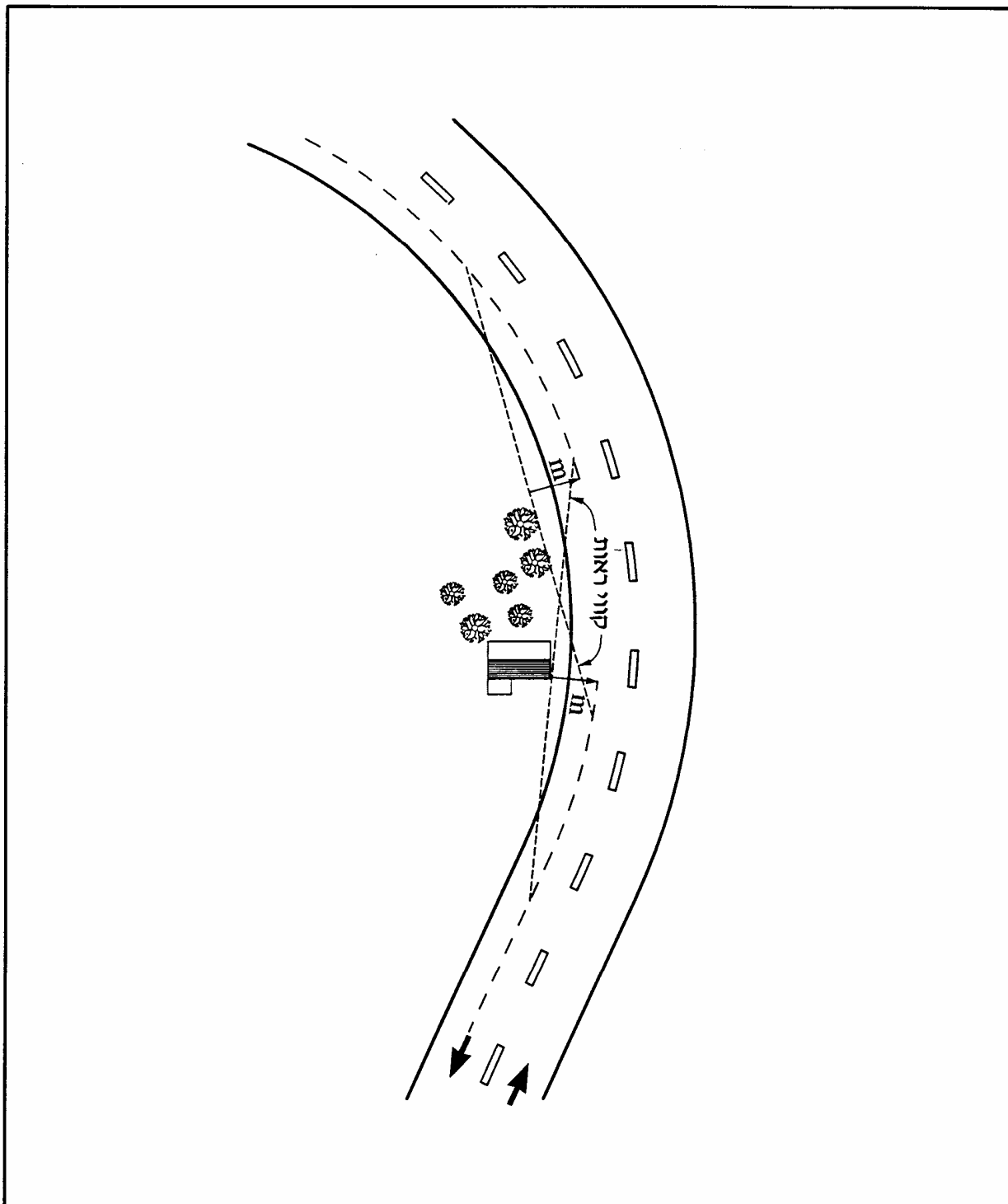
בדרכים דו-נתיביות מחוץ לבסיס, המתוכננות למהירות של 60 קמ"ש ומעלה, יש לספק במידת האפשר מרחק-ראות המאפשר לנהג לבצע עקיפה דחוקה של כלי-הרכב שלפניו, פעם אחת לפחות לכל 3 ק"מ של דרך. מרחק-הראות המזעריים המאפשרים עקיפה דחוקה בתלות במהירות התכן מובאים בטבלה מס' 4.9. מרחק-הראות לעקיפה דחוקה נמדד מגובה 1.05 מ' לגובה 1.30 מ' (גג רכב פרטי ממול). בקטע דרך דו-נתיבית בו מרחק-הראות הקיים קטן ממרחק-הראות הדרוש לעקיפה דחוקה, יש לסמן קו הפרדה רצוף בין שני הנתיבים. יש לזכור, כי מגבלות ראות נוצרות הן על-ידי התוואי האופקי, כמפורט להלן, והן על-ידי התוואי האנכי, כמפורט בסעיף 5.4.

### 4.7.3 ראות בעקום אופקי

בעקומים אופקיים יש צורך לספק לנהג הנע בנתיב הפנימי של העקום טווח ראות מינימלי המאפשר ראות לעצירה או לעקיפה, בהתאם לסוג הדרך, כמפורט לעיל. לכן, יש לשחרר את שדה הראיה של הנהג מכל מכשול העלול להפריע לראות (ראה ציור מס' 4.8). המרחק הצידי המזערי הפנוי (m בציור מס' 4.8) הדרוש בין אמצע הנתיב הפנימי ובין המכשול, כדי לאפשר קיום מרחק-ראות רצוי, בתלות ברדיוס הקשת המעגלית, מובא להלן בציור מס' 4.9.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

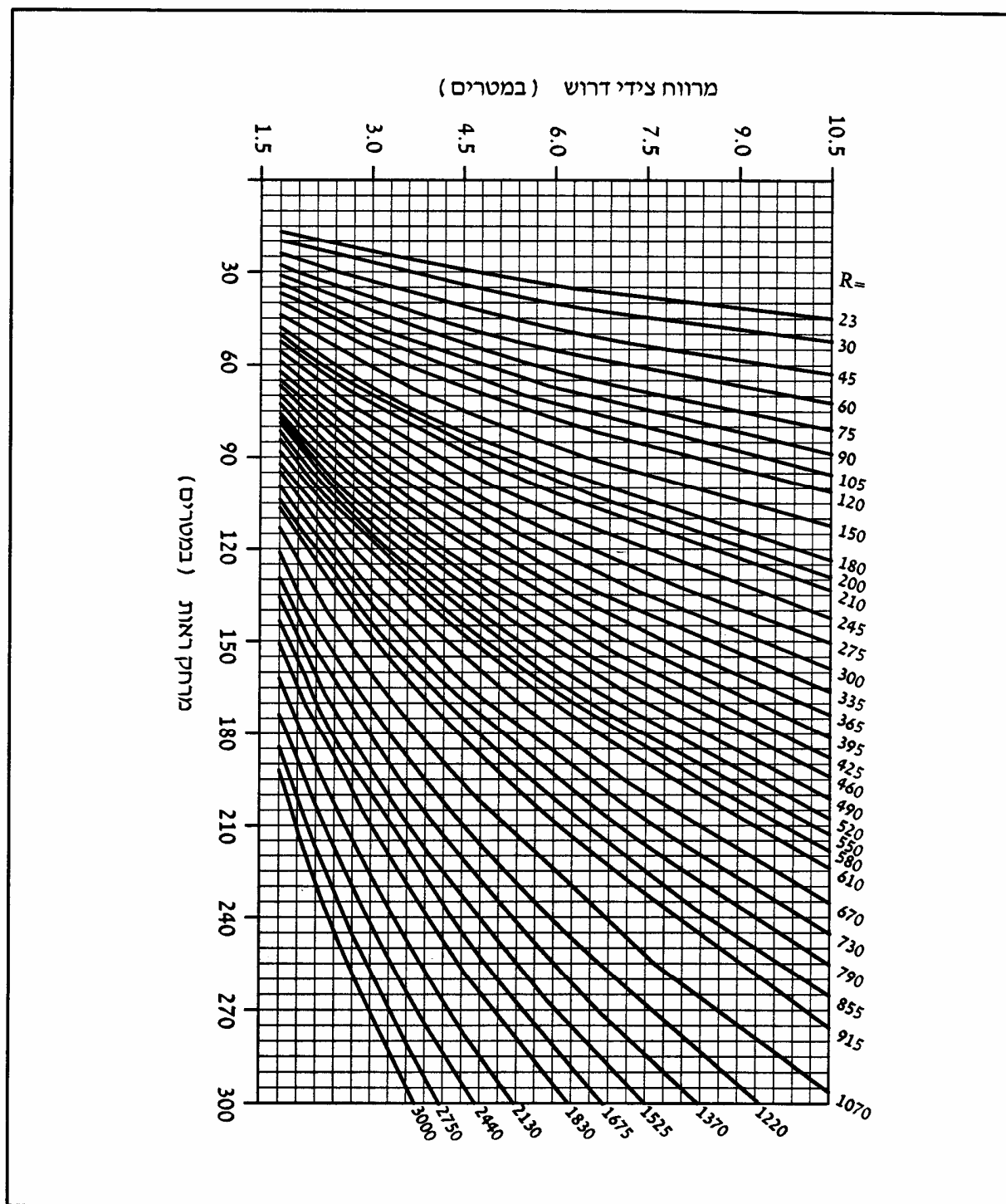
## חלק א' – תכן גיאומטרי



ציור מס' 4.8 ראות בעקום אופקי

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי



ציור מס' 4.9 המירווח הצידי הפנוי הדרוש בעקום אופקי בתלות במרחק- הראות לתכן וברדיוס העקום

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

---

### התוואי האנכי

#### 5.1 מבוא

התוואי האנכי של הדרך מורכב מרצף של קטעים ישרים בעלי שיפועים שונים ושל עקומים אנכיים, קמורים או קעורים, בדרך-כלל בעלי צורת פרבולה, אשר משיקים לקטעים הישרים. תכנון התוואי האנכי מבוסס על התאמה מיטבית של החתך לאורך הדרך עם החתך לאורך פני הקרקע, ובהתחשב בקריטריונים הבאים: תכנון כלכלי של התוואי; התאמה לאילוצים טופוגרפיים ולאילוצי מכשולים טבעיים ומלאכותיים; מעבר דרך נקודות בעלות רום מוכתב; שיקולי ניקוז; שמירה על החזות הסביבתית של התוואי; כל זאת, תוך הבטחת נוחות הנסיעה ונגישות למתקנים השונים, במתן דגש לבטיחות.

#### 5.2 שיפועים לאורך התוואי

##### 5.2.1 שיפועים מירביים לאורך בדרכי גישה

לשיפועים לאורך בדרכי גישה (א-1 עד א-3) יש השפעה ניכרת על תפעול כלי-הרכב הכבדים, הן בהיבט הבטיחותי, בעיקר בירידות, והן בהיבט התפעולי: מידת העיכוב הנגרמת לתנועה בעליות ובירידות ארוכות. בנוסף לכך, מהווה השיפוע המירבי אמצעי חשוב באפשרות להתאמת התוואי האנכי אל פני הקרקע, ועקב כך בהקטנת עלות הפרויקט.

השיפועים המירביים המותרים תלויים בסוג הדרך, בטופוגרפיה, ובמהירות התכן, כמפורט בטבלה מס' 5.1. ערכים אלו הינם מירביים ולא ערכים מומלצים. יש להשתדל כי אורכו של קטע בשיפוע האורכי המירבי המותר לא יעלה על המרחק המצוין בטבלה (ראה פרוט בסעיף 5.2.2 להלן). במקרים מסוימים כמו: מעבר מתחת לגשרים, דרך גישה קצרה למתקנים וכדומה, ניתן לחרוג מערכי השיפועים המירביים וליישם שיפועים גדולים יותר, הנתונים כחריגים בטבלה מס' 5.1. השיפוע האורכי החריג לא יעלה על המצוין בטבלה מס' 5.1.

##### 5.2.2 אורך מירבי לקטע משופע בדרכי גישה

ערכי השיפועים המירביים המובאים בטבלה מס' 5.1 מתייחסים לביצועים של משאית טיפוסית בעלת הספק סגולי של 8.0 כ"ס (דין) לטון משקל מירבי כולל מותר. כאשר משאית כזו עולה בשיפוע אורכי נתון, חלה ירידה ניכרת במהירות נסיעתה לאורך השיפוע, עד להגיעה למהירות הזחילה. כאשר הרכב התנועה הוא כזה, שמהירות המשאיות עלולה להפריע לתנועת כלי-הרכב הקלים, יש צורך להגביל את

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

אורך העליה שבשיפוע אורכי מסוים לאורך המירבי הרצוי המובא בטבלה מס' 5.1, כדי למנוע הפרעה ניכרת לתנועה, או לחילופין לנקוט באמצעים המפורטים בהמשך.

אורך הקטעים בהם ניתן שיפוע אורכי חריג יוגבל לאורך המירבי לשיפוע חריג, המובא בטבלה מס' 5.1. האורך המירבי מייצג עיכוב של 45 שניות לתנועה הנוסעת מאחורי המשאית.

כאשר אורך הקטע המתוכנן בשיפוע מירבי רצוי גדול מהאורך הרצוי המותאם לפי טבלה מס' 5.1, או כאשר נפח התנועה גדול ואחוז המשאיות ניכר, יש לשקול נקיטת אחד מהצעדים הבאים:

א. תכנון "הקו האדום" כך, שלאחר קטע בשיפוע מירבי ובאורך מירבי, יבוא קטע עם שיפוע אורכי שלא יעלה על 2%.

ב. מתן נתיב זחילה למשאיות או שול ימני סלול במבנה מלא, ברוחב 3.0 מטר.

### 5.2.3 שיפועים מירביים לאורך בדרכים פנימיות

בדרכים פנימיות מסוג ב', ג' ו-ד' יוגבל השיפוע המירבי לאורך, משיקולי קושי בזינוק בעלייה, בלימה בירידות והתחברויות למתקנים. השיפוע האורכי המירבי בדרכים פנימיות (לא בתחומי צומת) מפורט בטבלה מס' 5.2 (במבואות צמתים יוגבל השיפוע לאורך כמפורט בפרק 7 להלן).

בקטעי דרך הקצרים מ-150 מ' ניתן להגדיל את השיפועים עד לשיפוע החריג, המפורט בטבלה מס' 5.2. באזורים מושלגים ומועדים לקרה, רצוי להגביל השיפועים לערכים נמוכים מהמירביים, גם בדרכי-גישה, במידה שהטופוגרפיה מאפשרת.

### טבלה מס' 5.1 ערכים מירביים וחריגים של שיפוע אורכי בדרכי גישה, ואורך מירבי לקטע המשופע

דרגת הדרך	טופוגרפיה <sup>(1)</sup>	שיפוע אורכי מירבי (%)	אורך מירבי (לשיפוע מ')	שיפוע אורכי חריג (%)	אורך מירבי (לשיפוע חריג מ')
א-1	מישורי	6	550	7	480
	גבעי	7	480	9	400
	הררי	8	430	10	370
א-2	מישורי	6	480	8	400
	גבעי	8	430	10	370
	הררי	9	400	11	340
א-3	מישורי	7	430	9	370
	גבעי	10	370	12	320
	הררי	12	320	14	270

(1) ראה סיווג המאפיינים הטופוגרפיים בטבלה מס' 2.2.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### טבלה מס' 5.2 ערכים מירביים וחריגים לשיפוע אורכי בדרכים פנימיות

דרגת הדרך	טופוגרפיה	שיפוע אורכי מירבי (%)	שיפוע אורכי חריג (%)
ב	מישורי לא מישורי	7 9	8 10
ג-1	מישורי לא מישורי	8 10	9 12
ג-2	מישורי לא מישורי	9 12	10 14
ד	מישורי לא מישורי	10 12	11 14

#### 5.2.4 שיפועים מירביים בעקומים אופקיים

בעקומים אופקיים בעלי רדיוסים קטנים והגבהות ציודיות גבוהות, עלול להתקבל שיפוע מירבי משוקלל גבוה. כדי למנוע תופעה זו, יש להגביל את הערכים המירביים של השיפוע האורכי המותר ליישום בציר הדרך בעקום, במקרה של שילוב בין עקומים אופקיים מעגליים בעלי רדיוסים קטנים מ-150 מטר ושיפוע אורכי גדול מ-5%: יש להקטין את השיפוע האורכי המירבי הלקוח מטבלה 5.1 ב-0.5% לכל הקטנה של 15 מ' ברדיוס העקום מתחת ל-150 מטר, ובכל מקרה השיפוע לא יעלה על 5%.

#### 5.2.5 שיפוע אורכי מזערי

הקריטריון הקובע את השיפועים המזעריים לאורך התוואי הוא ניקוז המים מפני המיסעה, כמפורט:

א. השיפוע האורכי המזערי לקטע דרך המוגבל משני צידיו באבני שפה הוא 0.5%.

ב. השיפוע האורכי המזערי המוחלט לקטע דרך שאינו מוגבל משני צידיו באבני שפה הוא 0.35%. בכל קטע בו מיושם שיפוע אורכי מזערי הקטן מ-0.5% בדרך שאינה מוגבלת באבני שפה, יש להגדיל את השיפוע הרוחבי בחתך הנורמלי בקו הישר ל-2.5%.

### 5.3 המרווח החופשי (גבריט)

בתכן התוואי האנכי בדרכי גישה לבסיס יש לשמור בגשרים ובמעברים את מרווחי הגובה החופשי (גבריטים) הבאים:

א. מעל מסילות ברזל – 6.5 מטר בקווים המיועדים לחישמול, 6.0 בקווים שאינם מיועדים לחישמול, בתאום עם רכבת ישראל.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

ב. מעל דרכי הגישה עצמן או במעברן מעל דרכים אחרות – 5.9 מטר, מעל כל נתיב. גובה זה הכרחי כדי לאפשר מעבר של כל סוגי צמ"ה ורק"ם על מובילים.

בנוסף לכך, יש לבדוק האם אין דרישות מיוחדות לקטע המתוכנן. המירווחים יימדדו בין הנקודה הנמוכה ביותר בתחתית קורות הגשר או המעבר העילי לבין הנקודה שמתחתיה בחתך הרוחב של הכביש.

בתוך המחנה יש לתכנן מראש את מסלולי הנסיעה של מטענים חורגים, ולוודא שבמסלולים אלה יישמר הגבריט הדרוש מתחת למכשולים קיימים ומתוכננים אחרים, כגון קירוים וכבלי חשמל.

### 5.4 עקומים אנכיים

#### 5.4.1 הגדרה ויעד

העקומים האנכיים הם המרכיב הגיאומטרי שבאמצעותו מבוצע שינוי השיפוע לאורך התוואי באופן הדרגתי ורציף. העקום האנכי הוא מטיפוס קמור או קעור, בהתאם למגמת הקטעים המשופעים. העקומים האנכיים הם מסוג פרבולה, שיתרונה בכך, שעקמומיותה הינה בעלת ערך קבוע לכל אורכה. עקומים אנכיים יתוכננו בהתאם לשיקולים של בטיחות, נוחות, ניקוז וחזות התוואי, כמפורט להלן לעקום קמור בסעיף 5.4.3, ולעקום קעור בסעיף 5.4.4.

#### 5.4.2 הפרשי שיפועים ללא עקום אנכי

כאשר ההפרש האלגברי בין שיפועי הקטעים העוקבים אינו עולה על המצוין בטבלה מס' 5.3, אין צורך בעקום אנכי ביניהם, ודי בביצוע החלקה מקומית של פני התוואים באזור ההשקה. המרחק בין נקודות שבר מוחלקות עוקבות לא יקטן מהאורך המזערי לעקום אנכי למהירות התכן, כמפורט ב-5.4.3 להלן.

### טבלה מס' 5.3 שינוי שיפוע אורכי מירבי, שאינו מצריך עקום אנכי

מהירות התכן (קמ"ש)	30	40	50	60	70	80	90
שינוי שיפוע (%)	1.3	1.15	1.0	0.8	0.7	0.6	0.55

#### 5.4.3 עקומים קמורים

הקשר בין אורך העקום האנכי הקמור לרדיוסו ייקבע בהתאם לנוסחה:

$$L = \frac{R \times A}{100}$$

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

כאשר:

- L – אורך העקום האנכי, במטרים.
- R – רדיוס העקום, במטרים.
- A – הפרש אלגברי בין שיפועי המשיקים, באחוזים.

הרדיוס המזערי של העקום הקמור ייקבע בהתאם לגדול מבין הרדיוסים הדרושים לפי שלושת הקריטריונים הבאים:

א. שיקולי בטיחות – הרדיוס המזערי המתאים למהירות התכן של קריטריון הראות, כמפורט בטבלה מס' 5.4.

ב. שיקולי נוחות – הרדיוס המזערי משיקולי נוחות, שהוא  $0.257V_d^2$ , כאשר  $V_d$  היא מהירות התכן בקמ"ש.

ג. שיקולי חזות התוואי – האורך המזערי הנקבע משיקולים חזותיים, שהוא  $1.0V_d$  כשהעקום מתוכנן לעצירה, ו- $2.0V_d$  כשהעקום מתוכנן לעקיפה, כאשר  $V_d$  היא מהירות התכן בקמ"ש.

עקום קמור יתוכנן לעקיפה דחוקה במקרים האמורים לעיל בסעיף 4.7.2, כלומר – בדרך דו-נתיבית (מחוץ לבסיס) שאורכה מעל ל-3 ק"מ ומתוכננת למהירות מעל 60 קמ"ש. אולם, כאשר מסיבות כלכליות לא ניתן לקיים רדיוס המתאים לעקיפה דחוקה, מופנית תשומת לב המתכנן לעובדה שמתן רדיוסים שגדולים מהערכים המתאימים למרחק ראות לעצירה אך קטנים מהערכים המתאימים למרחק ראות לעקיפה דחוקה, דווקא מגדילים את אורך הקטע שבו אסורה העקיפה.

ציור מס' 5.1 מציג את האורך המזערי של העקום האנכי הקמור המתוכנן לעצירה משיקולי בטיחות וכן את האורך המזערי משיקולי חזות התוואי, למהירויות התכן השונות. ציור מס' 5.2 מציג את האורך המזערי של עקום אנכי קמור המתוכנן לעקיפה דחוקה משיקולי בטיחות, וכן את האורך המזערי משיקולי חזות התוואי.

### 5.4.4 עקומים קעורים

רדיוס העקום הקעור יהיה בתחום האורכים המצוי בין הרדיוס המזערי שנקבע משיקולי בטיחות, נוחות וחזות התוואי, לבין הרדיוס המירבי שנקבע משיקולי ניקוז התוואי, כמפורט:

א. שיקולי בטיחות – הרדיוס המזערי המתאים למרחק הראות לעצירה בלילה, מפורט בטבלה מס' 5.5.

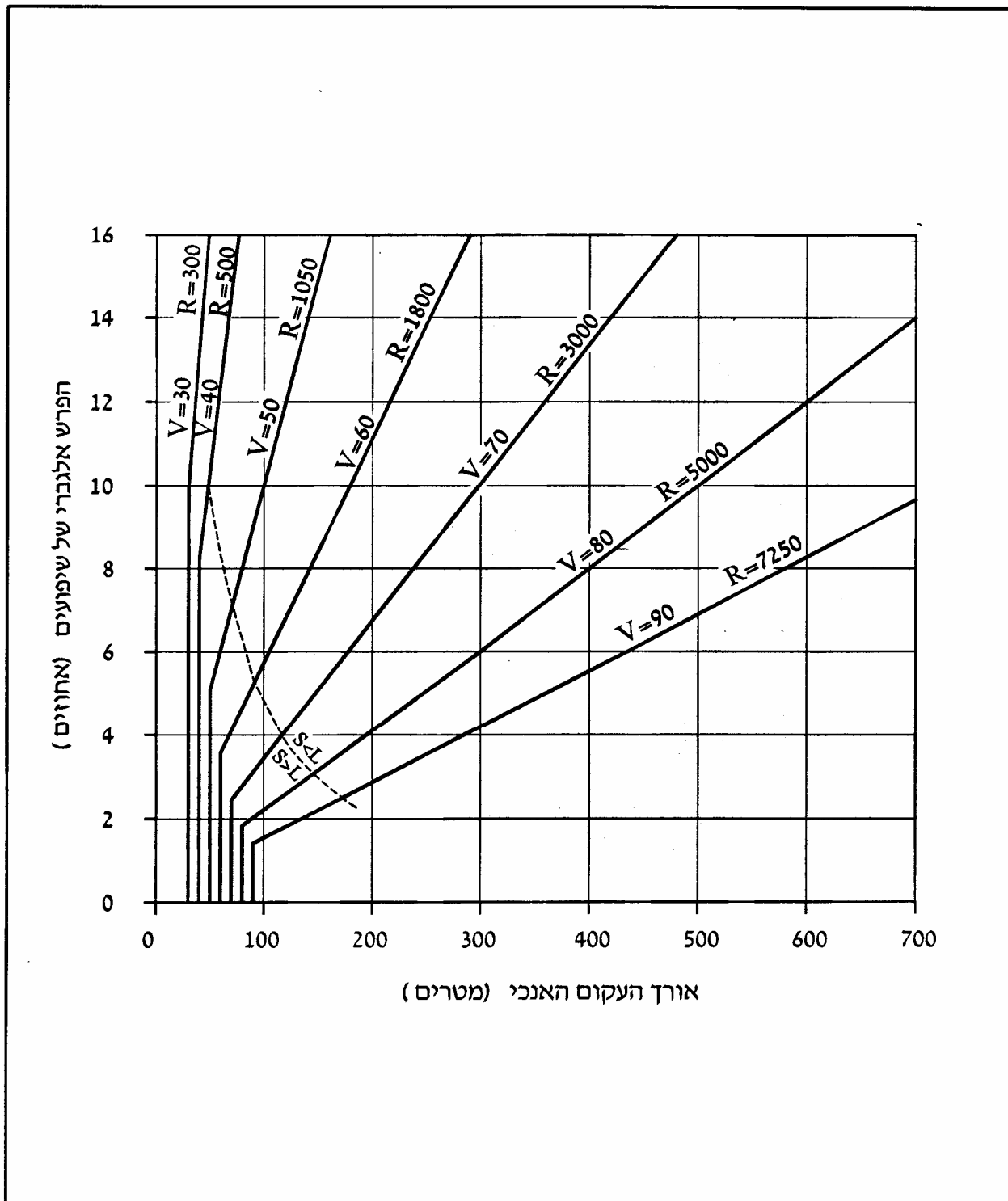
ב. שיקולי נוחות – הרדיוס המזערי הנקבע משיקולי נוחות הוא  $0.257V_d^2$ , כאשר  $V_d$  היא מהירות התכן בקמ"ש.

ג. שיקולי חזות התוואי – האורך המזערי הנקבע משיקולים חזותיים הוא  $1.0V_d$ , כאשר  $V_d$  היא מהירות התכן בקמ"ש.

ד. שיקולי ניקוז התוואי – הרדיוס המירבי הנקבע משיקולי ניקוז הוא 3,750 מטר.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

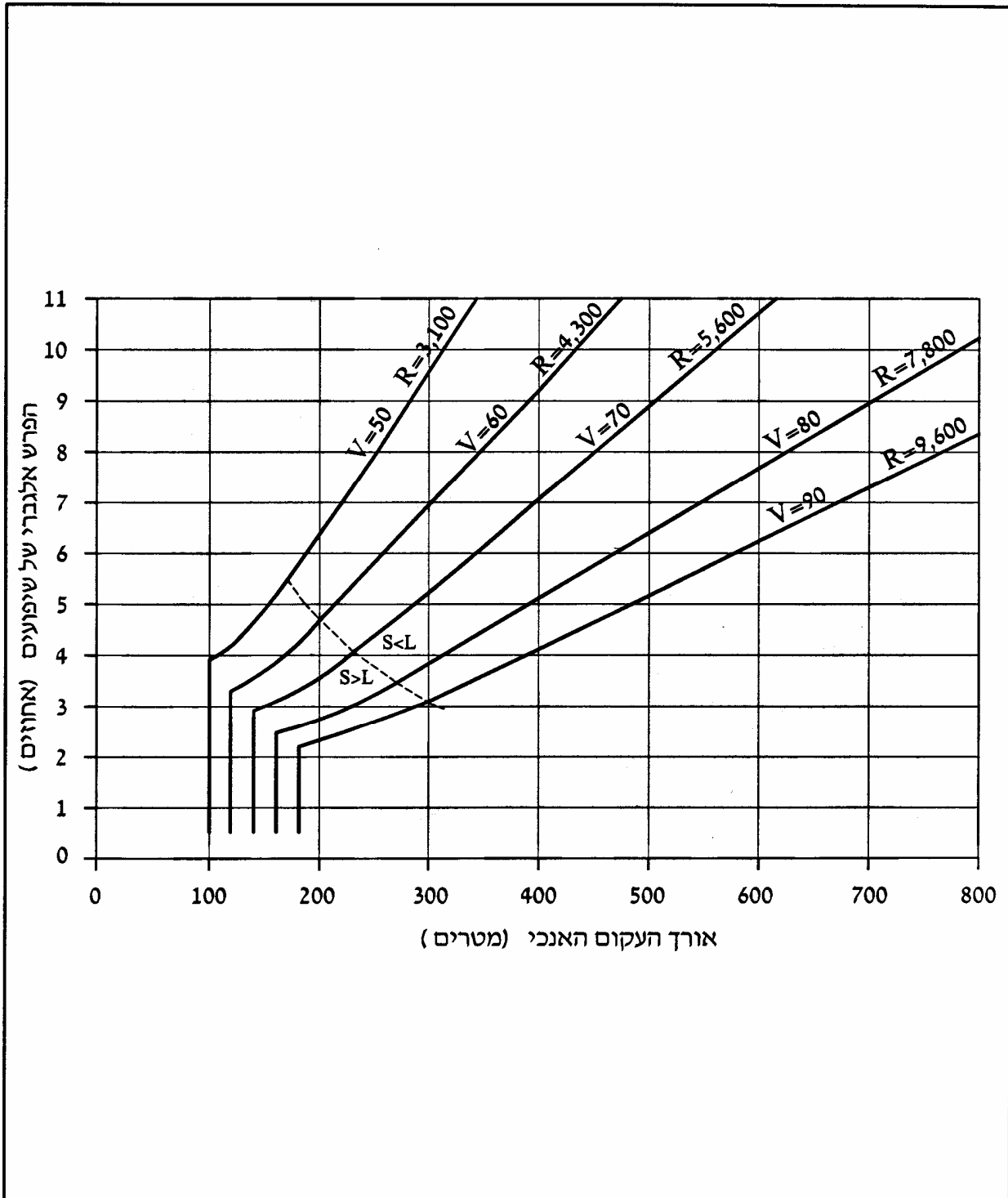
## חלק א' – תכן גיאומטרי



ציור מס' 5.1 האורך המזערי לעקום אנכי קמור לפי מרחק ראות לעצירה

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכנן גיאומטרי



ציור מס' 5.2 האורך המזערי לעקום אנכי קמור לפי מרחק ראות לעקיפה דחוקה

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

ציור מס' 5.3 מציג את האורך המזערי של עקום אנכי קעור משיקולי בטיחות, וכן את האורך המזערי משיקולי חזות התוואי, למהירויות התכן השונות.

### טבלה מס' 5.4 רדיוסים מזעריים לתכן עקום אנכי קמור משיקולים בטיחותיים (במטרים)

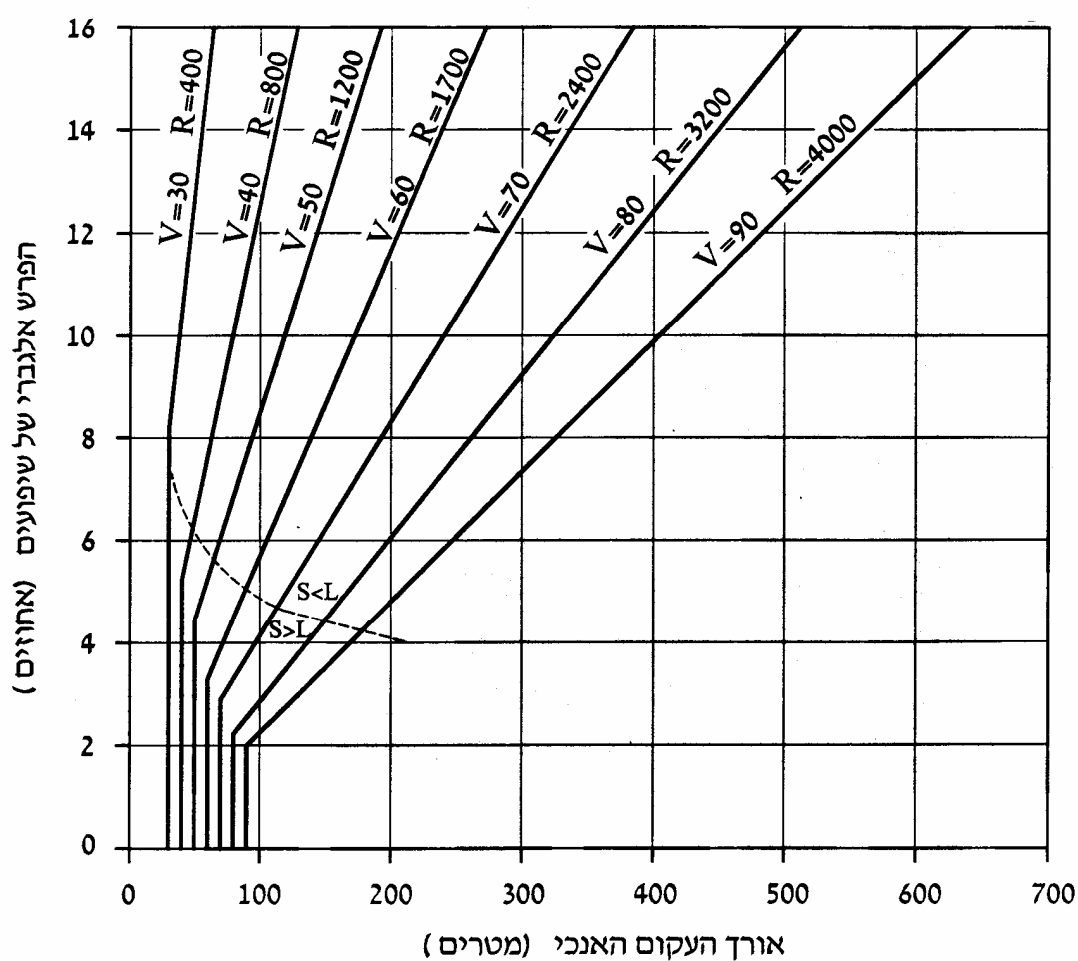
סוג מרחק הראות לתכן העקום		מהירות התכן (קמ"ש)
לעקיפה דחוקה	לעצירה	
---	300	30
---	500	40
---	1,050	50
4,300	1,800	60
5,600	3,000	70
7,800	5,000	80
9,600	7,250	90

### טבלה מס' 5.5 רדיוסים מזעריים לתכן עקום אנכי קעור משיקולים בטיחותיים (במטרים)

רדיוס מזערי (מ')	מהירות התכן (קמ"ש)
400	30
800	40
1,200	50
1,700	60
2,400	70
3,200	80
4,000	90

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי



ציור מס' 5.3 האורך המזערי לעקום אנכי קעור

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### פרק 6

## החתך לרוחב של דרכים

### 6.1 מבוא

תכנון נאות של החתך לרוחב מיועד לאפשר לכלי הרכב לתכן לנוע במהירות התכן בחופשיות ובבטחה, תוך התחשבות מלאה בתנאי התפעול. הגורמים הקובעים בדרך כלל את צורת ומידות החתך לרוחב הם:

- א. דרגת הדרך.
- ב. סוג כלי הרכב לתכן.
- ג. מהירות התכן.
- ד. נפח התנועה לתכן.
- ה. מספר הולכי הרגל.
- ו. תנאי תפעול מיוחדים (כגון: איזור הכניסה, טרמפיאדות וכו').

פרק זה מביא הנחיות לקביעת הצורה והמידות של החתך לרוחב. כל מערכי המידות המובאים להלן מתאימים לתנאים רגילים, כאשר המידות המובאות בהנחיות מייצגות דרישות מינימליות. פרק זה עוסק בכל הדרכים המופיעות בסיווג שבסעיף 2.1.3, למעט דרכי גישה דלילות-תנועה מסוג א-4, להן מוקדש פרק 8 בהמשך ההנחיות.

### 6.2 נתיבי הכביש

#### 6.2.1 מספר נתיבי הנסיעה

- א. **דרכי-גישה לבסיסים**, מסוגים א-1 עד א-3, תהיינה חד-מסלוליות דו-נתיביות. לאורך הגישה למחנות ולבסיסים לא צפוי בדרך-כלל נפח תנועה המצדיק חתך דו-מסלולי. באזורי השערים והכניסות יהיו הרחבות מקומיות, כמפורט בהמשך.
- ב. **לדרך גישה א-4**, ראה פרק 8 בהמשך ההנחיות.
- ג. **דרכים פנימיות** מסוג ב' או ג' תהיינה בדרך-כלל בעלות שני נתיבי נסיעה. שני נתיבים נוספים יתוכננו בדרכים מסוג ב' במקרים הבאים:
  - 1) באזור השער או הכניסה לבסיס לשיפור הזרימה ומניעת פקקים.
  - 2) כאשר הנפח השעתי לתכן בשני הכיוונים יחד עובר 1200 יר"ם לשעה (מצב נדיר בתחומי בסיסים).

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

3) בדרך מדרגה ב', כאשר לאורך הדרך קיימים צמתים תכופים ובהם פניות שמאלה והמרחק בין הצמתים קטן (כ-150 מטר). במקרה זה יש הצדקה למתן נתיב נוסף בדרך, המיועד לנסיעת כלי-הרכב הפונים שמאלה, לאורך הדרך.

ד. דרך מדרגה ד' תהייה דו-נתיבית אם הנפח התכנוני לשעת-שיא עולה על 50 כ"ר לשעה, וחד-נתיבית אם הנפח התכנוני אינו עולה על שיעור זה.

### 6.2.2 רוחב נתיבי הנסיעה בקטע ישר

רוחב הנתיבים בסוגי הדרכים השונות, מפורט בטבלה מס' 6.1. הרוחב המצויין בטבלה מיועד לתנועה ללא מובילי טנקים, ואילו בהערות (4) ו-(5) לטבלה מפורטות ההתאמות הנדרשות כאשר הדרך מיועדת לתנועה שוטפת של מובילים.

### טבלה מס' 6.1 רוחב נתיב תנועה בעבור דרגות הדרך השונות ובהתאם לתנאי הדרך, מ'. (רוחב מכסימלי של כלי הרכב 2.6 מ')<sup>(4)</sup>

דרגת הדרך <sup>(1)</sup>	תנאים מיוחדים	ללא אבני שפה משני צידי הדרך <sup>(5)</sup>	עם אבני שפה לפחות מצד אחד של הדרך
א-1	אזור מישורי או גבעי <sup>(3)</sup>	3.6	3.6
א-1	אזור הררי	3.3	3.6
א-2	אזור מישורי או גבעי	3.3	3.6
א-2	אזור הררי	3.0	3.3
א-3	—	3.0	3.3
יצאת חירום	חד-סיטרית	3.0	4.0
אזור השער	נתיב תנועה רגיל	3.3	3.6
אזור השער	נתיב נוסף לכניסה	3.0	3.0
ב-1	נתיב תנועה רגיל	3.3	3.6
ב-2	נתיב תנועה רגיל	3.0	3.3
ב-1, ב-2	נתיב מיוחד לפניה שמאלה	3.0	3.0
ג, ד	דו-נתיבי	3.0	3.3
ד	חד-נתיבי	4.0	4.5 <sup>(2)</sup>

(1) כמפורט בסעיף 2.1.3. לדרך א-4, ראה סעיף 8.3.

