



# מפרט לבחינה והנחיות לשימוש במערכות מיגון לאופנועים

חשון תשע"ז – נובמבר 2016

הוועדה הבין-משרדית  
לבחינת התקני תנועה ובטיחות

# מפרט לבחינה והנחיות לשימוש במערכות מיגון לאופנועים

## הוכן ע"י ד"ר ויקטוריה גיטלמן, פרופ' שלום הקרט

בליווי הוועדה הבין-משרדית לבחינת התקני תנועה ובטיחות, במיניו מנכ"ל משרד התחבורה והבטיחות בדרכים.

### הרכב הוועדה

- אינג' עירית שפרבר
- אינג' הראל דמתי
- מר סלים והבי
- אינג' מאריה כהן-אתגר
- אינג' ישעיהו רונן
- אינג' שמעון נסיכי
- אינג' יהודה אריה
- אינג' אריק פולונסקי
- אינג' דני ירס, אינג' אלכס ויאזמנסקי (מ"מ)
- אינג' נועם יהלום
- אינג' רביבה אנוקוב
- מר זאב גולדנברג
- אינג' מיכל גרוס
- אינג' לב קרסילשיקוב, אינג' פרנצ'סקה לביא
- רפ"ק אינג' ערן סדן
- ד"ר נטלי כץ
- אינג' ולד זסלבסקי
- אינג' שי בשארי
- אינג' רחלי בורד-עדן
- אינג' רובי כרמל
- פרופ' שלום הקרט, ד"ר בני פרישר,
- ד"ר ויקטוריה גיטלמן, אינג' אדי קוטרש
- ד"ר קרולין מטר, ד"ר דן לינק
- מנהלת אגף בכיר תכנון תחבורתי, משרד התחבורה והבטיחות בדרכים – יו"ר
- משרד התחבורה והבטיחות בדרכים – מ"מ יו"ר
- חב' "נתיבי איילון", מנהל הוועדה
- הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים
- יועץ מטעם המפע"ת הארצי
- חב' "נתיבי ישראל"
- איגוד המהנדסים לבנייה ותשתיות
- חב' "יפה נוף", עיריית חיפה
- חב' "כביש חוצה ישראל"
- חב' "דרך ארץ" בע"מ
- חב' "נתיבי היובל" בע"מ
- אגף שפ"ע, עיריית ירושלים
- אגף התנועה, עיריית ת"א
- חב' "נתיבי איילון"
- אגף התנועה, משטרת ישראל
- אגף תכנון, רכבת ישראל
- מח' תנועה, עיריית חיפה
- חב' "דרך הצפון"
- משרד הביטחון
- טכניון
- יועצים מדעיים לוועדה

ג' באדר, התשע"ז  
01 מרץ 2017  
סימוכין: 05623617

### מפרט לבחינה והנחיות לשימוש במערכות מיגון לאופנועים

רוכבי אופנועים נפגעים קשות בתאונות התנגשות במעקות בטיחות. מערכות מיגון לאופנועים המתווספות למעקות בטיחות תורמות ליצירת תנאי דרך משופרים יותר לטובת רוכבי האופנועים. מערכות כאלה מוכרות בעיקר בצורת פס מגן לאופנועים שמכסה את העמודים של מעקות פלדה.

כדי לספק את ייעודה - לצמצם את חומרת הפגיעה בגופו של הרוכב בעת התנגשותו במעקה - מערכת מיגון לאופנועים צריכה לעמוד בדרישות תפקודיות מוגדרות שנבדקות במבחני התנגשות. על מנת להביא תועלת מרבית למען שיפור בטיחותם של רוכבי האופנוע, קיים צורך לקדם שימוש במערכות מיגון לאופנועים באתרי דרך המזוהים עם סיכון מוגבר להתנגשויות של רוכבי אופנוע במעקות.

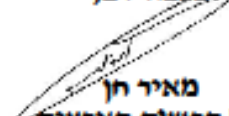
המסמך המעודכן שלפניכם מפרט את הכללים לבחינה של מערכות מיגון לאופנועים אשר עתידים להיות מותקנים על מעקות הבטיחות הנמצאים בשימוש בישראל. כמו כן, המסמך מתווה בחירה של תנאי הדרך בהם נדרשת הצבה של מערכות מיגון לאופנועים על מעקות פלדה ומסביר את תנאי השימוש בהתקנים.

הן הדרישות למערכות מיגון לאופנועים והן כללי השימוש בהן, נקבעו על-פי מיטב הידע והניסיון הבינלאומי הקיים בנושא ובעקבות דיונים מקצועיים רבים שנערכו בישראל בשנים האחרונות.

תקוותנו כי יישום מוגבר של מערכות מיגון לאופנועים יביא לצמצום ניכר בהיפגעות רוכבי אופנועים בתאונות דרכים בישראל.

עם הזמן והשימוש בהתקנים אלה נרכוש ידע וניסיון נוספים אשר יהוו בסיס לעדכון הדרישות וכללי השימוש במערכות מיגון לאופנועים.

בכבוד רב,



מאיר חן  
מנהל הרשות הארצית  
לתחבורה ציבורית

# תוכן עניינים

1.....	הקדמה
3.....	<b>פרק 1 מבוא</b>
8.....	<b>פרק 2 דרישות לבחינת מערכות מיגון לאופנועים (המפרט הישראלי)</b>
8.....	2.1 מבוא
9.....	2.2 מבחני התנגשות ייעודיים למערכות מיגון לאופנועים
12.....	2.3 מבחני התנגשות במעקה הבטיחות
12.....	2.4 מסמכים הנדרשים לבחינה ואישור של מערכת מיגון לאופנועים
14.....	<b>פרק 3 הנחיות לשימוש במערכות מיגון לאופנועים על מעקות הבטיחות בישראל</b>
14.....	3.1 מבוא כללי
14.....	3.2 הצדקים להתקנת פס מגן לאופנועים
16.....	3.3 כללי התקנה של פס מגן לאופנועים
18.....	3.4 התאמת פס מגן לאופנועים למעקה
20.....	<b>מראי מקום</b>
22.....	<b>נספח א' מערכות מיגון לאופנועים – סקירת המצב בעולם ובישראל</b>
22.....	א-1 בעיית היפגעות רוכבי אופנוע בתאונות התנגשות במעקות
26.....	א-2 אמצעי מיגון לאופנועים על גבי מעקות הבטיחות
	א-3 קריטריונים להצבת מערכות מיגון לאופנועים על גבי מעקות הבטיחות:
30.....	סקירת המלצות במדינות אחרות
	<b>נספח ב' גבולות לערכים המרביים של משכי עומס נתון על צוואר הדמה, לקביעת רמות</b>
34.....	<b>חומרת התנגשות לפי טבלה 2.4</b>

# רשימת טבלאות

- טבלה 2.1: מבחני התנגשות במערכות מיגון לאופנועים..... 10
- טבלה 2.2: רמות מהירות למערכות מיגון לא רציפות (DMPS)..... 11
- טבלה 2.3: רמות מהירות למערכות מיגון רציפות (CMPS)..... 11
- טבלה 2.4: רמות חומרה של מערכות המיגון לאופנועים שנקבעות בעקבות מבחני ההתנגשות ..... 12
- טבלה 1.א: מספר הרוגים, פצועים קשה ופצועים קל, בתאונות דרכים, בשנים 2009-2014
- 22 ..... סה"כ בישראל ומתוכם רוכבי אופנוע
- טבלה 2.א: נפגעים רוכבי אופנוע בכלל התאונות ובתאונות התנגשות במעקה, בשנים 2009-2014 .... 24
- טבלה 3.א: פילוג נפגעים רוכבי אופנוע בתאונות התנגשות במעקה, לפי מיקום תאונה ..... 25

## רשימת איורים ותרשימים

- איור 1.1: דוגמא לפס מגן לרוכבי אופנוע המחובר למעקה פלדה. 4.....
- איור 1.2: דרישות למערכות מיגון לאופנועים – המצב הקיים באירופה. 5.....
- תרשים 2.1: תנאי התנגשות בהתקן. 10.....
- תרשים 2.2: הפרמטרים הנמדדים על גבי הדמה. 11.....
- איור 3.1: דוגמאות להתקנת פס מגן לאופנועים על מעקה פלדה, בעקום אופקי. 15.....
- איור 3.2: דוגמאות להתקנת פס מגן לאופנועים על מעקות פלדה, ברמפות של מחלפים. 17.....
- איור 3.3: דוגמא לאופן התקנת פס מגן לאופנועים על מעקה פלדה, בהיעדר עקום מעבר. 18.....
- איור א.1: מספר ההרוגים רוכבי אופנוע וחלקם היחסי מקרב סך ההרוגים בתאונות הדרכים בישראל, בשנים 2005-2014. 23.....
- איור א.2: פילוג נפגעים רוכבי אופנוע, בשנים 2009-2014, לפי חומרת הפגיעה, בכלל התאונות ובתאונות התנגשות במעקות. 24.....
- איור א.3: מעקה בטיחות מפלדה עם וללא פס מגן לרוכבי אופנוע. 27.....
- איור א.4: דוגמאות ליצירת מעקות בטיחות ידידותיים לרוכבי אופנוע, ע"י כיסוי חלקים חדים של עמודי מעקות. 27.....
- איור א.5: דוגמאות ליצירת מעקות בטיחות ידידותיים לרוכבי אופנוע, ע"י הוספת פס תחתון למעקה פלדה. 28.....
- איור א.6: דוגמא למערכת מעקה פלדה בתוספת ממ"א המאושרת בגרמניה: ESP 4.0 UFS. 29.....
- איור א.7: דוגמאות נוספות של מערכות מעקות פלדה בתוספת ממ"א שנבחנו במבחני התנגשות למעקות בטיחות ואושרו בגרמניה. 30.....
- איור א.8: עץ החלטות לבחירת אתרים להצבת ממ"א, בהולנד. 33.....
- תרשים ב.1: קריטריון לפני-אחרי של כוח שבירה לצוואר לרמת חומרה I. 34.....
- תרשים ב.2: קריטריון של מתיחה צירית לצוואר לרמת חומרה I. 34.....
- תרשים ב.3: קריטריון של דחיסה צירית לצוואר לרמת חומרה I. 35.....
- תרשים ב.4: קריטריון לפני-אחרי של כוח שבירה לצוואר לרמת חומרה II. 35.....
- תרשים ב.5: קריטריון של מתיחה צירית לצוואר לרמת חומרה II. 36.....
- תרשים ב.6: קריטריון של דחיסה צירית לצוואר לרמת חומרה II. 36.....

## הקדמה

מסמך זה מרכז מסמכים מנחים בנוגע לשימוש במערכות מיגון לאופנועים, המוכרים בעיקר בצורת פס מגן לאופנועים, על גבי מעקות הבטיחות בישראל. המסמך כולל ארבעה חלקים:

**א. פרק 1** "מבוא" מסביר את הצורך בשימוש במערכות מיגון לאופנועים על מעקות בטיחות מפלדה, וכמו-כן מציג סקירה תמציתית של ההתפתחויות והמצב הקיים באירופה בנוגע לדרישות למערכות מיגון לאופנועים. פרק 1 מתבסס על ממצאי הספרות והנתונים הסטטיסטיים המוצגים בנספח א' "מערכות מיגון לאופנועים – סקירת המצב בעולם ובישראל".

**ב. פרק 2** מציג מפרט דרישות לבחינת מערכות מיגון לאופנועים אשר עתידים להיות מותקנים בדרכים בישראל (המפרט הישראלי).

**ג. פרק 3** מפרט הנחיות לשימוש במערכות מיגון לאופנועים על גבי מעקות הבטיחות בישראל. פרק 3 נסמך גם כן על ממצאי הספרות המובאים בנספח א'.

**ד. נספח א' ו-ב'** מציגים כאמור סקר ספרות תמציתי על סוגיית היפגעות רוכבי דו-גלגלי בתאונות התנגשות במעקות בישראל ובמדינות המפותחות, והגישות העקרוניות לפתרון.