(2) הרוחב המיועדי של נתיב תנועה אחד לכוון אחד, המוגבל משני צידי באבני שפה הוא כדלקמן:

– בדרכים בהם לא עוברים מובילים רחבים – 4.5 מ'.

– בדרכים בהם עוברים מובילים רחבים – 5.0 מ'.

(3) ראה סיווג המאפיינים הטופוגרפיים בטבלה מס' 2.2.

(4) בדרך המיועדת לתנועת מובילים עם נתמכים להובלת טנקים, הגובלת מצד אחד באבני שפה, תורחב המיסעה האספלטית ל-9.5 מטר. הנתיבים יוצרו ל-3.6 מטר בעזרת אי צבוע נמשך מצידם החיצוני להצרה חזותית של המיסעה עבור כלי-רכב רגילים. לא רצוי לסלול מדרכות משני צידי דרך למובילים, שכן אז נדרש כביש ברוחב 10.0 מטר.

(5) בדרך המיועדת לתנועה דו-סיטרית שוטפת של מובילי טנקים יש לצפות באספלט את השוליים מעבר לכביש עד לרוחב מיסעה כולל של 8.5 מטר.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

---

### 6.2.3 רוחב הנתיב בעקום האופקי

בעקומים אופקיים ברדיוסים קטנים יש להרחיב את הנתיב. חישוב ההרחבה מוסבר בסעיף 4.5 בפרק 4 – "התוואי האופקי" של הנחיות אלה, וערכי התכן להרחבה הם כמפורט בטבלאות מס' 4.6-4.8 באותו פרק. הרוחב בצמתים יפורט בפרק 7 של הנחיות אלה.

### 6.2.4 נתיב חניה

בדרך-כלל יש לספק חניה לכלי הרכב במגרשים מחוץ לדרכים. אולם, בבסיסים קיימים יתכנו מקרים בהם יש צורך לספק חניה בצידי הדרכים, על-ידי הרחבת הדרך הקיימת. כאשר לא ניתן להימנע ממתן חניה לצד הדרך, יהיה רוחב נתיב החניה 2.0 מטר. בבסיסים בהם מיועד נתיב זה להתארגנות משאיות בשעת-חירום, הוא יורחב ל-2.5 מטר.

### 6.3 השיפוע לרוחב הכביש

סוג פני המיסעה בעבור סוגי הדרכים השונים, ידון בפרק 11 בהנחיות, העוסק במבנה דרכים. השיפוע הצידי הנורמלי של קטע דרך ישר (הקימרון הרגיל) בעל ציפוי אספלט או מיועד לקבל ציפוי אספלטי – 2%. השיפוע הצידי בכביש בין שוליים יהיה מציר הכביש החוצה לשני הצדדים. בכביש המצוי בין אבני שפה ייתכן שיפוע לצד אחד או לשני הצדדים, בהתאם לשיקולי הניקוז. השיפוע הצידי הנורמלי של קטע דרך בעל ציפוי גרנולרי קבוע הוא בין 3% ל-4%. השיפועים לרוחב בעקום אופקי יהיו בהתאם למפורט בסעיף 4.2 – "רדיוסים והגבהות בעקומים אופקיים", בהנחיות אלה.

### 6.4 שוליים

השיפוע הצידי של השוליים בחתך הנורמלי הוא 4%. ההפרש האלגברי המירבי בין השיפועים של המיסעה והשוליים הוא 7%. בעקומים אופקיים בעלי הגבהות גבוהות יהיה שיפוע השוליים כהגבהת הכביש, והשוליים החיצוניים יצופו אספלט. רוחב השוליים בעבור הסוגים השונים של הדרכים הוא כמובא בטבלה מס' 6.2 להלן.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### טבלה מס' 6.2 רוחב השוליים עבור דרגות הדרך השונות

רוחב שוליים, מ'*	דרגת הדרך
3.0 מכל צד	א-1, א-2
2.0 מכל צד	א-3
1.5 מכל צד	א-4
2.0 מכל צד	יציאת חירום
2.0 מכל צד	ב, ג, ד

\* שוליים בהם מוצב מעקה-בטיחות יורחבו ב-0.7 מטר.

### 6.5 אי-הפרדה

- א. אי-הפרדה מתוכנן במקרים הבאים:
- (1) בדרך רב-נתיבית, כדי להפריד בין התנועות העויינות.
  - (2) בצמתים, כאשר קיימת פניה מוגנת שמאלה.
- ב. הרוחב המיזערי המוחלט של אי-הפרדה הוא 1.20 מטר.
- הרוחב המזערי המוחלט של אי-הפרדה כאשר קיימת פעילות של הולכי רגל או כאשר ממוקם עליו עמוד תאורה הוא 2.0 מטר.
- הרוחב המזערי הרצוי של כל אי-הפרדה הוא 2.0 מטר.
- ג. על אי-ההפרדה להיראות בצורה ברורה ביותר ביום ובלילה, ועליו להיות מובדל מנתיב התנועה על-ידי צבע שונה. אי-הפרדה בנוי יותקן רק בדרך מוארת.

### 6.6 מדרכה

- א. באזור בנוי דרושה מדרכה בכל מקום בצידי הדרך, בו קיימת פעילות של הולכי-רגל.
- ב. באזור פנוי יש הצדקים לספק מדרכה מצד אחד לפי האמור בטבלה מס' 6.3 להלן.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### טבלה מס' 6.3 הצדקים להקמת מדרכה באזור פנוי

המספר היומי של הולכי הרגל הדרוש להקמת מדרכה בצד אחד	נפח שעת-השיא לתכן (כלי-רכב)
150	עד 100
100	מעל 100

- ג. על המדרכה להיות חלקה ובעלת פנים קשיחים כדי להכיל את תנועת הולכי הרגל.
- ד. רוחב המדרכה תלוי בתחזית מספר הולכי הרגל, אשר מוערכת מנתונים קיימים, או מהשוואה עם מתקנים קיימים זהים:
- הרוחב המזערי של מדרכה בעבור תנועה של עד 750 הולכי רגל בשעה – 2.0 מטר.
  - הרוחב המזערי של מדרכה בעבור תנועה שמעל 750 הולכי רגל בשעה – 2.5 מטר.
  - כאשר פעילות הולכי הרגל היא קטנה מאוד (מתחת ל-100 בשעה), ניתן לתכנן מדרכה ברוחב של 1.5 מטר.
- ה. השיפוע הרוחבי של המדרכה הוא בתחום 3%-5%, אל אבן השפה.

### 6.7 חתכים טיפוסיים

ציורים מס' 6.1-6.4 מביאים מספר חתכים טיפוסיים של דרכים בבסיסי צה"ל.

### 6.8 מקרים מיוחדים

#### 6.8.1 אזור השער

##### כללי

בכניסה לבסיס נוצרים לעיתים בשעות השיא פקקי תנועה אשר גורמים עיכובים לרכב שאינו צריך להתעכב לביקורת בשער. כדי לפתור בעיה זו, מקובל להוסיף נתיב תנועה נוסף לכניסה, מימין לנתיב הרגיל, לפי הכללים הבאים:

- א. בבסיסים בהם נפח התנועה הנכנס לבסיס בשעת השיא הוא מעל 250 כלי רכב, ניתן להוסיף נתיב כניסה.
- ב. רוחב נתיב הכניסה הוא 3.0 מטר.
- ג. נתיב הכניסה הנוסף יתחיל לפחות 50 מטר לפני השער ויסתיים לפחות 50 מטר אחרי השער.
- ד. הוספת נתיב הכניסה מתבצעת בעזרת לוכסן בהיסט 20:1.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

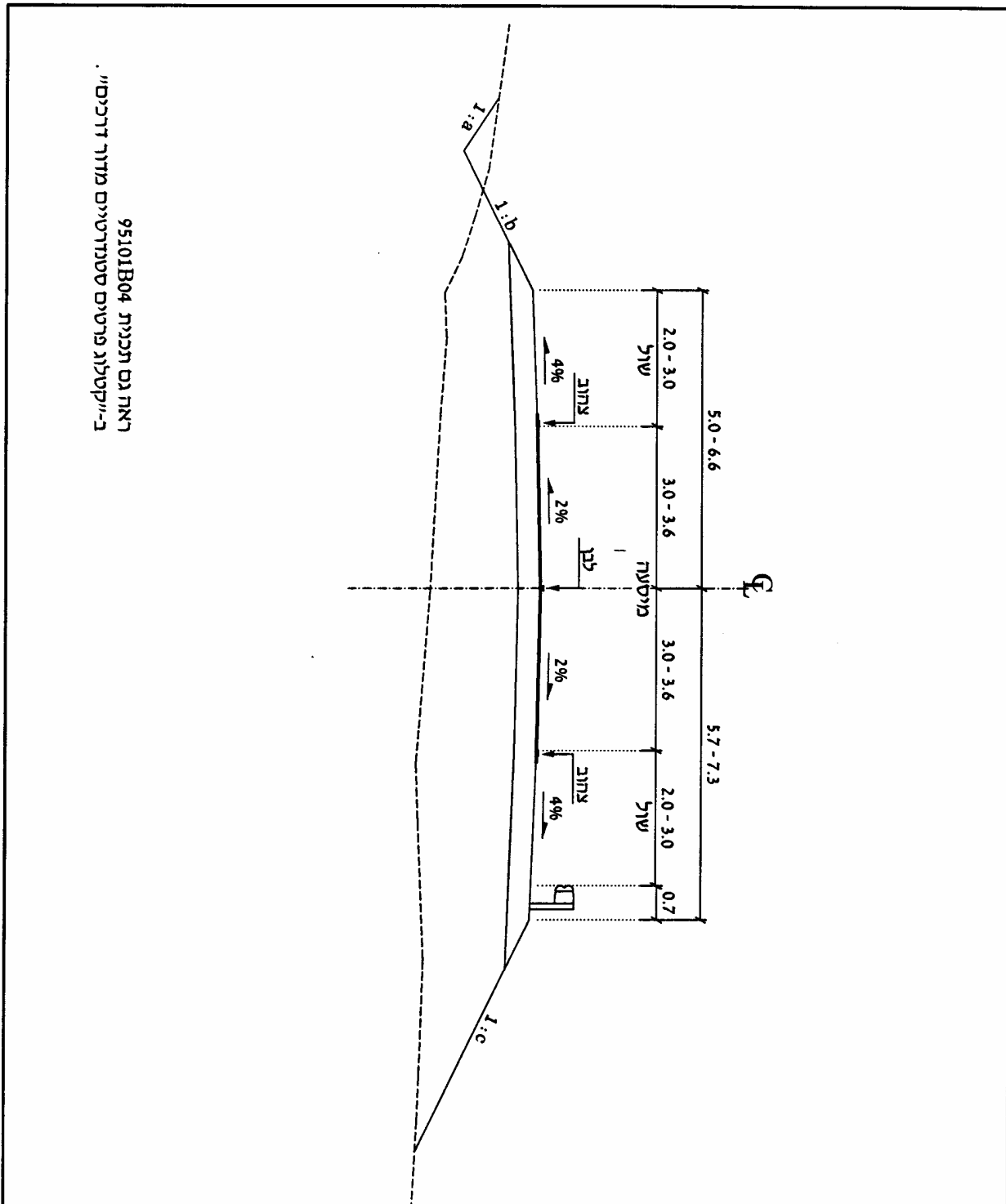
---

### 6.8.2 נתיבים לאיסוף נוסעים (טרמפיאדות, תחנת אוטובוס)

- א. נתיבי ההמתנה לנוסעים ימוקמו בהתאם לתוכנית האב.
- ב. רוחב נתיב ההמתנה הוא 3.0 מטר.
- ג. אורך הקטע של נתיב ההמתנה שרוחבו 3.0 מטר בטרמפיאדה הוא 10 מטר.
- ד. לוכסני נתיב ההמתנה הם בהיסט של 1:4 עד 1:8.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

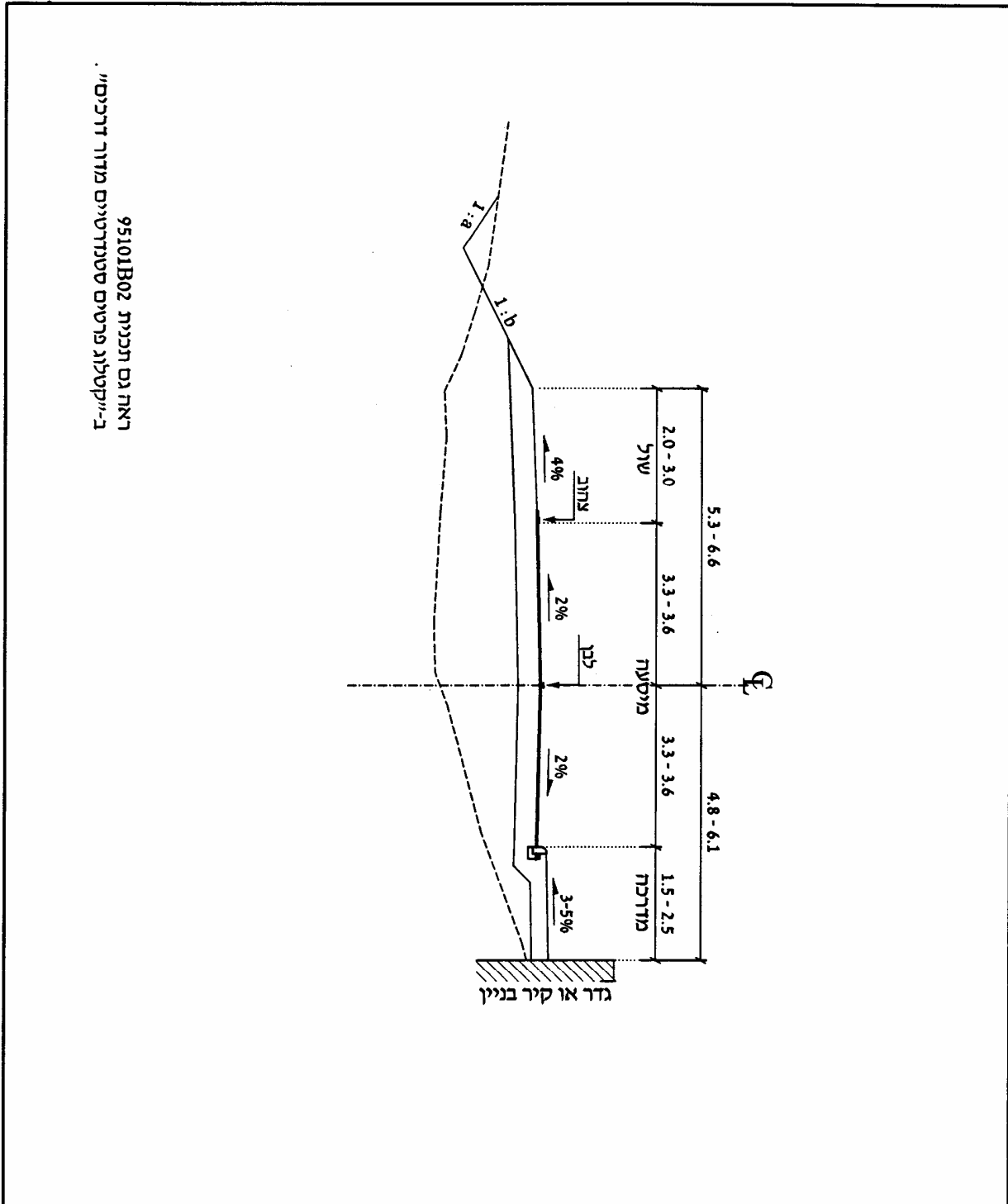


ראו גם תכנית 95101B04  
ב- "קטלוג פרטים סטנדרטיים מדור דרכים".

ציור מס' 6.1 חתך טיפוסי לרוחב דרכים דו-נתיביות ללא אבני-שפה בקטע ישר

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

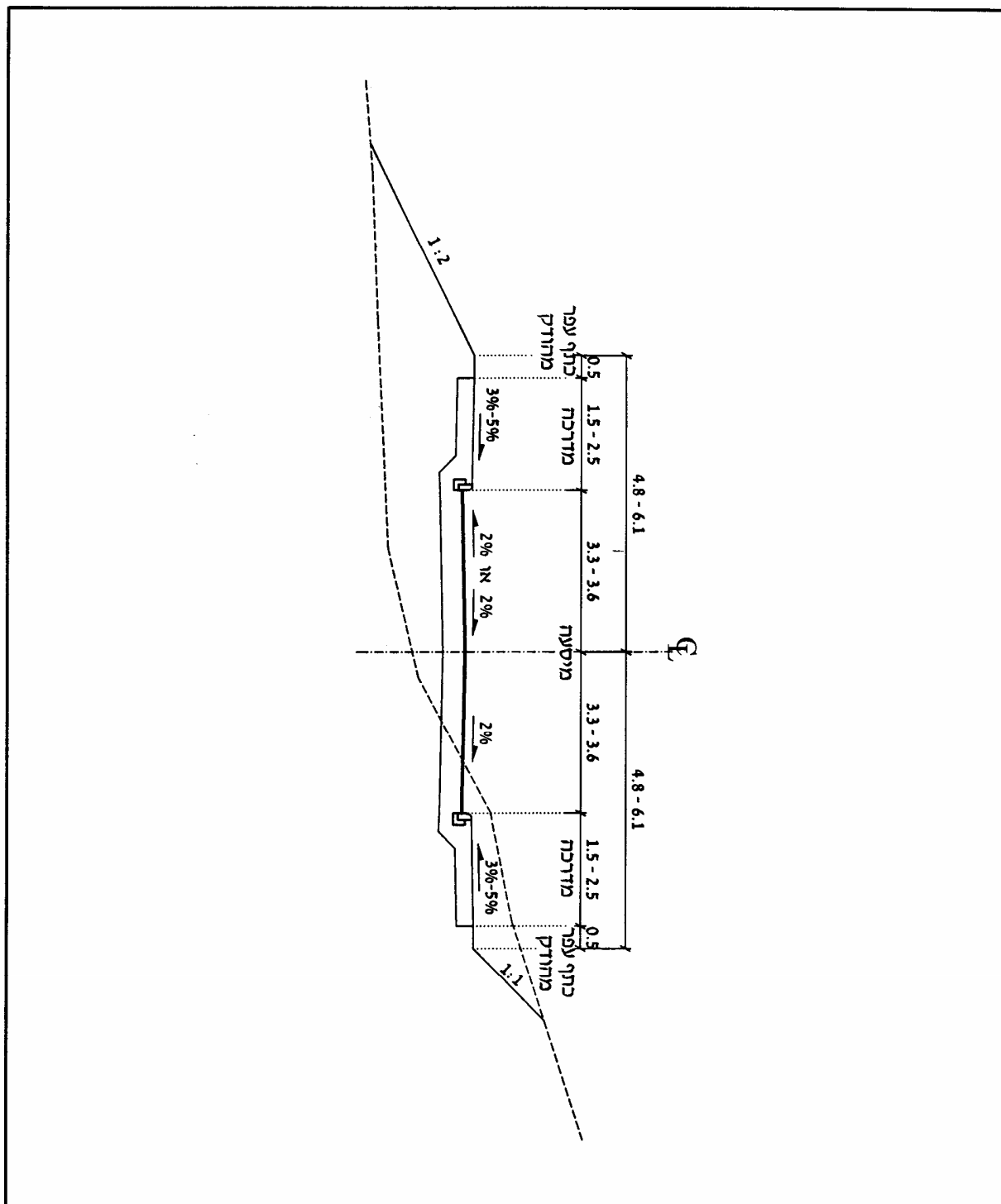
## חלק א' – תכן גיאומטרי



ציור מס' 6.2 חתך טיפוסי לרוחב דרכים דו-נתיביות עם מדרכה בצד אחד בקטע ישר

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכנן גיאומטרי



**ציור מס' 6.3** חתך טיפוסי לרוחב דרכים דו-נתיביות עם מדרכה בשני הצדדים בקטע ישר

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## פרק 7

### תכן צמתים

#### 7.1 מבוא

##### 7.1.1 תפקיד הצמתים ברשת

צמתים הינם מרכיב חשוב בכל מערכת דרכים, בהיותם המוקדים המאפשרים לרשת הדרכים למלא את תפקידי הנגישות שלה. מיקום הצמתים והתכן שלהם משפיעים במידה רבה על יעילותה ועל בטיחותה של מערכת הדרכים. הצמתים מהווים גם נקודות-תורפה מבחינת תאונות.

הצומת מהווה נקודת מוקד של מערכת הדרכים הנפגשות משלוש בחינות:

**א. נגישות:** בצמתים מתפלגת התנועה לכיוונים השונים לפי יעדי הנסיעה, ובאמצעות הצומת מגיע הנהג אל יעדיו. הצומת הינו נקודת החלטה עבור הנהג ומשמש, יחד עם זאת, כציון דרך להתמצאות במערכת.

**ב. קיבולת:** בגלל ההיחטכות של זרימות התנועה השונות בצומת, ובגלל ריבוי הפניות, הופך הצומת ל"צוואר הבקבוק" של מערכת הכבישים. מכאן נובע כי קיבולת המעבר של כיווני התנועה השונים בתוך הצומת היא הקובעת את הקיבולת המעשית בכל אחד מצירי הגישה.

**ג. בטיחות:** בצומת נפגשות זרימות תנועה מנוגדות, ומתבצעים תמרונים שונים ושינויי מהירות על-ידי הנהגים, לבחירת כיוון הנסיעה. גורמים אלה יכולים להביא להתנגשויות באזור הצומת, ולכן חשיפת הנהג לתאונה גדולה יותר בתחום הצומת מאשר ביתר המקומות במערכת הכבישים.

##### 7.1.2 הנחיות לתכן צמתים של רשויות אזוריות

בעת כתיבת הנחיות אלה, קיימות בישראל שתי מערכות הנחיות משלימות לתכן גיאומטרי של דרכים וצמתים:

א. "הנחיות לתכנון רחובות בערים" של משרדי השיכון והתחבורה, המיועדות לתכן של מערכת הרחובות העירוניים (מהדורה נוכחית – אוגוסט 1989, מהדורה חדשה צפויה ב-2003).

ב. "הנחיות לתכן גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות" של מע"צ במשרד התחבורה, המיועדות לתכן מערכת הדרכים הבין-עירונית (מהדורה נוכחית – יולי 2000).

בכל אחת ממערכות הנחיות אלה, מוקדש הכרך השני בשלמותו לנושא התכן הגיאומטרי של צמתים. ההיקף הגדול של ההנחיות הייחודיות לצמתים נדרש בשל המורכבות הרבה של תכן צמתים. הצורך בשתי מערכות הנחיות שונות נובע מההבדלים ההנדסיים והתפעוליים העקרוניים בין התשתית העירונית לתשתית הבין-עירונית, כמו גם לשוני בין הרכבי תנועת המשתמשים בדרך בשני התחומים.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## 7.1.3 צמתים בהנחיות אלה

בדרכים שבמחנות צה"ל קיימות שלוש מערכות שונות של צמתים, הנבדלות זו מזו בתפקודיהן ברשת ועקב כך במאפייניהן ההנדסיים:

**א. צמתים עם דרכים אזרחיות:** צמתים המפגישים בין דרך גישה לבסיס, מסוג א-1 עד א-4, כהגדרתן בסעיף 2.1.3, לבין דרך אזרחית המצויה באחריות רשות מקומית או אזרחית, או באחריות מע"צ. אופי הצומת והתכן העקרוני שלה ייקבע בהתאם לדרך האזרחית העוברת בצומת – עירונית או בין-עירונית, ובהתאם לסיווג שלה במידרג האזרחי המתאים. צמתים אלה יתוכננו בהתאם להנחיות של הרשות האזרחית הרלוונטית, כמפורט בסעיף 7.1.2 לעיל, ולא יטופלו בנפרד בהנחיות הנוכחיות.

**ב. צמתים בין שתי דרכי-גישה צבאיות:** צמתים בשטח צבאי אך מחוץ למחנה הבנוי, המפגישים בין שתי דרכי-גישה שבאחריות צה"ל, שסיווגן א-1 עד א-4. לצומת כזה בדרך-כלל מאפיינים של צומת בין-עירוני בסיווג נמוך (מקומי/גישה), ויתוכנן בהתאם להנחיות מע"צ ולהתאמות בפרק הנוכחי.

**ג. צמתים בין שתי דרכים פנימיות:** צמתים בתחומי מחנה, המפגישים שתי דרכים שסיווגן בין ב' ל-ד'. לצמתים אלה מאפיינים של מפגש בין שני רחובות עירוניים, ויתוכננו בהתאם להנחיות משרד השיכון ולהתאמות בפרק הנוכחי.

רבים מן הפרטים ועקרונות התכן שבהנחיות האזרחיות לתכן צמתים תקפים גם בצמתים שבמחנות צה"ל, והמתכנן מופנה במקרים רבים לשימוש בהנחיות הללו, במהדורתן המעודכנת. בפרק להלן יובאו רק אותם פרטים ועקרונות ששונים מההנחיות האזרחיות, עקב אופייה המיוחד של הרשת הצבאית והדרישות ממנה, וסוגי כלי הרכב האופייניים לה.

בהנחיות אלה יושם דגש על ההיבט הבטיחותי, שכן נושא הקיבולת והעיכובים בצמתים הינו משני בחשיבותו בתכן במחנות, מאחר שנפחי התכן החזויים אינם צפויים לנצל במלואה את קיבולת הרשת. ההנחיות עוסקות רק בצמתים לא מרומזרים, שכן, ככלל, צמתים בשטח צבאי לא יגיעו להצדק לרימזור.

## 7.1.4 הגדרות, מושגים ומונחים

להגדרות של תחום הצומת, מבואות הצומת, מושגים בסיסיים בתכן צמתים בהם ייעשה שימוש בפרק זה וסוגי הצמתים השונים, ראה פרק 2 – "הגדרות ומושגים כלליים בתכן צמתים", בהנחיות לתכן צמתים של מע"צ.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## 7.2 תהליך התכנון ועקרונות התכנון

### 7.2.1 שיקולים מנחים בתכנון צמתים

השיקולים העיקריים המנחים את המתכנן בתכנון הגיאומטרי של הצומת ושל הסדרי התנועה בו, קשורים בחמשת התחומים הבאים:

א. התאמת הצומת לתפקידו במערכת הדרכים, הן מבחינת תפקידי הנגישות והן מבחינת זרימת התנועה.

ב. התאמת הצומת לסוגים השונים של כלי-הרכב המרכיבים את התנועה העוברת בו, הן בשיגרה והן בחירום, למידותיהם ולתכונותיהם.

ג. התאמת הצומת לכללי הנדסת-אנוש, המבוססים על תכונות הנהגים.

ד. שמירה על כללי בטיחות ומניעת תאונות.

ה. היבטים כלכליים.

מהשיקולים המפורטים לעיל נובעת שורה של עקרונות תכנון, כמפורט להלן:

א. **שמירה על מרחק מתאים בין צמתים** – המרחק בין צמתים צריך להיקבע תוך התחשבות בהבטחת הנגישות למתקנים הסמוכים מחד, ומניעת נהיגה מאולצת ומטרדים בעקבות ריבוי הצמתים, מאידך.

ב. **חד-משמעיות ההוראות לנהג** – על הצומת להיות מוסדר בצורה המסייעת לפשוט תגובת הנהג והמאפשרת לו לקבל החלטה יחידה ללא צורך באפשרויות מורכבות. עקרון חד המשמעיות יכול להיות מושג באמצעות הסדרי ניתוב ותימרוך ברורים ומתאימים.

ג. **אחידות ההסדרים** – התכנון של הצמתים יהיה אחיד ועקבי, עד כמה שאפשר. מניעת הסדרים חריגים מאפשרת לנהג להכיר בקלות את הצומת שלפיו, ומגבירה את כושר התמצאותו בהסדרי התנועה המתוכננים.

ד. **צמצום שטח הצומת** – שטח הצומת יצומצם עד כמה שניתן מבלי לפגוע בתיפקודו וזאת על-מנת להקטין את משך פינויו של שטח היווצרות הניגודים.

ה. **הבטחת הראות** – יש לתכנן את הצומת כך שיתקיימו בו מרחקי-ראות, המאפשרים לנהג המתקרב לצומת להבחין ב-:

(1) קיומו של הצומת.

(2) צורת הצומת והסדרי התנועה בו.

(3) מיקומם ותנועתם של כלי-הרכב האחרים.

(4) המשך מסלול נסיעתו מעבר לצומת.

ו. **שמירת הכיוון הראשי** – תובטח המשכיות טבעית וישירה של הציר הראשי בתוך הצומת. דבר זה יבהיר בהתקרבות לצומת את חובת מתן זכות הקדימה, ויצמצם את ההפרעות למרבית כלי-הרכב בצומת.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

- ז. **התאמה לסוגי הרכב** – תכן הצומת ומרכיביו יותאם לסוגי כלי-הרכב השונים כדי לאפשר תנועה שוטפת של כל סוגי כלי-הרכב הצפויים בו, הן בשגרה והן בחרום, מבלי להפריע לתנועות האחרות. יחד עם זאת, התכנון יאפשר, במקרים יוצאי-דופן, תנועת כלי-רכב חריגים אשר עלולים להיקלע לצומת לעיתים רחוקות, תוך גרימת הפרעה מסויימת.
- ח. **הבלטת נקודות הניגוד** – נקודות הניגוד בצומת יובלטו וירוכזו בשטח ברור, כדי לאפשר לנהגים להגיב באופן מבוקר ושקול. התנועות המתנגדות יופגשו ויופרדו במקומות מוגדרים ובולטים לעין הנהג, כך שיוכל לצפות את כיוון חציית נתיב תנועתו על-ידי תנועות נוגדות.
- ט. **התאמה להולכי-רגל (ורוכבי אופניים)** – תכן הצומת צריך להתחשב בקיומה של תנועת הולכי-רגל (ורוכבי אופניים), אם צפויה כזו באזור הצומת.
- י. **טיפול בתחבורה ציבורית ותחנות הסעה** – אם בצומת עוברים קווי אוטובוסים או הסעות וקיימת בו פעילות נוסעים, תכן הצומת צריך להתחשב בפעילות זו. את תחנות האוטובוס וההסעה יש לאתר במקומות, אשר מצד אחת קרובים לצומת ככל הניתן, מצד שני מהווים הפרעה מזערית לתנועה השוטפת, תוך התחשבות במרחקי הראות הדרושים וכן במאפייני ההאטה וההאצה של הרכב העוצר. כן יש להתחשב בפעילות הולכי-הרגל הנוצרת בצומת עקב קיום התחנות.

## 7.2.2 שלבי תהליך התכן והנתונים הדרושים

תהליך התכניה של הצומת הוא תהליך החלטה מורכב החייב להתבצע בשלבים. שלבי התכן העיקריים הם:

(א) קביעת מטרות התכן

(ב) איסוף נתוני הרקע לתכן

(ג) תכן מוקדם

(ד) תכן מפורט

לפירוט תהליך התכן והשלבים העיקריים בו ראה סעיפים 2.5 – "שלבים בתכנון צומת", ו-2.6 – "אופן הגשת התכנון", בהנחיות משרד השיכון לצמתים.

לפירוט נתוני התכן הדרושים ראה פרק 3 – "הנתונים הדרושים לתכנון", בהנחיות משרד השיכון לצמתים. בשטחי צה"ל חשוב במיוחד לחזות את אופן התיפקוד של הצומת בעיתות חרום.

## 7.2.3 כלי הרכב לתכן

בפרק 3 בהנחיות נדונו במפורט מאפייני הרכב לתכן בדרכים צבאיות, ובחירת סוג הרכב לתכן. בסעיף 3.4 לעיל רוכזו ההמלצות לבחירת הרכב לתכן, הן בתחומי הבסיסים והן בדרכי הגישה אליהם, תוך התאמה לסוגי הבסיסים ולאזורי הפעילויות בבסיס. ההנחיות שנקבעו שם הן להשתמש במשאית כרכב-התכן בפנים הבסיס, באוטובוס כרכב-התכן לדרכי הגישה, וכן ניתנו הנחיות מפורטות לחריגה.

- ככלל, סוג הרכב לתכן הצומת על מרכיביו יהיה בדרך-כלל הגדול מבין כלי-הרכב לתכן המשתמשים בצירים הנפגשים בצומת זה, (הרכב הדורש את התנאים הקריטיים) כפי שהם

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

נקבעים על-פי הכללים שבסעיף 3.4, למעט אותם מקרים בהם ברור שחלק מסוגי הרכב הגדולים העוברים בדרך העיקרית לא יפנו ולא יכנסו לדרך המשנית (למשל הסתעפות בין דרך ג-2 המיועדת למובילי נגמשים לבין דרך ד' המובילה למגורים בלבד). בנוסף לכך, באזורי מנהלה מובהקים כגון מגורים ומשרדים, ללא צורך באספקה שוטפת, ניתן בהחלט לתכנן לתנועת רכב פרטי בלבד ולהקטין בכך שטחי הצמתים.

- כתוצאה מהאמור לעיל, לא ניתן לקבוע הנחיות גורפות לתכן צמתים במחנות על-פי מדרג הדרכים, בשל ההבדלים בפעילויות בין בסיסים שונים ואפילו בין שתי דרכים מאותה דרגה שבאותו בסיס. אי לכך, כחלק מתכנון רשת הדרכים במחנה, על המתכנן להעריך באופן מפורט את מסלולי הנסיעה החזויים לכלי-הרכב מהסוגים השונים בתחומי הבסיס, ומסלולי הפניות בכל צומת לגופו, כדי לוודא את התאמת מאפייני התכן בצמתים השונים שבבסיס לכלי-הרכב לתכן באותו ציר.
- יש להיזהר הן ממצב של תכנון-חסר, שלא יענה לדרישות כלי-הרכב, והן ממצב של תכנון-יתר, שהוא בזבזני. התכן הגיאומטרי יושלם באמצעות הסדרי תנועה שיבטיחו את הכוונת כלי-הרכב לאזורים שתוכננו עבורם, והוצאתם מאזורים אחרים. הדבר חשוב במיוחד ביחס לכלי-רכב מסורבלי תנועה, כדוגמת משאיות טקטיות ומובילי טנקים.
- בצמתים של דרך גישה לבסיס עם דרך אזרחית, ייקבע הרכב לתכן על-פי סוג הרכב לפיו תתוכנן דרך הגישה והצמתים שלאורכה.
- חשוב לזכור, כי תכנון של צומת לתנועה נוחה של הרכב לתכן מאפשרת בדרך-כלל מעבר בדוחק של רכב גדול יותר, לעיתים תוך "פלישה" רגעית לנתיב הסמוך, וגרימת הפרעה לתנועה. יש לתכנן צומת כך, שהפרעות אלה לא תהיינה תדירות.
- כאשר בצומת מתוכננים אמצעי-הכוונה וניתוב בנויים (איים, תמרורים, אבני-שפה וכיוצ"ב), צריך המתכנן לוודא שאלה לא ימנעו את המעבר בצומת של כלי-הרכב הגדול ביותר החזוי בצומת גם באופן אקראי. במיוחד חשובה בדיקה זו בבסיסים בהם צפויה תנועה של מובילים בשגרה או בחרום: על המתכנן לחזות את צירי התנועה במחנה של כלי-הרכב החורגים ממסגרת התכן, ולוודא שהתנועה בצירים אלה אכן תתאפשר על כל הפניות המתוכננות.

## **7.3 קביעת סוג הצומת המתאים, צורתו ומיקומו בתוואי**

### **7.3.1 כללי**

הגורמים המכתיבים את סוג הצומת והצורה הכללית שלו הינם:

א. מספר הזרועות הנפגשות בצומת.

ב. זווית המפגש בין הזרועות.

ג. טופוגרפיה.

בעת הקביעה של הצורה המדוייקת והסופית של הצומת על המתכנן לקחת בחשבון את הגורמים הנוספים הבאים:

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

- א. מידרג הדרכים הנפגשות ונפחי התנועה המגיעים מהכיוונים השונים, בשיגרה ובחרום.
  - ב. צורת הבקרה הרצויה בצומת.
  - ג. צורתו וגודלו של השטח הניתן לניצול.
- על המתכנן לשקול ולבדוק את כל החלופות האפשריות לצורך הקביעה הסופית של צורת הצומת בהתאם לשיקולים ולהנחיות המפורטות להלן בסעיף זה.

## 7.3.2 הסתעפות או הצטלבות

שתי הגרסאות הנפוצות של צמתים הן בהצטלבות (צומת ארבע-זרועי) וההסתעפות (צומת תלת-זרועי). מספר נקודות הניגוד בהצטלבות הוא גדול יחסית להסתעפות, והסיכון היחסי בהצטלבות גדול יותר, בייחוד בצומת לא-מרומזר.

לאור הניסיון שהצטבר בארץ, רצוי להעדיף הסתעפויות על-פני הצטלבויות, משיקולים בטיחותיים, במיוחד בצמתים שבין שתי דרכי-גישה (א-.....), בהן המהירויות גבוהות יותר מאשר בתוך שטח הבסיס. במקרה שיש צורך לחבר לציר העיקרי שתי זרועות נגדיות סמוכות, רצוי ליצור צומת מדורג באמצעות הרחקת הזרועות המשניות זו מזו למרחק של עשרות מטרים. לפירוט נוסף בנושא צמתים מדורגים ראה סעיף 10.5 בהנחיות מע"צ. בתוך הבסיס לא תמיד ניתן להימנע מהיווצרות הצטלבויות – ראה למשל התרשים הסכמתי שבציור מס' 2.1.

## 7.3.3 צורות בלתי רצויות

להלן מספר צורות של צמתים, בעלי חסרונות, שמומלץ להימנע מהשימוש בהם ברשת, כמפורט בציור מס' 7.1:

- א. **הסתעפות "Y" מלגזית** – צורה זו אינה רצויה, מאחר שבהסתעפות זו קשה להבטיח תנאי ראות הדדיים בין כלי-הרכב המגיעים מכל אחת משתי הזרועות המצויות בזווית חדה ביניהן. הזרוע הסמוכה מצויה מחוץ לשדה הראייה הטבעי של הנהג, וכל מכשול סמוך לדרך מסתיר שטח ניכר. בנוסף לכך, לא מודגש בצומת זה הכיוון הראשי, ושטח הצומת המתקבל הוא גדול ומחייב שימוש ניכר באמצעי ניתוב.
- ב. **הסתעפויות "Y" מסוג "ע" או "צ"** – גם הסתעפויות אלה אינן רצויות, למרות שהכיוון הראשי בהן ברור. בשני סוגי ההסתעפות, אחת מהפניות שמאלה היא בזווית חדה, אשר קשה לביצוע, ודורשת שימוש ברדיוסים קטנים ובהרחבות גדולות. עקב כך, יצירת הניתוב הנדרש לצורך הכוונת הנהג בפנייה והקטנת שטח הצומת, היא קשה. בנוסף לכך, עבור נהג המגיע מהדרך המשנית, אחת מזרועות הדרך העיקרית מצויה מחוץ לשדה הראייה הטבעי שלו.
- ג. **הצטלבות אלכסונית** – לצומת זה כל המגבלות של ההסתעפויות שהוזכרו בסעיפים א' ו-ב' לעיל, בנוסף להגדלת מס' נקודות הניגוד עקב ההצטלבות, ולכן היא מסוכנת לנהגים.
- ד. **צומת בעל יותר מארבע זרועות** – מספר נקודות הניגוד בצומת בעל יותר מ-4 זרועות הוא כה גדול, שאין פתרון גיאומטרי נאות לצומת מבלי לנקוט באחד מהאמצעים, כדלקמן:

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

- 1) ביטול חיבורה של אחת הזרועות לצומת.
- 2) ביטול פניות שמאליות מסוימת בעלות עוצמת תעבורה קטנה.
- 3) קביעת חד-סיטריות בחלק מזרועות הצומת.
- 4) יצירת צומת סיבובי.

## 7.3.4 שמירת הכיוון הראשי בצומת

צורת הצומת תיקבע כך, שתבטא את המידרג התפקודי של הדרכים הנפגשות באמצעות הצורה הגיאומטרית. השאיפה היא, שהכיוון הראשי יקבל המשכיות טבעית בתוך הצומת, וזאת במטרה להדגיש בעזרת ההסדרים הגיאומטריים את התנועות אשר חייבות במתן זכות הקדימה.

קביעת הכיוון הראשי בצומת תעשה לפי מידרג הדרכים, ולא לפי נפחי התנועה, בהתאמה לשיקולים הבאים:

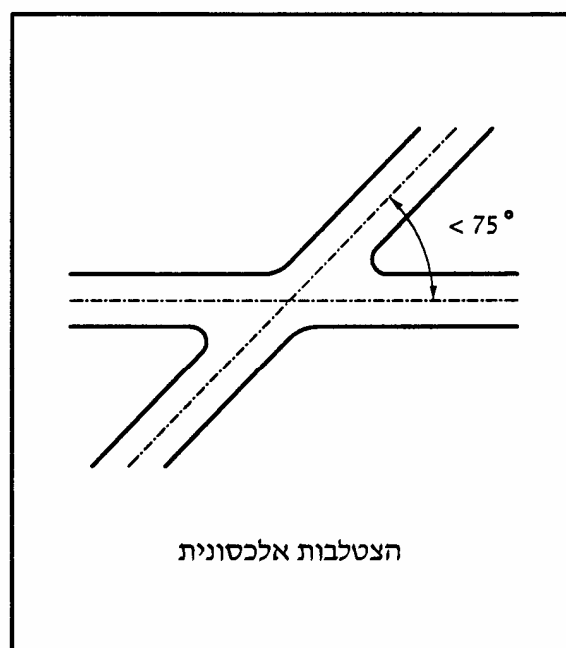
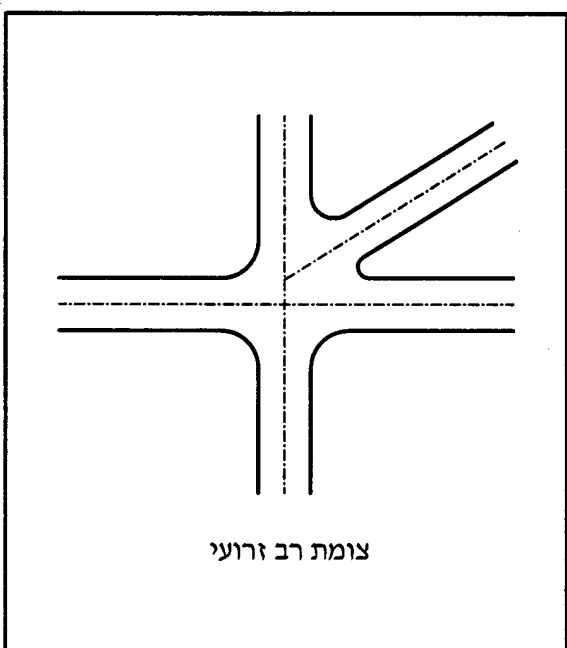
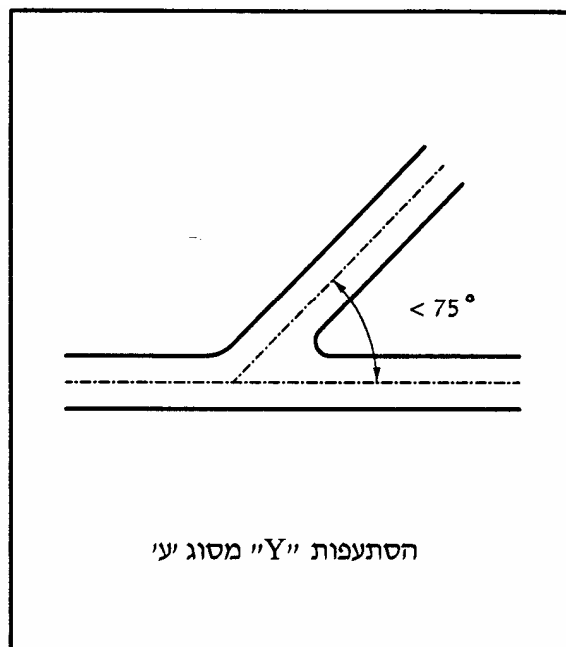
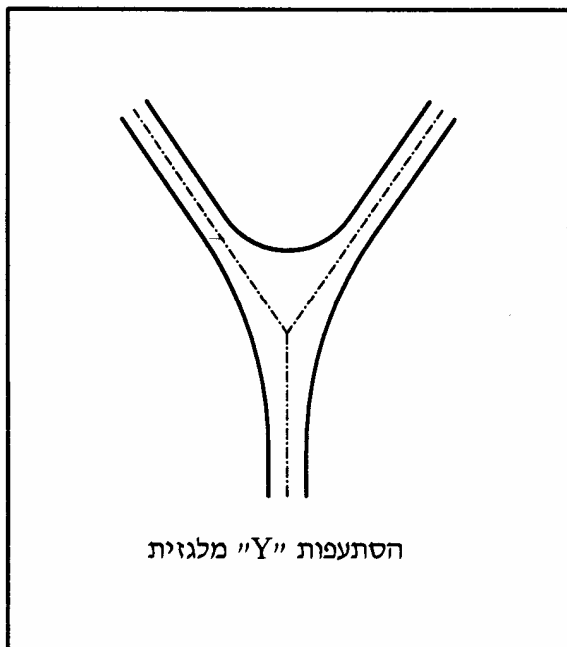
- א. להבהיר לנהג את מבנה הרשת על-מנת לאפשר לו התמצאות טובה.
- ב. לקבוע אופן התנהגות עקבי לאורך הציר הראשי.
- ג. לכוון את הנהגים לשימוש נכון ברשת הדרכים, ולמנוע גידול בנפחי התנועה בכבישים שאינם מתאימים להעברת נפחים אלה.

כאשר הצורה הגיאומטרית של הצומת אינה משקפת את מידרג הדרכים, את התנועות העיקריות או את הסדרי התנועה הרצויים, רצוי לשנות את צורת הצומת, כמתואר בציורים מס' 7.2, 7.3:

א. בציור מס' 7.2 מוצג מצב בו הצורה המקורית של ההסתעפות אינה מתאימה למידרג הזרועות הנפגשות – הדרך הגבוהה במידרג אינה מקבלת את המשכיות הטבעית. מבנה הצומת והסדרי הניתוב בו אינם מדגישים למתקרב לצומת מהכיוון המשני, את חובת ההאטה ומתן זכות הקדימה. התיקון הרצוי הוא באמצעות הגדלת הרדיוס בציר הראשי, כך שיראה בתוואי כתפנית דרך למהירות גבוהה, ופיתול תוואי הזרוע המשנית לפני חיבורה לדרך הראשית, בזווית ניצבת ככל האפשר.

ב. בציור מס' 7.3 קיימת סתירה דומה למוצג בציור מס' 7.2 כאשר הצורה המקורית של ההצטלבות אינה מתאימה להמשכיות הכיוון הראשי. מקרה זה קשה יותר לפתרון, בגלל ריבוי הזרועות. מאחר שהמגמה היא להמעיט בחיבורים לציר הראשי, הרי שיש לבחור בין ניתוק אחת מהזרועות המשניות לבין האפשרות המוצגת בציור מס' 7.3 – חיבורה לזרוע המשנית האחרת במרחק מסוים מהצומת, שיאפשר את הסדרי התנועה ומרחקי הראות הנדרשים לשני הצמתים. ההחלטה לגבי הפתרון

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל



ציור מס' 7.1 צורות של צמתים שאינן רצויות בשימוש

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

המועדף תלויה בנפחי התנועה בזרועות המשניות, בקיום צירים חלופיים לאחת מהן וכד'. לחילופין, ניתן לבדוק את האפשרות להפוך את הצומת לסיבובי, כמפורט בסעיף 7.12 בהמשך ההנחיות.

ג. במצבו הסופי של הצומת, רצוי תמיד להתאים את צורת הצומת ואת ההסדרים הגיאומטריים והתפעוליים, להעדפת התנועה הממשיכה בדרך העיקרית, גם אם אינה בעלת הנפח המכריע.

## 7.3.5 תנוחת הצומת

### א. זווית החיתוך

זווית הצומת (הזווית הקטנה ביותר בין זוג זרועות) היא אחד הקריטריונים החשובים לתכנון הנכון של הצומת. הזווית הרצויה ביותר עבור צמתים היא  $90^{\circ}$ . הסיכון (מספר התאונות יחסית למספר כלי-הרכב בצומת) בזווית הזאת הוא קטן יותר מאשר בזוויות האחרות. הסיבות לעדיפות הברורה של זווית החיתוך הישרה הן:

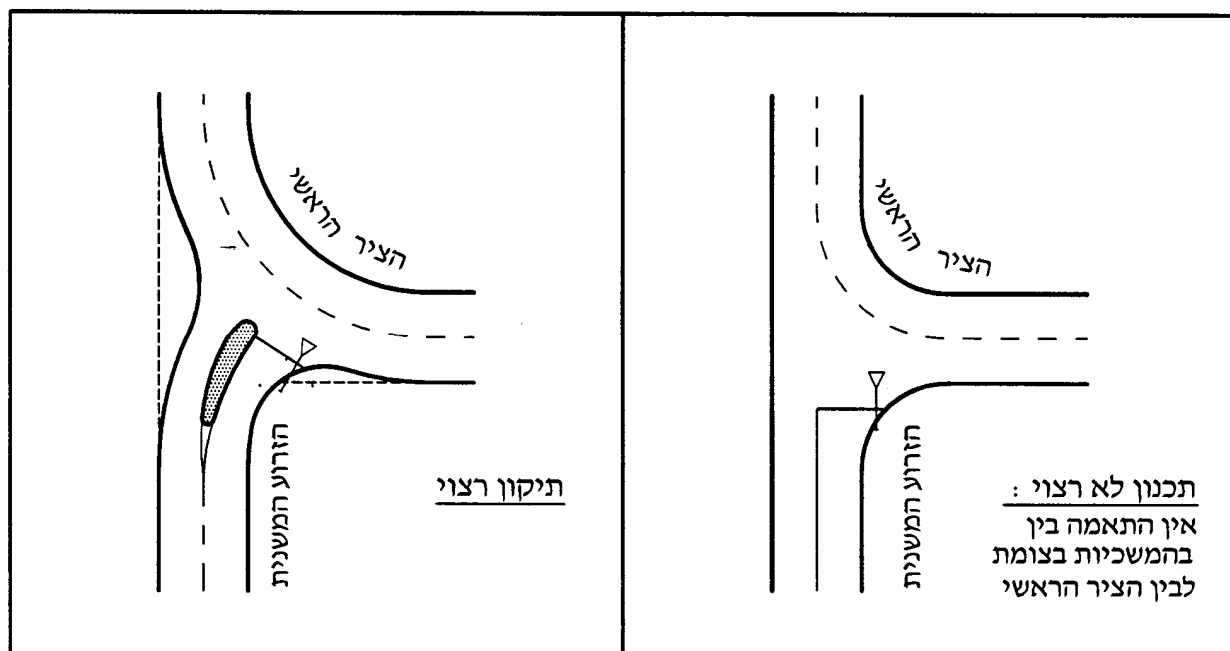
- 1) בזווית ישרה שטח הניגודים קטן יותר מאשר בכל זווית אחרת.
- 2) זמן הפינוי של שטח הניגוד על-ידי הרכב, הוא קטן יותר מאשר בזוויות האחרות.
- 3) מרחב הראות של הנהג מוגבל, וככל שהנהג נאלץ לסקור פרטים המרוחקים יותר הצידה מזווית הראיה הנוחה לו, כך יגדל הסיכוי שהוא יתרשל בסקירת הפרטים החשובים לו או יטעה בהבחנתם.
- 4) חובת מתן זכות הקדימה ברורה יותר ומוגדרת יותר ככל שהזווית קרובה יותר לזווית ישרה. כאשר הזווית קטנה והולכת מאבדת חובת מתן זכות קדימה את חד משמעותה, שכן חיתוך בזוויות קטנות נתפס לעיתים על-ידי הנהג כהתמזגות. למרות שהזווית הרצויה היא בת  $90^{\circ}$ , סטיות קלות מזווית זו אינן משפיעות בצורה חמורה על הראות והבטיחות. צמתים בעלי זווית הקטנה מ- $75^{\circ}$  נחשבים לצמתים בעלי גיאומטריה קשה ונזקקים לפתרונות מיוחדים. לאור זאת, נתוני התכן בפרק זה יותאמו רק לצמתים בטווח הזוויות שבין  $75^{\circ}$  ל- $105^{\circ}$ .

### ב. צומת בעקום אופקי

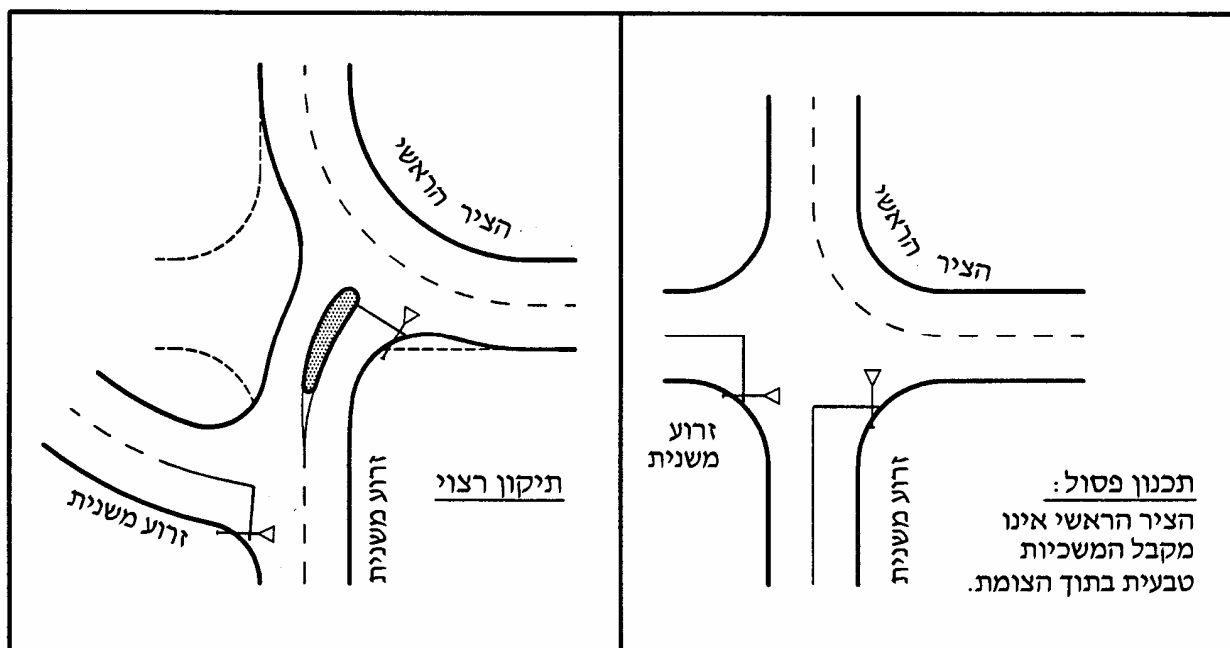
מיקום הצומת בעקום אופקי בעל רדיוס קטן יוצר מספר בעיות גיאומטריות, תנועתיות ובטיחותיות. במיוחד חמור הדבר כאשר העקום האופקי הוא על הציר הראשי. הסיבות לכך שמיקום הצומת אינו רצוי בעקום אופקי הן:

- 1) תיכנון הגיאומטריה של הצומת (מישור הצומת, מעברי שיפועים, פניות וכו') מסתבך מאוד כאשר הצומת נמצא בעקום אופקי.
- 2) הראות בצומת כזה היא גרועה וקשה מאוד להבטיח את משולשי ומרחקי הראות הדרושים. לכן יש להימנע ממיקום צומת בתוך עקום אופקי, ובמיוחד יש להימנע ממיקום צומת בצידו הפנימי של העקום (בטן העקום). בכל מקרה, צומת בגב עקום אופקי לא יהיה בעל יותר משלוש זרועות (הסתעפויות).

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל



## ציור מס' 7.2 שינוי צורת הסתעפות לשם התאמתה לסיווג הדרכים



## ציור מס' 7.3 שינוי צורת הצטלבות לשם התאמתה לסיווג הדרכים

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## 7.3.6 התוואי האנכי ומיקום הצומת

### א. הטופוגרפיה

קביעת מיקום הצומת תלויה במידה רבה בטופוגרפיה של סביבת הצומת. בהסתמך על המפה הטופוגרפית, הכוללת מלבד הנתונים על מבנה הקרקע גם את כל המכשולים הקיימים באזור הצומת, יש לבדוק באם מיקום הצומת עונה לדרישות התכנון הבסיסיות:

(1) הבחנה בקיומו של הצומת ובצורתו.

(2) התמצאות הנהג בצומת.

(3) קיום משולשי הראות הנחוצים בצומת.

קיים קושי מסוים בבדיקת התאמתו של מיקום הצומת לדרישות התכנון, הנובע מן ההבדל בין אופן ראיית הצומת על-ידי המתכנן (במבט על) לבין אופן ראיית הצומת על-ידי הנהג (תוך כדי נסיעתו בדרך), ובמקרים מסובכים מומלץ להיעזר בפרספקטיבה ממוחשבת.

### ב. בדיקת החתך לאורך

על המתכנן לבדוק את החתך לאורך הכבישים הנפגשים בצומת, במטרה לוודא שתנאי הטופוגרפיה עומדים במבחן קריטריוני הראות והבטיחות המפורטים בסעיף 7.4 להלן, אם נמצא כי הקריטריונים אינם מתקיימים, עומדות בפני המתכנן האפשרויות הבאות:

(1) שינוי רום הכבישים באזור הצומת כדי להתאים את החתך האורכי לדרישות.

(2) איסורים והגבלות אשר יענו עניינית לבעיות הטופוגרפיה.

(3) העתקת הצומת למקום מתאים יותר.

(4) ביטול הצומת.

לצורך בדיקת החתך לאורך הכביש לשם קביעת התאמתו לדרישות בצומת, יש להתייחס לשני המרכיבים של החתך: עקום אנכי והשיפוע לאורך. בנוסף על אלה יש לשים לב לצורת החתך המתקבלת לאורך שפת הכביש.

### ג. מיקום הצומת בעקומים אנכיים

(1) **עקום אנכי קעור** – המיקום הטוב ביותר לצומת משיקולי ראות הוא בתחום עקום אנכי קעור. במקרה הזה ייראה הצומת, על כל פרטיו, לנהג מרחוק. אין צורך בשינוי רדיוס העקום הקעור, היות והדרישות מעקום קעור בקטע מתאימות גם לצומת. עם זאת, בעיית הניקוז בעקום קעור מחייבת בדיקה לפני קבלת ההחלטה על מיקום הצומת. ראה סעיף 7.5.5 להלן.

(2) **עקום אנכי קמור** – יש להימנע ממיקום צומת בתוך התחום של עקום אנכי קמור – דהיינו ב"פסגת" הכבישים. כלל זה חל ביתר חומרה על הציר הראשי. במקרים בהם אין כל אפשרות להימנע ממיקום הצומת בתחום העקום האנכי הקמור, יש להתאים את הרדיוס לערכים הניתנים בסעיף 7.5.4 להלן.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## 7.4 מרחקי ראות בצמתים

הראות היא פרמטר חשוב ביותר בתכן הצומת. עקב ריבוי האפשרויות לניגודים בצומת והסיכון הגלום בהם, הקטנת ההסתברות להתרחשות ניגודים אפשרית באמצעות תכן נאות של מרחקי-הראות השונים הדרושים בצומת, והתאמתם להסדרי הבקרה והניתוב המתוכננים. על המתכנן מוטלת החובה להבטיח קיום מרחק-הראות המתאים בכל נקודה בצומת ובמבואותיו, כך שיתאפשר לנהג להבחין במתרחש, לקבל את ההחלטה לגבי התמרון המתחייב ולהוציאה אל הפועל בבטחה. מרחקי-הראות בצומת צריכים לאפשר לנהג המתקרב לצומת להבחין בדברים הבאים:

- א. קיומו של הצומת, לרבות שילוט והכוונה מוקדמת.
- ב. צורת הצומת והסדרי התנועה בו.
- ג. מיקומם ותנועתם של כלי-הרכב האחרים, וכן של הולכי-רגל ושל תחנות אוטובוסים והסעה, הנמצאים בו או בקרבתו.
- ד. המשך מסלול נסיעתו מעבר לצומת.

קיום הדרישות האלה משפיע הן על תכן התוואי של זרועות הדרכים הנפגשות בצומת, והן על משולשי-הראות הדרושים בתחומי הצומת ובמבואותיו. לאפשרות מתן מרחקי-הראות הדרושים יש השפעה על בחירת צורת הצומת ועל קביעת אמצעי הבקרה והסדרי זכות-הקדימה בו.

- יש להביא בחשבון כי צמתים רבים, במיוחד מחוץ למחנות, אינם מוארים בלילה, ולכן יש לבדוק את קיומם של מרחקי הראות הנדרשים הן ביום והן בלילה.
- לאורך כל זרועות הגישה לצומת צריך להתקיים בכל מקום מרחק הראות לעצירה, אשר חייב להיראות לעיני נהג הנוסע במהירות התכן. הגדרתו, יישומו ואופן החישוב הוסברו במפורט בסעיף 4.7.1 של הנחיות אלה.
- אם זרוע כלשהי של הצומת מצויה בעקום אופקי, יש לבדוק בחלקו הפנימי של העקום את קיום שדה-הראייה המבטיח את מרחק-הראות הדרוש לאורך הדרך; שדה ראייה זה הכרחי כדי לאפשר לנהג המתקרב לצומת מהעקום האופקי להבחין במיקום הצומת ובהסדרי הבקרה בו בעוד מועד, ממרחק שיאפשר לו לנקוט בפעולה המתחייבת. אופן החישוב של קו-הראות בעקום אופקי מוסבר בסעיף 4.7.3 של הנחיות אלה. אם שדה הראייה אינו פנוי כנדרש, יש לנקוט באמצעים לאזהרה מוקדמת ולהפחתת מהירות ההתקרבות אל הצומת, כך שתתאים לשדה הראייה הקיים.
- בצומת עצמו נדרשים בכל הזרועות המשניות ובכל הפניות מרחקי ראות ומשולשי-ראות שונים, בהתאם למבנה הצומת, למהירויות הנסיעה בדרכים הנפגשות ולאמצעי-הבקרה המתוכננים. מרחקי הראות הנדרשים בשטח צבאי אינם שונים ממרחקי הראות הנדרשים בתנאים מקבילים בדרכים אזרחיות; לפיכך, חישוב ויישום מרחקי הראות בצומת יהיה כדלהלן:
  - א. בצמתים בין דרכי-גישה (א-1 – א-4): לפי סעיפים 4.3 – 4.4 בהנחיות מע"צ.
  - ב. בצמתים בדרכים פנימיות (ב' – ד'): לפי סעיפים 5.3 – 5.4 בהנחיות משרד השיכון.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## 7.5 התוואי האנכי בצמתים

### 7.5.1 מבוא

לתוואי האנכי באזור הצומת יש השפעה רבה על מאפייני התפעול והבטיחות של הצומת: שיעור השיפוע לאורך זרועות הצומת משפיע על ביצועיהם של כלי-הרכב, הן בעת האטה ובלימה והן בעת האצה. כן מקשה השיפוע לאורך על ביצוע תמרוני פנייה בניצב לכיוון השיפוע. כאשר השינוי בשיפוע לאורך באזור הצומת מתבטא בקיומו של עקום אנכי קמור, הוא גורם למגבלות ראות באזור הצומת, ועשוי לגרום לקשיים באבחנה בקיומו של הצומת.

השיקולים המפורטים לעיל מכתבים, כבר בשלב התכן המוקדם, מגבלות לגבי האפשרויות למיקום הצומת בהתחשב במאפייני התוואי האנכי, כמפורט בסעיף 7.3.6 לעיל. יש להימנע, ככל האפשר, מקביעת הצומת במקום בו נדרשים שיפועים גדולים בזרועות הצומת, או שילוב הצומת בעקום אנכי קמור. במקרים בהם לא ניתן להימנע מכך, יש לפעול בהתאם לכללי התכן המפורטים להלן.

### 7.5.2 שיפוע מירבי בזרועות הצומת

לשיפוע אורכי גדול בתחום הצומת ובמבואות הצומת, ההשפעות השליליות הבאות:

- א. הנהיגה בשיפוע גדול מאולצת, בין בירידה ובין בעליה; התימרונים קשים יותר ואין הנהג חופשי די הצורך להגיב כראוי לבעיות המיוחדות של הצומת.
- ב. בגישה מבוקרת אל הצומת (בין אם על-ידי תמרור ובין אם על-ידי רמזור) הנהג מתקשה בהמתנה ובזינוק, כאשר הוא נמצא בעליה בשיפוע גדול לפני הצומת.
- ג. השיפוע מקטין את כושר הבלימה בירידה, דבר המגדיל את הסכנה לתאונה, במיוחד בכניסה לצומת.
- ד. רכב המבצע פנייה מכיוון הירידה ימינה או שמאלה, או הפונה מימין לשמאל אל כיוון העליה, נמצא בשיפוע צידי הפוך. במיוחד מסוכנת הפנייה בירידה, וקיימת סכנת התהפכות.
- ה. ההשפעה על איכות הסביבה כתוצאה מזיהום עקב פליטת גזים וכן עלייה ברעש.
- ו. שיפוע אורכי גדול גורם להגברת זרימת המים לאורך הדרך לעומת הזרימה לרוחבה, ומגדיל את כמויות המים הנכנסות לצומת.

בהתחשב בהשפעות שליליות אלה, יש להגביל את השיפועים לאורך זרועות הצומת ובמבואותיו לערכים המפורטים בטבלה מס' 7.1. השיפועים המירביים באזור הצומת נמוכים מהשיפועים המירביים בקטעי דרך. את השיפוע לאורך זרועות הצומת ובקרבנותו יש לשמור ללא שינוי, לפחות עד למרחק המצויין בטבלה מס' 7.1.

אם השיפוע בזרועות הצומת גדול מ-4%, יש להתחשב בהגדלת מרחקי-הראות לעצירה, כמפורט בסעיף 4.7.1 לעיל.

אם לאורך אחת מזרועות הצומת שיפוע ניכר, יש לבדוק את השילוב עם השיפועים לרוחב, אשר יוצר הגבהה הפוכה לחלק מהפונים.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## טבלה מס' 7.1 ערכי השיפועים המירביים לאורך בזרועות הצומת ובמבואותיו \*

מהירות התכן (קמ"ש)					סוג הדרך
80	70	60	50	30-40	
שיפוע מירבי לאורך (%)					
4	5	6	6	6	דרך-גישה א-1, 2, 3, 4
---	---	5	6	7	דרך פנימית ב,ג,ד
70	60	50	40	30	המרחק מהצומת בשיפוע הנתון (מ')

\* שיפועים אלה יחולו בצומת שכל זרועותיו בשטח צבאי, על צומת עם דרך אזרחית יחולו הנחיות הרשות האזרחית המתאימה.

### 7.5.3 שיפועים מזעריים

השיפוע המזערי לאורך זרועות הצומת נקבע משיקולי ניקוז והוא 0.5%. השיפוע השקול בצומת (ניצב לקווי הגובה) לא יפחת מ-1%. יש להקפיד על סילוק המים מתחומי הצומת במידת האפשר, ולמנוע כניסתם לצומת של מים שמקורם מחוץ לצומת.

### 7.5.4 עקום אנכי קמור

על-פי האמור בסעיף 7.3.6 לעיל, יש להימנע ממיקום צומת בתחום עקום אנכי קמור. במקרים בהם אין אפשרות להימנע מכך, יש לדאוג לכך, שהגבלת מרחקי-הראות הנובעת מקיומו של העקום האנכי לא תפגע בתפקודו של הצומת ובבטיחותו, ולא תמנע מהנהג המתקרב לצומת להבחין בקיומו של הצומת, בהמשך מסלול נסיעתו, ובהימצאותם של כלי-רכב אחרים בו, ממרחק שיאפשר לו את קבלת ההחלטות המתאימות ואת נקיטת הצעדים הדרושים לביצוען. רדיוסי העקומים האנכיים הקמורים יהיו כמפורט בטבלה מס' 7.2. יש לשמור על שאר שיקולי התכן כמפורט בסעיף 5.4.3 בהנחיות אלה.

## טבלה מס' 7.2 רדיוסים מזעריים לעקום אנכי קמור בצומת

80	70	60	50	40	30	מהירות תכן (קמ"ש)
5000	3000	1800	1050	700	450	רדיוס מזערי לעקום אנכי קמור (מ')

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## 7.5.5 עקום אנכי קעור

ככלל, עקום אנכי קעור משפר את האבחנה בקיומו של הצומת ובהסדרי התנועה בו. בנוסף לכך, אם הצומת מואר בלילה, התכן של עקום קמור לפי מרחק ההארה של פנסי החזית של הרכב אינו קריטי כמקובל בכביש פתוח. לפיכך, יתוכנן העקום הקעור בצומת משיקולי ניקוז, נוחות וחזות התוואי, כמפורט בסעיף 5.4.4 של הנחיות אלה. בצמתים יש להקפיד במיוחד על הגבלת הרדיוס ל-3,000 מ' משיקולי ניקוז הצומת.

## 7.6 רומים וקווי רום בצומת

בצמתים יש צורך בתכן מפורט ומדוקדק של הרומים באזור המפגש בין הזרועות השונות, במטרה ליצור באזור הצומת משטח רציף ללא שבירות בקו הנסיעה. בזרועות הצומת יוצרים שיפועי האורך והרוחב של כל אחת מהדרכים משטחים מרחביים, המהווים את צורת פני הדרך. בגלל הצומת יש צורך בשינוי חלק משיפועים אלה, כדי ליצור התאמה בין השיפוע לאורך ציר הדרך אחת, לבין השיפוע לרוחבה של הדרך המצטלבת. ההתאמה מבוצעת על-ידי שינויים מקומיים בקרבת הצומת, בערכם ולעיתים אף בכיוונם, של חלק מהשיפועים לאורך ולרוחב הדרכים הנפגשות. כתוצאה מכך, מתחייבים שינויים גיאומטריים בפני הדרכים המצטלבות בקרבת הצומת, כדוגמת מעברי שיפועים ולעיתים אף עקומים אנכיים בחלק מזרועות הצומת.

פתרון הבעיה מנקודת ראות גיאומטרית בלבד אינו תמיד הפתרון המעשי. שיקולי התכן של הפתרון נקבעים על-ידי מספר גורמים:

- א. נוחות ובטיחות הנסיעה בזרועות ובפניות השונות.
  - ב. שיקולי ביצוע הרומים בפני המיסעה, והשיפועים לאורך ולרוחב.
  - ג. הרחקה מהירה של מי הגשם מאזור הצומת.
  - ד. צורה נעימה ונאה לעין של משטח הצומת ושפות הכביש.
- העקרונות לתכן הרומים במיסעה בתחום הצומת בין שתי דרכים נועדו להבטיח את חד-משמעיות הפתרון הגיאומטרי. שתי שיטות התכנה המקובלות הן:
- א. **שיטת שמירת השיפוע לרוחב הדרך הראשית**, בה השיפוע הרגיל לרוחב הדרך הראשית נשמר גם בתחומי הצומת.
  - ב. **שיטת המישור**, בה כל תחום הצומת הופך למישור אחד.
- לתאור מפורט של שתי השיטות ולערכי תכן, ראה פרק 9 – "רומים וקווי רום" בהנחיות מע"צ לצמתים.

## 7.7 תחנות אוטובוסים ותחנות הסעה

כפי שצויין כבר בפרק 2, תחנות אוטובוסים והסעה ימוקמו בעיקר לאורך דרכי-גישה למחנות (דרגה א') ובדרכים פנימיות עורקיות בלבד (דרגה ב'). בדרך-כלל ימוקמו התחנות ליד צמתים וליד שערי

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

כניסה. אם יש גם תחנות הסעה וגם תחנות אוטובוסים, הן תמוקמנה במתחם משותף. המיקום המועדף לתחנות הוא אחרי הצומת בכיוון הנסיעה. המיקום המדויק והתכן יבוצעו על-פי כללי משרד התחבורה כפי שהם מפורטים בסעיף 12.1 – "תחנות אוטובוסים ותחנות הסעה", בהנחיות מע"צ לצמתים.

## **7.8 מעברי-חצייה ומעקות בטיחות להולכי-רגל**

בצמתים בהם יש פעילות רבה של הולכי-רגל יהיו מעברי חצייה. מעברי-חצייה ימוקמו במסלולי ההליכה העיקריים של הולכי הרגל, ויתוכננו כך, שיהיו בולטים לעין הנהגים המתקרבים ויאפשרו מרחקי-ראות בטוחים להולכי-הרגל, אך לא יפריעו להסדרי התנועה האחרים בצומת.

ההצדקים למתן מעברי-חצייה, ואופן מיקומם, תכנונם ושילובם בהסדרים בצומת, יהיו כמפורט בהנחיות של המפקח על התעבורה: "הנחיות לתכנון מעברי-חצייה להולכי-רגל", וכן "הנחיות לאופן הצבת תמרורים". מעקות בטיחות להולכי-רגל יותקנו במקומות בהם רוצים למנוע חציית הולכי-רגל, כגון באי-הפרדה בנוי עם אבן-שפה במרכז דרך מחולקת, למניעת חצייה של הולכי-רגל בקרבת הצומת, והפנייתם למעברי-חצייה.

## **7.9 ניתוב בצומת**

### **7.9.1 כללי**

הבסיס לקביעת הניתוב בצומת הוא מספר הנתיבים המשכיים – כלומר: נתיבים בהם מותרת הנסיעה ישר והם בעלי המשך רציף בתוך הצומת. מספר הנתיבים המשכיים בתוך הצומת לא יקטן ממספר הנתיבים בקטע הרחוב או הדרך לפני הצומת (זאת על-מנת למנוע את קונפליקט ההתמזגות בכניסה אל הצומת), פרט למקרים בהם יש יותר מדי נתיבים בכיוון המשני.

- **בציר הראשי**, מספר הנתיבים המשכיים בצומת יהיה שווה למספר הנתיבים בקטע הכביש לפני מבואות הצומת, ונתיבים מיוחדים לפניו יינתנו בכל פעם שקיים ההצדק לכך.
- **בציר המשני**, יינתן בהצטלבות נתיב המשכי אחד בלבד (בהסתעפות) – לא יותר מנתיב אחד לפנייה שמאלה), וזאת בכדי למנוע מכלי-הרכב החוצים להסתיר זה לזה את שדה הראייה הדרוש לאחד הצדדים.
- לא יינתן יותר מנתיב אחד לפניו שמאלה או ימינה.
- רוחב הנתיבים המשכיים בקטע הישר בתחומי הצומת לא יפחת מרוחב הנתיבים בזרוע הכביש לפני הצומת (ראה סעיף 6.2 בהנחיות אלה).

### **7.9.2 נתיבים לפנייה ימינה**

נתיב מיוחד לפנייה ימינה יינתן בכל צומת בו יש אי תנועה משולש לפנייה ימינה, לפי המתואר בסעיף 7.10.3 להלן.

לנתיבים המיוחדים לפנייה ימינה שני תפקידים:

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

א. להאיט את כלי הרכב הפונים למהירות המתאימה לפנייה.

ב. בציר הראשי בצומת – להקטין את ההפרעה הנגרמת לתנועה הממשיכה ישר, על-ידי הפונים ימינה. בציר המשני בצומת – להקטין את ההפרעה והעיכוב הנגרמים לתנועה הפונה ימינה על-ידי הממתינים בצומת.

לנתיבי הפניה ימינה שתי צורות גיאומטריות אפשריות, כמתואר בציור מס' 7.4: מקביל (בעל לוכסן קצר) ואלכסוני (שצורתו לוכסן ארוך המשיק לשפת התפנית). הצורה האלכסונית מתאימה יותר להתנהגות הנהגים ביציאה, ולכן מועדפת לשימוש בציר הראשי; בציר המשני, בו מהירות ההתקרבות נמוכה והנתיב לפנייה ימינה מיועד לשחרור הפונים מהמתנה בתור, יהיה הנתיב מקביל.

## שיעורי היסט הלוכסן:

**נתיב אלכסוני** –  $1:V_d/4$  כאשר  $V_d$  היא מהירות התכן בקמ"ש, אך לא פחות מ-15:1. השיעור המדויק ייקבע בהתאם לאורך הנתיב הדרוש, למיקומה ולצורתה של הפנייה ולאפשרויות הביצוע בפועל של החיבור לציר הראשי.