מהדורה זו מעדכנת ומרחיבה במידה רבה את המהדורה הראשונה של המסמך משנת 2011, בעקבות הניסיון שנצבר בישראל ובמדינות אירופה עם התקנים אלה.

מערכות מיגון לאופנועים (ממ"א) פותחו במטרה לספק מיגון לרוכבי אופנוע בעת התנגשותם בחלקים החדים (בעיקר, עמודים) של מעקות בטיחות מפלדה, ובכך למנוע פגיעות חמורות בגופם של הרוכבים. על מנת לוודא שההתקן מספק את ייעודו – ממתן את חומרת הפגיעה בגוף הרוכב בעת התנגשותו במעקה, פותחו במדינות אירופה מבחני התנגשות ייעודיים לממ"א. לכן בישראל אומצה גישה, לפיה כל דגם ממ"א העתיד להיות מותקן בישראל, צריך לעמוד במבחני התנגשות ייעודיים לממ"א.

מאידך, התקן ממ"א מהווה תוספת למעקה הבטיחות, ולכן עלול להשפיע על תפקודו של מעקה אשר תוכנן כהתקן ריסון לשאר כלי הרכב. לכן, רצוי להראות כי תוספת ממ"א אינה משפיעה לרעה על תפקודו המקורי של המעקה. במקרה זה, נדרשת עמידה במבחן התנגשות חוזר, בו מעקה הבטיחות בתוספת ממ"א עמד בדרישות התקן למעקות הבטיחות. עם זאת, באיחוד האירופי טרם גובש עד כה תקן מחייב לממ"א, בעוד שהדרישה לערוך מבחן חוזר עם כל דגם מעקה שעליו התקן הממ"א עתיד להיות מותקן אינה נראית כסבירה. לכן, בישראל, להוכחת אי-הפגיעה בתפקודו המקורי של המעקה ע"י התקן הממ"א, מספיקה הצגה של מבחן חוזר אחד שנערך לדגם מעקה כלשהו עם התקן הממ"א, וכאשר לפי תוצאות המבחן התקבל כי תוספת הממ"א לא השפיעה על תפקודו המקורי של המעקה.

שתי הדרישות הללו: העמידה במבחני התנגשות ייעודיים לממ"א ועמידה במבחן נוסף למעקה בטיחות, מפורטות במפרט הישראלי לבחינת התקני ממ"א המוצג בפרק 2 של מסמך זה. כל התקן מסוג ממ"א המותקן בדרכים בישראל צריך לעמוד בדרישות המפרט הישראלי.

בהתייחס לשימוש בהתקני ממ"א בישראל, המצב שהתפתח הוא שהתקן ממ"א (מערכת/פס מגן לאופנועים) מהווה פרי פיתוח של יצרן מסויים, בעוד הוא צריך להיות מותקן על מעקה בטיחות שפותח ע"י

יצרן אחר. מצב זה מחייב צעדי תיאום בין שני ההתקנים. נקודת המוצא בתהליך זה היא, שבאתרים בהם נדרש שימוש בפס מגן לאופנועים על גבי מעקה פלדה, תוספת הפס חייבת להתבצע כאשר דגם הפס צריך להיות בדוק, דהיינו להיכלל ברשימת ההתקנים המאושרים בישראל. (פירוט נוסף בסוגייה זאת מובא בפרק 3).

יודגש כי הצורך לקיים תיאום בתהליכי הבדיקה והיישום של התקני ממ"א, נובע מהיעדר תקינה אירופית מחייבת בנושא, כאשר הקו המנחה בישראל הוא השאיפה לשפר את בטיחות תנאי הדרך לרוכבי האופנועים. הן הדרישות להתקני ממ"א והן כללי השימוש בהתקנים אלה בישראל, נקבעו בעקבות בחינת המצב בארץ ובעולם, ועל-פי מיטב הניסיון הבינלאומי בנושא, ועם זאת, בהתחשב בנהלי האישור והשימוש בהתקני תנועה ובטיחות בישראל.

## פרק 1 – מבוא<sup>1</sup>

רוכבי אופנועים הם אחת הקבוצות הפגיעות בין משתמשי הדרך. בישראל, נהרגים מדי שנה בתאונות דרכים קרוב ל-40 רוכבי אופנוע, כ-340 נפגעים באורח קשה, ועוד כ-1,500 נפגעים באורח קל. רוכבי אופנוע מהווים 13% מסך ההרוגים, 21% מסך הנפגעים קשה, ו-8% מהנפגעים באורח קל, במדינה. חלקם של האופנועים במעורבות בתאונות גדול משמעותית מחלקם במצבת כלי הרכב ובנסועה: בשנת 2013, אופנועים מכל הסוגים היוו 4.3% ממצבת כלי הרכב ו-1.7% מהנסועה השנתית, בעוד שחלקם היחסי של אופנועים במעורבות בכלל התאונות עם נפגעים ובתאונות הקטלניות בפרט, היה גדול פי שישה מחלקם בנסועה. בעייה דומה של היפגעות רוכבי אופנוע מוכרת ברוב המדינות המתקדמות.

אחד הגורמים לחומרת הפגיעה בתאונות רוכבי אופנועים, הוא היעדר תכנון סלחני עבורם של צידי הדרך, לרבות שימוש במעקות הבטיחות, שתוכננו בלי להתחשב בפגיעה אפשרית של רוכבי אופנועים. הבעייה קשורה בעיקר למעקות פלדה הכוללים חלקים חדים, כגון: עמודים של מעקות, ולעתים רכיבים בולטים נוספים, אשר עלולים לגרום לפגיעה חמורה בחלקי הגוף של רוכב אופנוע המתנגש במעקה, במהלך התאונה או בעקבותיה.

השיעור הגבוה של הפגיעות החמורות בתאונות התנגשות רוכבי אופנוע במעקות, בכל המדינות שבחנו תאונות אלה, מצביע על הסיכון שהתממש. מכאן עולה הצורך בשימוש במעקות בטיחות אשר יהיו ידידותיים יותר לרוכבי אופנוע בעת הפגיעה בהם. מטרה זו מושגת באמצעות שינוי התכן של עמודי המעקה, הוספת קורה משנית (secondary rail) למעקה, או הוספת רכיב ייעודי למיגון רוכבי אופנוע - פס מגן לאופנועים.

סוגי האמצעים המספקים מיגון לרוכבי אופנוע בעת התנגשות במעקה בטיחות, מוכרים בשם "מערכות מיגון לרוכבי אופנועים" (באנגלית: motorcyclist protection systems). רבים מהם בצורת פס מגן לרוכבי אופנוע, המתחבר מתחת לקורה של מעקה בטיחות מפלדה, לאורך המעקה בצידו הפונה לתנועה (ראו דוגמאות באיור 1.1 ובנספח א'). מטרתו של ההתקן היא ליצור כיסוי (רציף או נקודתי) לעמודי המעקה ולחלקים חדים אחרים, ובכך למנוע פגיעות חמורות בגופו של רוכב אופנוע, העלולות להיגרם בעת התנגשותו במעקה.

על מנת לוודא שההתקן מספק את ייעודו – ממתן את חומרת הפגיעה בגופו של רוכב האופנוע בעת התנגשות במעקה – פותחו באירופה מבחני התנגשות ייעודיים למערכות מיגון לאופנועים (ממ"א). מבחני ההתנגשות פותחו במדינות נבחרות כגון: צרפת, ספרד, איטליה. לדוגמא, מכון התקנים הספרדי (AENOR) פרסם בשנת 2008 עדכון לתקן ספרדי, הקובע רמות תפקוד וקריטריוני קבלה לממ"א – UNE 135900-2 (2008). במקביל, מוצגת הדרישה כי תוספת ממ"א לא תשנה את תכונות המעקה – יכולתו לתפקד כאמצעי ריסון ליתר סוגי הרכב.

<sup>1</sup> ממצאי רקע לפרק זה, לרבות: ריכוז נתונים והממצאים בנושא היפגעות רוכבי אופנועים בתאונות הדרכים, בארץ ובעולם; ריכוז ממצאים בנושא היפגעות רוכבי אופנוע בתאונות התנגשות במעקות, ופרטי תאונות התנגשות רוכבי אופנוע במעקות; סקירה של אמצעי מיגון לאופנועים על גבי מעקות הבטיחות, אשר פותחו במדינות השונות – מוצגים בנספח א'.



**איור 1.1:** דוגמא לפס מגן לרוכבי אופנוע המחובר למעקה פלדה

איור 1.2 מציג את המצב הקיים באירופה מבחינת הדרישות לממ"א שאומצו במדינות השונות (מתוך: FEMA, 2012). ניתן לזהות שלוש גישות:

(1) הגישה הספרדית: דרישה לעריכת מבחני התנגשות ייעודיים לממ"א, בדומה לתקן ספרדי 135900 UNE;

(2) הגישה הצרפתית: דרישה לעריכת מבחני התנגשות ייעודיים לממ"א לפי הפרוטוקול שפותח במכון הצרפתי LIER;

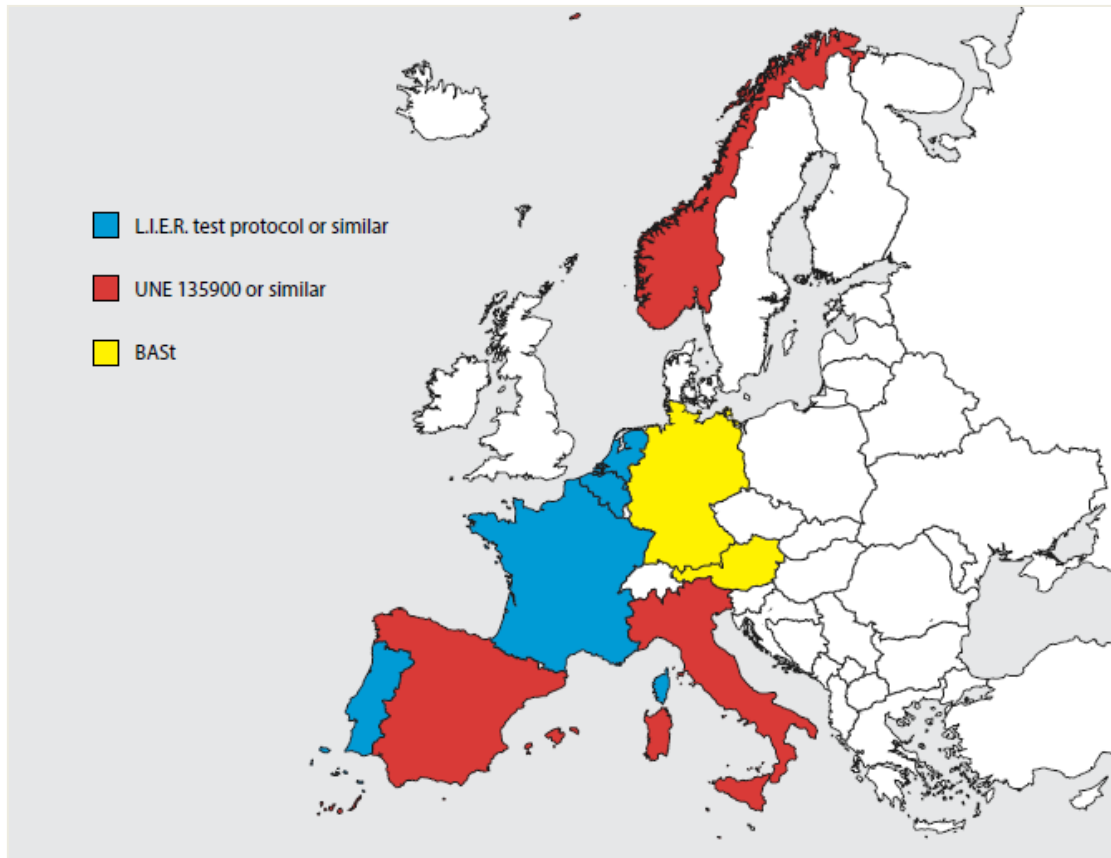
(3) הגישה הגרמנית המובלת ע"י מכון BAST: דגש על תפקוד מערכת המעקה בתוספת ממ"א במבחני התנגשות חוזרים לכלי הרכב (לפי התקן האירופי EN 1317), בנוסף לבחינת תפקודה של ממ"א במבחני התנגשות ייעודיים.