**נתיב מקביל** – השיעור המזערי להיסט הלוכסן – 8:1.

## 7.9.3 נתיבים לפנייה שמאלה

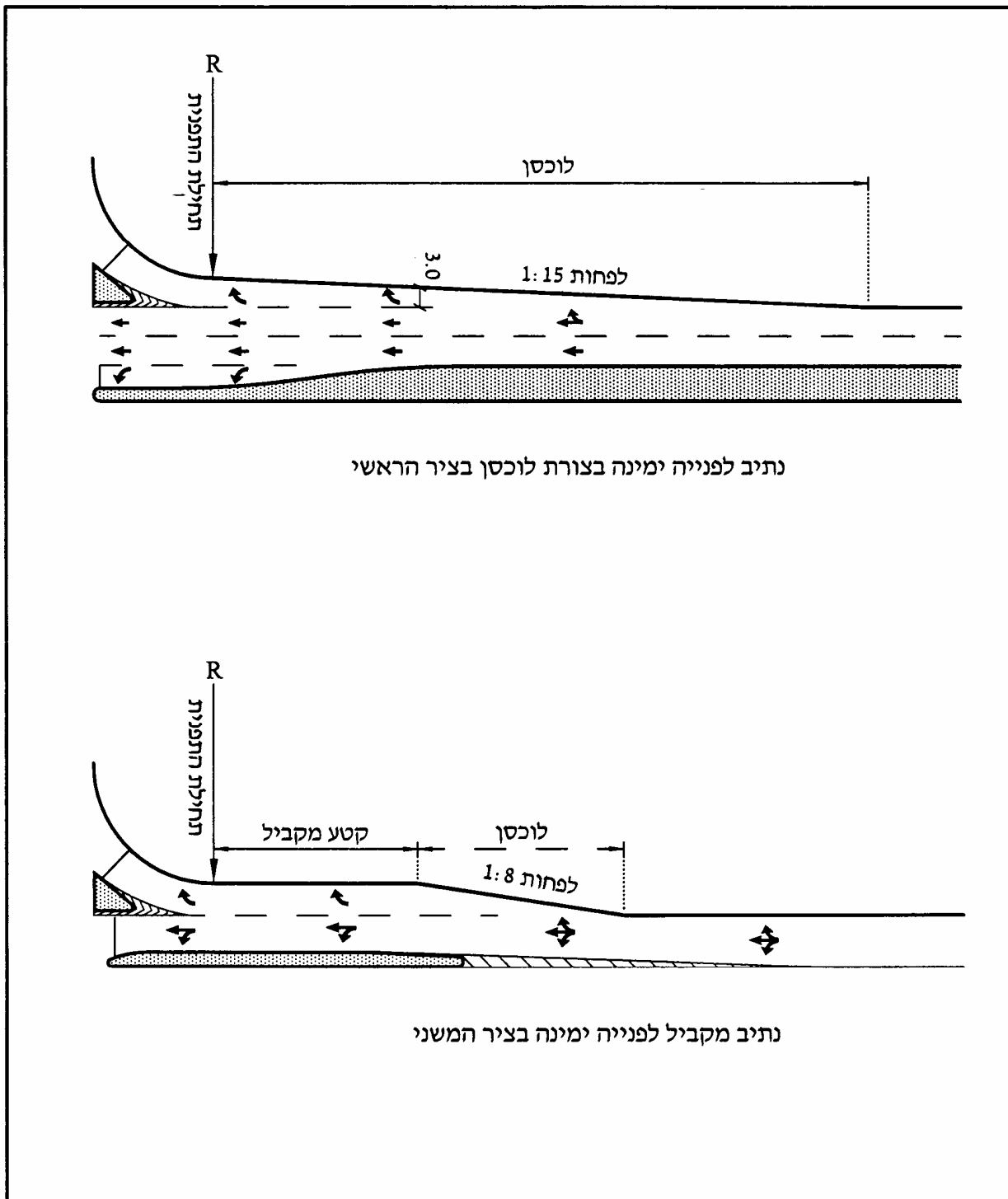
### א. כללי והצדקים

נתיבים לפנייה שמאלה הם נתיבים מיוחדים המשמשים את כלי הרכב המתכוונים לפנות שמאלה בטרם הכנסם לצומת. הנתיבים לפנייה שמאלה ניתנים במטרה להאיט את כלי הרכב הפונים ולאפשר את אכסונום בעת ההמתנה לפער מתאים בתנועה הבאה ממול. הדבר גורם לזרימה בלתי מופרעת של התנועה הממשיכה ישר ומפחית את הסיכון לתאונות "חזית-אחור" בצומת.

בכל דרך מחולקת יותקנו נתיבים לפנייה שמאלה (בדרך כלל תהיה זו דרך פנימית ב-1, בעלת נפח גבוה ותדירות צמתים רבה, כמפורט בסעיף 6.2.1 בהנחיות).

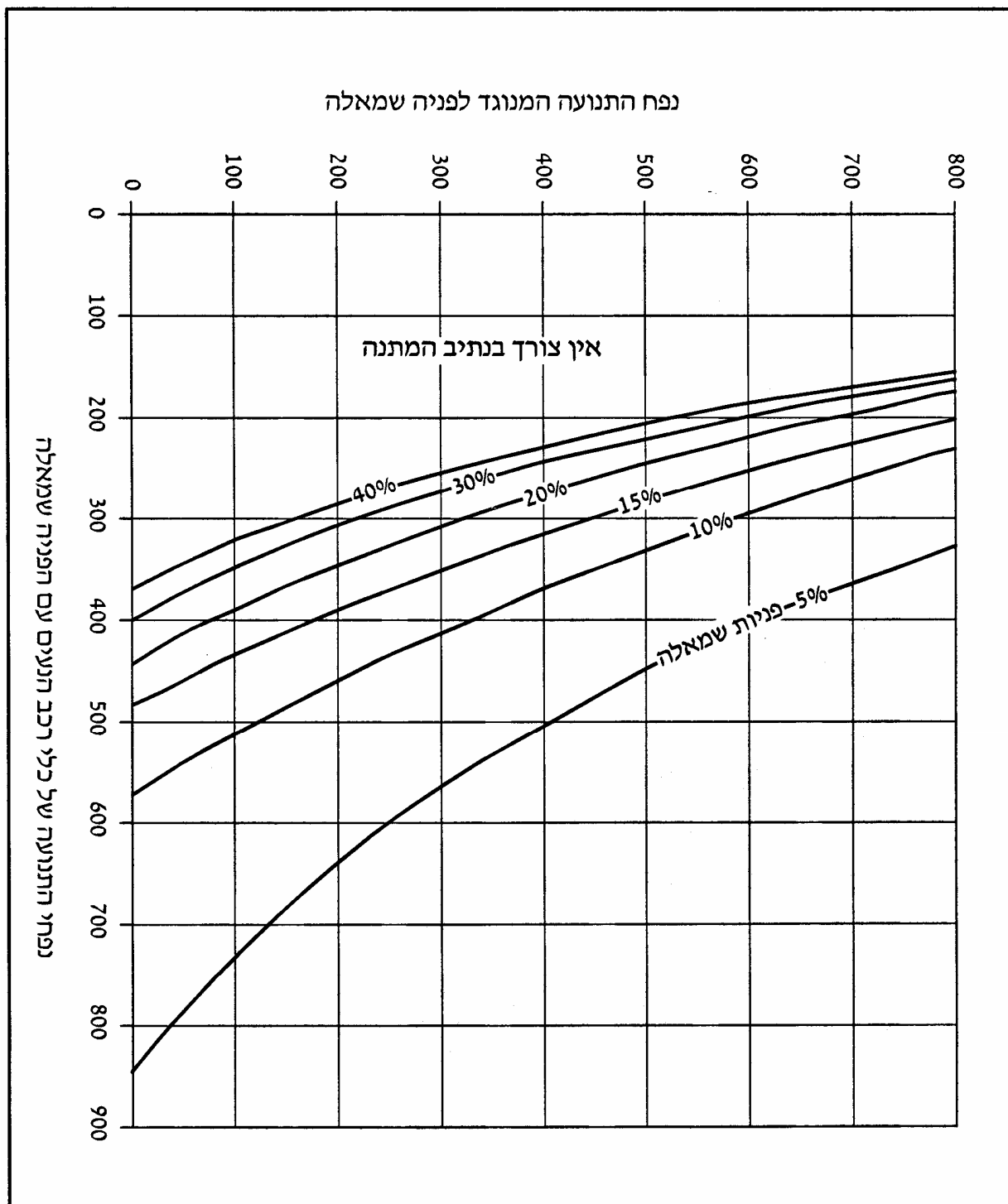
בצירים דו-נתיביים יותקן נתיב לפנייה שמאלה בציר הראשי כאשר מתקיים ההצדק לפי ציור מס' 7.5. על-פי הציור, יהיה הצדק להתקנת נתיב לפנייה שמאלה, כאשר הנקודה המאפיינת את סכום הנפחים בשני הכיוונים של הציר הראשי, נמצאת מימין לעקומה המתאימה לאחוז כלי הרכב הפונים שמאלה, כאשר אחוז זה מחושב מתוך נפח התנועה בכיוון הנבדק בלבד.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל



ציור מס' 7.4 הצורות הגיאומטריות של הנתיב לפנייה ימינה עם אי תנועה משולש

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל



ציור מס' 7.5 הצדקים להתקנת נתיב מיוחד לפנייה שמאלה

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## ב. תכן גיאומטרי

הנתיב לפנייה שמאלה מורכב משני מרכיבים גיאומטריים עיקריים:

א. קטע מקביל המשמש לאחסון כלי הרכב הממתינים לפער המתאים בעת הפנייה שמאלה.

ב. לוכסן המשמש להאטת הרכב לפני הפנייה.

רוחב נתיב הפנייה שמאלה יהיה בין 3.0 ל-3.5, בהתאם להרכב התנועה ולרוחב הנתיבים בדרך העוברת. היסט הלוכסן יהיה בין 1:10 (המתאים למהירויות תכן עד 50 קמ"ש) לבין 1:20 (המתאים למהירות תכן של 80 קמ"ש).

אורך האחסנה של נתיב הפנייה בתלות במספר כלי הרכב הפונים שמאלה בשעת השיא, מובא להלן בטבלה מס' 7.3.

### טבלה מס' 7.3 אורך אחסנה (מ') בתלות במס' כלי הרכב הפונים שמאלה

200	100	60	30	מספר כלי הרכב הפונים שמאלה בשעה
50	30	15	15	אורך אחסנה (מ')

יצירת הנתיב המיוחד לפנייה שמאלה צריכה להתבצע כך, שתספק הגנה לכלי-הרכב הפונים מפני התנועות המתנגדות, ותאפשר לפונים המתנה בטוחה לפער המתאים לפנייה:

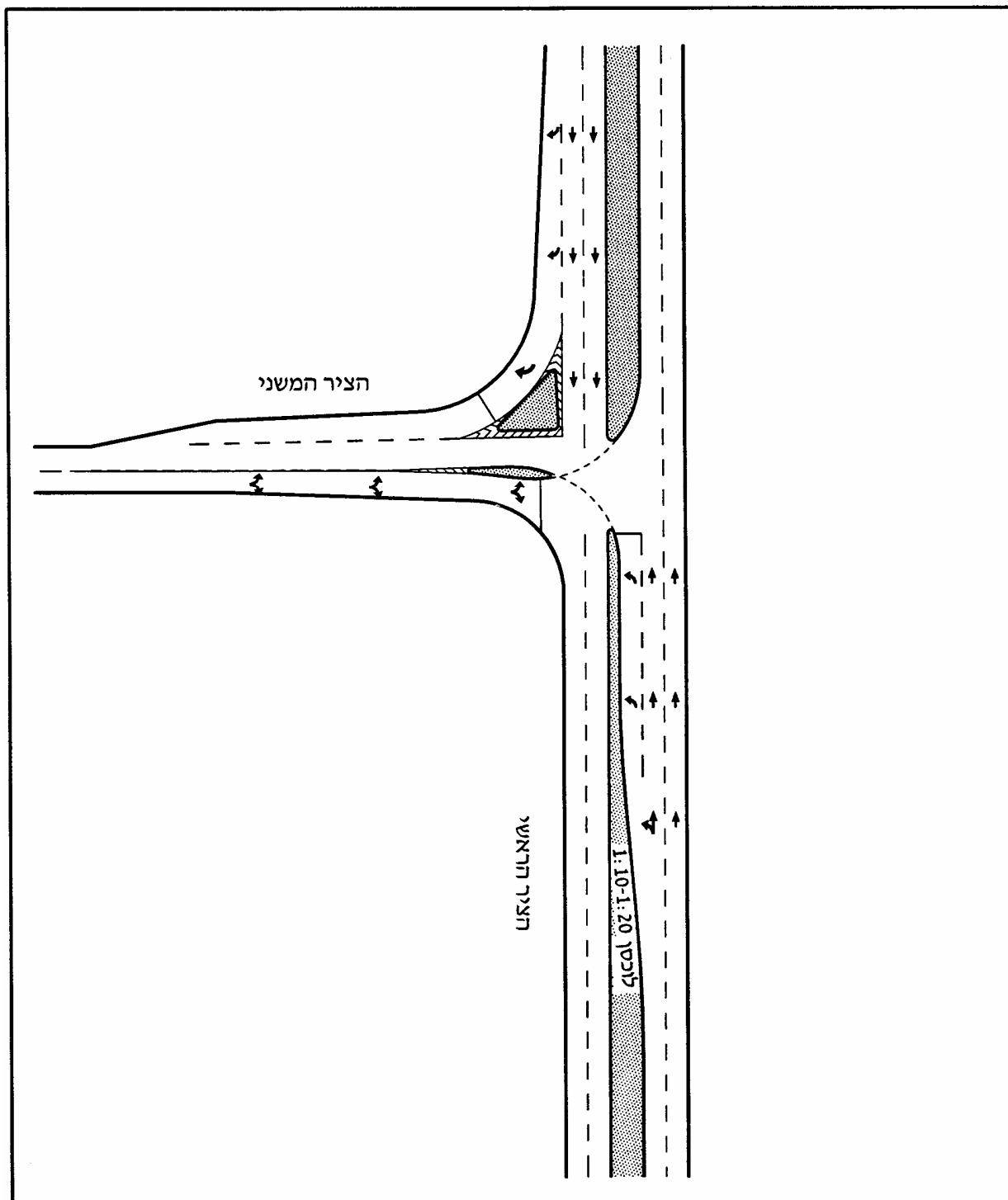
א. **בדרך מחולקת**, מבוצע הנתיב על-חשבון המיפרדה שרוחבה 5.0 מ' לפחות. תיאור סכמתי של פנייה שמאלה בהסתעפות מדרך מחולקת מופיע בציור מס' 7.6.

ב. **בדרך זוויתית**, נוצר הנתיב לפנייה שמאלה בעזרת הרחבה הדרגתית של הדרך משני עברי הצומת, בשיפוע של  $1:V_d/2$  כאשר  $V_d$  היא מהירות התכן של הדרך, בקמ"ש.

את ההרחבה ניתן לבצע באופן סימטרי לשני הצדדים, כמתואר בציור מס' 7.7, או באופן לא-סימטרי לאחד מהצדדים, בהתאם לאפשרויות הביצוע בפועל, ובהתאם לאילוצים המוכתבים על-ידי שאר התשתיות. עם זאת, ההרחבה החד-צדדית החוצה תבוצע רק כאשר אין אפשרות אחרת.

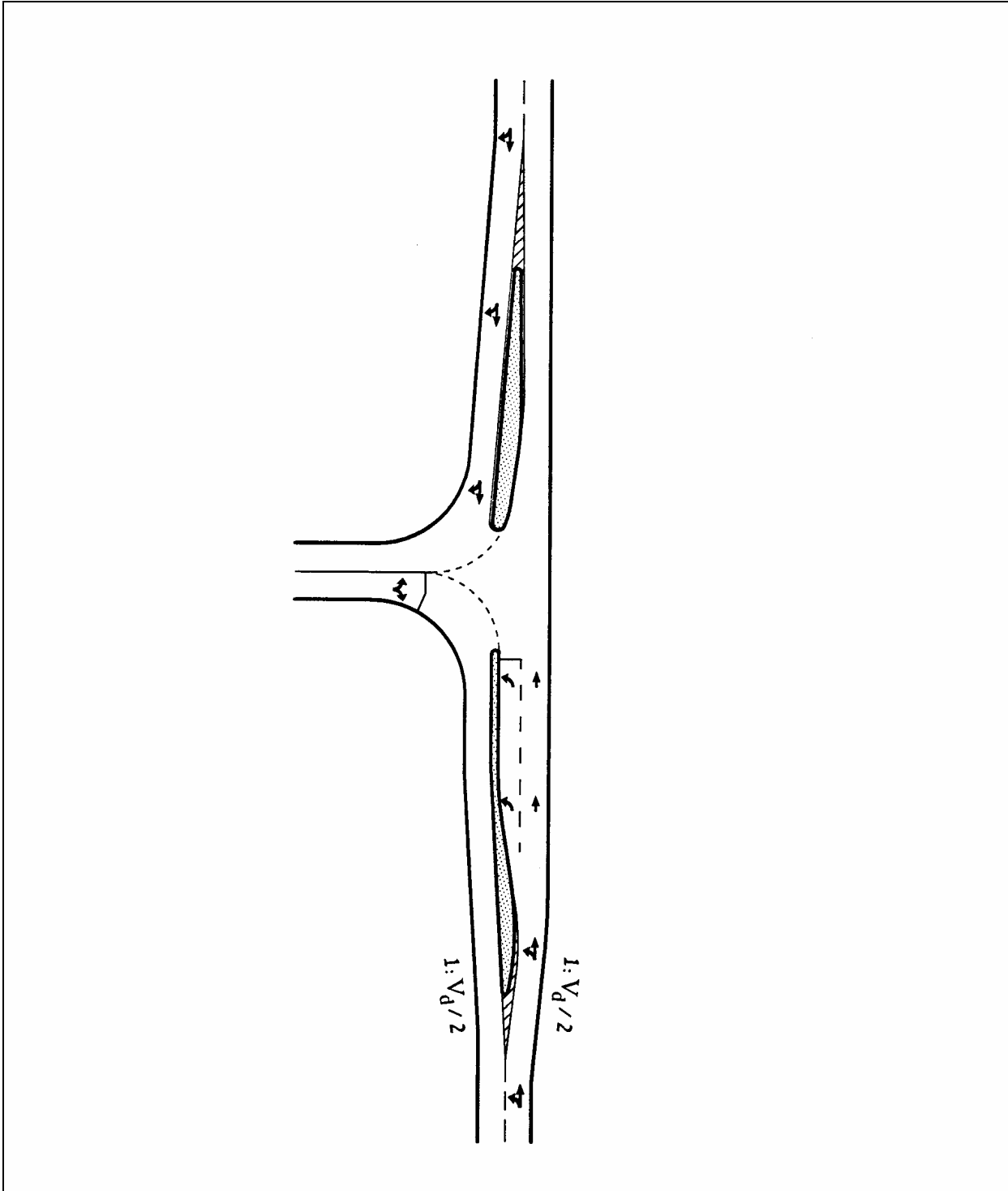
אם יש בצומת פעילות הולכי-רגל, חובה לבנות אי-הפרדה מוארך ברוחב 2.0 מטר מצידו השמאלי של הנתיב לפנייה שמאלה, כדי ליצור מקום מפלט להולכי-הרגל שמרחק החצייה שלהם גדל עקב הוספת הנתיב לפנייה שמאלה. בצמתים ללא פעילות הולכי רגל, ניתן להסתפק בסימונים בצבע על-פני הכביש.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל



ציור מס' 7.6 נתיב מיוחד לפנייה שמאלה בציר הראשי בדרך מחולקת

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל



**ציור מס' 7.7 יצירת הנתיב המיוחד לפנייה שמאלה ואיי הפרדה בציר הראשי בדרך דו-נתיבית באמצעות הרחבת המיסעה לשני הצדדים**

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## 7.10 עקומים ותפניות בצמתים

### 7.10.1 מבוא

בעת תכנון הרדיוס לשפות המיסעה, וכן רדיוסי הפניות שמאלה ומרכיבים באי-התנועה, יש להביא בחשבון מספר גורמים:

א. **סוג הצומת ומידרג הכבישים הנפגשים בו** – תכנון רדיוס הפנייה צריך להתחשב בסוג הצומת ובדרוג היחסי של הכבישים הנפגשים בו, ולאפשר פנייה נוחה ומהירה יותר בצמתים בעלי מידרג גבוה יותר.

ב. **כיוון ביצוע הפנייה** – בצמתים בין כבישים בעלי סיווג שונה, רדיוס כל פנייה ייקבע בדרך כלל בהתאם לסוג הכביש ממנו מתחילה הכניסה לצומת, ולנפח התנועה הנכנס. כלל בסיסי בקביעת רדיוס הפנייה הוא, שהגיאוטרמה של הצומת צריכה לאפשר לרכב הנכנס לצומת מהכיוון הראשי לצאת ממנו בקלות ובנוחות לכל הכיוונים. לעומת זאת, צריך גודל הרדיוס לשמש כגורם בקרה והאטה לרכב הנכנס לצומת מהכיוון המשני, ולכן אין להגדיל את הרדיוסים מכיוון זה הרבה מעבר למידות המזעריות הדרושות.

ג. **מהירות הפנייה** – בפניות ימינה עם אי תנועה יוגדלו רדיוסי הפניות, כדי לאפשר פנייה במהירות גבוהה מהמזערית, לשם שיפור תפעול הצומת והגדלת קיבולת הפניות.

ד. **סוג הרכב לתכן בפנייה הנדונה** – רדיוס הפנייה צריך להתאים לסוג הרכב לתכן כפי שנקבע לצומת (ראה סעיף 7.2.3 לעיל) ולאפשר לרכב לתכן לבצע את הפנייה בנוחות (ללא חדירה לנתיב אחר). יחד עם זאת, רצוי לתכנן כך שכלי-רכב גדולים יותר, החזויים בצומת במקרים חריגים, יוכלו לבצע את הפנייה, גם אם יצטרכו לשם כך לגלוש לנתיב נוסף.

ה. **הסדרי בטיחות למשתמשים** – ככל שהרדיוסים גדלים, גדל שטח הצומת, מתארך זמן המעבר בו לכלי-רכב ולהולכי-רגל, ונוצר צורך בהסדרי הכוונה באמצעות איי תנועה לשם שיפור ההתמצאות לנהגים והגנה על הולכי-הרגל. יש למצוא את האיזון בין הדרישה למירב הנוחות והקלות ביציאה מהכיוון הראשי, לבין הדרישה לצמצום שטח הצומת, מרחקי-הפינוי וזמני הפינוי.

### 7.10.2 פנייה ימינה ללא אי תנועה

פנייה ימינה ללא אי תנועה מתוכננת ברדיוס שפה מזערי, ומיועדת לפנייה במהירות שאינה עולה על 15 קמ"ש. הצורות הבסיסיות האפשריות של שפת המיסעה הן (ראה ציור מס' 7.8):

א. עקום מעגלי בעל רדיוס יחיד.

ב. עקום המורכב מרדיוס יחיד הנשען על שני לוכסנים (Tapers).

ג. עקום מורכב תלת-מרכזי סימטרי.

ד. עקום מורכב תלת-מרכזי בלתי סימטרי.

הרדיוס המזערי של שפת המיסעה והבחירה באחת מאפשרויות התכן נעשים בהנחות הבאות:

א. הרכב לתכן יכול לבצע את הפנייה ללא פלישה לנתיב הנגדי.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

ב. בתחילת הפנייה ובסופה המרחק בין גלגלי הרכב לתכן לבין שפת המיסעה (שול או אבן-שפה) יהיה 0.5 מטר לפחות, ובשום נקודה לא יתקרב הרכב לשפת המיסעה למרחק הקטן מ-0.2 מטר.

ג. העקום המותאם של שפת הכביש מביא לשטח בלתי מנוצל קטן ככל האפשר.

שימוש ברדיוס מעל למזערי גורם להגדלת שטח הצומת, ולקשיים במיקום קו העצירה ובאפשרויות החצייה להולכי-רגל, ולכן אין לבצעו אם הוא לא נדרש ואם אין כוונה לאפשר פנייה במהירות גדולה יותר.

סוגי הרכב לתכן בצמתים של דרכים צבאיות הם מגוונים – משאית, או אוטובוס, או רכב משא מורכב ומחובר, או רכב מיוחד, בהתאם למפורט בסעיף 7.2.3 לעיל. בטבלה מס' 7.4 מוצגות האפשרויות השונות לקביעת הרדיוס המזערי עבור כלי הרכב לתכן, כתלות בזווית הפנייה בצומת. זוויות בין זרועות צומת הקטנות מ-75° או הגדולות מ-105° אינן רצויות, ומחייבות אמצעים גיאומטריים לשינוי הזווית, כמפורט בסעיף 7.3.5 לעיל, ולכן אינן מוצגות בטבלה.

## טבלה מס' 7.4 אפשרויות לתכן שפות המיסעה לפנייה ימינה ללא אי תנועה

עקום מורכב בלתי סימטרי		עקום מורכב סימטרי		עקום מעגלי הנישען על לוכסנים			עקום מעגלי ברדיוס יחיד רדיוס (מ')	סוג רכב לתכן	זווית הפנייה (*)
היסט (מ')	רדיוסים (מ')	היסט (מ')	רדיוסים (מ')	היסט (מ')	שיפוע לוכסן	רדיוס (מ')			
----	----	0.6	30-8-30	0.6	1:10	8.0	11.0	75°	
----	----	0.6	36-13-36	0.6	1:10	13.0	17.0		
----	----	0.6	40-14-40	0.6	1:10	13.5	20.0		
0.6-3.0	50-15-70	1.8	45-15-45	0.9	1:15	20.0	----		
0.6-3.5	50-16-75	----	----	1.2	1:15	21.0	----		
----	----	0.8	30-6-30	0.8	1:10	6.0	9.0	90°	
----	----	0.6	36-12-36	0.8	1:10	12.0	15.0		
----	----	0.6	40-12-40	0.6	1:10	12.0	15.0		
0.6-3.0	40-12-60	1.8	55-12-55	1.2	1:15	18.0	----		
0.6-3.0	40-12-60	2.0	60-18-60	1.2	1:15	20.0	----		
----	----	0.8	30-6-30	0.8	1:8	6.0	----	105°	
----	----	1.0	30-10-30	0.9	1:10	11.0	----		
----	----	1.0	30-10-30	0.9	1:10	11.0	13.0		
0.6-3.0	50-12-65	2.4	55-14-55	1.2	1:15	17.0	----		
0.6-3.0	50-12-65	2.2	65-15-65	1.2	1:15	19.0	----		

חשוב לזכור, כי למשאיות טקטיות כושר תמרון נמוך בכבישים ורדיוס סיבוב גדול משל משאיות רגילות (ראה סעיף 3.3), ולכן תכנון למשאית טקטית יבוצע לפי נתוני רכב מורכב/מחובר.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

באפשרויות התכן בטבלה מבחינים בין שני סוגים של עקומים מורכבים תלת-מרכזיים: עקומים סימטריים (בעלי שני רדיוסים חיצוניים שווים ורדיוס קטן יותר באמצע), ועקומים בלתי-סימטריים (אסימטריים, בעלי שני רדיוסים חיצוניים שונים ורדיוס קטן באמצע). העקום הבלתי-סימטרי הוא המתאים ביותר ליצירת צורת שפת-דרך המתאימה לסיבוב המזערי של רכב מורכב, כך ששטח האספלט הבלתי מנוצל יהיה מזערי. לשם בניית עקום מורכב יש לציין, פרט לגודל הרדיוסים, את שיעור ההיסטים של מרכז העקום האמצעי ביחס למשיקי העקומים החיצוניים (שהם זהים בעקום סימטרי ושונים בעקום בלתי-סימטרי).

אם זווית הפנייה קטנה מ- $90^{\circ}$ , דרושים בדרך-כלל רדיוסים יותר גדולים, והשימוש בעקומים מורכבים מומלץ פחות. יש להימנע מזוויות שונות מ- $90^{\circ}$  באופן משמעותי, הן כי אז דרושים שטחי אספלט גדולים, והן משיקולים בטיחותיים (מגבלות ראות, מרחקי-פינוי גדולים וכו').

## 7.10.3 פנייה ימינה עם אי תנועה

הגדלת רדיוס שפת המיסעה מעל למזערי בפנייה ומתן אי משולש, מאפשרים פנייה נפרדת ימינה. צורת תכן זו מאפשרת לכלי-הרכב לתכן לבצע את הפנייה במהירות 15-20 קמ"ש, מבלי לפלוש לנתיבים הסמוכים בכניסה לפנייה או ביציאה ממנה. רדיוס שפת המיסעה גדול דיו לאפשר לכלי-הרכב הפרטיים להגיע בעת הפנייה למהירויות של 25 קמ"ש. בדרכים צבאיות לא יותקנו בדרך-כלל תפניות דרך למהירויות גבוהות מכך.

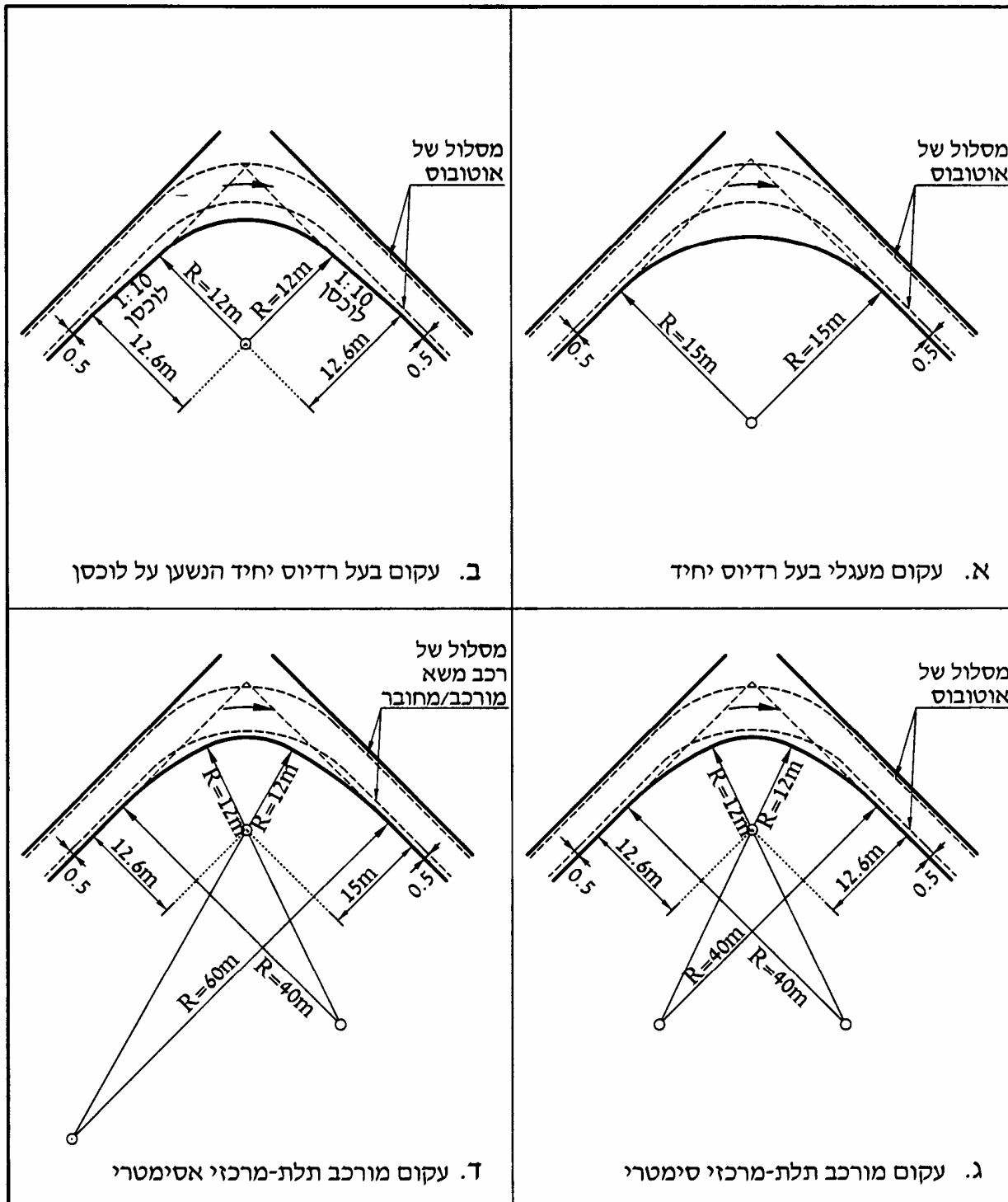
השימוש ברדיוס שמעל למזערי עבור כלי-רכב גדולים מגדיל את שטח המיסעה בצומת, ולכן מאריך את מרחקי-החצייה של הולכי-הרגל. מסיבה זו, וכן לצורך שיפור ההתמצאות וההכוונה בצומת, יש להתקין אי תנועה משולש בפניות ימינה. שטחו המזערי של אי זה יהיה 5.0 מטר רבוע, ומידתה המזערית של צלע תהיה 3.0 מטר.

פניות ימינה עם אי תנועה יתוכננו בעיקר בדרכי-גישה למחנה באזור שערי-הכניסה, ובתוך המחנה בפניות ימינה מדרכים בסיווג ב-1, בהן יש כמות מספקת של פונים ימינה המצדיקה יצירת פנייה נפרדת למניעת הפרעה בדרך הראשית, או תדירות רבה של צמתים עם פניות ימינה ושמאלה (כל 150-200 מטר) שבגללן הופכת הדרך למחולקת.

הפניות ימינה עם אי תנועה משולש מיועדות לצמתים המתוכננים למעבר של כל סוגי הרכב לתכן, כך שהתכן המזערי לזווית נתונה יהיה יחיד. הכניסה והיציאה בפנייה עם אי תנועה יבוצעו תמיד מנתיבי-עזר שרוחבם גדל בקרבת אי-התנועה, כמתואר בציור מס' 7.8, ולכן הצורה הגיאומטרית של שפת המיסעה בפנייה עם אי תנועה תהייה עקום מעגלי ברדיוס יחיד, הנשען על שני לוכסנים בשני קצותיו.

בציור מס' 7.9 מובאת דוגמא לתכן אופייני של פנייה ימינה עם אי-משולש.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל



ציור מס' 7.8 אפשרויות לתכן שפת המיסעה לפנייה ניצבת ימינה ברדיוס מזערי ללא אי תנועה

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

נתוני תכן אופייניים לפנייה זו הם :

- שיפועים אופייניים ללוכסן : 1:30 – 1:40 בכניסה לפנייה.  
1:40 – 1:60 ביציאה מהפנייה.
- ערך מזערי לרדיוס הפנייה : 20 מטר בזוויות  $90^{\circ}$  –  $105^{\circ}$ .  
27 מטר בזווית  $75^{\circ}$ .
- רוחב הפנייה בסמוך לאי : 6.0 מטר, מתוכם 5.5 מטר רוחב הכביש, ו-0.5 מטר צבוע (ד-14) צמוד לאי-המשולש.

נקודות ההשקה של שפת הקשת המעגלית הפנימית ללוכסנים יהיו במקום בו רוחב נתיב הפנייה הגיע ל-4.5 מטר, כמתואר בציור מס' 7.9.

בזרוע דו-סיטרית חד-מסלולית אליה נכנסים בעזרת אי-משולש לפנייה ימינה, חובה להתקין אי-מאורך בציר הכביש, במקביל ל"צל" של האי-המשולש, כמתואר בציור מס' 7.9, כך שהאי המאורך בולט מעבר לצלע המשולש, לכיוון המשך הדרך הדו-סיטרית.

## 7.11 איי תנועה

בצמתים מורכבים – צמתים בעלי שטח גדול, או בזוויות לא שגרתיות, או בעלי פעילות רבה של הולכי-רגל וכיוצ"ב, ייעשה שימוש באיי תנועה להכוונת התנועה. לפירוט התפקידים השונים של איי התנועה וסוגי האיים השונים, ראה סעיף 7.2.2 – "סיווג איי תנועה", בהנחיות מע"צ לתכן צמתים.

האיים בצומת עם הכוונה מסומנים בשני אופנים עיקרים :

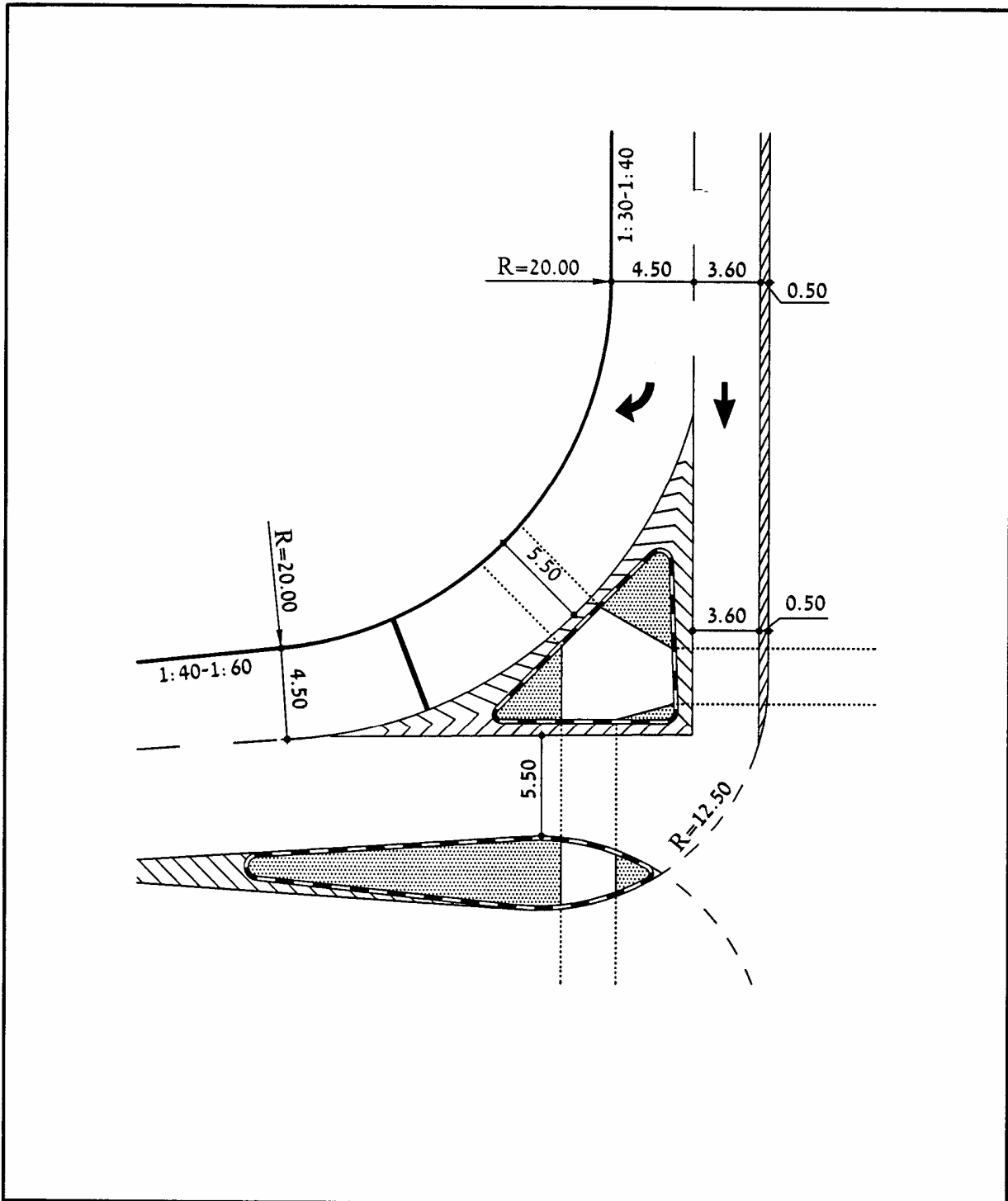
א. אי בנוי, מובלט על-ידי אבני שפה.

ב. אי צבוע על-פני המיסעה, או מסומן על-ידי כפתורים, עיני חתול ודומיהם.

**איי תנועה בנויים יוקמו רק בצמתים המוארים בלילה. בצמתים ללא תאורה יהיו רק איי תנועה צבועים.**

- כל איי המפלט להולכי רגל ואיי ההפרדה בדרכים מחולקות, יהיו איים בנויים. (כשיש הולכי-רגל מתחייבת תאורה).
- איי הכוונה יהיו בדרך-כלל בנויים. השטח המיזערי של אי הכוונה בצורת משולש הוא  $4.8 \text{ מ}^2$ . האורך המזערי של צלע אי הכוונה משולש, בין שתי הקצוות המעוגלים, הוא 2.5 מטר.
- כאשר אי ההפרדה בדרך חד-מסלולית הוא בגודל מיזערי ותנועת הולכי הרגל דלילה, יכול אי ההפרדה להיות צבוע.
- הסימון, הצביעה והתימרור יעשו על-פי הנחיות משרד התחבורה ורשות התימרור הצבאית.
- איי הפרדה בנויים יהיו ברוחב מיזערי של 1.2 מטר ובאורך מיזערי 4.0 מטר. כאשר קיימת פעילות של הולכי רגל או כאשר יש למקם תאורה על אי ההפרדה, הרוחב המיזערי של האי הוא 2.0 מ'.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל



ציור מס' 7.9 תכן אופייני לפנייה ניצבת ימינה עם אי תנועה

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

לפרטי התכן הגיאומטרי של איי תנועה בדרכי-גישה למחנה, ראה סעיפים 7.3 ו-7.4 בהנחיות מע"צ לצמתים. לפרטי התכן הגיאומטרי של איי תנועה בדרכים פנימיות, ראה סעיף 7.6.3 בהנחיות משרד השיכון לצמתים.