**התקן הספרדי** UNE 135900-2 (2008) מחייב עמידה בשני מבחני התנגשות ייעודיים לממ"א, ובמבחן אחד (לפחות) למעקה בטיחות, כאשר בכל המבחנים מערכת הממ"א מותקנת על גבי דגם מסויים של מעקה בטיחות. במבחני התנגשות ייעודיים, רמות התפקוד של ממ"א מוגדרות בעזרת שני פרמטרים שהם:

(א) רמת מהירות אשר מוגדרת ע"י מהירויות ההתנגשות של גוף הרוכב בהתקן ממ"א, במבחנים;

(ב) רמת חומרה, אשר נקבעת בהתאם לערכים של המדדים הביו-מכאניים, המוערכים על סמך הפרמטרים שנמדדו על גבי בובת הדמה (של גוף הרוכב) במהלך המבחנים.

מבחני ההתנגשות נערכים עם בובת דמה, אשר נשלחת להתנגש בהתקן עם הראש קדימה, ואילו הגב ורגלי הבובה נוגעים בקרקע. כל התקן נבחן לפי אחת מרמות המהירות: 60 קמ"ש או 70 קמ"ש. כל ההתנגשויות נערכות בזווית של 30 מעלות לציר ההתקן והמעקה. רמת חומרת הפגיעה נבחנת בעזרת שישה מדדי פגיעה בצוואר, ומדד אחד של פגיעה בראש הבובה המתנגש בהתקן. המדדים מוערכים על סמך נתוני הכוחות, המומנטים והתאוצות הנמדדים על גבי בובת הדמה. סה"כ, מוגדרות שתי רמות חומרה: הנמוכה יותר והגבוהה יותר.



**איור 1.2:** דרישות למערכות מיגון לאופנועים – המצב הקיים באירופה

**הגישה הצרפתית** – הפרוטוקול של מכון LIER למבחני התנגשות ייעודיים לממ"א הקיים משנת 1998. גישה זו דומה לדרישות של התקן הספרדי, אך עם מגוון מצומצם יותר של אפשרויות בחינה. לפי פרוטוקול LIER, ההתקן נבחן בשני מבחני התנגשות ייעודיים, ובהם בובת הדמה מתנגשת בממ"א במהירות 60 קמ"ש ובזווית 30 מעלות. עם זאת, להבדיל מהגישה הספרדית, במבחן אחד הבובה מתנגשת בהתקן כשהראש קדימה, ובמבחן השני גוף בובת הדמה נמצא במקביל לציר ההתקן, ומתנגשת בהתקן עם צידה הימני של הבובה. כמו כן, לקביעת חומרת הפגיעה, נמדדים שלושה מדדי צוואר ומדד ראש אחד, כאשר סה"כ מוגדרת רמת חומרה אחת בלבד, השווה לרמת החומרה הגבוהה יותר של התקן הספרדי.

**בגרמניה** לא קיים תקן מיוחד לבדיקת ממ"א. לביצוע מבחני התנגשות ייעודיים לממ"א מקובל לפנות לפרוטוקול של מכון LIER. המבחנים נערכים כשדגמי הממ"א מותקנים על דגמים מוגדרים של מעקות בטיחות, כך שמעקה הבטיחות בתוספת ממ"א מהווה דגם מסויים של מעקה, אשר מספק הגנה גם לאופנועים. כל מערכת כזאת (הכוללת התקנה של ממ"א על גבי מעקה הבטיחות), נבחנת במבחני התנגשות חוזרים למעקות הבטיחות לפי התקן האירופי EN 1317, במטרה לוודא כי תוספת פס מגן לאופנועים אינה פוגעת בתפקוד המעקה כאמצעי ריסון לרכב. ברשימת המעקות המאושרים לשימוש בגרמניה מוצגות מספר מערכות של מעקות פלדה בתוספת ממ"א (ראו נספח א').

לאור הגברת המודעות באיחוד האירופי לבעיית היפגעות רוכבי אופנועים בתאונות הדרכים, הכינה הוועדה האירופית לתקינה<sup>2</sup> **טיטת תקן אירופי** בנושא. התקן עסק בקביעת רמות תפקוד לממ"א, והוא תוכנן

<sup>2</sup> European Committee for Standardization – CEN

להוות חלק מתקן אירופי EN 1317. טיוטת התקן, שמספרה prEN 1317-8:2010, פורסמה בשנת 2010 להערות. טיוטת התקן האירופי אימצה את הגישה לבחינת ממ"א שנקבעה בתקן הספרדי (UNE 135900), לרבות ערכי הסף לבחינת תוצאות המבחנים, וכמו כן הוסיפה דיוק להגדרת תנאי בדיקת ההתקנים.

מכיוון שהתקן ממ"א מהווה תוספת למעקה הבטיחות, הן בתקן הספרדי והן בטיטת התקן האירופי קיימת דרישה לבחינת תפקודו של מעקה הבטיחות בשילוב ההתקן. במילים אחרות, המעקה בתוספת ממ"א נדרש לעבור מבחני התנגשות חוזרים למעקות הבטיחות, לפי תקן אירופי EN 1317-2. זאת כדי לוודא שהוספת ממ"א לא שינתה את רמת תפקודו ואת מאפייניו האחרים של המעקה או, לחלופין, כדי לייחס למעקה הבטיחות בשילוב ממ"א מאפייני תפקוד חדשים.

עם זאת, עקב קיום גישות שונות לבדיקת התקני ממ"א במדינות אירופה, והיעדר תמימות דעים בנושא, טיוטת התקן האירופי EN 1317-8 לא אושרה. בשנת 2012 היא הוחלפה ב**מפרט טכני** (Technical – TS) CEN/TS 1317-8:2012. המפרט הטכני מהווה תקן ניסיוני אשר פורסם לתקופה מוגבלת לצורך איסוף התייחסויות של מדינות אירופה. המפרט הטכני אינו מחייב, והוא מאפשר קיום של תקנים מקומיים שאינם תואמים את דרישות המפרט האירופי. התוקף ההתחלתי של המפרט נקבע לשלוש שנים.

המפרט CEN/TS 1317-8:2012 חוזר על הדרישות שנקבעו בתקן הספרדי ובטיטת התקן האירופי prEN 1317-8 לבחינת התקני ממ"א, כאשר לכל התקן יש לבצע שני מבחני התנגשות ייעודיים, ברמת מהירות של 60 או 70 קמ"ש, וחישוב של מדדי חומרת ההתנגשות. בכל מבחן, הממ"א צריך להיות מותקן על גבי מעקה בטיחות מסויים. בנוסף, נדרש לערוך מבחני התנגשות למערכת מעקה בטיחות בתוספת ממ"א, לפי דרישות התקן EN 1317 למעקות הבטיחות. מכאן, שהמפרט האירופי דורש ביצוע ארבעה מבחני התנגשות לכל מערכת מעקה בתוספת ממ"א, לרבות שני מבחני התנגשות ייעודיים לבחינת תפקוד הממ"א ושני מבחני התנגשות נוספים לבחינת תפקוד המעקה. המפרט מציין כי תוצאות המבחנים תקפים אך ורק לגבי אותה מערכת מעקה שהייתה במבחני התנגשות בפועל, מכיוון שתפקוד המעקה עשוי להשתנות בעקבות תוספת ממ"א.

בדיונים המתקיימים באיחוד האירופי בנושא הדרישות לממ"א, מציינים<sup>3</sup> כי הנושא מורכב. עד כה לא נמצא פתרון מעשי ואופטימלי המקובל על כל המדינות השותפות. ההתנגדות לתקן האירופי המתבסס על הגישה הספרדית מתמקדת בעיקר בשתי סוגיות:

- 1) העמידה בדרישות התקן מחייבת ביצוע ארבעה מבחני התנגשות לכל מערכת מעקה בתוספת ממ"א, ותוצאות המבחנים אינן ניתנות להעברה בין דגמי מעקות שונים. דרישה זו מצטיירת כלא-מעשית מהבחינה המסחרית, מכיוון שהיא תביא להתייקרות משמעותית של המערכות המאושרות שיגיעו להתקנות בשטח. קיים צורך בפיתוח פשרה מבחינת הדרישות למערכת מעקה בתוספת ממ"א, שתאפשר לשמור על רמת תפקוד בדוקה תוך מאמץ סביר לביצוע מבחני התנגשות בפועל. בין היתר, הוצע לשקול הקלה בדרישות עבור מעקות מאותה המשפחה, ו/או להסתמך על תוצאות סימולציות של התנהגות המעקות, במקום במבחני התנגשות בפועל.
- 2) התקן האירופי מספק מענה להורדת חומרת הפגיעה ברוכב אופנוע אשר נפל מרכבו ומתנגש בגופו בעמודי המעקה ובחלקיו התחתונים. התקן אינו מציע מענה למקרים בהם רוכב האופנוע מתנגש במעקה בהיותו ישוב עדיין על האופנוע, כאשר הוא עלול להיפגע מחלקיו העליונים של המעקה. לפי מחקרי התאונות של התנגשות רוכבי אופנוע במעקות שנערכו במדינות שונות, קיימות

<sup>3</sup> כגון: Right to Ride, 2011; Nordqvist et al, 2015

עדויות לכך שקבוצת המקרים האחרונה מהווה עד כמחצית מתאונות התנגשות רוכבי אופנוע במעקות. למקרים אלה פס מגן תחתון אינו נותן מענה, ומסיבה זו חלק ממדינות אירופה אינן מעוניינות לאשר את הדרישות הקיימות כתקן מחייב.

בעקבות בחינה פרטנית של דרישות התקנים הקיימים והנמצאים בהכנה באירופה, ובשאיפה לקבוע מסגרת אחידה לבחינה ולאישור של התקני ממ"א בישראל, פורסם בשנת 2011 בישראל "מפרט דרישות לבחינת מערכת מיגון לאופנועים" (להלן: המפרט הישראלי).

לפי **המפרט הישראלי**, כל התקן מסוג ממ"א צריך לעמוד בדרישות התקן הספרדי UNE 135900, או בטיטת התקן האירופי EN 1317-8, או בתקן לאומי של מדינה אירופית אחרת, המפרט שיטות בדיקה להגדרת רמות תפקוד של ההתקנים, כאשר רמת התפקוד נקבעת בעקבות מבחני התנגשות בהתקן. התקן מסוג ממ"א צריך לעמוד בשלושה מבחני התנגשות לפחות, מתוכם שני מבחני התנגשות ייעודיים לממ"א, ומבחן אחד (לפחות) למעקה בטיחות כאשר התקן הממ"א מותקן עליו, לפי דרישות התקן האירופי לבחינת מעקות הבטיחות – EN 1317-2. כל המבחנים נערכים במצב בו התקן הממ"א מותקן על גבי דגם מסוים של מעקה בטיחות.

בתחילת שנת 2015 נערכה בישראל בחינה חוזרת של המצב באירופה לגבי דרישות התקנים לבחינת ממ"א, אשר הראתה תמונת מצב כמתואר לעיל. בדיון בנושא הדרישות להתקנים מסוג ממ"א בישראל, שהתקיים בוועדה הבין-משרדית לבחינת התקני תנועה ובטיחות (להלן: הוועדה) בחודש פברואר 2015, צויין כלהלן:

- מבדיקת ההתפתחויות האחרונות באירופה עולה כי באירופה מתחזקת המגמה של עידוד השימוש במערכות מיגון לאופנועים על גבי מעקות פלדה, אך טרם גובשו באירופה דרישות אחידות לאופן בדיקה של התקנים אלה. לכן, הוועדה החליטה להמתין לאישור התקן האירופי, ולא לשנות את דרישות המפרט הישראלי הקיים.
- הוועדה תעקוב אחרי ההתפתחויות באירופה בנוגע לדרישות למערכות מיגון לאופנועים. עם פרסום התקן האירופי ייערך עדכון במפרט הישראלי.