## **7.12 צמתים סיבוביים (מעגלי תנועה)**

צומת סיבובי הוא סוג מיוחד של צומת בעל ניתוב מלא, בו תנועת כלי-הרכב הנכנסים לצומת מתבצעת בכביש חד-סיטרי מסביב לאי תנועה (כיכר) שבמרכזה הצומת.

המאפיינים הגיאומטריים והתנועתיים של הצומת הסיבובי הינם:

- א. במרכזו של הצומת נמצא אי בעל צורה גיאומטרית סגורה (לא חייב להיות מעגל).
  - ב. התנועה מתבצעת מסביב לאי המרכזי בכיוון המנוגד לכיוון השעון, ובצומת מתבצעות פניות ימינה בלבד.
  - ג. בצומת סיבובי המהווה מעגל תנועה, זכות הקדימה ניתנת תמיד לתנועה הנעה בתוך המסלול הסיבובי.
  - ד. כל זרוע יוצרת הסתעפות נפרדת עם המסלול הסיבובי.
- לצומת הסיבובי יתרונות בטיחותיים ותפעוליים, במיוחד בצמתים מרובי-זרועות או בעלי גיאומטריה חריגה. לעומת זאת, הוא מקשה על פניות של כלי-רכב גדולים ומחייב יצירת מסלול סיבובי רחב, ואינו מאפשר שינוי משטר העדיפות בצומת בעת חירום, למשל. לאור זאת, יישומו של הצומת הסיבובי במחנות צה"ל יוגבל רק לצמתים בהם התנועה היא בעיקר של כלי רכב פרטיים ומסחריים קלים, ללא נפח משמעותי של רכבי-שטח, משאיות ואוטובוסים. לפרטים נוספים, ראה שלושה מקורות:
- א. "צמתי סיבוב במחנות צה"ל", בהוצאת אכ"א-נפגעים ובטיחות בדרכים, ספטמבר 1987.
  - ב. פרק 8 – "צמתים סיבוביים" בהנחיות לתכן רחובות בערים, 1989.
  - ג. סעיף 10.7 – "צמתים סיבוביים", בהנחיות מע"צ לתכן צמתים, 2000.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## פרק 8

### דרך גישה צרה לבסיס (דרגה א-4)

#### 8.1 מאפיינים והצדקים

דרך א-4 מתאפיינת בעיקר על-ידי רוחב צר של המיסעה האספלטית, שהוא 4.0 מ'. רוחב זה הינו קטן מן הרוחב המיזערי של שני נתיבי תנועה רגילים, ולכן מפגש של שני כלי-רכב באותו חתך יתבצע תוך ירידה חלקית של שני כלי-הרכב לשוליים.

דרך גישה לבסיס מדרגה א-4 ניתנת רק כאשר מתקיימים שני התנאים הבאים:

א. הדרך אינה משרתת אחד מסוגי הבסיסים המחייבים תנועת מובילים, או המפורטים בטבלה מס' 2.4 כמחייבים דרך מסוג א-1 עד א-3.

ב. נפח התנועה לתכן נמוך מ-100 כלי-רכב ביממה, והיקף הפעילות התחבורתית בעת חירום אינו דורש רוחב מיסעה גדול יותר מאשר בעת רגיעה. על-אף זאת, ניתן גם לסלול דרך גישה מסוג א-4 למתקן אשר מרבית התנועה אליו היא תנועת יוממים של רכב מינהלתי ("לבן"), כאשר נפח התנועה היומי החזוי הוא 200 כלי-רכב ליממה.

עקב עוצמת התנועה הדלה סביר להניח כי, במרבית הזמן, כלי-הרכב הנעים בדרך יימצאו לבדם על המיסעה. אולם, מאחר שהדרך הינה דו-סיטרית, הרי שמפגשים בין שני כלי-רכב עשויים להתקיים בכל נקודה לאורך הדרך. לכן, על התכן הגיאומטרי של דרך מדרגה א-4 לענות לשתי בעיות יחודיות:

א. תכן כלכלי של דרך, המתאים לעוצמת התנועה הדלה, ומתבטא במהירויות תכן נמוכות באופן יחסי, ובערכי-תכן ייחודיים.

ב. הבטחת בטיחות התנועה הדו-סיטרית לאורך כל הדרך, המתבטאת במדיניות מרחקי הראות, כמפורט בהמשך הפרק.

בפרק זה מרוכזות ההנחיות הקשורות בתכן הגיאומטרי של דרך מדרגה א-4. ההנחיות מפרטות את המאפיינים הייחודיים לדרך זו. באותם נושאים בהם אין הנחיות ייחודיות לדרך א-4, יש להתאים את התכנון בהתאם להנחיות בפרקים 2 עד 7 לעיל, לתנאי התכן המתאימים.

#### 8.2 מהירות התכן

##### 8.2.1 מדיניות

לצורך קביעת מהירות התכן בדרך מדרגה א-4 קיימת ההבחנה הבאה בין שני הסוגים הבאים:

א. דרך מדרגה א-4, המיועדת לשיפור עתידי בסיווג ולהפיכתה לדרך דו-נתיבית.

ב. דרך מדרגה א-4, שאינה מיועדת לשיפור בסיווג.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

דרך מדרגה א-4, המיועדת לשיפור בסיווג, הינה דרך, שנפח התנועה הנוכחי בה מקיים את התנאים למתן דרך מדרגה א-4, אולם בעתיד צפויים שינויים במתקן, שיגררו גידול בנפח התנועה. גידול זה יגרום לשינוי סיווג הדרך ל-א-3, אשר יחייב הרחבת הדרך ומתן שני נתיבי תנועה רגילים. מהירות התכן של דרך א-4, המיועדת לשיפור בסיווג, הינה גבוהה ממהירות התכן של דרך שאינה מיועדת לשיפור, מאחר שהרחבת הדרך והפיכתה לדו-נתיבית הינה משימה פשוטה יחסית, אולם, השיפורים הדרושים באלמנטים גיאומטריים קיימים כרוכים לעיתים בתכנון ובביצוע מחודש של חלק ניכר מהתוואי.

## 8.2.2 ערכי תכן

בטבלה מס' 8.1 מובאים הערכים המזעריים של מהירות התכן בדרך מדרגה א-4, בתלות בטופוגרפיה.

### טבלה מס' 8.1 ערכים מזעריים של מהירות התכן בדרך מדרגה א-4, קמ"ש

סוג הדרך		מאפיין טופוגרפי *
אינה מיועדת לשיפור בסיווג	מיועדת לשיפור בסיווג	
60	70	מישורי
50	60	גבעי
40	50	הררי

\* להגדרת המאפיין הטופוגרפי, ראה טבלה מס' 2.2.

## 8.3 הרכב לתכן והחתך הרוחבי

א. **כלי-הרכב לתכן** בדרך א-4 הוא מסוג אוטובוס (מבטיח תנועת משאית רגילה. הדרך אינה מתאימה למתקן היוצר תנועה שוטפת של כלי-רכב גדולים יותר).

ב. **החתך הרוחבי** של דרך מדרגת א-4 בקטע דרך ישר, הינו כלהלן (ראה ציור מס' 8.1):

- רוחב המיסעה האספלטית הוא 4.0 מ'.
- רוחב השוליים הוא 1.5 מ' מכל צד.

אם מותקן מעקה-בטיחות, יורחבו השוליים ב-0.7 מ' בצד בו מותקן המעקה.

**בקטע דרך ישר**, כאשר מתרחש מפגש בין שני כלי-רכב לתכן, מניחים כי שני כלי-הרכב יורדים לשוליים, באופן שכל אחד מכלי-רכב נמצא כ-1.7 מ' על המסעה, וכ-0.9 מ' על השוליים. המרווח האופקי הפנוי בין שני כלי-הרכב בעת המפגש הוא כ-0.6 מ'.

ג. **השיפוע הרוחבי** הרגיל של המיסעה האספלטית בדרך א-4 הוא 2%. השיפוע הרוחבי של המיסעה ינתן לכיוון אחד, שייקבע בהתאם לתנאים הטופוגרפיים ולפתרון הניקוז. השיפוע הרוחבי של

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

השוליים ינוע בין 2% ל-4%. בכל מקרה, לא יעלה ההבדל האלגברי בין שיפוע השוליים ובין שיפוע המיסעה על 6%, כמתואר בצירור מס' 8.1.

## 8.4 התואי האופקי

### 8.4.1 עקרונות תכן לעקום האופקי

התכן של העקום האופקי בדרך א-4 מונחה על-ידי שני העקרונות הבאים:

א. למרות התנועה הדלה, יתכן מפגש בין שני כלי-רכב בעקום האופקי. במקרה זה, מהירות הנסיעה של שני כלי-הרכב בעקום היא נמוכה יחסית, ולכן לא רצוי לספק הגבהה צידית גדולה מדי.

ב. בתנאי ראות טובים, וכאשר הרכב נמצא לבד על המיסעה, יש לצפות כי הנהג ישאף לנסוע מהר יחסית. לכן, רצוי לספק רדיוסים מיזעריים אשר יוכלו לענות לשאיפה זו, תוך התאמה להגבהה הצידית הנמוכה יחסית.

### 8.4.2 ערכי תכן לרדיוסים והגבהות

א. ההגבהה הצידית המירבית בעקום אופקי בדרך מדרגה א-4 היא 6%.

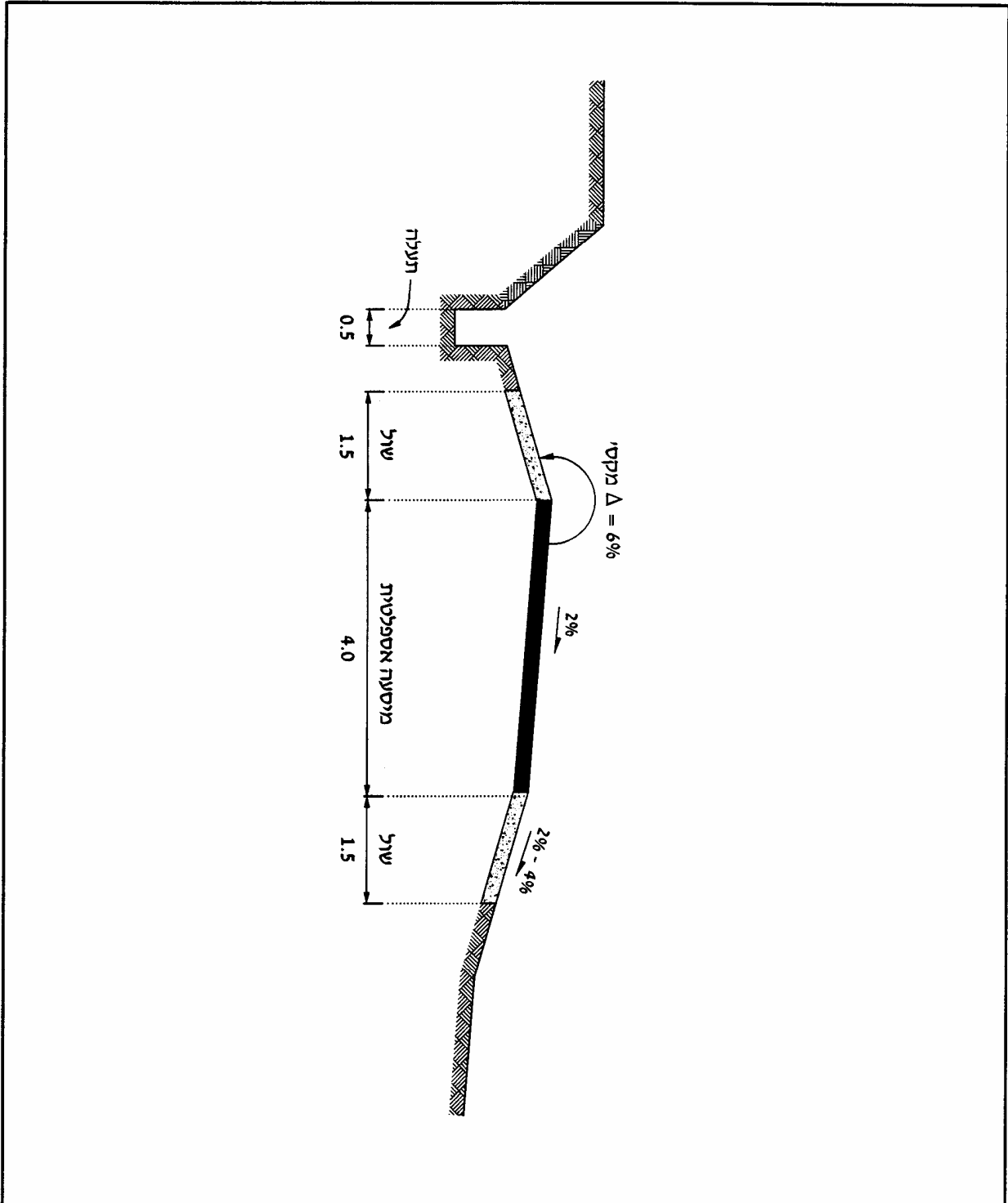
ב. הרדיוס המזערי של העקום האופקי בדרך א-4 למהירויות התכן השונות מחושב כמפורט בסעיף 4.2.2 בהנחיות, ומובא בטבלה מס' 8.2.

ג. כאשר התנאים הטופוגרפיים מאפשרים מתן רדיוס הגדול מן הרדיוס המזערי המצויין בטבלה מס' 8.2, יהיה הקשר בין ההגבהה הצידית של המיסעה לרדיוס לפי החישוב בסעיף 4.2.6 בהנחיות, וכמפורט בצירור מס' 8.2.

### טבלה מס' 8.2 רדיוס מזערי לעקום אופקי בדרך א-4

80	70	60	50	40	מהירות תכן (קמ"ש)
290	200	135	85	55	רדיוס מזערי (מ')

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל



חתך רוחבי טיפוסי של דרך מדרגה א-4 בקטע ישר

ציור מס' 8.1

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## 8.4.3 עקומי מעבר ומעברי שיפועים

א. **עקום מעבר:** בדרך מדרגה א-4 ינתן עקום מעבר בתוואי האופקי, בעקומים שמהירות התכן שלהם מעל 60 קמ"ש, בהתאם לכללים בסעיף 4.3 בהנחיות.

ב. **מעבר שיפועים:** מעבר שיפועים בין הקטע הישר ובין הקשת המעגלית יתוכנן בהתאם לכללים המפורטים בסעיף 4.4 בהנחיות. השיפוע הצידי הנורמלי בדרך א-4 הוא לכיוון אחד בלבד, ולכן אורך המעבר יחושב בהתאם להגבלת שיעור שינוי השיפוע בין שני קצות המיסעה. ערך זה תלוי בעתידה של הדרך, ולא יעלה על הערך המירבי המובא בטבלה מס' 8.3 בהנחיות. כשאין עקום מעבר, יינתן כ-2/3 מאורך מעבר ההגבהה על הקטע הישר שלפני הקשת המעגלית.

### טבלה מס' 8.3 הפרש שיפוע מירבי מותר בין קצות המיסעה במעברי שיפועים בדרך א-4 (באחוזים)

מהירות התכן בקמ"ש					מדיניות התכן
80	70	60	50	40	
0.50	0.56	0.64	0.73	---	מיועדת לשיפור בסיווג
---	0.65	0.74	0.85	1.00	אינה מיועדת לשיפור בסיווג

## 8.4.4 הרחבה

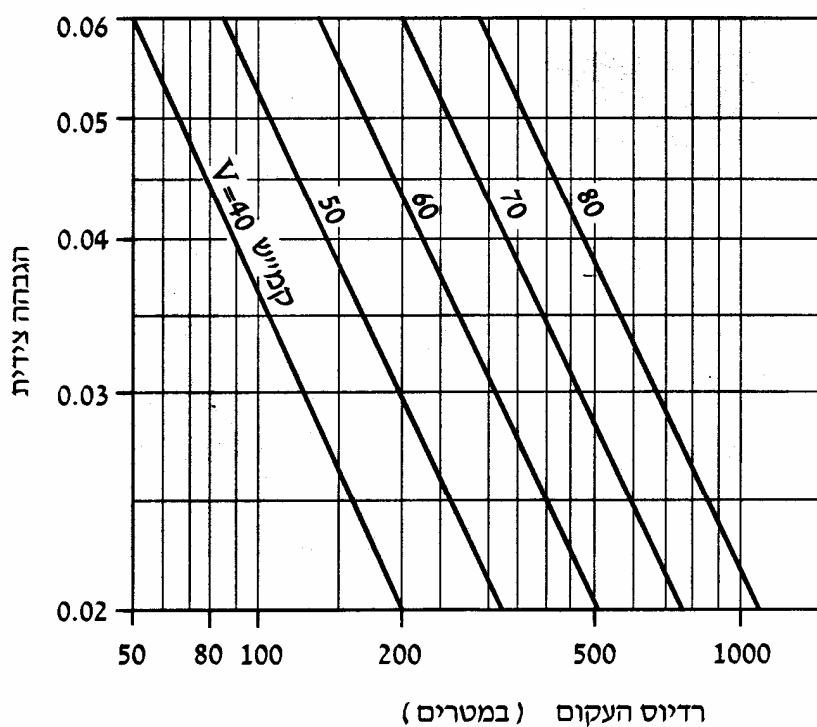
בעקום מעגלי אופקי יש לאפשר לשני אוטובוסים לנוע בעקום בבטחה, בתנאים הדומים לפגישתם בקטע דרך ישר. תכנון ההרחבה יבוצע בהתאם להנחה, כי מהירות כלי-הרכב בעת המפגש היא 20 קמ"ש. כמו-כן, ההנחה היא, כי כל אחד משני כלי-רכב יימצא כ-0.9 מ' על השוליים, וכי מרווח הבטיחות בין כלי-הרכב במפגש הוא 0.6 מ'.

בטבלה מס' 8.4 מפורטים הערכים הדרושים להרחבת המיסעה בעקום, בתלות ברדיוס העקום. ההרחבה תינתן בצד הפנימי של הדרך, לאורך מעבר ההגבהה. בכל מקרה, ציר הכביש יסומן באמצע המרחק שבין קצות המיסעה המורחבת.

### טבלה מס' 8.4 ההרחבה הדרושה בעקום אופקי בדרך א-4 בתלות ברדיוס העקום

200-300	175-200	125-150	100	75	50	רדיוס (מ')
0.5	0.8	1.1	1.4	1.7	2.3	הרחבה (מ')

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל



ציור מס' 8.2 הקשר בין רדיוס העקום האופקי להגבהה הצידית בדרך גישה א-4

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## 8.5 התואי האנכי

### 8.5.1 שיפוע אורכי מירבי

השיפוע האורכי המירבי בדרך מדרגה א-4 תלוי בטופוגרפייה (הקובעת את מהירות התכן) ובסוג הדרך, כמפורט בטבלה מס' 8.5. בקטעי דרך שאורכם עד 200 מ', ניתן להגדיל את השיפועים המצוינים בטבלה מס' 8.5 ב-2% נוספים.

### 8.5.2 עקומים אנכיים

על תכן העקומים האנכיים להבטיח את מדיניות מרחק הראות כמפורט בסעיף 8.6 להלן. ראה פרוט בסעיף 8.6.3.

### טבלה מס' 8.5 שיפוע אורכי מירבי לדרך א-4, באחוזים

מדיניות התכן		מאפיין טופוגרפי *
אינה מיועדת לשיפור בסיווג	מיועדת לשיפור בסיווג	
10	8	מישורי
12	10	גבעי
14	12	הררי

\* להגדרת המאפיין הטופוגרפי, ראה טבלה מס' 2.2.

## 8.6 מרחקי ראות

### 8.6.1 מדיניות וערכי תכן

בדרך מדרגה א-4 יש להבטיח לנהג בכל נקודה מרחק ראות שיאפשר לו לבצע כל אחד משני התימונים הבאים, בהתאם לצורך:

א. עצירה לפני מכשול נייח בגובה 0.15 מ' הנמצא על המיסעה, לרכב שמהירות נסיעתו שווה למהירות התכן.

ב. מניעת התנגשות עם רכב בגובה 1.30 מ' הבא ממול, ומתן אפשרות ירידה לשוליים. תימרון זה מבוסס על ההנחות הבאות:

- 1) מהירות כלי-הרכב יורדת מ-85% ממהירות התכן לפני המפגש, ל-20 קמ"ש בעת המפגש.
- 2) באיזור הררי או גבעי, הנהג מרוכז בנהיגתו, וזמן החישה-תגובה הדרוש למנוע התנגשות הוא 1.5 שניות לכל נהג. בנסיעה באיזור מישורי עירנות הנהג פוחתת, וזמן החישה-תגובה הדרוש הוא 2.5 שניות.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

בטבלה מס' 8.6 מפורטים ערכי התכן למרחקי הראות השונים למהירויות התכן השונות. מרחקי הראות נמדדים מגובה עין הנהג (1.05 מטר) לגובה החפץ שיש לראות, בהתאם לקריטריון הראות, כמפורט בסעיפים א' ו-ב' לעיל.

## טבלה מס' 8.6 מרחקי הראות לתכן בדרך א-4, במטרים

מהירות תכן (קמ"ש)					מרחק הראות לתכן
80	70	60	50	40	
140	110	85	65	45	מזערי לעצירה *
200	150	100	75	50	למניעת התנגשות עם רכב הבא ממול

\* ערכים אלו הם לדרך בשיפוע אורכי קטן מ-4%. עבור שיפוע גדול יותר יש לתקן את הערכים בהתאם לנוסחה בסעיף 4.7.1.

### 8.6.2 ראות בעקום אופקי

בעקום אופקי יש להבטיח את מדיניות מרחק הראות כפי שנקבעה בסעיף 8.6.1 לעיל. לכן, יש לשחרר את שדה הראיה מציר המיסעה הצידה מכל מכשול העלול להפריע לראות. אופן החישוב יבוצע כמפורט בסעיף 4.7.3 בהנחיות, עבור שני קווי הראות: קו הראות לעצירה, וקו הראות למניעת התנגשות, כמפורט בסעיף 8.6.1 לעיל. בעקום בו לא ניתן להבטיח את מרחק הראות למניעת התנגשות, יש להרחיב את המיסעה לרוחב הדרוש לתנועה דו-סיטרית בדרך א-3 ברדיוס זה, כמפורט בסעיף 4.5 בהנחיות.

### 8.6.3 ראות בעקום אנכי

בדרך א-4 יתוכנן רדיוס העקום הקמור לפי מרחק ראות מזערי לעצירה. תכן העקום לפי מרחק ראות זה עונה גם לצרכים של מרחק ראות למניעת התנגשות עם רכב הבא ממול, בכל מהירויות התכן, ולכן הערכים המזעריים לרדיוס העקום הקמור יהיו כמפורט בטור "לעצירה" בטבלה מס' 5.4, ובהתאם לשאר הקריטריונים המפורטים בסעיף 5.4.4.

בעקום אנכי קעור, אין מגבלת ראות המונעת הבחנה ברכב הבא ממול. לכן, הרדיוס המיזערי של העקום הקעור בדרך א-4 יהיה כמפורט בטבלה מס' 5.5 למהירות התכן המתאימה, ובהתאם לשאר הקריטריונים המפורטים בסעיף 5.4.5.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### פרק 9

## דרכי מערכת ודרכי פטרולים

### 9.1 רקע כללי

לאורך הגבול היבשתי של המדינה, וכן מסביב למחנות ומתקנים בטחוניים ולישובי ספר בהם קיים סיכון בטחוני גבוה, ישנה מערכת בטחונית קרקעית. האלמנטים המרכיבים אותה הם:

א. גדר המערכת:

גדר אלקטרונית לאורך הגבול היבשתי או מסביב לישובי ספר ומתקנים רגישים, וגדר רגילה מסביב לישובים ומחנות עורפיים.

ב. דרך מערכת / פטרולים:

דרך העוברת במקביל לגדר, ומיועדת לנסיעת כלי-הרכב המבצעים את משימות האבטחה. כאשר הדרך עוברת לאורך הגבולות היא מכונה "דרך מערכת", וכאשר היא מקיפה מתקן עורפי היא מכונה "דרך פטרולים".

דרך מערכת לאורך גבולות ו/או מתקנים רגישים מורכבת ממיסעה אספלטית ומשוליים ממצעים. שאר דרכי הפטרולים אינן מחייבות ציפוי אספלטי.

ג. רצועת טשטוש:

רצועת קרקע הנמצאת מיד בסמוך לגדר, וחוצצת בין הגדר לבין "דרך המערכת". רצועת הטשטוש מכוסה בחומר גרנולרי דק. לאורך הגבול רצויה גם רצועת דיסקוס מצידה השני של "דרך המערכת". רצועה זו מכוסה בחומר גרנולרי גס יותר.

בפרק זה מובאים עיקרי ההנחיות לתכן הגיאומטרי והמבני של דרך המערכת ודרך הפטרולים.

### 9.2 עקרונות התכן של דרך המערכת ודרך הפטרולים

#### 9.2.1 השימוש בדרך

דרך המערכת/פטרולים מיועדת לאפשר לכלי-רכב ממונעים לערוך סיורים ותצפיות לאורכה. מספר כלי-הרכב המשתמשים בדרך הוא קטן מאוד: רכבי האבטחה, רכב המיועד לתחזוקת המערכת, רכבי סיור ובקורת, רכבי אספקה למוצבים ורכב המיועד למוצבי חוץ. כתוצאה מכך, התנועה בדרך היא דו-סיטרית דלילה ואקראית. אופי השימוש בדרך מכתוב מהירות נסיעה נמוכה מאוד. לכן, עקב עוצמת התנועה הדלה ומהירות הנסיעה הנמוכה, מתוכננת הדרך לסטנדרטים מיזעריים, הן מבחינה גיאומטרית והן מבחינת המבנה. השיקול העיקרי המכתוב את התכן הוא השיקול הכלכלי, המתבטא

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

ברצון להביא למיזעור עבודות העפר ולהיצמדות לפני הקרקע הטבעיים, תוך שמירה על צרכים בטיחותיים הכרחיים ותנועתיים מיזעריים, ותוך קיום מלוא הצרכים הבטחוניים. בכל מקרה על המתכנן להפעיל את שיקול דעתו בעת התכן של דרך פטרולים, תוך הסתייעות בהנחיות המובאות להלן.

### 9.2.2 הרכב לתכן

כלי-הרכב לתכן דרכי פטרולים ומערכת הוא נ.נ. מסוג "אביר", בהתאם לנתונים שבסעיף 3.3 בהנחיות. (לצרכי התכן הגאומטרי, מידות ה"האמר" דומות למידות ה"אביר"). ככלל, נסיעה של כלי-רכב גדולים יותר על דרכי מערכת ודרכי פטרולים היא אקראית ולא סדירה, ולכן יש לוודא שמעברם יתאפשר, אך לא יהוו כלי-רכב לתכן.

### 9.2.3 מהירות התכן

המושג של "מהירות התכן" אינו משמש כאן במשמעותו הרגילה של תכן אחיד לאורך כל הדרך, אלא לצורך התכן הגיאומטרי של אלמנטים בודדים בדרך. לכן, ייתכנו הבדלים במהירויות התכן של אלמנטים שונים לאורך התוואי. תכן האלמנטים השונים ייעשה כך, שמהירות הנסיעה שתתאפשר בהם תתאים לצרכים המבצעיים, לתנאים הטופוגרפיים ולציפיות הנהג. כאשר נקבעת מהירות תכן לאלמנט מסוים, יש לדאוג שכל מאפייניו התכנוניים יותאמו לאותה מהירות תכן.

מהירות התכן של המרכיבים השונים בדרך מערכת מאספלט הינה בין 30 קמ"ש ל-50 קמ"ש. מהירות התכן של מרכיבי דרך פטרולים ממצעים – 30 קמ"ש בלבד.

הגורם הדומיננטי המכתיב את מהירות התכן הוא הטופוגרפיה. מהירות התכן תיקבע כך, שתוואי הדרך יהיה צמוד ככל האפשר לפני הקרקע הטבעיים, אך בכל מקרה יש להתאים את המהירות לצרכים מבצעיים ספציפיים.

## 9.3 תכן המרכיבים הגאומטריים

### 9.3.1 מרחקי ראות

מדיניות מרחקי הראות בדרכי פטרולים ומערכת מיועדת לאפשר לנהג לבצע את שני התמרונים הבאים:

א. עצירה לאחר הבחנה במכשול ניח הנמצא על המיסעה. דרישה זו היא ייחודית לדרכים מסוג זה. מרחק הראות מחושב כמפורט בסעיף 4.7.1 בהנחיות אלה.

ב. הימנעות מהתנגשות עם רכב מקרי הנע ממול. מרחק ראות זה מחושב תוך התבססות על ההנחות הבאות:

1) זמן החישה-תגובה של כל נהג במקרה כזה הוא 1.5 שניות.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

2) מהירות הנסיעה של כלי-הרכב בעת ההבחנה ההדדית היא מהירות התכן, והפגישה ביניהם מבוצעת במהירות אפסית.

הערכים של שני מרחקי הראות בעבור מהירויות התכן השונות האפשריות בדרכי מערכת ופטרולים, מובאים בטבלה מס' 9.1. המרחקים מתאימים הן לדרכי אספלט והן לדרכי מצעים.

### טבלה מס' 9.1 ערכי מרחקי הראות השונים לדרכי מערכת ופטרולים

מהירות התכן (קמ"ש)			סוג מרחק הראות
50	40	30	
65	45	30	לעצירה (מ')*
95	65	45	להבחנה ברכב הנע ממול (מ')

\* ערכים אלו הם לקטע בשיפוע אורכי קטן מ-4%. עבור שיפועים גדולים יותר, יש לתקן כמפורט בסעיף 4.7.1.

### 9.3.2 הגבהה ורדיוס בעקום אופקי

ההגבהה הצידיית המירבית בעקומים אופקיים בדרכי מערכת ופטרולים היא 8%, בכל סוג מיסעה. הרדיוסים המזעריים של הקשתות המעגליות בעבור מהירויות תכן שונות מובאים בטבלה מס' 9.2 להלן. שילוב של הגבהה עם רדיוסים גדולים מהמזעריים יחושב כמפורט בסעיף 4.2.6 בהנחיות.

### טבלה מס' 9.2 רדיוסים מזעריים לעקום אופקי בדרכי מערכת ופטרולים

מהירות התכן (קמ"ש)			רדיוס מזערי לעקום אופקי (מ')
50	40	30	
80	50	25	

### 9.3.3 ראות בעקום אופקי

א. בעקום אופקי יש להבטיח את מדיניות מרחק הראות כפי שנקבעה בסעיף 9.3.1, ולכן יש לשחרר את שדה הראיה שבין קו הראות ובין ציר הנסיעה מכל מכשול העלול להפריע לראות. לשם כך יש להבטיח את קיומם של שני קווי הראות הבאים:

1) קו ראות לעצירה הנמדד מגובה עין הנהג בגייפ נמוך (1.05 מ') אל פני הדרך.

2) קו ראות להבחנה ברכב ממול, הנמדד מגובה עין הנהג לגובה גג של גייפ נמוך (1.30 מ').

חישוב המרחק הצידי הפנוי יבוצע כמפורט בסעיף 4.7.3 בהנחיות, על בסיס המרחקים הנתונים בטבלה מס' 9.1.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

ב. בעקום אופקי ברדיוס המיזערי, כמפורט בטבלה מס' 9.2, המרחק הצידי הפנוי המיזערי הדרוש מציר הדרך הוא:

(1) במהירויות תכן של 30 או 40 קמ"ש: 4.5 מ' לעצירה, 10.0 מ' לרכב ממול.

(2) במהירות תכן של 50 קמ"ש: 6.2 מ' לעצירה, 13.3 מ' לרכב ממול.

### 9.3.4 מפרצונים להמתנה

התנועה בדרך פטרולים היא בדרך-כלל חד-סיטרית בכיוון הנסיעה, אולם לעיתים מזדמן כלי-רכב מהצד הנגדי. כאשר החתך הרוחבי הרגיל של הדרך אינו מאפשר מעבר של שני כלי-רכב זה לצד זה, יש לספק לאורך הדרך מפרצונים המשמשים להמתנה של אחד מכלי-הרכב.

המפרצונים ימוקמו בקטעים בהם התוואי מפותל או תלול, כאשר מרחקי הראות מוגבלים והתימרון לצורך מפגש הוא קשה. המספר המדויק של המפרצונים ומיקומם ייקבע בהתאם לתנאים הטופוגרפיים הספציפיים. רצוי למקם את המפרצונים בנקודות בהם מרחק הראות להבחנה ברכב ממול גדול מהמיזערי.

המפרצונים ימוקמו לצד הדרך באופן שיביא למיזעור עבודות העפר. בקטעים תלולים (שיפוע אורכי מעל 8%), רצוי למקם את המיפרצון לימין הירידה.

התכן הגיאומטרי של המיפרצון הינו כלהלן:

רוחב: 3.0 מטר. הרוחב המלא של המפרצון קיים לאורך 6.0 מטר.

היסט הלוכסן בכניסה וביציאה – 1:4 (סה"כ אורך המפרצון 30 מ').

מבנה המפרצון הוא כמבנה הדרך באותו קטע (ראה להלן סעיף 9.5).

### 9.3.5 השיפוע המירבי לאורך

השיפוע המירבי לאורך דרך מערכת מאספלט הוא 14%, כאשר שיפוע חריג של 16% אפשרי לאורך של 200 מטרים לכל היותר.

השיפוע המירבי לאורך דרך פטרולים ממצעים הוא 8%, כאשר שיפוע חריג של 10% אפשרי לאורך של 200 מטרים לכל היותר. בשיפוע גדול יותר נגרמת ארוזיה לאורך הדרך, ולכן יש לצפות באספלט כל קטע בשיפוע גדול יותר.

### 9.3.6 עקומים אנכיים

א. על תכן העקומים האנכיים להבטיח את מדיניות מרחק הראות כפי שנקבע בסעיף 9.3.1 לעיל.

ב. הרדיוס המזערי בעקום אנכי קמור יחושב כך, שיאפשר הן לראות את פני הדרך והן למנוע התנגשות עם רכב הבא ממול, בהתאם למרחקים הנתונים בטבלה מס' 9.1. ככלל, הרדיוס המאפשר לראות את פני הדרך מספיק להבחנה ברכב ממול.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

- ג. הרדיוס המזערי בעקום אנכי קעור יחושב כך, שיאפשר לראות את פני הדרך בלילה ממרחק שיאפשר עצירה, הנתון בטבלה מס' 9.1.
- ד. הערכים המזעריים של הרדיוסים לעקומים האנכיים משני הסוגים, למהירויות התכן השונות, מובאים בטבלה מס' 9.3.

### טבלה מס' 9.3 רדיוסים מזעריים לעקומים אנכיים בדרכי מערכת ופטרולים

מהירות התכן (קמ"ש)			הרדיוס המזערי (מ')
50	40	30	
2000	1000	450	בעקום קמור
1200	800	400	בעקום קעור

### 9.4 החתך הרוחבי לדרך מערכת

#### 9.4.1 התכן המשולב של דרך מערכת ורצועות טשטוש

החתך העקרוני של דרך מערכת לאורך גבול על מרכיביה מתואר בציור מס' 9.1. מרכיבי הדרך הם כמפורט:

א. התכנון הרצוי הוא כי התוואי של דרך המערכת, רצועת הטישטוש ורצועת הדיסקוס יהיו צמודים זה לזה, ויהיה הפרש גובה של 10 ס"מ בין דרך המערכת לבין רצועות הטישטוש והדיסקוס, למניעת אבק על דרך המערכת. כאשר יש אילוץ המחייב הרחקת דרך הפטרולים מרצועת הטישטוש או הפרדה מפלסית גדולה יותר, יש לאפשר לנוסעים הנעים בדרך המערכת לראות את פני רצועת הטישטוש.

ב. רוחב רצועת הטישטוש ורצועת הדיסקוס (בין דרך המערכת לגדרות) ינוע בין 4.0 מ' ל-6.0 מ', בהתאם לאפשרויות הביצוע בשטח.

#### 9.4.2 מרכיבי דרך מערכת מאספלט

א. החתך הרוחבי של דרך מערכת מורכב ממיסעה אספלטית ומשוליים משני צידי המיסעה. הרוחב הכללי של המיסעה האספלטית והשוליים הוא 6.0 מ', כאשר רוחב המיסעה האספלטית הוא 3.0 מ', ורוחב השוליים הוא 1.5 מ' מכל צד. כאשר צפויה בדרך המערכת נסיעת גורמים נוספים, ניתן לשקול הרחבת המיסעה ל-4.0 מטר.

ב. השיפוע הרוחבי הרגיל בדרך פטרולים הוא 2% לרוחב בכל מרכיבי הדרך והמערכת. כיוון השיפוע הצידי של דרך הטישטוש והשול הצמוד אליה הוא בירידה לכיוון הגדר החיצונית, למניעת סחיפת עפר לכביש האספלט. כיוון השיפוע הצידי של כביש האספלט, דרך הדיסקוס והשול שביניהן הוא בירידה לכיוון הגדר הפנימית.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

---

ג. מצידו השוליים יבוצעו שיפולים בשיפוע 1:5 לרוחב 0.5 מ', להבטחת הפרש גובה של 10 ס"מ בין השוליים לבין שבילי הטישטוש והדיסקוס.

ד. ציר הכביש יסומן בסימון מחזיר אור מקווקוו כדוגמת תמרור ד-1, לשיפור האבחנה במזג אוויר גרוע ובחשיכה. הסימון יהיה לבן, פרט לאיזורים מושלגים, בהם יהיה צהוב.

### 9.4.3 מבנה הדרך

א. דרך המערכת מורכבת בדרך כלל ממצע סוג א' המונח על השתית המהודקת, כשעל המצע קיים ציפוי אספלט. באזורים שבהם קיים אגרגט טבעי המתאים למצע, ניתן להסתפק במצע סוג ב'.

ב. עובי המצע הוא 30 ס"מ, והוא מורכב משתי שכבות של 15 ס"מ כל אחת. באיזורים צחיחים או כאשר התשתית היא סלעית, ניתן להסתפק במצע בעובי של 20 ס"מ.

ג. דרגת ההידוק של המצע היא 98% MOD. AASHTO.

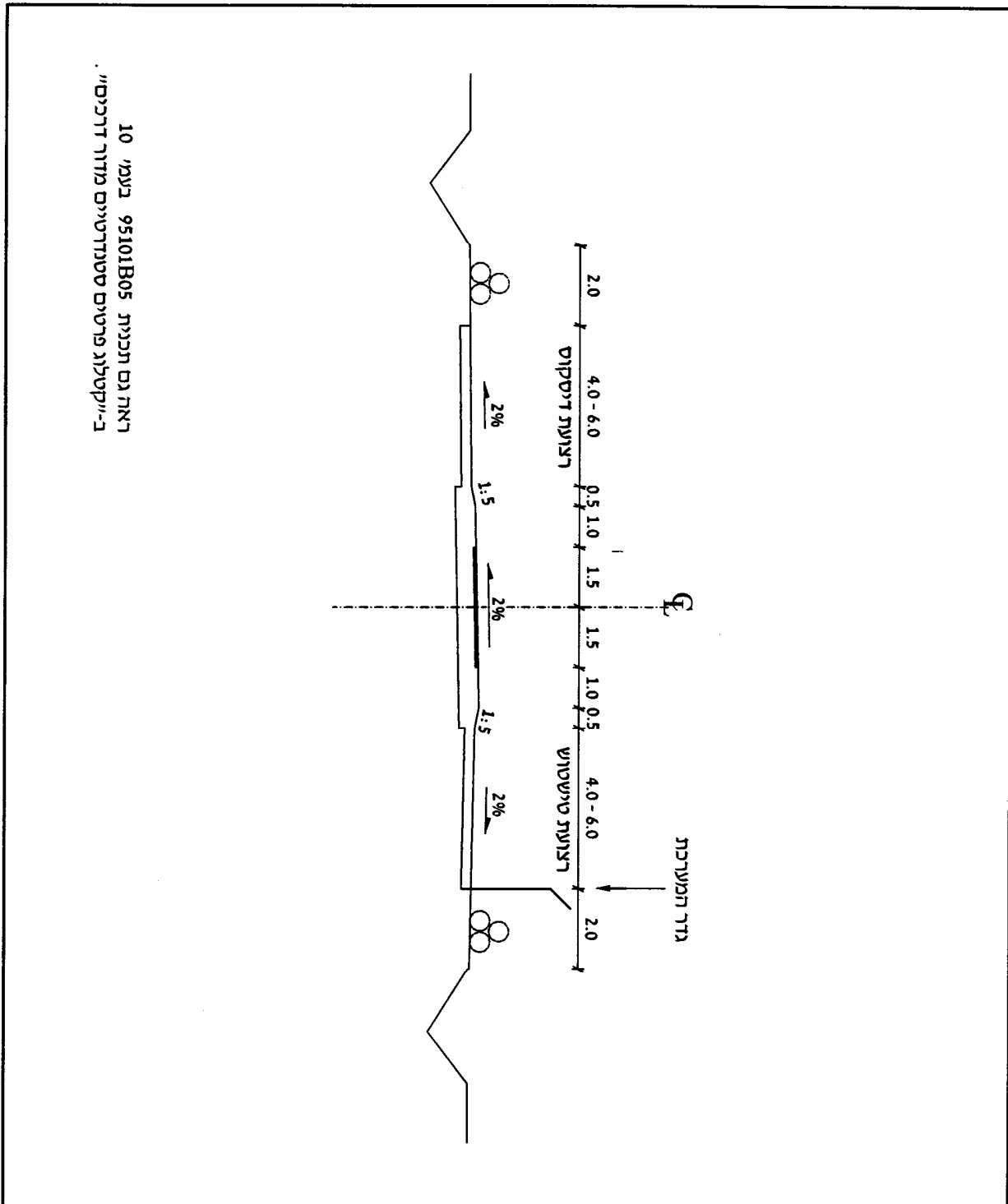
ד. עובי השכבה האספלטית, כאשר קיימת, הוא 5.0 ס"מ. בהעדר שכבה אספלטית, יהיה העובי המזערי של המצע 20 ס"מ באזורים צחיחים, ו-40 ס"מ באזורים אחרים.

### 9.5 מרכיבי דרך פטרולים פנים-בסיסית

דרך פטרולים פנים-בסיסית היא דרך ממצעים ברוחב של 5.0 מ', במבנה אחיד לכל הרוחב. השיפוע לרוחב בדרך זו הוא 4%, לכל מרכיביה. השיפוע יהיה לכיוון אחד, שייקבע בהתאם להסדרי הניקוז באזור הגדר ההיקפית. הצורך בדרכי טשטוש לאורך דרך הפטרולים ייקבע בהתאם לדרישות המבצעיות. לפרטים נוספים ראה תכנית 95101C01 בפרק 1 של "קטלוג פרטים סטנדרטיים-מדור דרכים".

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי



ראה גם תכנית 95101B05 בעמ' 10  
ב-"קטלוג פרטים סטנדרטיים מדור דרכים".

ציור מס' 9.1 חתך טיפוסי לרוחב דרך מערכת

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### פרק 10

## תכן עקלתונים

### 10.1 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 (ציור מס' 10.1). הזווית המרכזית של העקום הראשי היא גדולה מאוד, בדרך-כלל בסביבות  $180^\circ$ . עקלתון מלא כולל: עקום ראשי, שני עקומים משניים וקטעים ישרים בין העקום הראשי לבין העקומים המשניים.

### 10.2 הצדקים לשימוש בעקלתון

#### 10.2.1 יישום

השימוש בעקלתון מאפשר לתוואי דרך להתגבר על הפרשי גובה גדולים באמצעות הארכה מלאכותית של תוואי הדרך. "הארכה" כזו מחייבת שימוש בעקומים אופקיים נוספים, בעלי דרגת עקמומיות גבוהה, אשר מטבע הדברים מביאה למהירות מבוקרת קטנה יותר בתחום העקלתון.

החלפת העקום האופקי בעקום הראשי של העקלתון הוא פתרון מאולץ לשילוב של רדיוס קטן עם שיפוע מוקטן לאורך, ולכן יש ליישמו רק באזורים הרריים קשים, בעלי מהירות תכן נמוכה, בהם חלופות אחרות נפסלות מסיבות גיאומטריות או טופוגרפיות, או שהן בלתי כלכליות.

#### 10.2.2 יתרונות וחסרונות לשימוש בעקלתון

**יתרונותיו של העקלתון ביחס לעקום אופקי יחיד, הינם:**

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

**חסרונותיו של עקלתון ביחס לעקום אופקי יחיד הם:**

- א. העקלתון מחייב מהירויות נמוכות מאשר עקום אופקי יחיד.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

---

ב. אורך העקלתון גדול יותר.

ג. העקלתון מחייב ביצוע הרחבות גדולות עקב הרדיוסים הקטנים.

### **10.3 סיווג עקלתונים**

#### **10.3.1 קטגוריית העקלתון**

העקלתונים מסווגים בהתאם למיקומם של מרכזי העקומים המשניים, ביחס לדרך. הסיווג הוא לשתי קטגוריות:

א. עקלתון מקטגוריה מספר 1 (ציורים מס' 10.2, 10.3) – מרכזי העקומים המשניים שלו מצויים מאותו צד של הדרך ביחס לנהג הנוסע לאורך העקלתון. דהיינו: בשני העקומים המשניים פונה הנהג לאותו כיוון.

ב. עקלתון מקטגוריה מספר 2 (ציור מספר 10.4) – מרכזי העקומים שלו מצויים מצדדים שונים של הדרך ביחס לנהג הנוסע לאורך העקלתון. דהיינו: בכל אחד משני העקומים המשניים פונה הנהג לכיוון אחר.

השימוש בעקלתון מקטגוריה מספר 2 נעשה, כאשר בכיוון נקודת החיתוך של שני המשיקים הראשיים קיים מכשול המקשה על מיקום העקום המרכזי. במקרה זה, עקלתון מקטגוריה מספר 1 (בו העקום הראשי חייב לחתוך את חוצה הזווית הראשית או את המשכה) לא יוכל לעקוף את המכשול, ויחייב הגדלת עבודות החציבה/חפירה והמילוי, ואילו עקלתון מקטגוריה מספר 2 מאפשר גמישות רבה יותר במיקום העקום הראשי.

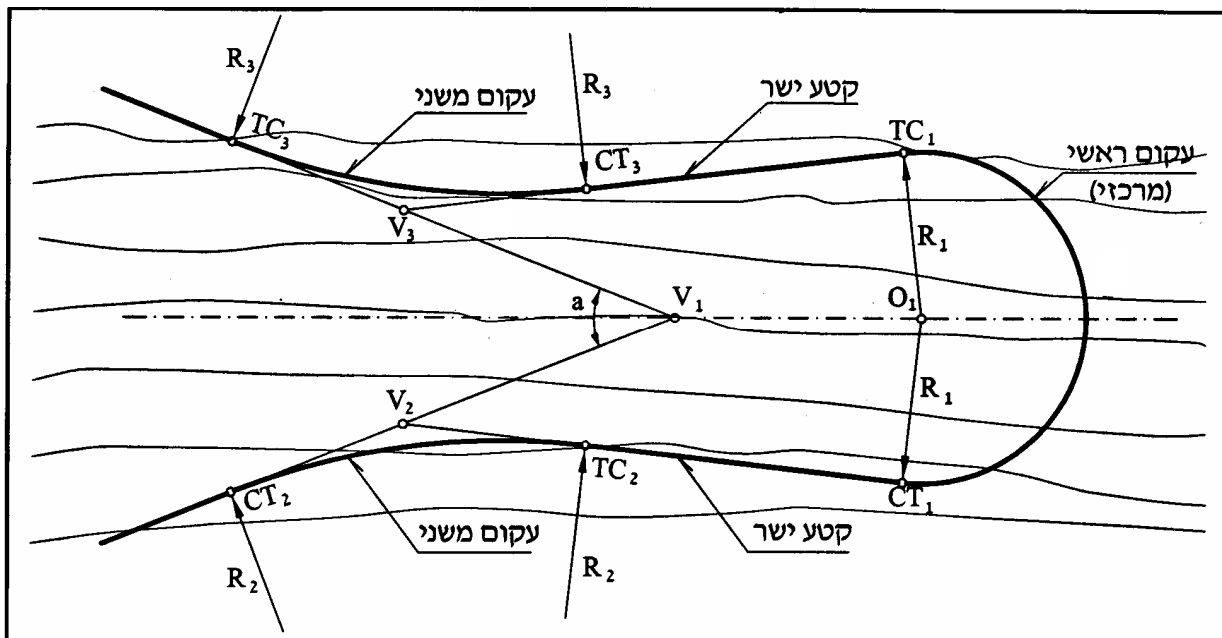
#### **10.3.2 סימטריה ואסימטריה**

עקלתון הוא סימטרי (ציור מס' 10.2) כאשר הרדיוסים של העקומים המשניים שווים זה לזה, ושני הקטעים הישרים שבתוך העקלתון שווים באורכם. כאשר אחד מתנאי השוויון לא מתקיים העקום הוא אסימטרי (ציור מס' 10.3).

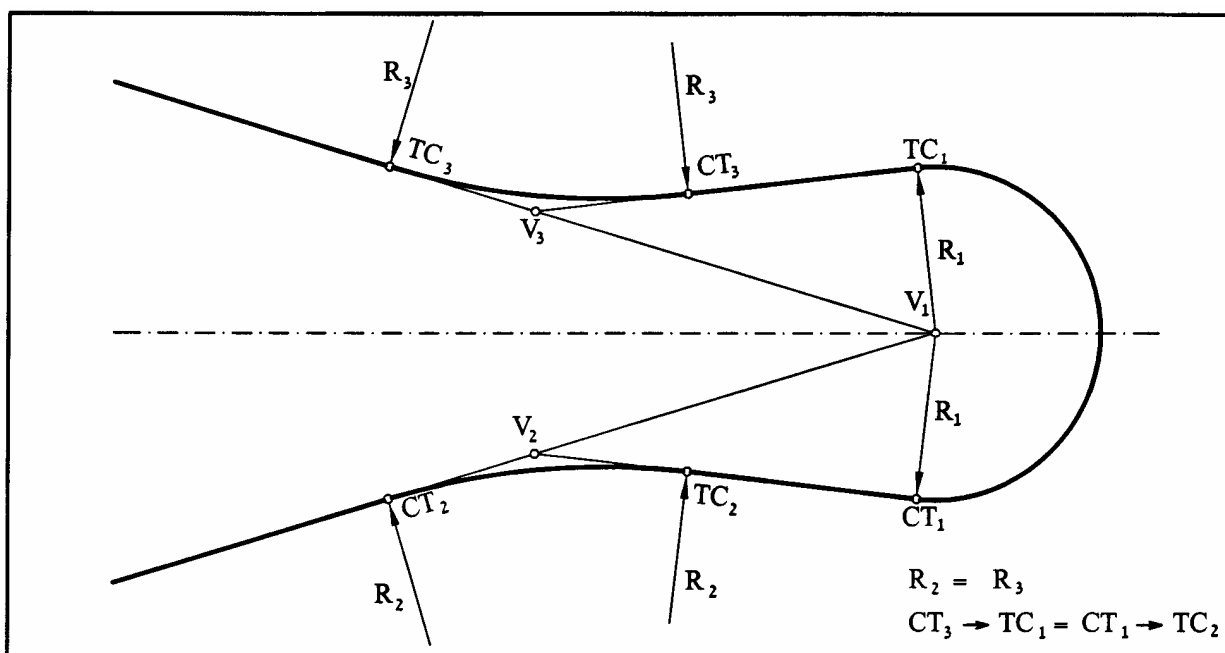
עקום סימטרי הוא בהכרח מקטגוריה מספר 1. עקום אסימטרי יכול להיות מקטגוריה מספר 1 או 2. עקום אסימטרי בו חסר אחד העקומים המשניים, משיקולי התאמה לשטח, מכונה סמי-עקלתון (ציור מס' 10.5).

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי



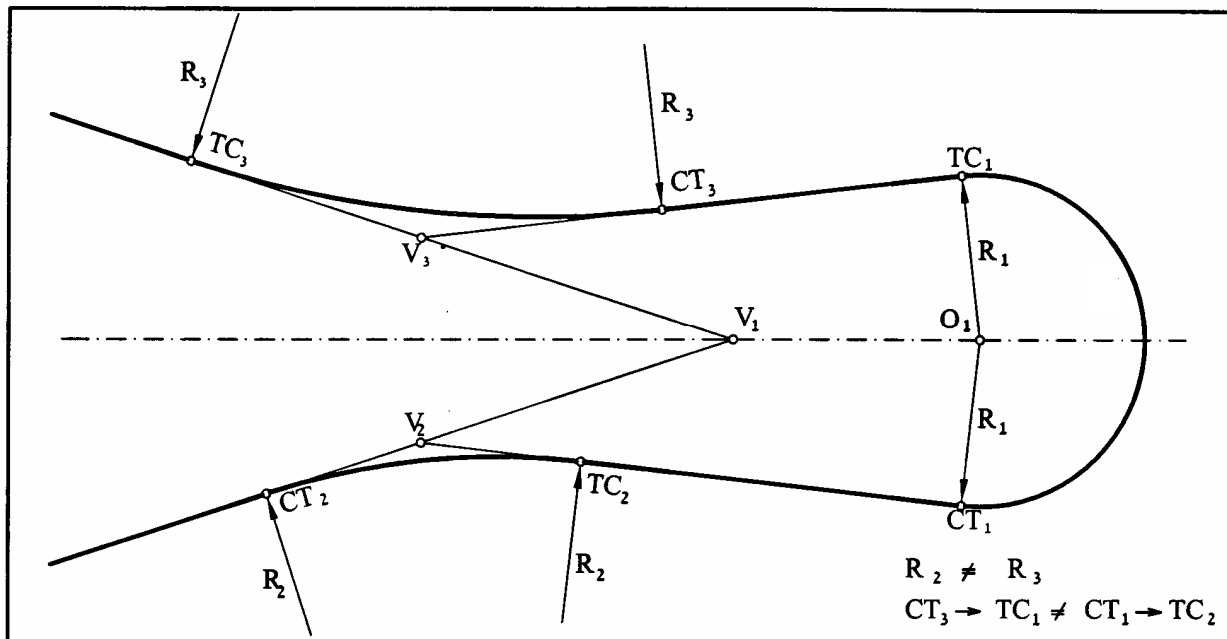
ציור מס' 10.1 מרכיבי העקלתון



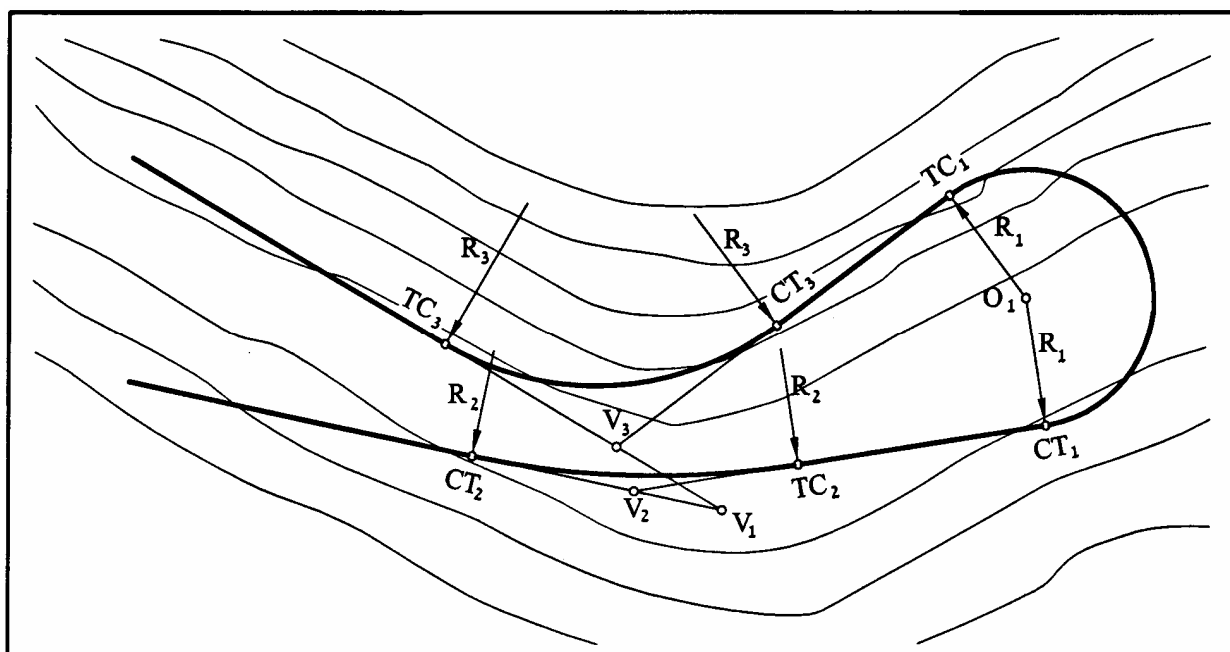
ציור מס' 10.2 עקלתון מקטגוריה מס' 1 – סימטרי

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכנן גיאומטרי



ציור מס' 10.3 עקלתון מקטגוריה מס' 1 – אסימטרי



ציור מס' 10.4 עקלתון מקטגוריה מס' 2

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### 10.4 התוואי הראשוני ובדיקתו

התיכנון הראשוני של התוואי באזור העקלתונים מבוצע במספר חלופות. התיכנון חייב להיות קפדני, היות ושינויים קטנים יחסית בציר הכביש יכולים לגרום להפרשים גדולים בכמות החציבה.

בגלל הרדיוס הקטן וזווית הפניה הגדולה, העקום הראשי הוא המקום הרגיש ביותר להבטחת השיפוע הרצוי לאורך, וכמות סבירה של עבודות עפר. אי-לכך, תיכנון העקלתון מתחיל עם קביעת מיקום מתאים עבור העקום הראשי. רצוי שהשיפוע הצידי של הקרקע הטבעית באזור העקום הראשי לא יעלה על 15%. אחרי קביעת המיקום והרדיוס של העקום הראשי, נמשך תהליך התיכנון עם קביעת הקווים הישרים והעקומים המשניים בהתאם לטופוגרפיה.

התוואי הראשוני צריך לעבור את הבדיקות ההכרחיות הבאות (מבחינה גיאומטרית וכמות עבודות עפר):

א. התאמת הקו האדום להפרש הגובה בין הנקודות התוחמות את העקלתון.

ב. בדיקת המרחק הקרוב ביותר בין שני הענפים.

ג. בדיקת אורך קטעי הביניים הישרים.

ד. כמות עבודות העפר.

פירוט הבדיקות ההכרחיות הנ"ל מובא בסעיף 10.6 להלן.

### 10.5 קריטריונים לתכן עקלתונים

#### 10.5.1 מהירות תכן

מהירות התכן משתנה באופן הדרגתי לאורך העקלתון. הצורה הגיאומטרית של העקלתון נועדה להפחית באופן הדרגתי את המהירות, ממהירות התכן של האזור למהירות המתאימה לעקום המרכזי. הפרש מהירויות גדול מהווה סכנה בטיחותית. לפיכך, קיימות לאורך העקלתון שלוש מהירויות תכן כדלקמן:

א. מהירות תכן בגישה לעקלתון –  $V_d$

ב. מהירות תכן מתאימה לעקום המשני –  $V_r$

ג. מהירות תכן מתאימה לעקום הראשי –  $V'_r$

היחס המומלץ בין כל שתי מהירויות עוקבות לעיל לא יעלה על 1.5:1. לאור זאת מובאים בטבלה מס' 10.1 הערכים המומלצים של מהירויות תכן לאורך העקלתון.

#### 10.5.2 הגבהה צידית מירבית

בתיכנון עקלתון באזורים מושלגים או מרובי קרה ההגבהה הצידית המירבית היא 6%. ביתר האזורים ההגבהה המירבית היא 8%.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### 10.5.3 רדיוסים מזעריים

הרדיוסים המזעריים בציר הדרך בעקומים המשניים ובעקום הראשי, נקבעים בהתאם להגבה המירבית המותרת ולשינוי ההדרגתי של מהירות התכן לאורך העקלתון, כמפורט בטבלה מס' 10.1.

#### טבלה מס' 10.1 מהירויות תכן מומלצות ורדיוסים מזעריים לאורך העקלתון

70	60	50	40	מהירות תכן $V_a$ בגישה לעקלתון (קמ"ש)
50	40	35	30	מהירות תכן $V_r$ בעקומים המשניים (קמ"ש)
35	30	25	20	מהירות תכן $V'_r$ בעקום הראשי (קמ"ש)
80	60	40	30	רדיוס ציר מזערי בעקומים המשניים (מ')
40	30	25	20	רדיוס ציר מזערי בעקום הראשי (מ')

### 10.5.4 שיפועים מירביים בעקום הראשי

בעקום הראשי קיים שיפוע שקול, המתקבל כתוצאה מהרכיבים הניצבים של השיפוע לאורך הדרך והשיפוע לרוחב המיסעה. בגלל הרדיוסים הקטנים הנהוגים בעקום הראשי, וההרחבות הגדולות הנדרשות עקב כך, כמפורט בסעיף 10.5.5 להלן, רדיוס השפה הפנימית של העקום הראשי קטן באופן משמעותי מרדיוס הציר (ברדיוס ציר של 25 מ' עשוי רדיוס השפה הפנימית להיות 19 מ' בלבד), והתוואי לאורך השפה הפנימית קצר במידה ניכרת מהתוואי לאורך ציר העקום. עקב כך, השיפוע לאורך השפה הפנימית עשוי להיות גדול במידה ניכרת מהשיפוע לאורך הציר, ולכן יש להגביל את השיפוע המירבי בציר העקום הראשי לערכים הרשומים בטבלה מס' 10.2. שיפוע זה יישמר גם במחצית הקטע הישר הסמוך לעקום הראשי. בשאר התוואי ניתן לבצע שיפועים מירביים כמפורט בסעיף 5.2 של הנחיות אלה. יש לבדוק תמיד את הפרישה לאורך השפה הפנימית, לוודא רציפות החתך ולמנוע שיפועים חריגים לאורכה.

#### טבלה מס' 10.2 השיפוע המירבי לאורך בציר העקום הראשי בעקלתון

70	60	50-40	מהירות תכן $V_a$ בגישה לעקלתון (קמ"ש)
3.0	4.0	5.0	השיפוע המירבי לאורך הציר (%)

### 10.5.5 הרחבה

הרדיוסים הקטנים של הקשתות בעקומים המרכיבים את העקלתון מחייבים מתן הרחבות ניכרות. בטבלה מס' 10.3 מובאים ערכי ההרחבה כתלות ברדיוס. ככלל, רצוי לבצע את ההרחבה בצידו החיצוני

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

של העקום, כדי לא להקטין את רדיוס השפה הפנימית, אולם אופן הביצוע המדויק ייקבע בהתאם לאפשרויות הטופוגרפיות בכל עקלתון לגופו.

**טבלה מס' 10.3 ערכי ההרחבה הדרושה למיסעה בעקלתון (במטר) בתלות ברדיוס העקום, עבור רוחב מיסעה של 6.0 מ' בקטע הישר**

מהירויות התכן של העקום (V <sub>r</sub> , V <sub>r</sub> ) קמ"ש			רדיוס ציר העקום (מ')
50	40-35	30-20	
---	---	3.5	20
---	---	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

**הערה:** הסימן '---' משמעותו שאין להשתמש בשילוב זה של רדיוס ומהירות תכן.

ערכי ההרחבה בטבלה מיועדים לאפשר נסיעה דו-סיטרית של רכב פרטי מול כלי-רכב מורכבים ומחבורים, בעלי מידות "אזרחיות" מירביות (דהיינו אורך עד 18 מ' ורוחב עד 2.55 מ'). ערכים אלה אינם מאפשרים נסיעה דו-סיטרית מול מוביל טנקים. במקרה של נסיעת מובילי טנקים ורכב חריג אחר בעקלתון, יהיה צורך ברכב ליווי שיבטיח לרכב החריג ניצול רוחב כל המיסעה.

### 10.5.6 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 (ציור מס' 10.6).

החישוב המשולב של אורך עקומי המעבר ומעברי השיפועים בכל העקומות שבעקלתון יבוצע לפי הקריטריונים המקובלים בעקומים אופקיים, כמפורט בסעיף 4.4 של הנחיות אלה, ובהתאם למקדמים המופיעים בטבלה מס' 10.4.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

### טבלה מס' 10.4 מקדמים לחישוב אורך עקומי מעבר ומעברי שיפועים בעקלתון

50	40 ומטה	מהירות התכן בעקום $V_r, V_r'$ (קמ"ש)
0.782	0.841	מקדם הנוחות $C - (m/s^3)$
0.73	0.85	הפרש השיפוע לאורך בין השפה לציר $\Delta$ (%)

### 10.5.7 אורך מזערי לקטעים הישרים בין עקומים מנוגדי כיוון

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

האורך המזערי של הקטע הישר מותנה בקיומם של עקומי מעבר, כמפורט להלן:

**א. כאשר יש עקומי מעבר (ראה ציור מס' 10.6):**

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

כאשר:

- $L_{m1}$  אורך הקטע הישר הנמדד בין נקודות ההשקה של עקומי המעבר לישר (מטרים).
  - $b$  רוחב הנתיב בקטע הישר (מטרים).
  - $\Delta_1, \Delta_2$  הפרשי השיפוע לאורך בין ציר הדרך והשפות בשני העקומים שבשני קצות הקטע הישר (אחוזים).
  - $L_{s1}, L_{s2}$  אורך עקומי המעבר בשני העקומים בהתאמה, כמחושב לפי סעיף 10.5.6 לעיל (מטרים).
- (באורך הדרוש כלולים מעברי המשיק הדרושים לשני העקומים וקטע בו השיפוע לרוחב הוא נורמלי).

**ב. כאשר אין עקומי מעבר:**

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

כאשר:

- $L_{m2}$  אורך הקטע הישר הנמדד בין נקודות ההשקה של הקשתות המעגליות שמשני צידי הקטע הישר (מטרים).
- $L_1, L_2$  אורך מעברי ההגבהה לשני העקומים בהתאמה (מטרים).
- $b$  רוחב הנתיב בקטע הישר (מטרים).
- $\Delta_1, \Delta_2$  הפרשי השיפוע לאורך בין ציר הדרך והשפות בשני העקומים שבשני קצות הקטע הישר (אחוזים).
- $L_{s1}, L_{s2}$  אורך עקומי המעבר (שהיו נדרשים בתנאים אלה) בשני העקומים בהתאמה, כמחושב לפי סעיף 10.5.6 לעיל (מטרים).

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

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

### 10.5.8 אורך מזערי לקטעים הישרים בין עקומים שווי כיוון

אחד משני הקטעים הישרים בעקלתון מקטגוריה מספר 2 מחבר בין עקום משני ועקום ראשי לאותו כיוון. בשל המקום המצומצם הקיים בדרך-כלל בתוואי עקלתוני, יהיה האורך המזערי של הקטע הישר זהה לאורך המחושב עבור עקומים מנוגדי כיוון, כמפורט בסעיף 10.5.7 לעיל. מעברי ההגבהה של כל עקום יבוצעו כמפורט בסעיף 4.6.1 בהנחיות, לעקומים שווי כיוון.

### 10.5.9 מרחק בין עקלתונים סמוכים

המרחק בין עקלתונים סמוכים נקבע בעיקר על-ידי המיקום האופטימלי של העקומים הראשיים. יחד עם זאת, רצוי להתחשב גם בהנחיות הבאות:

- א. המרחק המזערי בין עקלתונים סמוכים – ככלל, עקלתונים עוקבים יהיו לכיוונים מנוגדים, ולכן האורך של הקטע הישר המזערי הרצוי ביניהם, במטרים, הוא  $1 \times V_d$ , כאשר  $V_d$  היא מהירות התכן בגישה לעקלתון, בקמ"ש.
- ב. המרחק המירבי בין עקלתונים סמוכים ייקבע כך, שלא יגרום לעלייה מופרזת במהירות הנסיעה בירידה.

## 10.6 בדיקות הכרחיות לתוואי הראשוני של העקלתון

### 10.6.1 התאמת הקו האדום להפרש הגובה בקרקע

התאמת הקו האדום להפרש הגובה בקרקע בין הנקודות התוחמות את העקלתון מתוארת בצור מס' 10.7. הבדיקה מתייחסת להשוואה בין  $\Delta H$  (ההפרש ברום פני הקרקע בין קצות העקלתון) לבין  $\Delta H_{ef}$  (הפרש הגובה במטר בין הנקודות התוחמות את העקלתון כתוצאה של תכנון "קו-אדום"):

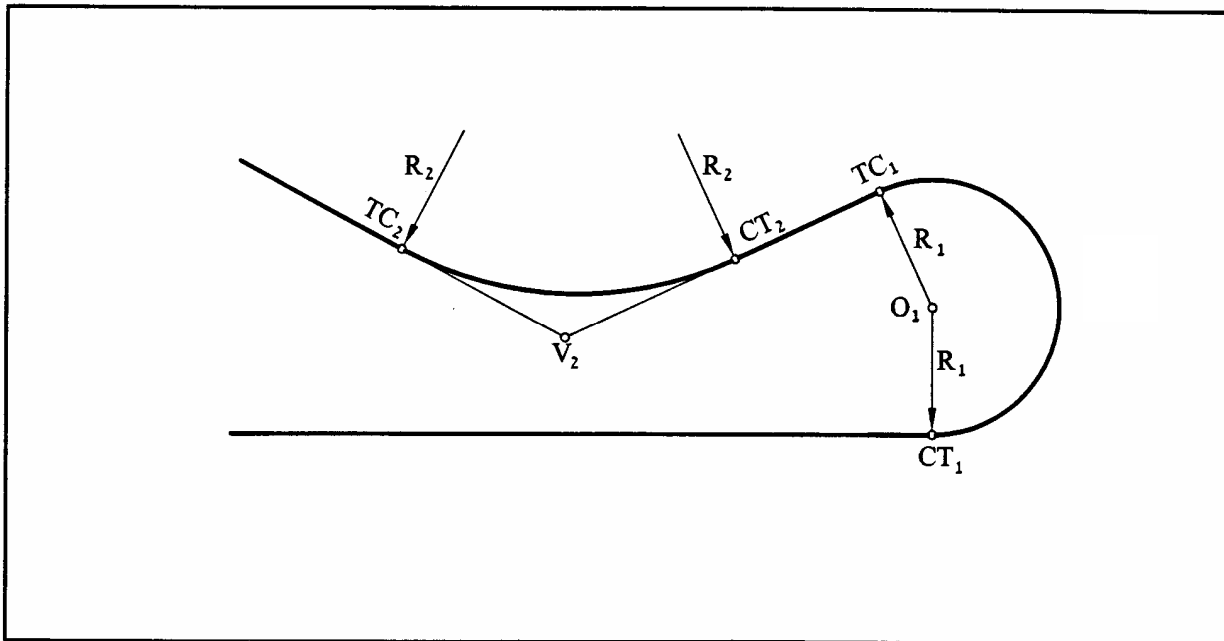
$$\Delta H_{ef} = X_1 i_{al} + X_2 i_{red}$$

כאשר:

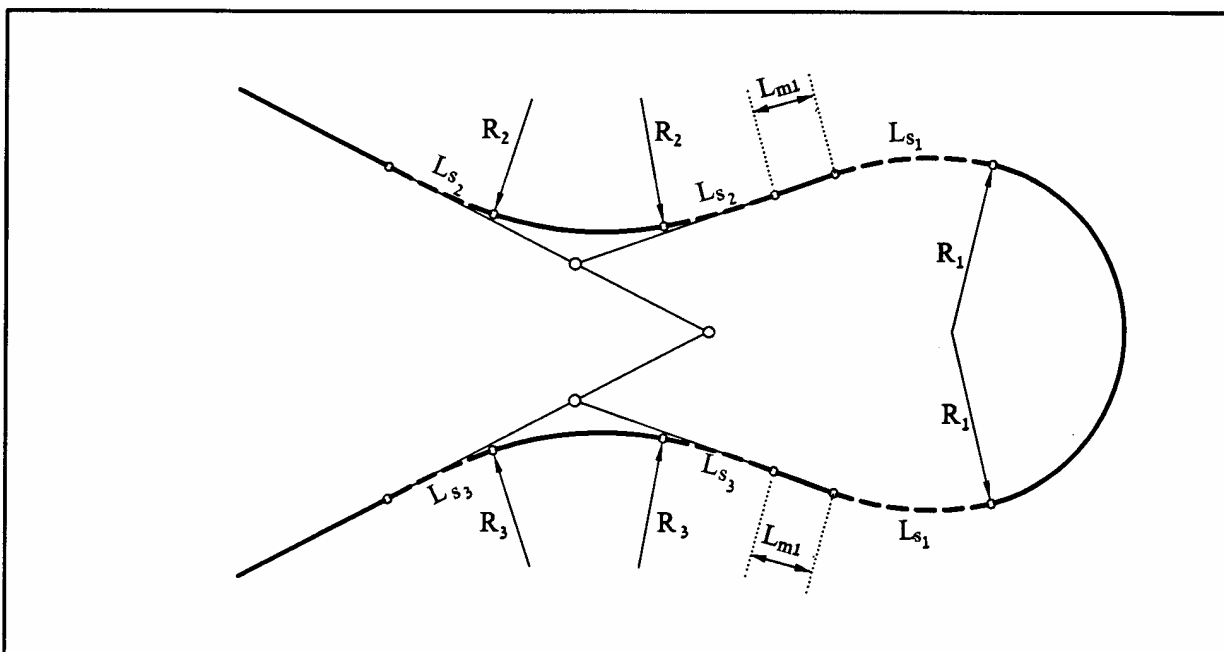
- $i_{al}$  שיפוע אופייני לתוואי המתקרב לעקלתון (בשבר עשרוני).
- $X_1$  אורכו של השיפוע  $i_{al}$  ששווה לסכום האורכים של שני העקומים המשניים בתוספת מחצית מאורכם של שני קווי הביניים הישרים (מטר).
- $i_{red}$  שיפוע מוקטן לאורך העקום הראשי, כמפורט בסעיף 10.5.4 לעיל (שבר עשרוני).
- $X_2$  אורך מזערי של השיפוע המוקטן, השווה לאורך העקום הראשי + חצי האורך של קווי הביניים הישרים (מטר).

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי



ציור מס' 10.5 סמי-עקלתון



ציור מס' 10.6 עקלתון עם עקומי מעבר

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכן גיאומטרי

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.

### 10.6.2 בדיקת המרחק הקרוב ביותר בין שני הענפים

הבדיקה המתוארת בציר מס' 10.8 מתייחסת להשוואה בין המרחק האפקטיבי ( $F_{ef}$ ) שניתן לחשב מתוך התנוחה הגיאומטרית, לבין המרחק המזערי הרצוי ( $F_{des}$ ) נמדד בין הנקודות  $B_2$  ו- $B_3$ , וכולל את אורכי הביסקטור של העקומים המשניים.

המרחק המזערי הרצוי בין הצירים של שני הענפים הוא כדלקמן:

$$F_{1des} = b + a + h_1 \times m + h_2 \times n \quad \text{במקרה של מדרונות:}$$

$$F_{2des} = b + a + c + H/p \quad \text{במקרה של קירות תמך:}$$

(המשתנים במשוואות מוסברים בציר מס' 10.8).

אם  $F_{ef} < F_{1des}$  יהיה צורך להשתמש בקיר תומך.

אם  $F_{ef} < F_{2des}$  יהיה צורך להזיז את נקודות החיתוך  $V_2$  ו- $V_3$  כדי להגדיל את המרחק  $F$ .

### 10.6.3 בדיקת אורך קווי הביניים הישרים

הקווים הישרים בין העקומים המשניים לבין העקום הראשי מיועדים לאפשר:

א. הכנסת עקומי מעבר.

ב. ביצוע מעבר שיפועים.

ג. שינוי השיפוע לאורך.

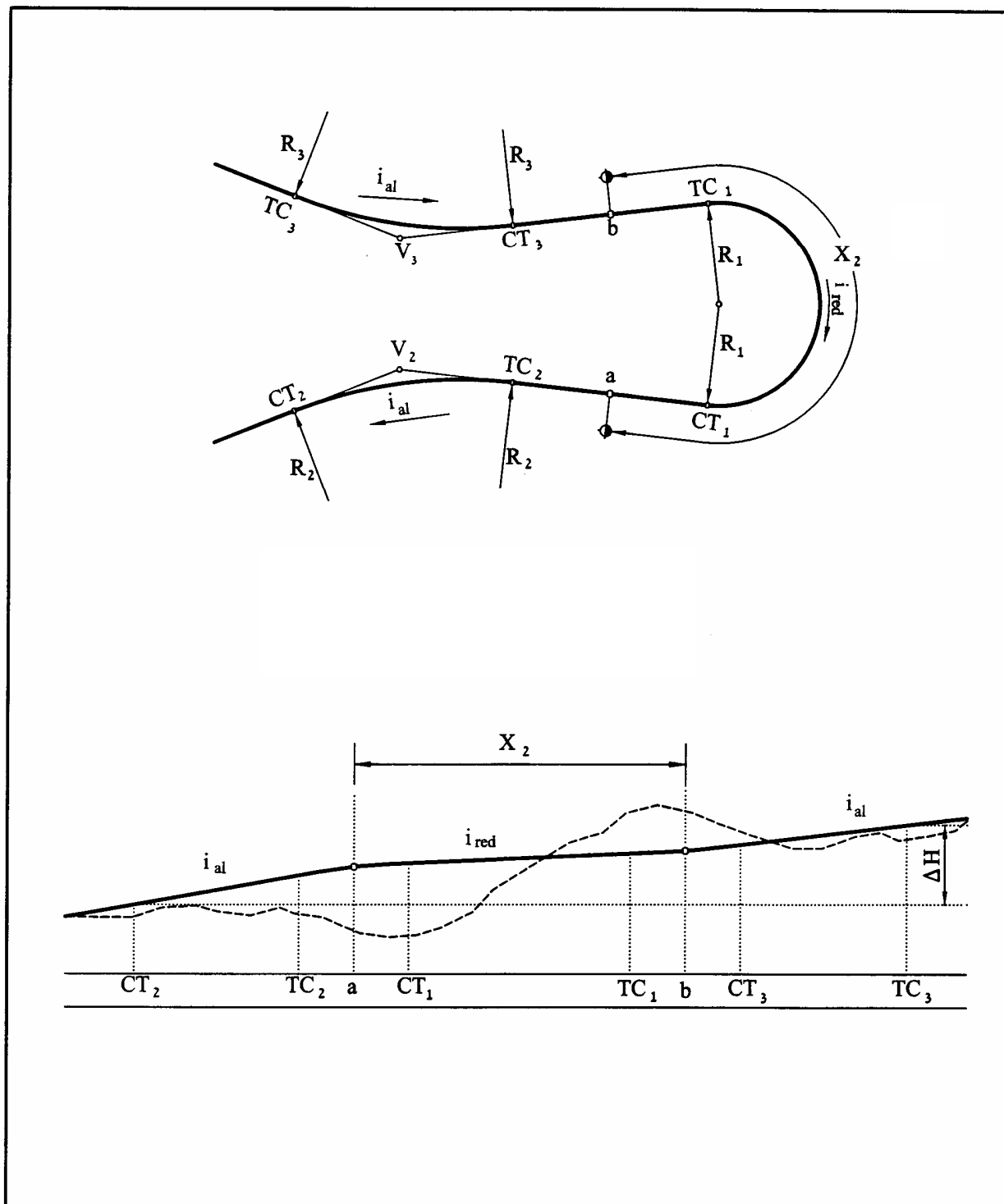
האורך המזערי של הקווים הישרים נתון בסעיפים 10.5.7 ו-10.5.8 לעיל.