מכאן, שכל התקן מסוג ממ"א המותקן בדרכים בישראל צריך לעמוד בדרישות המפרט הישראלי. ההתקנים אשר עמדו בדרישות המפרט הישראלי, יופיעו ברשימת ההתקנים המאושרים לשימוש בישראל, המתפרסמת תקופתית ע"י הוועדה. המפרט הקיים מאפשר לבחון התקנים חדשים ולהרחיב את רשימת ההתקנים מסוג ממ"א המאושרים לשימוש בישראל.

פרק 2 במסמך זה מציג את המפרט הישראלי – דרישות למערכות מיגון לאופנועים המובאות לבחינה ולאישור של הוועדה, כאשר התקנים אלה עתידים להיות מותקנים על מעקות הבטיחות הנמצאים בשימוש בישראל.

בהמשך, פרק 3 מציג הנחיות לשימוש במערכות מיגון לאופנועים על מעקות הבטיחות בישראל.

# פרק 2 – דרישות לבחינת מערכות מיגון לאופנועים (המפרט הישראלי)

## 2.1 מבוא

### הגדרות

**מערכת מיגון לאופנועים** (ממ"א) (motorcyclist protection system – MPS) – כל התקן המותקן על מעקה בטיחות או בקרבתו המיידית, במטרה לצמצם את חומרת הפגיעה של רוכב אופנוע מהמעקה.

**מערכת מיגון רציפה** (continuous motorcyclist protection system – CMPS) – מערכת המותקנת באופן רציף לאורך המעקה במטרה לבלום ולכוון את הרוכב המתנגש, תוך כדי מניעת התנגשותו הישירה בחלקים התוקפניים של המעקה, כגון: עמודים, עיגונים ויחידות חיבור. כמו כן, מערכת זו מונעת מהרוכב המחליק לאורך המעקה, את המעבר בין עמודי המעקה, ואת המגע בסכנות הפוטנציאליות העשויות להימצא מעבר למעקה.

**מערכת מיגון נקודתית/לא רציפה** (discontinuous motorcyclist protection system – DMPS) – מערכת המותקנת מקומית מסביב לאלמנט המסוכן פוטנציאלית של המעקה, כגון: עמוד, עיגון או יחידת חיבור, במטרה לצמצם את חומרת הפגיעה הישירה של הרוכב מאלמנט זה. מערכת כזאת אינה מיועדת לעצירת הרוכב שנפל מהאופנוע, כי המערכת לא נמצאת באופן רציף לאורך המעקה.

בנוסף, מבדילים בין **מערכת מיגון משולבת** (integrated motorcyclist protection system) – מערכת מיגון, רציפה או נקודתית, המהווה חלק ממפרט המעקה, לבין מערכת מיגון חיצונית, שאינה מהווה חלק ממפרט המעקה. מערכת מיגון חיצונית מהווה התקן נפרד נוסף, אשר מותאם למעקות הקיימים.

### מסמכים מנחים

הדרישות למערכות המיגון לאופנועים התגבשו על סמך מסמכים מנחים אלה:

#### א. תקן ספרדי

UNE 135900-2: 2008, Performance Evaluation of Motorcyclist Protection Systems in Safety Barriers and Bridge Parapets, Part 2: Performance Classes and Acceptance Criteria.

#### ב. מפרט טכני אירופי

CEN/TS 1317-8:2012E, Road Restraint Systems - Part 8: Motorcycle Road Restraint Systems which Reduce the Impact Severity of Motorcyclist Collisions with Safety Barriers.

#### ג. תקן אירופי

EN 1317-2, Road Restraint Systems, Part 2: Performance Classes, Impact Test Acceptance Criteria and Test Methods for Safety Barriers Including Vehicle Parapets.

כמו כן, נלקחה בחשבון החלטת הוועדה מחודש יוני 2009, לפיה יובאו לבחינת הוועדה "התקנים מסוג פס מגן לאופנועים על גבי מעקה בטיחות שעברו בדיקות בהתאם לתקנים של המדינות השונות. עם זאת, תנאי

סף לכניסה לדיון בוועדה להתקן כזה, יהיה הצגת מפרטים לחיבור ההתקן למעקות המאושרים לשימוש בישראל".

כל התקן מסוג ממ"א המובא לישראל, צריך לעמוד בדרישות התקן הספרדי UNE 135900, או המפרט הטכני האירופי CEN/TS 1317-8, או תקן לאומי של מדינה אירופית אחרת אשר מפרט שיטות בדיקה להגדרת רמות תפקוד של ההתקנים, ושב רמת התפקוד נקבעת בעקבות מבחני התנגשות בהתקן.

כל התקן ממ"א צריך לעמוד בשלושה מבחני התנגשות לפחות, מתוכם שני מבחני התנגשות ייעודיים למערכות מיגון לאופנועים, ומבחן אחד (או יותר) למעקה הבטיחות שעליו מותקן הממ"א. כל המבחנים נערכים במצב בו מערכת המיגון מותקנת על גבי דגם מסויים של מעקה בטיחות.

על יצרן הממ"א להביאו למבחני ההתנגשות. כל מבחן יהיה מתועד בדו"ח מבחן שמופק ע"י מעבדה מוסמכת או גוף מוכר באירופה (notified body) שערך את המבחן.

## 2.2 מבחני התנגשות ייעודיים למערכות מיגון לאופנועים<sup>4</sup>

רמות התפקוד (performance classes) של מערכות המיגון לאופנועים מוגדרות בעזרת שני פרמטרים שהם:

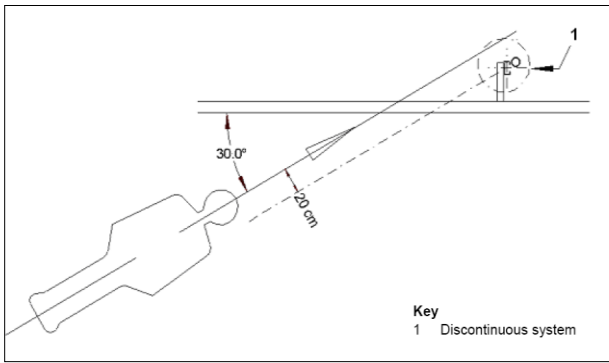
- רמת מהירות (speed class), המוגדרת ע"י מהירויות ההתנגשות בהתקן במבחנים;
- רמת חומרה (severity level), הנקבעת בהתאם לערכים של המדדים הביו-מכאניים המוערכים על סמך הפרמטרים שנמדדו על גבי בובת הדמה במהלך המבחנים.

מבחני ההתנגשות נערכים עם בובת דמה של גבר מבוגר<sup>5</sup> במשקל 87.5 ק"ג, אשר נשלחת להתנגש בהתקן עם הראש קדימה, במהירות ובזווית התנגשות מוגדרות. בעת הפגיעה בהתקן, הגב ורגלי הבובה צריכים לגעת בקרקע. בובת הדמה חובשת קסדת אופנוענים ולבושה בבגדי עור סטנדרטיים.

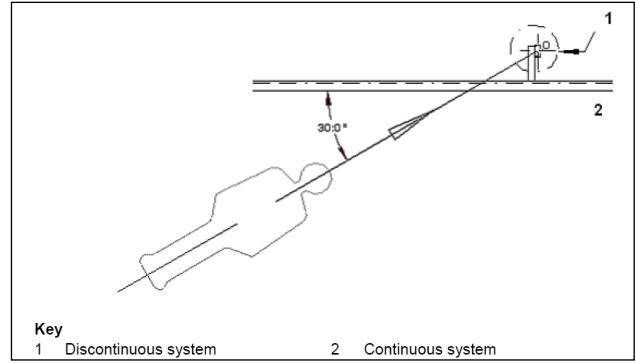
תנאי התנגשות בובת הדמה בהתקן יהיו בשלושה מצבים מוגדרים שהם: (א) כאשר קו ההתנגשות עובר במרכז עמוד המעקה (post-centered impact), (ב) כאשר קו ההתנגשות עובר בהיסט של 20 ס"מ לעומת מרכז עמוד המעקה (post-offset impact), (ג) כאשר קו ההתנגשות עובר באמצע בין שני עמודי המעקה (mid-span impact). פירוט תנאי ההתנגשות בשלושת המצבים מוצג בתרשים 2.1. כל ההתנגשויות מבוצעות בזווית של 30 מעלות לעומת ציר ההתקן והמעקה.

תנאי המבחנים מפורטים בטבלה 2.1. כל התקן ייבחן לפי אחת מרמות המהירות: 60 קמ"ש או 70 קמ"ש, המפורטות להתקנים לא רציפים (DMPS) ורציפים (CMPS) בטבלאות 2.2 ו-2.3, בהתאמה. כל רמת מהירות קובעת שני מבחני התנגשות. עבור המערכת הלא רציפה (DMPS – טבלה 2.2), שני המבחנים נערכים באזור עמוד המעקה (עם קו התנגשות העובר במרכז העמוד ועם היסט מסויים לעומת מרכז העמוד – ראו תרשים 2.1). עבור המערכת הרציפה (CMPS – טבלה 2.3), מבחן אחד נערך באזור העמוד, והמבחן השני – בנקודת האמצע בין שני עמודי המעקה (ראו תרשים 2.1).

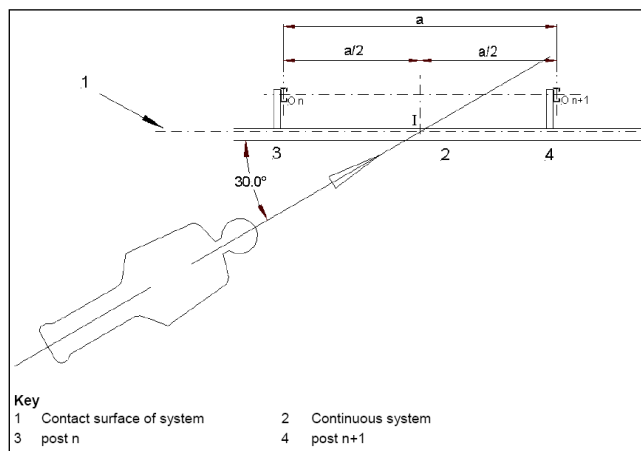
<sup>4</sup> הדרישות המפורטות בסעיף 2.2 מבוססות על התקן הספרדי UNE 135900 והמפרט הטכני האירופי CEN/TS 1317-8. במידה והתקן ממ"א נבחן לפי תקן לאומי אחר או פרטוקול של מכון LIER, העמידה בדרישות תיבחן לעומת המסמך המנחה הרלוונטי.  
<sup>5</sup> Hybrid III 50<sup>th</sup> percentile male dummy



(ב) קו ההתנגשות עובר בהיסט 20 ס"מ לעומת מרכז עמוד המעקה (post-offset impact)



(א) קו ההתנגשות עובר במרכז עמוד המעקה (post-centered impact)



(ג) קו ההתנגשות עובר בין שני עמודי המעקה (mid-span impact)

### תרשים 2.1: תנאי התנגשות בהתקן

### טבלה 2.1: מבחני התנגשות במערכות מיגון לאופנועים

Test	MPS type	Launch configuration	Speed (km/h)
TM.1.60	CMPS and DMPS	Post-Centred (1)	60
TM.2.60	DMPS	Post offset (2)	60
TM.3.60	CMPS	Mid-span (3)	60
TM.1.70	CMPS and DMPS	Post-Centred (1)	70
TM.2.70	DMPS	Post offset (2)	70
TM.3.70	CMPS	Mid-span (3)	70