### 10.6.4 כמות עבודות עפר

על מנת להקטין את כמות עבודות העפר יש לדאוג שהפרש הרומים בין הקו האדום לקרקע הטבעית, בציר הכביש ולאורך העקלתון, לא יעלה על 3-4 מ'.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

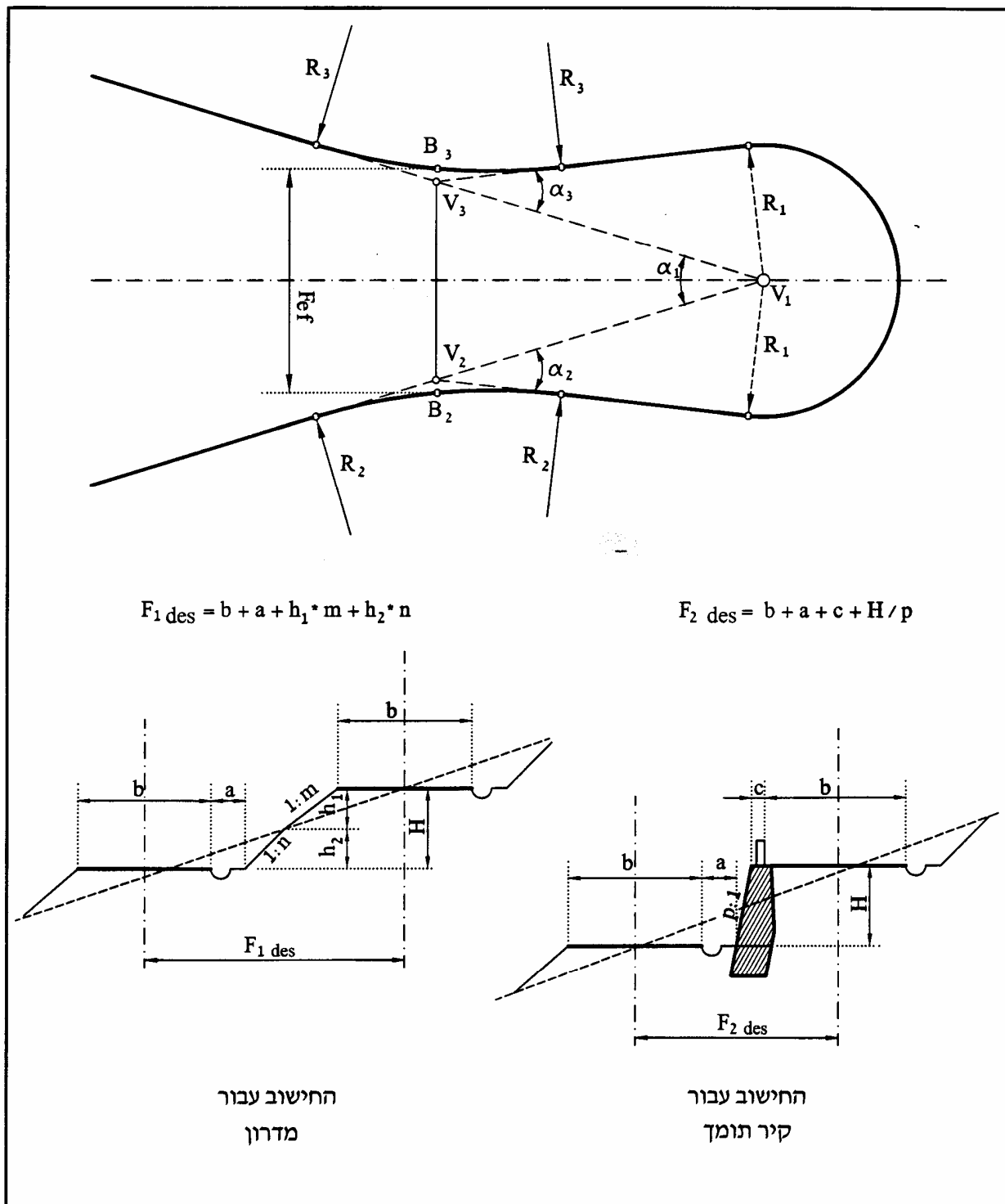
## חלק א' – תכן גיאומטרי



ציור מס' 10.7 כללי תיכנון ה"קו האדום" בעקלתונים

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## חלק א' – תכנ גיאומטרי



ציור מס' 10.8 המרחק הקרוב ביותר בין שני ענפי עקלתון

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## פרק 11

### תכן מבנה דרכים

#### הפרק נכתב על-ידי ד"ר רפאל ירון

#### 11.1 מבוא

##### 11.1.1 כללי

מהדורה זמנית זו מכילה מבוא להנחיות תכנון מיסעות לכבישים ורחבות במחנות צה"ל, שתשמש עד להשלמתה של המהדורה הסופית. הנחיות אלה נבנו על בסיס מקורות שונים בארץ (מקבצי הנחיות תכנון שיצאו במע"צ במהלך השנים, הנחיות לתכנון בכביש חוצה ישראל, הנחיות לתכנון מבנה מיסעות ברחובות עירוניים של המנהל לתכנון והנדסה במשרד השיכון – מאוגוסט 2000), טיוטת הנחיות תכנון למבנה דרכים במחנות צה"ל שנכתבה על-ידי חברת ל.ק.י. בסוף שנות השמונים ולא הוצאה לאור, הוראות מפקד מרכז בינוי בנושא תכן מבנה כבישים שיצאו לאור בשנת 1992, וכן חומר רלוונטי מארצות שונות, בעיקר בהקשר של דרכים צבאיות ודרכים מיוחדות.

##### 11.1.2 ייחודיות הפרוייקטים הצבאיים

תהליכי הבנייה וההקמה של פרויקטים ומתקנים בצה"ל כוללים כמות גדולה של מרכיבי סלילה, פיתוח שטח ועבודות עפר. לנושא הטיפול בתכנון ובביצוע של עבודות עפר וסלילה בצה"ל יש מספר מאפיינים השונים במידה מסוימת מהמקובל בשוק האזרחי:

א. בניגוד לרשויות אזרחיות רבות, מטפל צה"ל במגוון גדול מאד של סוגי פרויקטים, החל מפרוייקטים עתירי השקעה ובעלי דרישות איכות גבוהות מאד, ועד לפרוייקטים מבצעיים לטווח קצר, שדרישות האיכות לגביהם נמוכות במידה משמעותית. בין הפרוייקטים שמבצע צה"ל בתחומי ידע אלו ניתן להזכיר:

- (1) דרכי גישה למחנות צה"ל.
- (2) דרכים פנימיות בתוך מחנות.
- (3) משטחי אכסון וחנייה.
- (4) דרכים בטחוניות ומבצעיות, כגון דרכי פטרולים.
- (5) עבודות פיתוח שטח בתוך מחנות.
- (6) דרכים לכלי רכב מיוחדים.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

ב. המגוון הגדול של הפרויקטים ושל צרכי המשתמשים מכתוב במקרים רבים את הצורך לעשות שימוש בשיטות סלילה שונות, כולל עבודה בשיטות בלתי שגרתיות כדוגמת תהליכי ייצוב בחומרים שונים ועוד.

ג. אופק התכנון בפרויקטים רבים שונה מהמקובל, עקב דרישה לפתרונות זמניים, מבצעיים וכו'.

ד. לעיתים קרובות יש מגבלות תקציביות גדולות, למרות שיש הנחייה לביצוע הפרויקט. עובדה זו דורשת מציאת פתרונות חלופיים לביצוע, כולל התפשרות לעיתים בנושא איכות המוצר.

מתוך האמור לעיל, אין ספק שתכן מיבנה המיסעות בצה"ל צריך לכלול בתוכו התייחסות מתאימה למגוון הצרכים המיוחדים של הצבא.

## 11.1.3 מרכיבי תהליך התכן

תכנון מבנה מיסעות כולל את המרכיבים העיקריים הבאים:

- תכנון עובי המבנה של המיסעה ושכבותיה;
- דרישות עיבוד השתית וקרקעות מקומיות במילוי ובחפירה;
- תכן מדרונות במילוי ובחפירה, לרבות אמצעים להגנתם;
- ניקוז המיסעה;
- בחינת מידת ההתאמה של חומרים בקירבת תוואי הדרך לשמש לצורכי הסלילה;
- פתרון בעיות מיוחדות כמו תפיחה, קונסולידציה, קרקעות לא יציבות מסוגים שונים, יציבות סוללות וכו'.

הדרישות הכלליות לאיכויות החומרים ולשיטות העיבוד של חומרי השתית והמבנה (מצעים, תשתיות וציפויים עליונים) הינן על-פי המפורט בפרקים הרלוונטיים של המפרט הכללי הבינמשרדי (בעיקר פרקים 50 ו-51). דרישות מיוחדות אחרות, כולל דרישות ביצוע ואיכות של משטחים מסוגים אחרים, יפורטו במפרטים המיוחדים שייכתבו כחלק מתהליך התכנון.

## 11.2 תהליך החקירה ההנדסית

### 11.2.1 מטרות החקירה

יכולתם של פרויקטי סלילה לספק רמת שירות נאותה לאורך זמן תלויה במידה רבה ביותר במידע העומד לרשות המתכנן בנוגע לתכונות הקרקע הטבעית והחומרים בהם נעשה שימוש בתהליך הסלילה. העדר ידע מספיק עלול לגרום למצבים של כשל מבני או תפקודי כתוצאה מתכן חסר, או לחליפין לגרום להשקעות מיותרות עקב תכנון יתר של האתר.

תהליך תכן מיבנה מיסעות כולל בתוכו מרכיב בסיסי של חקירת השתית הטבעית והחומרים מהם מתוכננת המיסעה להבנות. תהליך זה דורש, מטבע הדברים, השקעת משאבי זמן ומשאבים כספיים. אין ספק שרמות החקירה שיידרשו בפרויקט ארוך טווח עם דרישות איכות מחמירות, אמורות להיות בהיקפים שונים לחלוטין מרמות החקירה שיידרשו בעת סלילת דרך מבצעית זמנית.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

- חקירת הקרקע באזור הפרויקט המתוכנן מיועדת לברר את הנושאים העיקריים הבאים:
- א. בדיקת תכונות חומרי השתית לצורך קביעת עובי המבנה המתוכנן והנחיות לעיבוד השתית.
  - ב. התאמת חומר חפירה לשימוש במילוי בקטעים אחרים לאורך התוואי.
  - ג. הימצאותם של חומרים מקומיים המתאימים לצורכי מילוי ומילוי מובחר.
  - ד. קביעת שיפועי חפירה ומילוי בחתך הדרך.
  - ה. קביעת הערכות לגבי סוגי ציוד נדרש לעבודות עפר, צורך בחציבה, פיצוצים וכו'.
  - ו. איתור בעיות צפויות הקשורות להימצאות מי תהום.
  - ז. איתור סכנות של היווצרות גלישות בתוואי הדרך.

## 11.2.2 אופן החקירה במקרים שונים

כאשר מדובר בפרויקטים גדולים ועתירי השקעה, קיימת מתודולוגיה סדורה של תהליכי חקירת שתית וחומרים מקומיים. במקרים אלו, ההשקעה בביצוע מערכת מסודרת של חקירת קרקע והגיאולוגיה של האתר כרוכה בהוצאה נמוכה ביחס לעלות הפרויקט, והסיכון באי ביצוע החקירה הינו גבוה. כאשר מדובר בפרויקטים בהיקפים כספיים קטנים, וכן פרויקטים שבהם משמעות נזקים מבניים אינה חמורה במיוחד, ניתן לצמצם את הדרישות. היקף החקירה שתבוצע תלוי בגורמים רבים, כולל הקפי המשאבים שיושקעו בהקמת הפרויקט, מורכבות ובעייתיות הקרקע הקיימת באזור, מידת הסיכון שיכול הצבא לספוג כתוצאה מתפקוד בעייתי של האתר ועוד.

בתחום האזרחי מקובלת הערכת עלות של כחצי אחוז עד אחוז מעלות הפרויקט בעבור נושא חקירת הקרקע. יחד עם זאת ברור שבמקרים רבים עשויים להגיע לעלויות גבוהות בהרבה, בהתאם לערך ולחשיבות הפרויקט ולמידת מורכבות הקרקע המקומית. בפרויקטים קטנים ניתן להגיע למצב בו הסכום הכספי העומד לצורך חקירה הינו קטן ביותר. ההליך המינימלי שיבוצע בכל מקרה בתכנון דרכים עבור צה"ל (כולל פרויקטים קטנים מאד) יהיה איסוף של נתונים קיימים מפרויקטים שכנים ותהליך מקוצר של זיהוי ומיון הקרקע המקומית. זאת על מנת להקטין במידת האפשר את הסיכויים של תכנון לקוי באותם פרויקטים.

נתונים ממקורות קיימים שונים וכן סיורים בשטח יוכלו לסייע בהערכה מוקדמת לגבי ההיקף הנדרש של חקירה מעבדתית. בענף הנדסה של מרכז בינוי קיים מאגר מידע גדול הנוגע לתוצאות של קידוחי ניסיון לצורכי ביסוס שבוצעו במחנות צה"ל. מאגר זה עשוי להיות בעל תועלת רבה למתכנן. נתונים נוספים לגבי הניסיון הנצבר בנושא קרקעות טבעיים במחנות צה"ל יכול להתקבל תוך התייעצות עם מהנדס ראשי לדרכים. תוצאות בדיקות הקרקע שיבוצעו בפרויקט המתוכנן, כולל בדיקות זיהוי מעבדתי בהיקפים קטנים, יוגשו למדור דרכים על מנת שיוכלו להיות מקוטלגים לצורך שימוש עתידי בפרויקטים באותו האזור.

דו"ח גיאולוגי הנדסי יידרש בדרך כלל בעבודות המתאימות לאחת מההגדרות הבאות:

- א. עבודות בנייה וסלילה בהיקפים גדולים.
- ב. משטחים המיועדים להקמת מבנים קבועים.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

- ג. אתרים הבנויים במקומות בהם אותרו קרקעות פעילות, בהן קיים חשש לשינויי נפח משמעותיים תוך תקופת השירות (בעיות תפיחה, מייט, שקיעות משמעותיות וכו'), וכן באזורי פעילות סיסמית.
- ד. שטחים באזורים הרריים, בעלי שיפועים אורכיים או צידיים העולים על 20%.
- ה. שטחים בהם עומק החפירה עולה על 4 מטר ו/או גובה המילוים עולה על 5 מטר.
- הדרישה לביצוע סקר גיאולוגי והגשת דו"ח גיאולוגי הנדסי תעשה על-פי הערכות המהנדס המתכנן וטעונה באישור מוקדם של מהנדס ראשי לדרכים.

## **11.3 קביעת הערכים התכנוניים**

### **11.3.1 כללי**

תוצאות חקירת הקרקע משמשות כבסיס לצורך תכנון מיבנה המיסעה והאלמנטים הנלווים. גם ביחידות תכנון הומוגניות מאד קיים פיזור של תוצאות הבדיקות המתקבלות מחקירת הקרקע, ולכן יש צורך להחליט מהם הערכים שיקבעו לצורכי תכנון. בפרויקטים קטנים ובעלי חשיבות משנית, (בהקשר של תקציבי השקעה וחשיבות רמת השירות), כמו דרכי פטרולים, ניתן לקחת את האחוזון ה-50 עד האחוזון ה-60 לצורכי תכנון. בפרויקטים גדולים וחשובים מקובל לבחור את האחוזון ה-80 ואף האחוזון ה-90 מתוך כלל התוצאות (משמעות האחוזון ה-80 הינו ש-80% מהתוצאות שהתקבלו נחותות יותר מהערך שנבחר כערך תכנוני מייצג). בהתאם לאמור לעיל, ההנחיה הכללית הינה לבחור את האחוזון ה-80 לצורכי תכנון של פרויקטים רגילים במחנות צה"ל. בפרויקטים מיוחדים תותר חריגה מאחוזון זה לאחר אישור מראש של מהנדס דרכים ראשי.

כאשר שיטת התכנון לעובי מבנה המיסעה מבוססת על גישות של מהימנות, מקובל לקחת כערכים תכנוניים את הערכים הממוצעים של תכונות הקרקע. ערכי סטיות התקן של תכונות הקרקע משמשים במקרה זה כחלק משיטת התכנון, בתוספת למקדמים המתאימים לרמת המהימנות הנדרשת.

בפרויקטים גדולים נהוג לחלק את האזור התכנוני למספר יחידות תכן בהתאם לתכונות הקרקע המקומית. זאת, על מנת לאפשר מתן פתרונות הנדסיים מספקים מחד וחסכוניים מאידך. כאשר ניתן לאתר קטעים חלשים במיוחד לאורך התוואי, יש לטפל באותם קטעים באופן ספציפי ולא לקבוע ערכים תכנוניים נמוכים לתוואי כולו.

### **11.3.2 הערכת תכונות חוזק של קרקעות בהעדר תוצאות חקירה**

במקרים בהם אין נתונים זמינים של ערכי החוזק של הקרקע המקומית ושל חומרי המבנה ומתקבלת החלטה שלא לבצע מערכת מסודרת של חקירת שתית (מסיבות של דחיפות מבצעית, היקפי פרויקט נמוכים, חשיבות משנית וכו'), ניתן, על סמך סיווג הקרקע המקומית, לקבוע בהערכה את ערכי החוזק התכנוניים של הקרקע. חשוב לציין כי יש בשיטה זו מידה של סיכון לנזקים מוקדמים במיסעה, וכי אין הדבר פוטר את המתכנן משיקול דעת מקצועי באשר לסכנות מבניות העלולות להיגרם מסיבות שונות למבנה הדרך או לסביבתו. במקרים של סיכון בלתי סביר על המתכנן להעלות שוב את נושא חקירת השתית, לצורך הקטנת אי-הודאות בנוגע לתכונות הקרקע המקומית ולהתנהגותה הצפויה

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

לאורך תקופת השרות. ראוי לציין כי גם במקרה של ביצוע חקירת שדה באתר, יכולים ערכי החוזק המשוערים לשמש לצורך ביצוע תכנון ראשוני וכאמצעי לבחינת סבירותן של תוצאות החקירה.

טבלה מס' 11.1 מביאה ערכי מת"ק משוערים של קרקעות שונות, המשמשים לצורכי הערכה ראשונית של חוזק הקרקע. ערכי החוזק ניתנים כפונקציה של סוג קרקע השתית המקומית על פי שיטת המיון של AASHTO. כפי שאמור בסעיף 11.2, יש להקפיד בכל מקרה על ביצוע בדיקות סיווג של הקרקע המקומית, כהליך מינימלי בביצוע חקירת השתית המקומית.

## טבלה מס' 11.1 הערכת ערכי מת"ק לסוגים שונים של קרקעות

סוג הקרקע לפי מיון AASHTO	ערך המת"ק התכנוני המשוער באחוזים
A-1	10
A-2-4	8
A-3	7
A-4	6
A-2-6	5
A-2-7	4
A-6	4
A-7-6 עם אינדקס קבוצתי בתחום 1-13	4
A-7-6 עם אינדקס קבוצתי בתחום 14-20 וגבול נזילות קטן מ-60	3
A-7-6 עם אינדקס קבוצתי בתחום 14-20 וגבול נזילות גדול או שווה ל-60	2

## 11.4 מאפייני התנועה וההעמסה

### 11.4.1 הגורמים המשפיעים

- תכנון מבנה המיסעה נקבע במידה רבה כפונקציה של היקפי ואופי התנועה העוברת בדרך. גורמי התנועה העיקריים המשפיעים על תכנון המיסעה הינם:
- עומסי הסרנים של כלי הרכב העוברים בדרך ופילוגם;
  - תצורת הגלגלים בסרני כלי הרכב;
  - לחץ המגע בין צמיגי הרכב לבין פני המיסעה;
  - המצאות כלי רכב חריגים (מלגזות, כלי רכב זחליליים מסוגים שונים), סוג העקבה של הרכב ואופי ההעמסה;

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

- ה. פילוג רוחבי של תנועת כלי הרכב הכבדים ;
- ו. אופי העומס המופעל על המיסעה (סטאטי, דינאמי, תהליכי האצה והאטה ועוד) ;
- ז. אופן תקופת התכנון וההערכות לגבי גידול התנועה הכבדה בדרך.

## 11.4.2 הערכות התנועה

הערכות התנועה יכולות להתבצע על-ידי תחשיבים מפורטים או לחליפין על-ידי הערכות וסיווג גס יחסית של סוגי כלי הרכב והיקפי התנועה המתבצעת בדרך. יש לקחת בחשבון כי במרבית הדרכים המתוכננות במחנות צה"ל, היקפי התנועה החזויה הינם נמוכים, וכלי הרכב הינם קלים יחסית. במקרים אלו ניתן להסתפק בהערכה גסה של היקפי התנועה של כלי רכב כבדים לצורך תכנון מבנה המיסעה. כמו כן יש לקחת בחשבון באותם מקרים את תנועת כלי הרכב הכבדים בתקופת הבניה וכן את תנועת כלי הרכב הכבדים הצפויה באותה סביבה במקרי חרום למיניהם. בתנאים אלו עלולה תנועת ההקמה ותנועה חזוייה בחרום להוות גורם משמעותי ביותר בסך התנועה הכבדה הצפויה.

כאשר מדובר בפרויקטים מורכבים, הכוללים תנועה כבדה בהיקפים גדולים, יש חשיבות גדולה יותר לחישוב מפורט של רמות והיקפי העמיסה. במקרים אלו (כמו כבישי גישה לכלי רכב כבדים) יש לבצע הערכות של העומסים הצפויים בפועל על סרני כלי הרכב ולא להתייחס למצב של פילוג עומס מקסימלי בלבד.

את פרויקטי הבנייה והסלילה בצבא מתכננים תוך בדיקה והתייחסות לתפקוד המתקן הן בעתות רגילות והן בזמני חירום. תכנון האספקטים הגיאומטריים והתנועתיים של הסלילה מתבסס במקרים רבים על הצרכים בעתות חירום. לעומת זאת, תכנון מבני של מיסעות אינו תלוי בדרך כלל בצרכים לתקופות חירום, אלא בסך התנועה הצפויה לאורך תקופת השרות. לצורך הערכות התנועה יש לקחת בחשבון גם אלמנטים חזויים של פעילויות שאינן יומיומיות כמו תרגילים צבאיים או מצבי חירום.

תכנון המיסעה נקבע בעיקרו על פי כמויות כלי הרכב הכבדים המתוכננים לעבור בדרך, כאשר השפעת כלי הרכב הקלים הינה זניחה. לדוגמא, מחזור אחד של סרן יחיד של משאית בעומס של 10 טון, שקול לכ-120 מחזורים של סרן יחיד בעומס של 3 טון ולכאלפיים מחזורים של סרן יחיד בעומס של 1.5 טון (העומס הקיים לדוגמא בגיפ האמר, או באמבולנס). ככל שמדובר בכבישים פנימיים בתוך מחנות הצבא, רמות התנועה הכבדה הינן בדרך כלל נמוכות מאד. לעומת זאת קיימים מקרים מיוחדים בהם מתוכננת תנועה כבדה ניכרת, כמו בבסיסי אספקה, סדנאות פעילות וכו'.

רצוי שאמידת נפח כלי הרכב הכבדים הצפויים לעבור על פני המיסעה בעת פתיחת המיסעה לתנועה תעשה על ידי הערכה פרטנית של סוגי ותדירויות התנועה של כלי רכב כבדים בדרך. מודלים המיועדים לחיזוי עקיף של כמות כלי הרכב הכבדים בסביבות עירוניות (על פי מספר תושבים, הקפי פעילות מסחרית וכו') אינם מתאימים בדרך כלל לסביבה התפעולית של מחנה צבאי. גם הערכות לגבי אחוזי הרכב הכבד מסך התנועה (שבוצעו ברשת הארצית), לא רלוונטיות במרבית המקרים. על כן הדרך הנכונה בדרך כלל הינה לבצע ניתוח (ולו ניתוח גס) של הפעילויות התחבורתיות הצפויות, כמו לדוגמא: פעילות אספקת ציוד, הסעות אוטובוסים, פינוי אשפה, פעילות בסדנאות וכו'.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

לצורך תכנון משטחי חנייה ואכסון מקובל בדרך כלל לקבוע את כמות התנועה לצורכי תכנון על-פי כמות התנועה החזויה בכניסה למשטח. יש לקחת בחשבון ששיעור הנזק הנגרם למיסעה כתוצאה מתנועה איטית מאד או עצירה, הינו גבוה בהרבה מהנזק הנגרם בתנועה מהירה. כיוון שכך, יש לקחת לעיתים קרובות מקדמי ביטחון לצורך מניעת חריצה ונזקים אחרים למיסעה.

## 11.4.3 עומסי הסרנים ופיזורם

אחד השלבים בניתוח עומסי התנועה המתוכננים, הינו ביצוע חיזוי של העומסים בפועל של סרנים שונים של כלי רכב מסוגים שונים. למותר לציין שסרני כלי הרכב הנעים בדרך אינם נעים בעומסים מכסימליים מותרים, אלא תוך פילוג הקשור בשיטת ההפעלה, סוגי החומרים המובלים, מצב עמוס/פנוי וכו'. בהקשר של דרכים צבאיות ניתן לעיתים לבצע הערכה מפורטת בתלות בסוגי כלי הרכב הצפויים לעבור בדרך. אלטרנטיבית ניתן לעשות שימוש סביר בפילוגי העומסים על סרנים, כפי שהתקבל מסקרים שנערכו בארץ על ידי ד"ר יהודה גור ופרופ' יעקב אוזן (ראה בהנחיות תכנון של כביש חוצה ישראל, או בהנחיות לתכנון רחובות בערים של המנהל לתכנון והנדסה של משרד השיכון מאוגוסט 2000). שיטות אלו יאפשרו המרת מספר תנועות של כלי רכב מסוגים שונים לחיזוי של פילוג מספר סרנים בעומסים שונים לאורך תקופת השרות של המיסעה.

אומדן התנועה הצפויה של כלי רכב במיסעה כולל את הערכות התנועה הנעה בדרך בשני הכיוונים. המרת תנועה זו לתנועה בנתיב הקריטי תעשה על פי ההנחיות הבאות:

- עבור דרך ברוחב כולל של 5 מטר או פחות, ניתן להניח שכל התנועה עוברת באותו הנתיב.
- עבור דרך ברוחב 5 עד 6 מטר, יש להניח שכ-70% מהתנועה הכבדה תעבור בנתיב הקריטי.
- עבור דרך ברוחב מעל 6 מטר, כ-50% מהתנועה תעבור בנתיב הקריטי (בהנחה של העדר כיווניות בתנועה הכבדה).
- בדרכים דו מסלוליות בעלות שני נתיבים בכל כיוון תעבור בנתיב הימני בכל כיוון 45% מהתנועה הכוללת, בהנחת העדר כיווניות תנועתית של התנועה הכבדה.

פיזור התנועה לרוחב הנתיב משפיע אף הוא על הנזק המצטבר הנגרם למיסעה. כאשר נתיבי התנועה הינם צרים במיוחד, פיזור התנועה של כלי הרכב מצומצם וכמעט כל תנועה של גלגל (Application, Repetition) מטריחה את אותה נקודה במיסעה (כל הטרחה של אותה נקודה קריטית במיסעה נקראת מחזור – Coverage). לעומת זאת, כאשר הנתיבים רחבים יחס התנועות למחזור גדל ויכול להגיע ל-2.5 (בנתיבים ברוחב שאינו נופל מ-3.5 מטר) ואף יותר. המרת מספר התנועות של סרנים שונים למספר מחזורי הטרחה תעשה על כן בהתאם לתנאים הגאומטריים בדרך המתוכננת. עבור נתיבי גישה צרים יכול להתקבל יחס תנועות למחזור של 1.5-1, בעוד שברחבות בהן התנועה אינה מתועלת כלל ניתן להגיע לערכים של 4 ויותר. בנתיבי תנועה רגילים ברוחב של 3.00-3.30 מטר ניתן לאמץ יחס של 1.8-2.2 תנועות למחזור עמיסה אחד.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## 11.4.4 תקופת התכנן ושיעור הגידול

אורך תקופת התכנון בדרכים צבאיות יהיה בדרי"כ 20 שנה. עבור פרויקטים זמניים ניתן, באישור מהנדס דרכים ראשי, לקבוע תקופת תכנון מקוצרת, על סמך תקופת השרות המתוכננת בפועל. הערכות הגידול השנתי של התנועה הכבדה נעות בדרך כלל בתחום שבין 0 ל-5%. יחד עם זאת נראה שבהעדר נתונים נוספים, ניתן להעריך בסביבה הצבאית קצב גידול נמוך של כ-1% לשנה או אף אפס גידול שנתי.

## 11.4.5 רכב חריג

בסביבה הצבאית יש לעיתים לתכנן דרכים בהם צפויה תנועה משמעותית של כלי רכב חריגים. בין כלים אלו ניתן להזכיר בעיקר כלי רכב זחליים, מלגזות למיניהן וכן מובילי טנקים שלהם מאפיינים חריגים מבחינת העומסים ומספר הגלגלים.

ככל שמדובר בשיטת התכנון של הצבא האמריקאי, קיימת התייחסות לנושא רכב זחלי ומלגזות. במידה ושיטת התכנון הנבחרת אינה שיטת התכנון של הצבא האמריקאי, יש צורך לבצע המרה מושכלת של תנועת כלים מסוגים אלו לתנועת סרנים סטנדרטיים של כלי רכב כבדים רגילים.

## 11.5 בחירת סוג המיסעה

תהליך בחירת סוג המיסעה שתיסלל כולל מערכת של שיקולים הקשורה לתפקוד המתוכנן של המיסעה, אופק התכנון ומגבלות כלכליות ותקציביות. ניתן לחלק את סוגי המיסעות למספר תחומים עיקריים:

- א. מיסעות אספלטיות גמישות** – מיועדות בדרך כלל לתנועת כלי רכב פנאומטיים וכן לכלי רכב זחליים עם רפידות גומי. פתרון זה הינו הפתרון הנפוץ ביותר והוא משמש לסלילת דרכי גישה, דרכים פנימיות ומגוון רב של יישומים אחרים. סוג מיסעה זה רגיש להשפעות דלקים ושמנים ולכן יש להימנע משימוש בו במקומות מועדים לנזק כמו משטחי טיפולים וכו'. כמו-כן מיסעות גמישות רגישות, יחסית לפתרונות אחרים, לנושא עמיסה סטטית, כפי שמתקבל במשטחי חנייה ואכסון.
- ב. מיסעות גמישות ממרצפות משתלבות** – עמידות יותר לנושאי עמיסה סטטית, אינן רגישות לנושא דלקים ושמנים וניתנות לתיקון מקומי באמצעים פשוטים. מיסעות אלו עמידות יותר לשחיקה מאשר מיסעות אספלטיות ולכן יכולות לעמוד בתנועה אינטנסיבית יחסית של רכב זחלי עם רפידות גומי, כולל אזורי סיבוב ותמרון אינטנסיבי. כמו-כן מקובל השימוש במיסעות מסוג זה במיוחד במקומות בהם יש חשיבות לאסתטיקה של המקום, כמו בעבודות פיתוח שטח למיניהן.
- ג. מיסעות קשיחות** – מיסעות העשויות מבטון, במרבית המקרים בטון מזוין. עלותן הראשונית של מיסעות אלו הינה הגבוהה ביותר, אולם בביצוע נכון הקיים שלהן הינו הגבוה ביותר ועלויות התחזוקה הנמוכות ביותר. הצדקה כלכלית לשימוש במיסעות מסוג זה מתקבלת בעיקר במקומות בהם יש העמסה אינטנסיבית על-ידי כלים זחליים עם שרשראות מתכת חשופות, במקומות בהם

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

יש תנועה אינטנסיבית של כלים בעלי עמיסות מרוכזות (כמו מלגזות למיניהן), אזורי טיפול בכלי רכב ועוד.

ד. **מיסעות זולות** – מיסעות בהן השכבה הנושאת אינה מאחד הסוגים שפורטו לעיל, אלא מחומרים אחרים בעלי עלויות נמוכות יותר וקיים נמוך יחסית. בין מיסעות אלו ניתן למנות:

1) מיסעות ללא שכבה עליונה קשירה, לדוגמא משטחי מצעים – מיסעות אלו מתאימות למקרים בהם יש להבטיח נגישות לאתר, אולם התנועה החזויה דלילה מאד, השיפועים והפניות מתונים יחסית ואין סכנה למיקוש. העלות הראשונית של מיסעות אלו נמוכה ויש לדאוג לתחזוקה שוטפת של המיסעה.

2) מיסעות בעלות שכבה עליונה מיוצבת – השכבה המיוצבת יכולה להיות ממצעים או אף מקרקע מקומית. קיים מגוון גדול מאד של סוגי ייצוב ביניהם ניתן למנות: ייצוב במלחים שונים (בעיקר לפרויקטים זמניים), ייצוב בסיד ובצמנט, ייצוב בחומרים ביטומניים, ועוד. טכנולוגיות אלו יכולות לתת פתרונות טובים מאד הן כלכלית והן הנדסית לסלילת שטחים נרחבים בעלויות נמוכות יחסית, וכן לפתרון בעיות מקומיות כגון אבק. במקרה זה יש חשיבות גדולה להקפדה על שיטות הביצוע, עקב הניסיון המצומצם יחסית של הענף הקבלני בארץ בנושא.

3) מיסעות הכוללות ציפויים עליונים דקים – יישום ציפויים דקים, בדרך כלל על בסיס ביטומני, מיועד לצורך שיפור איכות נסיעה בדרכים בעלות נפחי תנועה קטנים מאד או בפרויקטים זמניים. מיסעות מסוג זה עמידות יותר כאשר הן מבוצעות על בסיס שכבה מיוצבת (כמפורט לעיל).

הפרמטרים העיקריים לפיהם ייקבע סוג המיסעה הינם:

- א. היקפי ותמהיל התנועה שתעשה שימוש בדרך או במשטח.
- ב. אופי התנועה המתוכננת, כולל מהירויות תכן, סוגי גלגל, תדירות סיבובים ותמרונים ועוד.
- ג. מסגרות תקציביות קיימות.
- ד. אופק תכנוני של הפרויקט.
- ה. דרישות ומאפיינים מיוחדים, כמו סכנות מיקוש, נזילת שמנים, דרישות אסתטיות, משמעות של אי תפקוד זמני ועוד.

כל החלטה על סוג מבנה המיסעה טעונה אישור מראש של מהנדס דרכים ראשי.

## 11.6 תכנית מבנה המיסעה

תכנון משטחים ודרכים במחנות צה"ל עשוי במקרים מסוימים להציב אתגר לא שגרתי בפני המתכנן, הקשור בעיקר בנתוני תנועה ואופק תכנון בלתי קונבנציונאליים. עובדה זו נותנת יתרון לשימוש בשיטות תכנון שאינן אמפיריות לחלוטין, כך שניתן יהיה לקחת בחשבון באופן רציונאלי ככל האפשר את התנאים המשתנים.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

בשלב הזה נשמר למתכנן החופש לבחור את שיטת התכניה לתכנון מבנה המיסעה בעבודות סלילה עבור צה"ל. שיטות מומלצות לשימוש הינן:

- א. שיטת התכניה המקובלת במע"צ (מיסעות גמישות בלבד).
- ב. הנחיות לתכנון רחובות בערים של משרד השיכון, אוגוסט 2000 (מיסעות גמישות וכן מיסעות ממרצפות משתלבות).
- ג. שיטת התכניה של חיל ההנדסה האמריקאי (מיסעות גמישות ומיסעות קשיחות)

שתי השיטות הראשונות מבוססות על שיטת המת"ק המורחבת (פותחה על-ידי פרופ' יעקב אוזן) וכוללות הרחבה לנושא התעייפות השכבות האספלטיות. יתרונה הגדול של שיטת המת"ק המורחבת הינו ביכולתה לטפל במגוון רחב של סוגי כלי רכב, העמסות ואופקי תכנון.

השיטה השלישית הינה שיטת המת"ק כפי שהיא מופעלת לצורכי תכנון על-ידי הצבא האמריקאי. השימוש בשיטה זו קל יחסית והיא בנויה על סיווג קטגוריות שונות של סוגי דרך, תמהילי תנועה וחוזק שתית. יתרון מסוים של שיטה זו הינו בהתייחסות ישירה לנושאים רלוונטיים לפעולת הצבא, כמו תכנון דרכי פטרולים וכן תכנון מיסעות לכלי רכב זחליים ומלגזות.

בכל מקרה יציג המתכנן את השיקולים בבחירת שיטת התכנון ואת שלבי התכנון המפורטים. בנוסף חשוב להדגיש כי בכל שיטה שתאושר, על המתכנן לפרט את התכונות הנדרשות מחומרי המבנה, וכן כללי עיבוד לשתית, בהתאם למפורט בשיטת התכניה הספציפית.

קביעת עובי שכבות המבנה של המיסעה נעשית במרבית שיטות התכניה תוך שימוש ישיר בערכי חוזק מייצג של קרקע השתית. בנוסף לערכי החוזק של הקרקע המקומית, על המתכנן לבדוק קיומן של בעיות מיוחדות, כמו קרקעות אורגניות, בעיות קונסולידציה, בעיות תפיחה, ועוד. במקרים אלו יש לבחון פתרונות נוספים, כמו החלפת שכבות עליונות של הקרקע המקומית בקרקע יציבה יותר ופחות פעילה, שימוש בחומרים גיאואסינטיים למיניהם (לצורכי שריון, איטום, הפרדה וכו'), ניקוז שכבות סלילה בשלבים ועוד.

## **11.7 סוללות ומדרונות**

סלילת כבישים ומשטחים כרוכה במרבית המקרים בצורך בשינוי מפלסים קיימים ויצירת שטחי מילוי וחפירה באתר. הטיפול במילויים גדולים בסוללות וכן במדרונות של סוללות וקטעי חפירה דורש מתן תשומת לב תכנונית קפדנית. בניגוד לחומרי המבנה המשמשים במיסעה, שמרביתם מובאים לאתר והינם בעלי תכונות מבוקרות ורצויות, חומרי השתית וכן חומרי המילוי המשמשים לביצוע עבודות העפר הינם במרבית המקרים חומרים מקומיים בעלי תכונות מגוונות ולעיתים בלתי רצויות.

סוגי קרקעות מסוימים הינם בעלי רגישות גדולה יותר לבעיות של ארוזיית מים. אמצעי ההגנה בפני ארוזיית מים כוללים הגנת המדרון מפני מים חיצוניים (למשל על-ידי תעלות הגנה במעלה המדרון, ריכוז מי הנגר העילי לנקודות מסוימות וטיפול מקומי בהסדרת מוצא מוגן למים, תכנון מגלשים ועוד) וכן שיטות שונות להגנת פני המדרון מנזקי מים. פרוט בנושא זה ניתן בפרק 12 להלן, העוסק בהנחיות לתכנון ניקוז.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

בין הגורמים המשפיעים על תכן מדרונות הסוללה או אזורי החפירה, ניתן למנות את התכונות ההנדסיות (במצב הקריטי) של הקרקע המקומית (כולל קרקע היסוד שעליה נמצא המדרון), נתונים גיאומטריים של המדרון הנדרש, לחצי מי נקבובים בקרקע המדרון, תנאי ניקוז המים מסביבת המדרון, עומסים מתוכננים במעלה המדרון, הטיית שכבות קרקע וסלע ועוד.

שיפועי מידרונות בחפירה או במילוי בקרקעות נעים בדרך כלל בתחום שבין 1:1.5 לבין 1:4 (אופקי : אנכי), בתלות בגובה המדרון, סוג הקרקע, תנאי הניקוז וכו'. בעת תכנון המדרון יש לבדוק את סביבת אתר העבודה ולנקוט באמצעים הנדרשים למניעת פגיעה כלשהיא במבנים קיימים, הן בעת תקופת הבנייה והן לאורך תקופת השרות המתוכננת. טבלאות מס' 11.2 ו-11.3 כוללות ערכים מומלצים לשיפועים של מדרונות לא גבוהים במילוי וחפירה, על-פי סוג הקרקע ממנה בנוי המדרון.

הנתונים המופיעים בטבלאות לעיל אינם משחררים את המתכנן משיקול הנדסי לביצוע בדיקה מפורטת של יציבות המדרונות על-פי תנאי הקרקע והשטח. בהתאם לצורך ייבדקו מדרונות החפירה והמדרונות במילוי בפני כשל, וייבחן הצורך בנקיטת האמצעים להגנתם בתחומים הבאים :

א. כשל המדרון בגלישה מקומית (בדיקת יציבות מדרונות) ;

ב. הרס כתוצאה מסחיפת מים (נקיטה באמצעי שטח נגד ארוזיה, חפירת תעלות הגנה להרחקת מים חיצוניים) ;

ג. כשל כללי של המערכת הכוללת את המדרון וכן השפעות המדרון על מבנים סמוכים.

אמצעים מיוחדים להגנת מדרונות, כמו מבנים תומכים למיניהם או חיזוק ושיריון המדרון, יבוצעו אם שטח הקרקע הנדרש לביצוע מדרון מוגבל, או משיקולי עלות (כולל תחשיבי עלות לטווח ארוך), או משיקולי ביצוע. השימוש באמצעים אלו דורש אישור מוקדם של מהנדס דרכים ראשי.

בעת הקמת סוללות מילוי יש לבדוק את רגישות הקרקע לשקיעה כתוצאה מקונסולידציה וכן לבדוק סכנת כשל כללי של קרקע היסוד כתוצאה מעומס הסוללה. בעיות אלו עלולות להתרחש בעיקר בקרקעות רכות ודחיסות, כמו חרסית או טין אורגניים או אנאורגניים. במקרים אלו יש לבדוק ולחשב את נושא התסבולת והשקיעות הצפויות. הבדיקות והחישובים צריכים להיעשות על בסיס בדיקות מעבדתיות (בדיקות קונסולידציה, גזירה מרחבית ועוד). בשלב תכנון ראשוני וכן במקרים בהם לא ניתן לקבל תוצאות מעבדתיות מסודרות, אפשר לעשות שימוש זהיר בקשרים קורלטיביים הקיימים בספרות, להערכת תכונות החוזק והדפורמביליות של הקרקע מתוך תכונותיה האינדיקטיביות.

## **טבלה מס' 11.2 שיפועים מומלצים במדרונות במילוי בגובה מילוי עד כ-5 מטר (ת"י 940)**

השיפוע (אופקי : אנכי)	חומר הסוללה
1 : 1	מילוי אבן
1 : 1.5	קרקע שאינה קוהזיבית
1 : 2	קרקע טינית
1 : 2.5	קרקע חרסיתית רזה
1 : 2.5	קרקע חרסית חולית
1 : 3	קרקע חרסית שמנה

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## טבלה מס' 11.3 שיפועים מומלצים במדרונות חפירה עד כ-5 מטר (ת"י 940)

השיפוע (אופקי: אנכי)	חומר החפירה
6 : 1	סלע שלם
2.8 : 1	סלע סדוק
1.5 : 1	קרקע לס (שאינו חשוף לזרימה עילית)
1 : 1	סלע בקוע
1 : 1.2	חול מצומנט
1 : 1.5	קרקע לא קוהזיבית
1 : 1.7	קרקע טינית
1 : 2.2	קרקע חרסיתית

## 11.8 הערות נוספות

### 11.8.1 שימוש בחומרים גיאואסינטיים

השימוש בחומרים גיאואסינטיים בעבודות סלילה של כבישים נעשה נפוץ מאד במהלך עשר השנים האחרונות. השימושים העיקריים של חומרים גיאואסינטיים בתחומי עבודות העפר והסלילה הינם:

- איטום קרקע השתית, לצורך הקטנת השינויים החזויים ברטיבות הקרקע. פעילות זו נעשית לצורך בידוד קרקעות בעלות נטייה גבוהה לשינויי נפח כתוצאה משינויי רטיבות או בקרקעות בהן הגדלת הרטיבות עלולה לגרום לירידה משמעותית בחוזק הקרקע.
- שריון קרקע היסוד לצורך שיפור פיזור המאמצים בקרקע והקטנת העומס על קרקעות שתית חלשות.
- חיזוק שכבות מיסעה לצורך צמצום השתקפות סדקים אל פני המיסעה.
- הפרדה בין שכבות בעלות מבנה גרנולרי שונה מאד, לדוגמא חדירה של שכבה גרנולרית לשכבת חרסית.
- אמצעי לניקוז מים וסינון בפתרונות ניקוז תת קרקעיים, שכבתיים, קוויים או מקומיים.
- הגנה בפני ארוזיה של מדרונות חפירה ומילוי וכן של דפנות תעלות ניקוז.

יישומים אלו ואחרים, בתוספת ליישום חומרים גיאואסינטיים להקמת מבנים תומכים מסוגים שונים, מהווים לעיתים קרובות פתרונות יעילים הן ברמה ההנדסית והן ברמה הכלכלית. בכל מקרה בו נעשה שימוש בחומרים גיאואסינטיים בפתרונות סלילה, יביא המתכנן את הפתרון המוצע ואת הנימוקים ליישומו לבחינה ולאישור מהנדס דרכים ראשי.

### 11.8.2 סלילה בשלבים

במקרים בהם סלילת המיסעות מהווה חלק מתהליך בינוי נרחב, יש מקום לשקול סלילה בשלבים של מערכת הכבישים. באופן זה מתבצעת בשלב ראשון סלילה של חלק ממבנה הכביש בלבד, על מנת

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

---

לאפשר תנועה סבירה לכלי הרכב ולציוד הבנייה. במרבית המקרים מבוצעות שכבות המצע והתשתית (הלא מקושרת) במלואן וכן שכבה אספלטית ראשונה, או טיפול שטח כמו דייס ביטומני. לאחר תום מרבית פעילויות הבינוי, מושלמת סלילת שכבות המבנה על פי התכנון. לשיטת הסלילה בשלבים יש יתרונות לא מעטים הכוללים:

1. אפשרות לחסכון בעובי מבנה, בעיקר במקרים בהם תנועת ההקמה הינה משמעותית יחסית לתנועה דלילה בתקופת השרות.
  2. מניעת נזקים לפני המיסעה כתוצאה מכלי רכב כבדים, חציות בלתי מתוכננות לאורך תקופת הבינוי ונזקים אחרים כתוצאה מפיזור חומרי בינוי. הסלילה המאוחרת של השכבות הנושאות מקנה מראה טוב יותר של המערכת כולה בעת מסירתה למזמין.
  3. מתן אפשרות להתייצבות הקרקע לאחר ביצוע מרבית שכבות המבנה, באופן שיאפשר ביצוע תיקונים מתאימים והשלמות, לפני השלמת פני המיסעה הסופיים.
- למרות האמור לעיל, יש לקחת בחשבון את מאפייני העבודה הספציפית, על מנת לחשב את מרכיבי העלות הנוספת הנגרמת כתוצאה מפיצול עבודת הסלילה וכן את סכנת חדירת המים למבנה החלקי של המיסעה.

## **11.9 סיכום**

מסמך זה הינו מסמך ראשוני שמטרתו להציב הנחיות עקרוניות למתכננים בנושא תכנון מבני מיסעות במחנות צה"ל. בשלבי כתיבה ועריכה נמצא מסמך שלם יותר של הנחיות הכולל פרוט רחב יותר של חלק מהנושאים וכן פרקים נוספים הרלוונטיים לתכנון דרכים ומשטחים בצה"ל. מפקדת מרכז בינוי תשמח לקבל הערות לגבי המסמך הנוכחי וכן הצעות לגבי הנדרש במסמך ההנחיות המפורט.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## פרק 13

### תאורת דרכים במחנות צה"ל

הפרק נכתב ע"י ע"צ גרי אוצ'יטל - מהנדס חשמל במרכז בינוי ואושר ע"י סא"ל נדב תמרי - מהנדס חשמל ראשי.

#### 13.1 רמות ההארה

הנחיות אלה אינן דנות בתאורת בטחון, בתאורת חניונים, בתאורת גן ובתאורת שבילים להולכי רגל, אלא רק בתאורת דרכים המוליכות למחנות צה"ל ובתוכם. בטבלה מס' 13.1 נתונות רמות ההארה הממוצעות עבור דרכים במחנות.

#### טבלה מס' 13.1 רמות ההארה הממוצעות עבור דרכים במחנות צה"ל

סוג הדרך	E – עצמת הארה (LUX)
דרגה א' – דרך גישה לבסיס:	
דרגה א' – 1	25
דרגה א' – 2	20
דרגה א' – 3	15
דרגה א' – 4	10
דרגה ב' – דרך עורקית:	
דרגה ב' – 1	20
דרגה ב' – 2	15
דרגה ג' – דרך מאספת:	
דרגה ג' – 1	15
דרגה ג' – 2	15
דרגה ד' – דרך גישה פנימית	10
דרגה ה' – דרך מבצעית, דרך מערכת, דרך פטרולים וכד'	ראה הערה מס' 2 לטבלה

הערות לטבלה:

1. סווג הדרכים בטבלה הינו בהתאם לסעיף 2.1 – "סיווג הדרכים", בהנחיות אלה.
2. להארת דרך מבצעית באופן עקרוני ולרמת ההארה בה בפרט יש לקבל אישור מגורם מבצעי מתאים בצה"ל.
3. עצמה הארת הצמתים והצטלבויות הדרכים בבסיס תהיה לפחות ב-50% יותר מהדרך המוארת ביותר הנכנסת לצומת/הצטלבות, אך לא פחות מ-25 לוקס בכל מקרה.
4. שילוב הארת דרך הגישה למחנה עם הכביש הציבורי יהיה בתיאום עם מע"צ ו/או עם הרשות המקומית.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## 13.2 עקרונות חישובי תאורת חוץ

### 13.2.1 תהליך החישוב

בחישובי תאורת חוץ אין מתחשבים בהחזרת האור של השטחים המוארים. החישוב מתבצע בסדר הבא:

א. קביעת עוצמת ההארה הדרושה.

ב. בחירת גופי תאורה מתאימים.

ג. קביעת מרחקים בין יחידות התאורה.

ד. קביעת גובה ההתקנה של גופי התאורה.

ה. חישוב הספקן של הנורות.

בתאורת חוץ יש חשיבות גדולה למקדם אחידות ההארה (L) שהוא היחס בין רמות ההארה המרבית (E-MAX) והמזערית (E-MIN) באזור הנבדק:

$$L = \frac{E - MAX}{E - MIN}$$

חישובי התאורה יבוצעו בעזרת תוכנות מחשב מתאימות ויוצגו למהנדס חשמל ראשי. בחישובים יימצאו בין היתר רמות ההארה המרבית והממוצעת ומקדם אחידות.

### 13.2.2 גופי התאורה ומיקומם

יש להבטיח הארה אחידה ככל שניתן. את האחידות בהארה משיגים באמצעות גופי תאורה מתאימים, בעלי זוויות קרינה גדולות, או על ידי התקנה צפופה של גופי התאורה. גם גובה התקנת גופי התאורה קובע את מידת האחידות ברמת ההארה, אך הגובה מחושב בעיקר לקבלת עוצמת הארה מספקת ולמניעות סנוור. רק לאחר שאלו מובטחים, ניתן לשנות את הגובה כדי לשפר את אחידות ההארה.

בתאורת דרכים משתמשים בגופי תאורה בעלי מקרנים בלתי סימטריים, אשר מקרינים את האור אל הדרך ומונעים את פיזורו אל מחוץ לשוליים. כאן יש גם להתחשב באזור בו עוברת הדרך (לרוב הדרך המאספת) – אזור בנוי או אזור פתוח (באזור בנוי יש חשיבות בהבחנה בהולכי הרגל).

במחנות צה"ל גופי התאורה ימוקמו בצד אחד של הדרך, אלא אם מסיבות רלוונטיות יש חשיבות למיקומם משני צידי הדרך.

גובה התקנת גופי התאורה (H) והמרחק (L) בין שני גופי התאורה סמוכים (מותקנים על עמודים שונים): יש לשמור על היחס  $H / L = 1 / 3$ .

### 13.2.3 חישוב מפלי מתח במעגל תאורה

החישוב יבוצע בהתאם להנחיות מהנדס חשמל ראשי בנדון, כאשר עבור כל פנס תובטח סטיית מתח מירבית של 5% מהמתח הנומינלי (400/230 וולט).

הערה: ראה בנדון נספח להנחיות אלה.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## 13.2.4 שיפור כופל הספק בתאורת דרכים

בכל פנס יותקן קבל לשיפור כופל הספק עד 0.92.

## 13.3 מקורות אור

לתאורת דרכים במחנות צה"ל יש להשתמש בנורות פריקה מסוג נתרן לחץ גבוה (נל"ג): נורות נל"ג סטנדרטיות שימושיות בצה"ל הן בהספקים כלהלן:

א. 70 ווט (עם מצת פנימי).

ב. 150 ווט.

ג. 250 ווט.

ד. 400 ווט.

אלטרנטיבה לנורות נל"ג עבור תאורת דרכים הן נורות מטלהלייד. שימוש בנורות מטלהלייד יתאפשר רק באישור מהנדס חשמל ראשי במרכז בינוי. נורות אלה שימושיות בצה"ל בהספקים הבאים:

א. 150 ווט.

ב. 250 ווט.

ג. 300 ווט.

הנורות יימצאו בתוך גופי תאורה עם ציוד הדלקה אינטגרלי. גופי התאורה יהיו אטומים נגד חדירת מים ואבק ברמה נדרשת להתקנות חוץ.

## 13.4 עמודי תאורה

כעמודי תאורה יכולים לשמש עמודי עץ או עמודי פלדה, כמפורט להלן:

### 13.4.1 עמודי עץ

עמודי עץ יהיו עמודי עץ סטנדרטיים תקניים המשמשים להתקנת רשת חשמל, באורכים 8.5, 10 ו-12 מ'.

### 13.4.2 עמודי פלדה

עמודי פלדה נחלקים ל-2 קבוצות:

- עמודי תעלה ועמודי זווית המשמשים להתקנת רשת חשמל עילית (מתח גבוה ומתח נמוך) ובנוסף משמשים להתקנת גופי תאורה.
- עמודי פלדה המשמשים כעמודי תאורה בלבד.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

עמודי תאורה מפלדה המשמשים כעמודי תאורה בלבד יהיו עמודים סטנדרטיים בחתך עגול או מתומן מדורג בנויים מצינורות פלדה מרותכים, באורך מ-3.5 עד 12 מ'. עמודי התאורה יצוידו בזרועות מתאימות להתקנת גופי תאורה. בתחתית העמוד יהיה תא לציווד חשמל. העמודים יותקנו ע"ג יסודות בטון מסוג מתאים ובמידות מתאימות. במקרים מיוחדים ובאישור מהנדס חשמל ראשי בלבד יתאפשר שימוש בעמודי פלדה גבוהים (מעל 15 מ') המצוידים בהתקן מיוחד (טבעת נעה) המאפשר הרכבה קלה של פנסים ותחזוקה מהקרקע. כמו-כן, בתיאום עם אדריכל ראשי יתאפשר שימוש בעמודי תאורה דקורטיביים מפלדה בגובה מ-3.5 עד 5 מ' (כולל גובה התקנת הפנס).

## **13.5 חיבור תאורת הדרכים לרשת החשמל**

- א. תאורת הדרכים תחובר לרשת החשמל בלוח חשמל ראשי במחנה ו/או בלוח ראשי אזורי במחנה, ז"א יכולים להיות מספר חיבורים, אך כולם יבוצעו בלוחות מרכזיים במחנה.
- ב. מעגלי תאורת הדרכים יכולים להיות חד-מופעיים או תלת-מופעיים, כאשר במעגלים חד-מופעיים משתמשים בדרך כלל ברשת חשמל עילית המשלבת כוח ומאור. במקרים אחרים משתמשים בדרך כלל במעגלי מאור תלת-מופעיים עם חלוקה שווה של פנסים בין מופעי המעגל.
- ג. מעגלי מאור יבוצעו בקווים עיליים (כבל עילי, רשת עילית מצרור או מוליכים גלויים) ובקווים תת-קרקעיים. למשל, פנסים מותקנים על עמודי פלדה המשמשים בתור עמודי תאורה בלבד, יחוברו בעזרת קווים תת-קרקעיים. תכנון וביצוע קווים אלה יהיו בהתאם לתקנות החשמל הרלוונטיות, בהתאם להוראות מפקד מרכז בינוי ובהתאם להנחיות מהנדס חשמל ראשי במרכז בינוי.
- ד. הדלקת תאורת הדרכים תהיה באופן אוטומטי בעזרת תא פוטואלקטרי (אחד או יותר) עם אפשרות להדלקה יזומה (ידנית) על-ידי עקיפת התא הפוטואלקטרי בעזרת בורר פיקוד.
- ה. כאשר תאורת הדרכים משולבת ברשת חשמל עם כוח, מפסק הכוח יפסיק את המתח גם במעגל התאורה.

## **13.6 הארקות והגנות נגד חישמול**

אמצעים אלו יתוכננו במעגלי תאורת דרכים בהתאם לתקנות החשמל. ליד עמודי תאורה מפלדה יסודרו משטחים אקוויפוטנציאליים אשר יחוברו לגוף העמוד. משטחים אלה יתוכננו ממוליך נחושת גלוי בחתך 35 מ"מ לפחות (טבעות בקוטר 2 מ' בעומק 40 ס"מ) או מפס ברזל מגולוון בחתך 4X30 מ"מ לפחות (ריבוע במידות 2.0X2.0 מ'). ליסוד העמוד תסודר הארקת יסוד. במעגלי תאורת דרכים תובטח הגנה נגד זרמי קצר ונגד יתרת עומס.

כאשר פנסים מותקנים ברשת עילית, בתוך מגש אבזרים של כל פנס יותקן מבטח (מא"ז) שלו. כאשר פנסים מותקנים ע"ג עמודי תאורה מפלדה, המבטחים שלהם יימצאו בתאי האבזרים של העמודים, כאשר בתא תמיד יותקן גם מ"ז ראשי (דמוי מא"ז). סידור הציווד המבוקש בתא האבזרים של עמוד התאורה מפלדה הוא כלהלן:

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

- מהדקי כניסה ויציאה מבודדים למופעים.
- פסי אפס והארקה.
- מ"ז ראשי.
- מבטחים (מא"זים) עבור הפנסים.
- כיסוי מבודד מעל כל האביזרים המפורטים לעיל.
- המכסה המקורי של התא המחוזק לגוף עמוד התאורה בסידור אטום בעזרת בורג "אלן".

## **13.7 שיקולים כלכליים בתכנון תאורה**

- שיקול חשוב בתכנון מתקן תאורה הוא עלות המתקן ועלות השימוש בו. לעלות יש כמה מרכיבים:
- א. העלות הראשונית – מרכיב זה כולל את כל העלויות הקשורות במרכיבי המערכת בזמן הקמתה, כגון: כבלים, אבזרי מיתוג, עמודים, התקני תאורה וכו'.
  - ב. הוצאות תחזוקה – מרכיב זה כולל את עלות החלפים (בעיקר נורות וציוד עזר) ואת הוצאות העבודה הכרוכה בהחלפת נורות, טיפול שוטף וכיו"ב.
  - ג. הוצאות צריכת חשמל בזמן פעולת המערכת.

בעיקרו של דבר, המטרה היא לתכנן מערכת שתספק את רמת התאורה הנדרשת בעלות הנמוכה ביותר. בבואנו לחשב את העלות הכוללת, יש לשקלל את המרכיבים השונים כך שיתקבל ערך המייצג את העלות האמיתית. שקלול כזה חשוב משום שמתקני תאורה שהם זולים יחסית בקנייה (עלות ראשונית נמוכה) יקרים לעיתים בתפעול ותחזוקה.

השיטה המקובלת לקבוע איזו מערכת תאורה נותנת את התמורה הטובה ביותר לכל יחידת הוצאה, היא שיטת עלות מחזור החיים. בשיטה זו, מתייחסים למרכיב במערכת שאורך חייו הוא המרבי, ומגדירים אורך חיים זה כמחזור חיי המערכת. לאחר מכן, מחשבים את סך כל העלויות במשך פרק זמן זה, ולבסוף מחשבים את העלות הכוללת הממוצעת לשנה.

לדוגמא, אם למרכיב האמין ביותר במערכת התאורה (ע"פ רוב בית הנורה) יש אורך חיים של 50,000 שעות עבודה והמערכת צפויה להאיר 5000 שעות בשנה, אזי משך מחזור החיים הוא 10 שנים. בדיקות שנערכו לגבי מתקני תאורה מסוגים שונים, הראו שהוצאות ההפעלה של כל מתקן תאורה על פני מחזור החיים שלו מתפלגות בערך כך:

הוצאות חשמל 85%

הוצאות לעבודה 6%

הוצאות לחלפים 5%

עלות ראשונית 4%

מכאן מובן שמנקודת ראות כלכלית טהורה, יש עדיפות כמעט מוחלטת לחיסכון בהוצאות חשמל על פני חסכון בשאר המרכיבים.

קיימות כמה דרכים לחסוך בהוצאות החשמל:

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

---

- א. לבחור התקני תאורה בעלי נצילות אורית גבוהה.
- ב. להשתמש בהתקני בקרת תאורה חוסכי חשמל.
- ג. לבצע פעולות תחזוקה נדרשות, כדי לשמור על נצילות מירבית של גופי התאורה.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## נספח

### הנחיות לחישוב מפלי מתח במתקני חשמל במתח נמוך במחנות צה"ל

1. בנושא קיימת אי-בהירות רבה מסיבות שונות. יחד עם זאת לסוגיה יש חשיבות גדולה מאוד משתי בחינות: הבטחת עבודה תקינה של הציוד החשמלי, וההיבט הכלכלי של פעולת הציוד החשמלי.
2. בתקנות החשמל (מעגלים סופיים הניזונים במתח עד 1000 וולט), התשמ"ה-1984, תקנה מס' 2 – ה' כתוב:  
"מפל המתח המרבי בין הדקי הצרכן לבין נקודת צריכה כלשהי במתקן הצרכן לא יעלה על 3% מהמתח הנומינלי של הרשת".  
ועדת הפירושים קובעת כי דרישת התקנות מתייחסת למתקן דירתי בלבד.  
בשאר המקרים יש לתכנן מפלי מתח, כך שתובטח עבודה תקינה ובטוחה של הציוד.
3. לאור האמור לעיל יש לקבוע לצורך חישוב מפלי מתח מותרים מהמקור עד לנקודה כלשהי במתקן, מהו המתח הגבולי שבו תובטח העבודה התקינה של הציוד החשמלי.  
הדרישה לשינויי מתח פלוס-מינוס 5% מהמתח הנומינלי בנקודת הצריכה במתקן תבטיח את עבודתו התקינה של הציוד ויכולה לשמש בסיס מוצק לכל החישובים של מפלי המתח ממקור האספקה עד לנקודה.
4. מפלי מתח מותרים במתקן מחושבים לפי נוסחה הבאה:  
מתח היציאה מהשנאי בריקם יש לקבוע (לסדר) 5% יותר מהמתח הנומינלי (400 וולט), ז"א 420 וולט.  
המתח הגבולי של הציוד בהתאם לסעיף 3 לעיל יהיה 380 וולט.  
מפלי המתח בשנאי תלויים בהספקו של השנאי, בהעמסתו ובכופל הספק של הצרכנים, וברמת דיוק מספיקה מחושבים לפי נוסחה:

$$\Delta U_t = K(U_{at} \cos \phi + U_{rt} \sin \phi)$$

כאשר:

- $\Delta U_t$  – מפלי מתח בשנאי (%);
- $U_{at}$  ו- $U_{rt}$  – מרכיב אקטיבי ומרכיב ריאקטיבי של מתח קצר;
- $K$  – מקדם העמסה של השנאי;
- $\cos \phi$  – כופל הספק ביציאה מהשנאי במצב עבודה מתוכנן.

את תוצאות החישובים ניתן להציג כמתואר בטבלה נ.13:

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## טבלה מס' 13.נ מפלי מתח מותרים בחישוב ממקור האספקה עד לנקודה כלשהי במתקן לשנאי רשת נפוצים

מפלי מתח (%) בכופל הספק נתון						מקדם העמסת השנאי	הספק השנאי (קו"א)
0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	1,0		
5.8	6.1	6.4	6.9	7.3	8.4	0.95	160
6.0	6.4	6.5	7.0	7.5	8.5	0.9	
6.5	6.7	7.0	7.4	7.7	8.6	0.8	
6.9	7.1	7.3	7.8	8.0	8.8	0.7	
7.4	7.5	7.7	8.0	8.3	9.0	0.6	
7.8	7.9	8.1	8.3	8.6	9.2	0.5	
6.0	6.1	6.5	6.7	7.5	8.6	0.95	250
6.2	6.4	6.6	7.1	7.6	8.7	0.9	
6.6	6.8	7.0	7.5	7.8	8.8	0.8	
7.0	7.2	7.4	7.9	8.1	9.0	0.7	
7.5	7.6	7.8	8.1	8.4	9.1	0.6	
7.9	8.0	8.1	8.4	8.7	9.3	0.5	
6.0	5.9	6.5	7.0	7.5	8.7	0.95	400
6.2	6.4	6.7	7.2	7.7	8.8	0.9	
6.6	6.8	7.1	7.5	7.9	8.9	0.8	
7.1	7.2	7.4	7.9	8.2	9.0	0.7	
7.5	7.6	7.8	8.2	8.4	9.1	0.6	
7.9	8.0	8.2	8.4	8.7	9.3	0.5	
5.3	5.5	6.0	6.8	7.4	8.9	0.95	630
5.5	5.8	6.2	6.9	7.5	8.9	0.9	
6.0	6.3	6.6	7.3	7.7	9.0	0.8	
6.5	6.8	7.1	7.7	8.1	9.2	0.7	
7.0	7.2	7.5	8.0	8.3	9.2	0.6	
7.5	7.7	8.0	8.3	8.6	9.4	0.5	

הערות לטבלה:

- כאמור מתח השנאי בריקם נקבע 420 וולט לצורך החישובים ( 5% יותר מהמתח הנומינלי ). במתח אחר בריקם יש לעדכן בהתאם את נתוני הטבלה. למשל, במתח שנאי בריקם 410 וולט יש להקטין את נתוני הטבלה ב-2.5%.
- ערך מקסימלי תקין של מקדם העמסת השנאי הוא 0.8 , אך לצורך החישובים יש לקחת 0.9 לפחות.
- יש להתאים את רשת החשמל גם לדרישות האחרות בתקנות (העמסת יתר , זרמי קצר וכד' ).
- מתח של שנאי בריקם יימדד בלוח החלוקה הראשי אחרי ניתוק הצרכנים.
- החישובים מתייחסים לשנאי שמן רגיל. לשנאי מסוג אחר ( יבש, למשל ) יבוצע חישוב ספציפי לפי נתוני השנאי.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

## רשימת מקורות לפרקים 1-10

### א. מקורות בעברית

- אכ"א – נפגעים ובטיחות בדרכים (1987), "צמתי סיבוב במחנות צה"ל", ענף בטיחות בדרכים, צה"ל.
- אכ"א – נפגעים ובטיחות בדרכים (1989), "הנחיות לתכנון מימדים למקומות חנייה במחנות צה"ל", ענף בטיחות בדרכים, צה"ל.
- ארבית ש. (1975), "הצעת הנחיות גיאומטריות לתכנון בטיחותי של צמתים במפלס אחד – מהדורה שניה מתוקנת", פרסום מס' 75/2, המרכז לבטיחות בדרכים, הטכניון, חיפה.
- ארבית ש., מהלאל ד., ליבנה מ. (1987), "צמתים מעגליים", פרסום מס' 87-110, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.
- בלשה ד., הקרט ש. (1992), "הנדסת תנועה – עקרונות ותכן", מהדורה רביעית, "מכלול" בע"מ.
- האקדמיה ללשון העברית, הוועדה המרכזית למונחי הטכנולוגיה (1990), "מילון למונחי הנדסת דרכים, תחבורה ובנייה", חיפה.
- הטכניון, המכון לחקר התחבורה (1998), "תקנות והנחיות להצבת תמרורים 1997", עדכון ועריכה י. רונן.
- וינהבר א. (1986), "פרופיל מהירויות כמכשיר תכנוני לשיפור כבישים קיימים" עבודת גמר לקבלת תואר מגיסטר, הטכניון, חיפה.
- ליבנה מ., (1979), "הנחיות לקביעת מהירות התכן ואלמנטים גיאומטריים שונים בדרכים בין עירוניות", צה"ל, מרכז בינוי 5600.
- ליבנה מ., קראוס י., הירש מ. (1983), "הצעת הנחיות לקביעת שיפועים אנכיים", דו"ח מחקר מס' 83-81, המכון לחקר התחבורה, הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל, חיפה.
- מדינת ישראל (1961), "פקודת התעבורה ותקנות התעבורה", תשכ"א ועידכונים.
- מדינת ישראל (1970), "קבצי התקנות 2501 ו-2502 (לוח התמרורים)", מ-1/1/1970 ועידכונים.
- מרכז בינוי 5600, מדור דרכים (1982), "הנחיות לתכנון דרכים במחנות – דרכי גישה ודרכים פנימיות, חלק א' – תכן גיאומטרי", הוכן על-ידי ק.י. – מהנדסי תחבורה יועצים.
- מרכז בינוי 5600, ע' להנדסה (1996), "קטלוג פרטים סטנדרטיים – מדור דרכים".
- משרד הבינוי והשיכון – אגף הנדסה, משרד התחבורה – המפקח על התעבורה (1983), "הנחיות לתכנון רחובות בערים, כרך 1 – תכן גיאומטרי של רחובות עירוניים (ללא צמתים)", הוכן על-ידי ל.ק.י. – מהנדסי תחבורה יועצים, חיפה.
- משרד הבינוי והשיכון – אגף הנדסה, משרד התחבורה – המפקח על התעבורה (1989), "הנחיות לתכנון רחובות בערים, כרך 2 – תכן גיאומטרי של צמתים עירוניים במפלס אחד", הוכן על-ידי ל.ק.י. – מהנדסי תחבורה יועצים, חיפה.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

- משרד הבינוי והשיכון, מחלקת עבודות ציבוריות (1994), "הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות – כרך I: תכנון גיאומטרי של דרכים", הוכן על-ידי ל.ק.י. – מהנדסי תחבורה יועצים, חיפה.
- משרד התחבורה, המפקח על התעבורה (1973), "הנחיות לתכנון מעברי חצייה להולכי-רגל", עורכים: פ. בן-שאול, י.רונן.
- משרד התחבורה, המפקח על התעבורה (1983), "הנחיות לתיכנון צמתים – מצע לדיון".
- משרד התחבורה, מחלקת עבודות ציבוריות (2000), "הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות – כרך II: תכנון גיאומטרי של צמתים", הוכן על-ידי ל.ק.י. – מהנדסי תחבורה יועצים, חיפה.
- פולוס א., ליבנה מ., קראוס י., שמואלי ס. (1998), "ניתוח מאפייני תנועה של צמתים מעגליים עירוניים – שלב א", דוח מחקר מס' 98-267, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.
- פולוס א., ליבנה מ., קראוס י., שמואלי ס. (1999), "ניתוח מאפייני תנועה של צמתים מעגליים עירוניים – שלב ב", דו"ח מחקר מס' 99-271, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.
- פולוס א., שמואלי ס. (1997), "מאפייני תפעול של צמתים מעגליים", 'תנועה ותחבורה', גיליון מס' 47.
- קראוס י., ליבנה מ., גוטמן ל. (1987), "דרכים בין-עירוניות: קריטריונים לקביעת מהירות התכנון", המכון לחקר התחבורה, הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל, דו"ח מחקר מס' 87-122, חיפה.
- קראוס י., ליבנה מ., הירש מ. (1980), "הצעת הנחיות לקביעת הגבהות בעקומים אופקיים", דו"ח מחקר מס' 80-30, המכון לחקר התחבורה, הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל, חיפה.
- קראוס י., ליבנה מ., סולומון ד. (1976), "הגבהות בעקומים אופקיים", פרסום מס' 75-15, המרכז לבטיחות בדרכים, הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל, חיפה.
- קראוס י., פולוס א., ליבנה מ. (1978), "יסודות בתכנון גיאומטרי של דרכים", הטכניון, חיפה.
- קראוס י., פולוס א., ליבנה מ., רשטיק י. (1990), "הערכת כבישים קיימים בעלי נפח תנועה נמוך", דו"ח מחקר מס' 90-155, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.
- קריגר ב.צ., קראוס י. (1982), "הערכת תוואי הדרך במרחב מנקודת מבטו של הנהג באמצעות הפרספקטיבה", דו"ח מחקר מס' 82-11, הטכניון, חיפה.
- רוכברגר ח., חריט י., קראוס י. (1979), "הצעות לשילוב עקומים אנכיים ואופקיים בדרכים המבוססות על הפרספקטיבה של הדרך", דו"ח מחקר מס' 79-14, הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל, חיפה.
- שמואלי ס., פולוס א. (1997), "ניתוח והערכת תפעולית של צמתים מעגליים", דו"ח מחקר מס' 97-246, המכון לחקר התחבורה, הטכניון, חיפה.
- שקלרסקי א. (1980), "תכנון דרכים (גיאומטרי)", הטכניון, חיפה.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

---

## ב. מקורות לועזיים

- AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials (1995)**, "Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994", Washington, D.C., U.S.A.
- AUSTROADS (1988)**, "Guide to Traffic Engineering Practice, Part 5 – Intersections at Grade", Sydney, Australia.
- AUSTROADS (1993)**, "Guide to Traffic Engineering Practice, Part 6 – Roundabouts", 2<sup>nd</sup> Ed., Sydney, Australia.
- Bews D., Smith G., & Tencha G. (1987)**, "Development of Geometric Design Standards for Low-Volume Roads in Canada", Transportation Research Record No. 1106, Washington D.C., U.S.A.
- Brown M. (1995)**, "The Design of Roundabouts", State-of-the-Art Review, Transport Research Laboratory, Department of Transport, London, U.K.
- CALTRANS – California Department of Transportation (1995)**, "Highway Design Manual – 5<sup>th</sup> Ed". Sacramento, California, U.S.A.
- Craus I. Gutu V. (1965)**, "Studiul si Proiectarea Drumurilor", Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti, Romania.
- Craus J., Livneh M., Schenirer T., Guttman L. (1987)**, "The Relationship Between the Desired Speed and the Design Speed on Two-Way Two-Lane Rural Roads", Session IV – Interurban Roads and Motorways, 18<sup>th</sup> World Road Congress, PIARC, Bruxelles, Belgium.
- Craus J., Polus A., Livneh M., Schenirer T. (1991)**, "Capacity and Safety Characteristics of Two-Lane Rural Highways", 19<sup>th</sup> World Road Congress, PIARC, Marrakesh, Morocco.
- Department Of Transport (1993)**, "Geometric Design of Roundabouts", Design Manual for Roads and Bridges, Vol. 6, Sec. 2, Part 3, TD 16/93, HMSO, U.K.
- Devlin J., McGuinness P. (1986)**, "Geometric Design Guidelines (Intersections at Grade)", An Foras Forbartha, Dublin, Ireland.
- FHWA – Federal Highway Administration (1995)**, "Basic Geometric Design", Publ. No. FHWA-ED-95-013, U.S. DOT.
- Garcia A., Conesa L. (1992)**, "Improving Steep Bends as Hairpin Curves on Mountainous Roads– Discussion", Journal of Transportation Engineering, ASCE, Nov. 1992, U.S.A.
- Homburger W.S., Kell J.H. (1988)**, "Fundamentals of Traffic Engineering", 12<sup>th</sup> Ed., Institute of Transportation Studies, University of California, Berkley, U.S.A.
- ITE - Institute of Transportation Engineers, (1982)**, "Transportation & Traffic Engineering Handbook", Homburger, W.S. (Ed.) Second Edition, Prentice Hall, Inc., New Jersey, U.S.A.
- JHK & Associates (1980)**, "Design of Urban Streets", U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington D.C., U.S.A.

# הנחיות לתכנון דרכים במחנות צה"ל

---

**Leisch J. E., Leisch J. P. (1978)**, "Seminar on Planning & Design for At-grade Intersections", Technion and ministry of transport, Tel-Aviv, Israel.

**Leisch J.E., Leisch J.P. (1977)**, "New Concepts in Design Speed Application", TRB Record 631, Transportation Research Board, Washington D.C., U.S.A.

**Matasaru TR., Craus I., Dorobantu ST. (1966)**, "Drurmuri", Editura Tehnica, Bucuresti, Romania.

**Neuman R.T. (1985)**, "Intersection Channelization Design Guide", NCHRP Report 279, Transportation Research Board, Washington D.C., U.S.A.

**OECD (1986)**, "Economic Design of Low-Traffic Roads," Paris, France.

**Ourston & Doctors (1995)**, "Roundabout Design Guidelines", Santa Barbara, California, U.S.A.

**"Richtlinien fur die Anlage von Landstrassen. Teil I: Linienfuhrung (RAL-L)", Abschnitt 2: Raumliche Linienfuhrung, 1970, BDR.**

**"Richtlinien fur die Anlage von Strassen. Teil: Querschnitte (RAS-Q)", 1982, BDR.**

**Roy B.K. (1990)**, "Improving Steep Bends as Hairpin Curves on Mountainous Roads", Journal of Transportation Engineering, ASCE, Sept.1990, U.S.A.

**TAC – Transportation Association of Canada (1994)**, "Geometric Design Guide Standards for Canadian Roads", Ottawa, Canada.

**TRB – Transportation Research Board (1998)**, "Highway Capacity Manual 1997 (HCM)", Special Report 209, 3<sup>rd</sup> Ed., National Research Council, Washington D.C., U.S.A.

**TRB – Transportation Research Board, (1989)** "Highway Sight Distance Design Issues", TRR 1208, Washington D.C., U.S.A.

**Underwood R.T. (1991)**, "The Geometric Design of Roads", Monash University, Australia.

**Washington State Department of Transportation (1992)**, "Design Manual", M-22-01, Olympia, Wa., U.S.A.

**Zegeer C. et al, (1990)**, "Safety Improvements on Horizontal Curves for Two-Lane Rural Roads–Infomational Guide", HSRC-TR82, University of North Carolina, U.S.A.