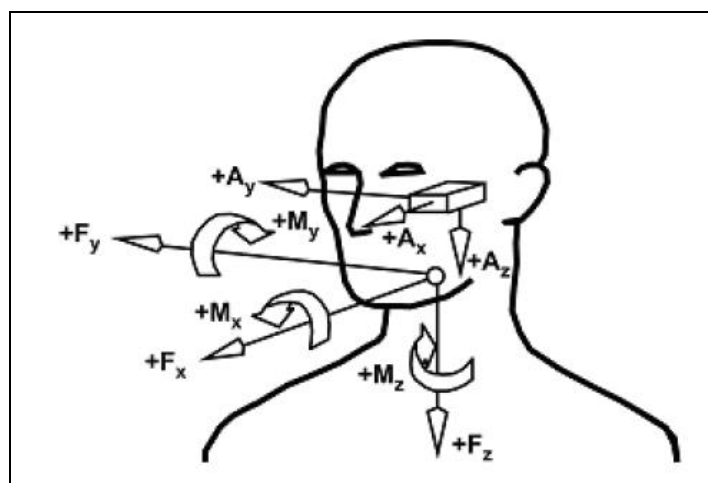
## **טבלה 2.2:** רמות מהירות למערכות מיגון לא רציפות (DMPS)

Level	Tests required	
60	TM.1.60	TM.2.60
70	TM.1.70	TM.2.70

## **טבלה 2.3:** רמות מהירות למערכות מיגון רציפות (CMPS)

Level	Tests required	
60	TM.1.60	TM.3.60
70	TM.1.70	TM.3.70

רמת חומרת הפגיעה נבחנת בעזרת סדרה של מדדים ביו-מכאניים (biomechanical indices), המבטאים את סיכון הפגיעה בראש ובצוואר של האדם המתנגש בהתקן. מדדים אלה מוערכים על סמך נתוני הכוחות, המומנטים והתאוצות הנמדדים על גבי הדמה, כמוצג בתרשים 2.2. בין היתר, מוערך המדד  $HIC_{36}$  – קריטריון הפגיעה בראש (head injury criterion), שהינו מדד אינטגרלי המבוסס על התאוצות המורגשות במרכז הכובד של הראש בנקודות זמן עוקבות, ועוד שישה מדדים נוספים.



## **תרשים 2.2:** הפרמטרים הנמדדים על גבי הדמה

רמת חומרת הפגיעה של מערכת המיגון מוגדרת ע"י ערכים מרביים של המדדים המוצגים בטבלה 2.4. רמת החומרה נבחנת בכל מבחן התנגשות. סה"כ, מוגדרות שתי רמות חומרה: I ו-II. רמת חומרה מסויימת נקבעת אך ורק כאשר כל ערכי המדדים שהוערכו במבחן היו נמוכים יותר או שווים לערכים המוצגים בטבלה 2.4 עבור רמת חומרה זו. רמת החומרה של מערכת המיגון תיקבע לפי הרמה הגבוהה ביותר שהתקבלה בשני מבחני ההתנגשות שנערכו עם ההתקן (לפי טבלה 2.2 או 2.3, בהתאמה). תרשימים ב.1 עד ב.6 בנספח ב' מפרטים את גבולות ערכי המדדים המשמשים לקביעת רמות החומרה בטבלה 2.4.

הממ"א נחשב לעובר את המבחן כאשר:

- בעקבות המבחן, לא היתה שבירה של אף אלמנט אורכי של המערכת.
- אחרי המבחן, בובת הדמה לא נשארה לכודה בתוך ההתקן.

- במהלך המבחן, אף חלק מגוף הדמה, פרט ליד, לא עבר מאחורי ההתקן. המעבר של יד הדמה אל מאחורי ההתקן אפשרי, בתנאי שהוא לא גרם ללכידת הדמה בתוך ההתקן.
- הן גפיים או חלקיהם והן הראש או הצוואר של הדמה, לא יתנתקו ממנו בעקבות ההתנגשות בהתקן, פרט לחריגה אחת – מקרה של ניתוק ידיים עקב שבירה של הברגים השבירים המשמשים להרכבת כתף הדמה.
- לא יהיו חיתוכים בגוף (בשר) הדמה בעקבות המבחן.
- הערכים המרביים של המדדים הביו-מכאניים שהוערכו במבחן לא יעברו את הספים המוצגים בטבלה 2.4.

**טבלה 2.4:** רמות חומרה של מערכות המיגון לאופנועים שנקבעות בעקבות מבחני ההתנגשות

ערכים מרביים מותרים							ראש	רמת חומרה
צוואר						HIC36		
Moc <sub>y flex</sub> (N.m)	Moc <sub>y extension</sub> (N.m)	Moc <sub>x</sub> (N.m)	Fz <sub>compression</sub> (N)	Fz <sub>tension</sub> (N)	Fx (N)			
190	42	134	תרשים ב.3.	תרשים ב.2.	תרשים ב.1.	650	I	
190	57	134	תרשים ב.6.	תרשים ב.5.	תרשים ב.4.	1000	II	

## 2.3 מבחני התנגשות במעקה הבטיחות

בנוסף למבחני ההתנגשות הייעודיים למערכת המיגון לאופנועים, מעקה הבטיחות בתוספת ממ"א צריך לעמוד בדרישות של התקן האירופי לבחינת מעקות הבטיחות – EN 1317-2. כלומר, דגם מעקה הבטיחות בשילוב התקן הממ"א הנבחן, צריך לעמוד במבחני התנגשות חוזרים של כלי הרכב במעקה הבטיחות לפי דרישות התקן EN 1317-2. נדרש לערוך מבחן אחד לפחות, בהתאם לתנאים המוגדרים בתקן לרמת התפקוד שהייתה מיוחסת למעקה הנדון לפני צירוף הממ"א.

## 2.4 מסמכים הנדרשים לבחינה ואישור של מערכת מיגון לאופנועים

לבחינה ואישור בישראל של דגם מסויים של ממ"א, יצרן/ספק ההתקן יציג לוועדה מסמכים אלה:

**א. נתונים טכניים:** (1) שם הדגם והמספר הקטלוגי שלו; (2) מפרט טכני לדגם הממ"א, לרבות מידות וחומרים של כל אחד מרכיביו, שרטוטים להתקן ולרכיביו; (3) הוראות התקנה לממ"א, לרבות פירוט לסוגי המעקות איתם הממ"א מתאים לשימוש, ומפרטים לאופן חיבור הממ"א לדגמי מעקות שונים; (4) הוראות תחזוקה לממ"א.

**ב. שני דו"חות** עם תוצאות מבחני ההתנגשות בממ"א שהם מבחני התנגשות ייעודיים למערכות מיגון לאופנועים – לפי הדרישות של תקן ספרדי UNE 135900-2, או מפרט טכני אירופי CEN/TS 1317-8, או

תקן לאומי של מדינה אירופית אחרת, המפרט שיטות בדיקה להגדרת רמות תפקוד של ממ"א, בעזרת מבחני התנגשות בהתקן.

**ג. דו"ח/דו"חות** עם תוצאות מבחן/מבחני התנגשות במעקה בטיחות, לפי תקן אירופי EN 1317-2, כאשר התקן הממ"א מותקן על המעקה.

**ד. שרטוט/שרטוטים** המפרטים את אופן חיבור הממ"א לדגמי מעקות הבטיחות המאושרים לשימוש בישראל<sup>6</sup>.

כל המבחנים בסעיפים ב'-ג' ייערכו במצב שבו הממ"א מותקן על גבי דגם מסויים של מעקה בטיחות.

המבחנים ייערכו ע"י מעבדה מוסמכת<sup>7</sup> או גוף מוכר באירופה (notified body).

---

<sup>6</sup> דגמי המעקות ייבחרו מתוך רשימת ההתקנים המאושרים המתפרסמת תקופתית ע"י הוועדה.  
<sup>7</sup> מעבדה מוסמכת – מכון התקנים הישראלי, או מעבדה שהוסמכה ע"י הרשות להסמכת מעבדות בארץ, או מעבדה בעלת הכרה של ILAC (International Laboratory Accreditation Co-operation) בחו"ל, או כל מעבדה אשר תציג הסמכה לתקן ISO/IEC 17025 לשיטת הבדיקה, מארגון בעל הכרה הדדית עם ארגון המעבדות הבין-לאומי ILAC. ראו הסברים נוספים בנוהל הוועדה.

# פרק 3 – הנחיות לשימוש במערכות מיגון לאופנועים על מעקות הבטיחות בישראל

## 3.1 מבוא כללי

מערכות המיגון לאופנועים על מעקות הבטיחות מוכרות בעיקר בצורת פס-מגן לאופנועים. פס המגן הוא התקן המתחבר מתחת לקורה של מעקה-בטיחות מפלדה, לאורך המעקה, בצידו הפונה לתנועה. מטרת פס המגן היא יצירת כיסוי רציף לעמודי המעקה ולחלקיו החדים האחרים, ובכך למנוע פגיעות חמורות העלולות להיגרם בגופו של רוכב אופנוע בעת התנגשותו במעקה.

בעקבות העלאת המודעות לבעיית היפגעות רוכבי אופנוע בתאונות הדרכים, נערכו בארגונים הבינלאומיים המאחדים רוכבי אופנוע ובקבוצות מחקר שונות, בעיקר באירופה, סקירות של פתרונות לשיפור בטיחות רוכבי אופנוע, עם דגש על פתרונות תשתית. כל המקורות מסכימים כי שימוש בפס המגן לאופנועים בחלקם התחתון של מעקות בעלי עמודים, יכול לצמצם את חומרת הפגיעה בהתנגשויות רוכבי אופנוע במעקות הבטיחות.

לפי הניסיון הבינלאומי, מעקות פלדה בתוספת ממ"א מזוהים עם רמת הפגיעה הנמוכה ביותר של רוכבי אופנוע בעקבות התנגשות במעקות, ללא קשר לצורת ההתנגשות. לכן, אם נדרש להתקין מעקה פלדה בצד הדרך, למען שיפור בטיחות רוכבי אופנוע, רצוי להתקינו בתוספת פס המגן לאופנועים. עם זאת, עלות הוספת פס המגן למעקות הבטיחות בכל רשת הדרכים גבוהה, וספק אם היא מוצדקת. לכן בסיכומי הידע הבינלאומיים ובהנחיות של המדינות המתקדמות, מובאות המלצות לבחירת אתרים ברשת הדרכים אשר מזוהים עם סיכון מוגבר להתנגשות רוכבי אופנוע במעקות הבטיחות; באתרים כאלה נדרשת הצבה של פס מגן לאופנועים<sup>8</sup>.

כללית, ליצירת צידי דרך סלחניים לרוכבי אופנוע, קיימות שתי אפשרויות:

- להימנע מהתקנת מעקה בטיחות בצד הדרך, במידה שניתן להסדיר אזור מפלט נקי ממכשולים.
- להתקין מערכת מיגון לאופנועים על מעקה פלדה.

הדרישות להסדרת אזור המפלט לרכב ולתכנון פרטי הדרך לביטול הצורך במעקה, מפורטות בהנחיות לבחירה ולהצבה של מעקות בטיחות (הנחיות, 2005). לכן מומלץ לשקול, האם באתרים מסוימים ניתן לוותר על שימוש במעקה, דבר שימנע את הצורך בתוספת פס המגן לאופנועים. במידה שלא ניתן לוותר על התקנת מעקה בצד/צידי הדרך ומותקן מעקה פלדה, יש להיוועץ בהצדקים להתקנת פס המגן לאופנועים על גבי המעקה – ראו סעיף 3.2.

## 3.2 הצדקים להתקנת פס מגן לאופנועים

לאור השיקולים הנ"ל, ובעקבות בחינת הניסיון הבינלאומי, להלן הצדקים להתקנת פס מגן לאופנועים על מעקות פלדה, בדרכים בישראל:

<sup>8</sup> סקירת המלצות שנמצאו במדינות האחרות בנוגע לשימוש במערכות מיגון לאופנועים מוצגת בפרק א-3, נספח א'.

## א. קטעים עם עקום אופקי:

(1) בקטעי הדרכים הלא-עירוניות עם עקום אופקי, הצבת פס מגן לאופנועים על מעקות פלדה נדרשת בתנאים אלה:

- בדרך דו-מסלולית, כאשר רדיוס העקום הוא 400 מ' או קטן יותר;
- בדרך חד-מסלולית, כאשר רדיוס העקום הוא 250 מ' או קטן יותר.

(2) בקטעי דרכים עירוניות עורקיות, עם מהירות יעוד מעל 50 קמ"ש, הצבת פס מגן לאופנועים על מעקות פלדה נדרשת בעקום אופקי, כאשר רדיוס העקום הינו 200 מ' או קטן יותר. עם זאת, אם בדרך עירונית מעקה הפלדה מותקן מאחורי מדרכה, תוספת פס המגן לאופנועים אינה נדרשת (כי יעוד ההתקן לא יתממש בתנאים אלה).

איור 3.1 מציג דוגמאות להתקנת פס מגן לאופנועים על מעקה פלדה בעקום אופקי, בדרך לא-עירונית.



**איור 3.1:** דוגמאות להתקנת פס מגן לאופנועים על מעקה פלדה, בעקום אופקי (התמונות מחו"ל)

## ב. קטעים נוספים להצבת פס מגן לאופנועים:

מומלץ לשקול להצבת פס מגן לאופנועים על מעקות פלדה בקטעי דרכים לא-עירוניות עם שיעור גבוה יחסית של אופנועים בתנועה, כלהלן: שיעור האופנועים בנפח התנועה היומי עולה על 1.5%, או מספר האופנועים בנפח התנועה היומי עולה על 100 בדרך חד-מסלולית (בשני כיווני הנסיעה ביחד), או עולה על 200 בדרך דו-מסלולית (במסלול נסיעה אחד)<sup>9</sup>. הצדק זה צריך להישקל בקטעי דרכים עם מהירות יעוד מעל 50 קמ"ש.

<sup>9</sup> אומדנים אלה התבססו על נתוני סקר מהירויות ארצי – ספירות תנועה לצורך מדידות מהירות, ב-75 קטעי דרך מייצגים ברשת הדרכים הלא-עירוניות, בשנת 2013. בנוסף, ממצא דומה – 1.3% אופנועים מכלל התנועה, התקבל במחקר זילברשטיין ואחרים (2009) אשר ערכו ספירות תנועת האופנועים ב-45 צמתים ברשת הדרכים הלא-עירוניות.

הצבת פס מגן לאופנועים על מעקות פלדה בקטעי דרכים כאלה, נדרשת כאשר מתקיים אחד מהתנאים הבאים:

- באתרים עם ראות מוגבלת, כאשר מרחקי הראות אינם תואמים את דרישות התכן, לפי סוג דרך;
- בתת-קטע עם מאפייני התכן המתאימים למהירות תכן נמוכה יותר לעומת תתי-הקטעים הקודמים באותו קטע דרך;
- באתרים עם קרבת מעקות בטיחות לקצה המיסעה, כאשר המרחק בין קצה הנתיב הימני או השמאלי לבין פני המעקה קצר, ואינו מאפשר קיום שול ברוב תקני הנדרש לפי סוג דרך, כלהלן: השול הימני פחות מ-2 מ', השול השמאלי פחות מ-1.2 מ'.

#### **ג. אתרים עם ריכוזי תאונות אופנוע:**

בכל סוגי הדרכים, מומלץ לאתר קטעי תורפה (וצמתים) בהם התרחשו ריכוזי תאונות התנגשות רוכבי אופנוע במעקות. בכל האתרים הללו יש להציב פס מגן לאופנועים על גבי מעקות פלדה, גם כאשר האתר אינו כפוף לתנאים שצוינו בסעיפים א'-ג' לעיל.

#### **ד. אזורי מחלפים:**

בכל המחלפים וסביבתם, בסוגי הדרכים בהן המהירות המרבית המותרת היא מעל 50 קמ"ש, נדרשת הצבת פס מגן לאופנועים על מעקות פלדה. הדברים אמורים ברמפות של מחלפים בהן נוצר במקום אחד, צירוף של שני תנאים:

(1) הרמפה ליציאה מן הדרך הראשית או לכניסה אל הדרך הראשית בנויה עם עקום אופקי ברדיוס הקטן מ-400 מ'.

(2) מהירות התכן ביציאה מן הדרך הראשית או בכניסה אליה בהתאמה, קטנה ב-20 קמ"ש או יותר ממהירות התכן בדרך הראשית עצמה.

איור 3.2 מציג דוגמאות להתקנת פס מגן לאופנועים על מעקות פלדה, ברמפות של מחלפים.

### **3.3 כללי התקנה של פס מגן לאופנועים**

באתרים עם עקום אופקי (לפי מקבצי הצדקים א', ד' בסעיף 3.2), הצבת פס מגן לאופנועים תהיה בצד החיצוני של העקום. ביתר סוגי האתרים המפורטים בסעיף 3.2 לעיל (לפי מקבצי הצדקים ב'-ג'), מוצע לשקול התקנת פס מגן לאופנועים בשני הצדדים של מסלול הנסיעה.

הצבת פס מגן לאופנועים על גבי מעקה פלדה תהיה בהתאם לכללים אלה:

א. התקנת פס המגן לאופנועים תהיה בצד המעקה הפונה לתנועה. פס המגן יותקן בהתאם להוראות ההתקנה של היצרן.

ב. בהיעדר עקום מעבר, התקנת פס המגן תחל 50 מ' לפני התחלת העקום האופקי או קטע הדרך שזוהה כאתר הדורש את הצבת פס המגן, ותסתיים 50 מ' אחרי סיומו של העקום או קטע הדרך. אם יש עקום מעבר (באורך 50 מ' לפחות), התוספת ההתחלתית של 50 מ' לאורך פס המגן אינה נדרשת. כהתחלה/סיום של עקום אופקי או עקום מעבר תיחשב נקודת המשיק לקטע הישר.

ג. אין להשאיר קצוות חתוכים של פס המגן. בכל התחלה וסיום של ההתקן צריך להיות פרט מיוחד היוצר קצה מעוגל של פס המגן בצד הפונה לתנועה.

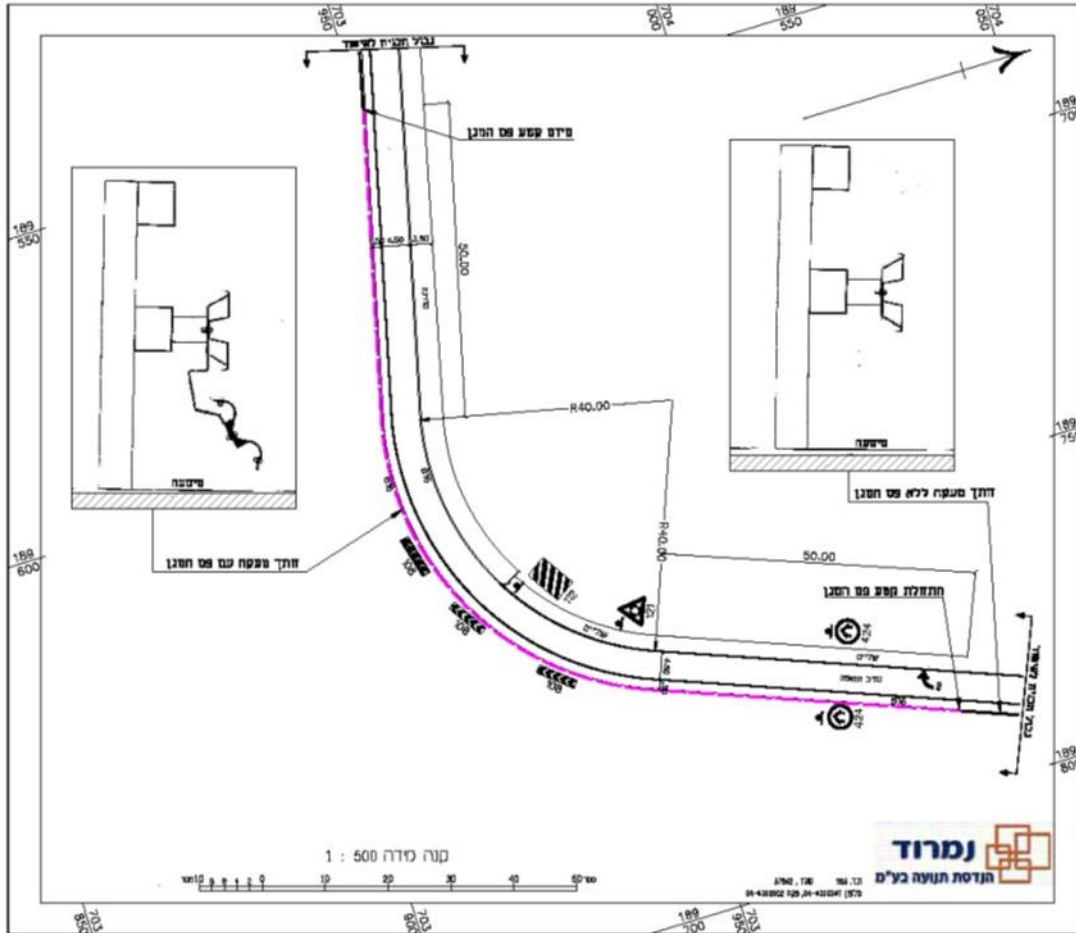
איור 3.3 מדגים את אופן התקנתו של פס מגן לאופנועים על מעקה פלדה, בהיעדר עקום מעבר.



**איור 3.2:** דוגמאות להתקנת פס מגן לאופנועים על מעקות פלדה, ברמפות של מחלפים (התמונות מישראל)

**דרישות נוספות:**

פס מגן לאופנועים המותקן על מעקה בטיחות מפלדה יהיה בצבע לבן-אפור או בצבע מתכתי בלבד, דהיינו בצבע הקרוב ביותר לצבע מעקה פלדה.



**איור 3.3:** דוגמה לאופן התקנת פס מגן לאופנועים על מעקה פלדה, בהיעדר עקום מעבר

### 3.4 התאמת פס מגן לאופנועים למעקה

הדגמים של פס מגן לאופנועים שעמדו בדרישות המפרט הישראלי (ראו פרק 2) ואושרו לשימוש בישראל, הם, ככלל, התקנים אוניברסאליים, הניתנים להתקנה על כל מעקה פלדה המוכר בישראל.

עם זאת, מכיוון שהתקן ממ"א (פס מגן לאופנועים) פותח ע"י יצרן מסויים, כאשר הוא צריך להיות מותקן על מעקה בטיחות שפותח ע"י יצרן אחר, נדרשים צעדי התאמה בין פס המגן לאופנועים לבין המעקה. בטרם התקנת פס המגן על מעקה הבטיחות נדרשת הסכמה של יצרן המעקה לחיבור זה, ולהפך.

הנושא יטופל בפקוח רשות הדרך שתבחר להשתמש בהתקן ממ"א על גבי מעקה הבטיחות, ויכלול צעדים אלה:

- א. הצעת פרט החיבור – שרטוט והוראות התקנה לחיבור פס המגן לאופנועים על מעקה הבטיחות הדרוש, ע"י יצרן פס המגן.
- ב. קבלת הסכמה של יצרן המעקה לחיבור פס המגן לאופנועים.
- ג. אישור בכתב של פרט החיבור ע"י שני היצרנים, והעברתו לביצוע.

בהקשר הנ"ל, יצרן התקן ממ"א בודק בעיקר את האפשרות הטכנית של חיבור פס המגן למעקה המוצע. אם דגם מסויים של התקן ממ"א אינו מתאים להתקנה על גבי המעקה הנדון, יש לבדוק אפשרות לשימוש בדגמים אחרים של התקני ממ"א, מתוך רשימת ההתקנים המאושרים בישראל.

אם בתהליך התיאום לא מושג שיתוף פעולה עם יצרן המעקה, לרשות הדרך מוצע לפעול כלהלן:  
א. להציע ליצרן המעקה לבחור חלופה לפס המגן לאופנועים, מתוך רשימת ההתקנים המאושרים בישראל.

ב. לשקול החלפה של דגם המעקה הנדון בדגם אחר של מעקה, שלגביו קיים פרט חיבור של פס מגן לאופנועים (המאושר בישראל).

יודגש כי נקודת המוצא בתהליך הנ"ל היא, שבאתרים בהם נדרש שימוש בפס מגן לאופנועים על מעקה פלדה, לפי שיקולי הבטיחות של רוכבי אופנוע (מתקיים אחד ההצדקים כמפורט בסעיף 3.2), תוספת פס המגן לאופנועים חייבת להתבצע. כמו כן, דגם פס המגן צריך להיות בדוק, דהיינו לבוא מתוך רשימת ההתקנים המאושרים בישראל.

## מראי מקום

- רשימת מראי המקום המוצגת להלן הינה הרשימה המשולבת עבור גוף המסמך ונספח א'.  
הנחיות (2005). הנחיות לבחירה ולהצבה של מעקות בטיחות קבועים בדרכים בין-עירוניות. משרד התחבורה, מנהל יבשה/אגף תכנון תחבורתי.
- זילברשטיין ר., זיידל ד., בן-זינו ר. (2009). סקרי אופנועים בדרכים הבינעירוניות: חשיפה, סיכויי דרך ומאפייני תאונות. אמי מתום מהנדסים ויועצים בע"מ; המחקר מומן ע"י קרן רן נאור לקידום מחקר בטיחות בדרכים.
- למ"ס (2014). תאונות דרכים עם נפגעים 2013. חלק א': סיכומים כלליים. הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. אתר אינטרנט: [cbs.gov.il](http://cbs.gov.il).
- למ"ס (2015). תאונות דרכים עם נפגעים. מחולל לוחות. אתר אינטרנט: [cbs.gov.il](http://cbs.gov.il). הנתונים נגזרו ב-30.5.15
- מפרט דרישות לבחינת מערכת מיגון לאופנועים (2011). הוועדה הבין-משרדית לבחינת התקני תנועה ובטיחות, משרד התחבורה.
- 2-Be-Safe (2012). 2-Wheeler Behaviour and Safety. Powered Two-Wheelers Safety Measures. Guidelines, Recommendations and Research Priorities. 7th Framework Programme of the European Community.
- ACEM (2006). Guidelines for PTW – Safer Road Design in Europe. ACEM – Association des Constructeurs Européens de Motocycles.
- Bambach M. & Grzebieta R. (2014). Motorcycle Crashes into Roadside Barriers, Stage 4: Protecting Motorcyclists in Collisions with Road Side Barriers.
- BAST (2007a). Measures for the Enhancement of Safety of Motorcyclists at the Edge of Carriageways on Critical Road Sections. Report V152, Federal Highway Research Institute (BAST).
- BAST (2007b). Testing of Vehicle Restraint Systems on Roads Using Collision Tests According to DIN EN 1317. Report V157, Federal Highway Research Institute (BAST).
- BAST (2010). Impact Tests with Motorcycle-Friendly Protective Devices. Report V193, Federal Highway Research Institute (BAST).
- BAST (2014). BAST-Einsatzfreigabeliste. EFG-Liste 18.12.2014. Bundesanstalt für Straßenwesen.
- Berg F.A., Rucker P., Gartner M., König J. (2005). Motorcycle Impacts into Roadside Barriers – Real-World Accident Studies, Crash Tests and Simulations Carried out in Germany and Australia.
- CEN/TS 1317-8:2012 E (2012). Road Restraint Systems – Part 8: Motorcycle Road Restraint Systems which Reduce the Impact Severity of Motorcyclist Collisions with Safety Barriers. Technical Specification. CEN, Brussels.

Daniello A., Gabler H.C. (2011). Effect of Barrier Type on Injury Severity in Motorcycle-to-Barrier Collisions in North Carolina, Texas, and New Jersey. Transportation Research Record 2262, 144-151; Transportation Research Board, Washington DC.

EC (2010). Road Safety Programme 2011-2020: Detailed Measures. MEMO/10/343. European Commission, Brussels.

EuroRAP (2008). Barriers to Change: Designing Safe Roads for Motorcyclists – Position Paper on Motorcycles and Crash Barriers. European Road Assessment Programme (EuroRAP).

FEMA (2012). Designing Safer Roadsides for Motorcyclists. New Standards for Road Restraint Systems for Motorcyclists. Federation of European Motorcyclists' Associations.

Ibitoye A.B., Radin R.S., Hamouda A.M.S. (2007). Roadside Barrier and Passive Safety of Motorcyclists along Exclusive Motorcycle Lanes. Journal of Engineering Science and Technology 2(1), 1-20.

IMMA (2014). The Shared Road to Safety. A Global Approach for Safer Motorcycling. IMMA – International Motorcycle Manufacturers Association.

Meisel L. (2014). Impact Attenuating Devices to Protect Motorcyclists from Guard Rail Posts. Federal Highway Research Institute (BAST). Presentation at AFB 20(2) Roadside Design Safety Subcommittee on International Research Activities, Portland, Maine, July 2014.

Manual (2004). Motorcycle Safety Manual. Handbook 245e. Norwegian Public Roads Administration.

Manual (2011). Manual 231 Vehicle Restraint Systems. Norwegian Public Roads Administration.

MVMot (2007). Merkblatt zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf Motorradstrecken.

NHTSA (2014). Traffic Safety Facts, 2012 Data, Motorcycles. Report No. DOT HS 812 035. National Highway Traffic Safety Administration. <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/Pubs/810806.pdf>

Nordqvist M., Fredriksson G., Wenall J. (2015). Definition of a Safe Barrier for Motorcyclists. [http://www.rrs.erf.be/images/defintion\\_of\\_a\\_safe\\_barrier\\_for\\_motorcyclists.pdf](http://www.rrs.erf.be/images/defintion_of_a_safe_barrier_for_motorcyclists.pdf)

Right to Ride (2011). The Mystery of Motorcycle Friendly Crash Barriers. <http://www.righttoride.co.uk>

Rizzi M., Strandroth J., Sternlund S., Tingvall C., Fildes B. (2012). Motorcycle Crashes into Road Barriers: The Role of Stability and Different Types of Barriers for Injury Outcome. IRCOBI Conference.

Roper, P., Styles, T., Green, D., Vans, C., Jurewicz, C. (2010). Improving Roadside Safety. Austroads Technical Report AP-T142/10.

prEN 1317-8 rev:2010E (2010). Road Restraint Systems – Part 8: Motorcycle Road Restraint Systems which Reduce the Impact Severity of Motorcyclist Collisions with Safety Barriers. CEN, Brussels.

TD 19/06 (2006). Requirements for Road Restraint Systems. DMRB Volume 2 Section 2, UK.

UNE 135900-2 (2008). Performance Evaluation of Motorcyclist Protection Systems in Safety Barriers and Bridge Parapets, Part 2: Performance Classes and Acceptance Criteria. AENOR, Spain.

# נספח א': מערכות מיגון לאופנועים – סקירת המצב בעולם ובישראל

## א-1 בעיית היפגעות רוכבי אופנוע בתאונות התנגשות במעקות

### א-1.1 היקף וחומרת היפגעות רוכבי אופנוע בתאונות הדרכים

במדינות המפותחות, כולל ישראל, רוכבי אופנועים הם אחת הקבוצות הפגיעות בין משתמשי הדרך. לפי ההערכות שפורסמו באיחוד האירופאי (EuroRAP, 2008), רוכבי אופנועים מהווים 16% מכלל ההרוגים בתאונות הדרכים, כאשר חלקם בנסועה הכללית 2% בלבד; הסיכוי לרוכב אופנוע להיהרג בתאונת דרכים גבוה פי 30 מאשר לנוסע ברכב הפרטי. אם ברוב מדינות אירופה נצפתה בעשור האחרון ירידה ניכרת בסך ההרוגים בתאונות הדרכים, הרי מספרי ההרוגים והנפגעים קשה לרוכבי האופנוע לא ירדו, ואפילו עלו בחלק מהמדינות (EC, 2010). מצב זה הביא את האיחוד האירופאי להכללת נושא האופנועים בין הנושאים העיקריים להתמודדות עם בעיית תאונות הדרכים. באופן דומה, בארה"ב, בין השנים 2003 ל-2012, היתה עלייה של 33% בשיעור רוכבי אופנוע הרוגים בתאונות. כמו כן, הסיכוי לרוכב אופנוע להיהרג בתאונת דרכים בארה"ב גבוה פי יותר מ-26 מאשר לנוסע ברכב הפרטי (NHTSA, 2014).

בישראל, נהרגים מדי שנה בתאונות דרכים 37 רוכבי אופנוע, 336 נפגעים באורח קשה, ועוד 1471 נפגעים באורח קל – טבלה א.1. חלקם היחסי של רוכבי אופנוע במדינה מהווה 13% מבין סך ההרוגים, 21% מבין סך הנפגעים קשה ו-8% מבין הנפגעים באורח קל. חלקם של האופנועים במעורבות בתאונות גדול משמעותית מחלקם במצבת כלי הרכב ובנסועה: בשנת 2013, אופנועים מכל הסוגים היוו 4.3% ממצבת כלי הרכב ו-1.7% מהנסועה השנתית, כאשר חלקם היחסי של אופנועים במעורבות בתאונות עם נפגעים היה גדול פי שישה מחלקם בנסועה, ואילו חלקם במעורבות בתאונות הקטלניות היה גדול פי 5.6 (למ"ס, 2014).

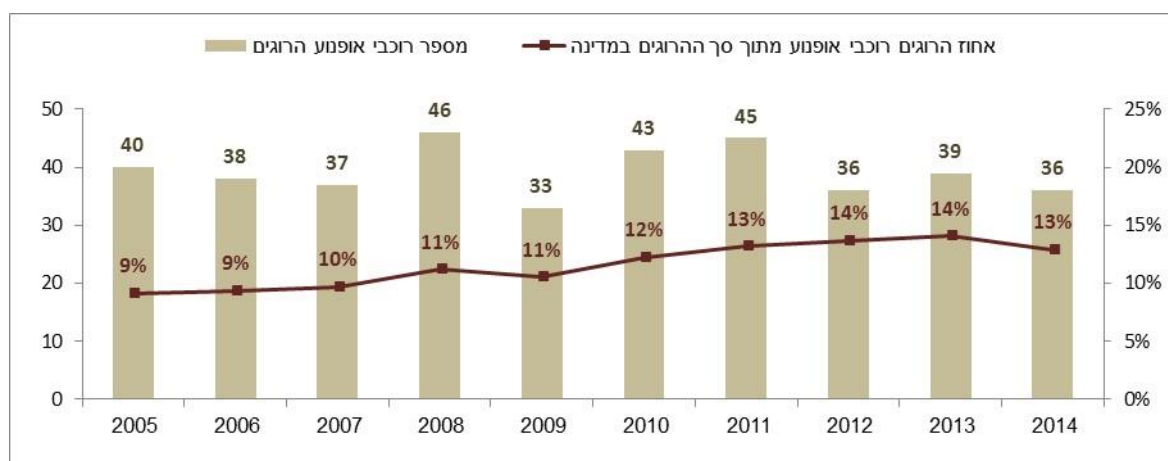
### טבלה א.1: מספר הרוגים, פצועים קשה ופצועים קל, בתאונות דרכים, בשנים 2009-2014

סה"כ בישראל ומתוכם רוכבי אופנוע\*

שנה	סך ההרוגים במדינה	מספר הרוגים רוכבי אופנוע	% הרוגים רוכבי אופנוע מתוך סך ההרוגים	סך פצועים קשה במדינה	מספר פצועים קשה רוכבי אופנוע	% פצועים קשה רוכבי אופנוע מסך פצועים קשה	סך פצועים קל במדינה	מספר פצועים קל רוכבי אופנוע	% פצועים קל רוכבי אופנוע מסך פצועים קל
2009	314	33	11%	1741	321	18%	29773	3011	10%
2010	352	43	12%	1683	333	20%	26049	2718	10%
2011	341	45	13%	1340	256	19%	25460	2249	9%
2012	262	36	14%	1611	350	22%	22030	1771	8%
2013	277	39	14%	1624	333	21%	22393	1937	9%
2014	279	36	13%	1562	326	21%	20069	1516	8%
ממוצע בשנים 2012-2014	273	37	14%	1599	336	21%	21497	1741	8%

\* לא כולל יו"ש. מקור: למ"ס (2015)

בעשור האחרון, נצפתה בישראל ירידה בסך ההרוגים בתאונות הדרכים, כגון: ירידה של כ-40% בין השנים 2004-2013, כאשר מספר ההרוגים רוכבי האופנוע נשאר למעשה ללא שינוי – איור א.1. כתוצאה, לאורך זמן, גדל חלקם היחסי של רוכבי אופנועים בקרב סך ההרוגים והנפגעים קשה בתאונות הדרכים במדינה, אשר בשנת 2014 הגיע ל-14% מסך ההרוגים ול-21% מסך הנפגעים קשה (ראו טבלה א.1, איור א.1).



**איור א.1:** מספר ההרוגים רוכבי אופנוע וחלקם היחסי מקרב סך ההרוגים בתאונות הדרכים בישראל, בשנים 2005-2014

## א-1.2 היפגעות רוכבי אופנוע בתאונות התנגשות במעקות

אחד הגורמים התורמים לחומרה הגבוהה של תאונות רוכבי אופנוע נמצא בתכנון הלא-סלחני של צידי הדרך, לרבות שימוש במעקות הבטיחות אשר תוכננו מבלי להתחשב בפגיעה אפשרית ברוכבי אופנוע. הבעייה קשורה בעיקר למעקות פלדה הכוללים חלקים חדים, כגון עמודים של מעקות, אשר עשויים לגרום לפגיעה חמורה בחלקי הגוף והראש של רוכב אופנוע המתנגש במעקה, במהלך התאונה או בעקבותיה. ארגוני האופנוענים כגון: IMMA (2014), מציינים את הסכנה הגוברת מצד מעקות הבטיחות שאינם ידידותיים לרוכבי האופנועים.

לפי הערכות EuroRAP (2008), פגיעה במעקה בטיחות היוותה גורם תורם ב-16%-8 ממקרי הרוגים בקרב רוכבי האופנועים באירופה, כאשר בהתנגשות במעקה בטיחות, הסיכוי להיהרג היה גבוה פי 15 לרוכב אופנוע מאשר לנוסע ברכב פרטי. בארה"ב, בהתנגשות במעקה, נרשמו כ-6% מהרוגים רוכבי אופנוע, לעומת 1.6% מהרוגים שנסעו ברכב (Daniello, Gabler, 2011), כאשר רוכבי אופנוע היוו מחצית מסך ההרוגים בהתנגשויות במעקות פלדה. לפי הערכות בגרמניה (Meisel, 2014), מעורבות מעקה בטיחות מעלה ל-14% את חלקם היחסי של הרוגים בקרב נפגעים רוכבי אופנוע, לעומת 2% הרוגים בסך הנפגעים רוכבי אופנוע, בכל סוגי התאונות. Nordqvist et al (2015) דיווחו כי בשוודיה, נהרגו בשנת 2014 29 רוכבי אופנוע, מתוכם 6 בהתנגשות במעקה, כאשר לאורך השנים 2000-2014, 10%-20% מרוכבי אופנוע נהרגו מדי שנה בתאונות התנגשות במעקה.

באופן דומה, בישראל, חומרת הפגיעה של רוכבי אופנוע בתאונות התנגשות במעקה גבוהה משמעותית מאשר בכלל התאונות עם מעורבות אופנועים. לדוגמה, בשנים 2009-2014, בתאונות התנגשות רוכבי אופנוע במעקה, נצפו 13.5% הרוגים ו-53% פצועים קשה, לעומת 1.5% ו-12%, בהתאמה, בכלל התאונות עם רוכבי אופנוע (טבלה א.2, איור א.2). כלומר, בתאונות התנגשות במעקה, הסיכוי לפגיעה קטלנית ברוכב

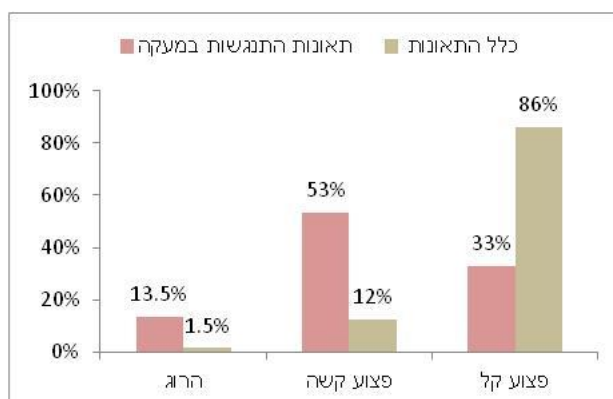
אופנוע גבוה **פי תשעה**, והסיכוי לפגיעה קשה גבוה פי ארבעה, לעומת כלל התאונות עם מעורבות האופנועים.

בדומה לממצאים באירופה, גם בישראל, בתאונות התנגשות במעקות, נרשמו כ-8% מסך ההרוגים כרוכבי אופנוע. עם זאת, בישראל מדובר במספר מקרים קטן יחסית: ממוצע שנתי של 22 נפגעים רוכבי אופנוע בתאונות התנגשות במעקה, מתוכם 3 הרוגים ו-12 נפגעים קשה (ראו טבלה א.2). בהתחשב בתופעת תת-הדיווח על נפגעים קשה וקל בקבצי תאונות הדרכים של המשטרה (אשר מהווים בסיס לקבצי "ת"ד" של הלמ"ס), יש לצפות כי מספרי הנפגעים רוכבי אופנוע בתאונות התנגשות במעקה יהיו גבוהים פי שניים, לפחות, לעומת המספרים השנתיים שצויינו לעיל.

**טבלה א.2:** נפגעים רוכבי אופנוע בכלל התאונות ובתאונות התנגשות במעקה, בשנים 2009-2014\*

שנה	סה"כ רוכבי אופנוע, בכל סוגי התאונות				רוכבי אופנוע בתאונות התנגשות במעקה			
	הרוגים	פצועים קשה	פצועים קל	סה"כ	הרוגים	פצועים קשה	פצועים קל	סה"כ
2009	33	321	3011	3365	4	15	7	26
2010	43	333	2718	3094	3	8	7	18
2011	45	256	2249	2550	3	9	9	21
2012	36	350	1771	2157	3	14	9	26
2013	39	333	1937	2309	2	13	5	20
2014	36	326	1516	1878	3	12	7	22
סה"כ	232	1919	13202	15353	18	71	44	133
ממוצע בשנה	39	320	2200	2559	3	12	7	22
אחוז	1.5%	12%	86%	100%	13.5%	53%	33%	100%

\* לא כולל יו"ש. מקור: למ"ס (2015)



**איור א.2:** פילוג נפגעים רוכבי אופנוע, בשנים 2009-2014, לפי חומרת הפגיעה, בכלל התאונות ובתאונות התנגשות במעקות

מבחינת פילוג הנפגעים רוכבי אופנוע לפי מיקום תאונות התנגשות במעקה עולה (טבלה א.3), כי 70% מתאונות אלה נרשמו בדרכים הלא עירוניות, ובעיקר בקטעי הדרכים הלא עירוניות (ולא בצמתים). כמו כן, חומרת תאונות ההתנגשות במעקה גבוהה יותר בדרך הלא עירונית מאשר בדרך עירונית: בדרך הלא

עירונית, חלקם היחסי של ההרוגים בקרב הנפגעים רוכבי אופנוע עולה ל-17% (לעומת 13.5% בכל סוגי המיקום – ראו טבלה א.2), כאשר 89% מסך ההרוגים רוכבי אופנוע בתאונות התנגשות במעקות נרשמו בדרכים הלא עירוניות.

לסיכום, לפי נתוני תאונות הדרכים בישראל, חומרת ההיפגעות בתאונות אופנוע גבוהה משמעותית לעומת התאונות עם רכב ממונע רגיל (בעל ארבעה גלגלים או יותר), כאשר חלקם היחסי של רוכבי אופנוע בקרב ההרוגים והפצועים קשה בתאונות דרכים בישראל עולה עם השנים. תאונות התנגשות במעקה מסוכנות במיוחד עבור רוכבי אופנוע, כאשר בקרב רוכבי אופנוע שנפגעו בתאונות התנגשות במעקות בישראל, 14% נהרגו ו-53% נפגעו באורח קשה. תמונת מצב זו מחייבת טיפול במעקות הבטיחות על מנת להופכם לסלחניים יותר עבור רוכבי אופנוע.

**טבלה א.3:** פילוג נפגעים רוכבי אופנוע בתאונות התנגשות במעקה\*, לפי מיקום תאונה

מיקום תאונה	סך הכל	הרוג	פצוע קשה	פצוע קל
דרך עירונית, בצומת	9	0	5	4
דרך עירונית, בקטע	31	2	17	12
דרך לא-עירונית, בצומת	11	2	4	5
דרך לא-עירונית, בקטע	82	14	45	23
סך המקרים	133	18	71	44
סה"כ בדרכים לא עירוניות	93	16	49	28
	100%	17%	53%	30%
% מקרים בדרכים לא עירוניות מתוך סך המקרים	70%	89%	69%	64%

\* סה"כ בשנים 2009-2014

### א-1.3 פרטי תאונות התנגשות רוכבי אופנוע במעקות

בישראל לא נערכו, עד כה, מחקרי עומק של תאונות התנגשות רוכבי אופנוע במעקות. להלן ריכוז ממצאים ממחקרים כאלה שנערכו בחו"ל.

במחקר שנערך בצרפת נאספו נתונים על תאונות התנגשות רוכבי אופנוע במעקות הבטיחות בשנים 1993-1995 (Be-Safe, 2, 2012). נמצא כי בתאונות התנגשות במעקות פלדה נהרגו 188 רוכבי אופנוע, בהשוואה ל-18 הרוגים בהתנגשויות במעקות בטון, ו-10 הרוגים בהתנגשויות בסוגי מעקות אחרים. בדרכים הבין-עירוניות, 13% מסך ההרוגים רוכבי אופנוע היו בתאונות התנגשות במעקות, מתוכם 12% בהתנגשויות במעקות פלדה. הסיכון לפגיעה קטלנית בהתנגשות רוכב אופנוע בעמדי המעקות, היה גדול פי חמישה בהשוואה לתאונה אחרת של רוכב אופנוע. מסיכום המחקר עולה, שעיקולים הם האתרים המסוכנים ביותר לרוכבי אופנוע, כאשר רוב התאונות אירעו בצד החיצוני של העקום.

במחקר שנערך בארה"ב, נעשתה בדיקה פרטנית של 951 תאונות התנגשות רוכבי אופנוע במעקות, ונמצא (Daniello, Gabler, 2011) כי הסיכוי לפגיעה חמורה גבוה פי 1.4 בהתנגשות במעקה פלדה (מסוג W) בהשוואה למעקה בטון, כאשר רמת החומרה בהתנגשויות במעקה פלדה ומעקה כבלים הייתה דומה. ממצא דומה התקבל במחקר שנערך בשוודיה, ובו נבדקו מעל 100 תאונות התנגשות במעקות פלדה וכבלים; המחקר ייחס אינדקס חומרה גבוה (מעל 50% של הרוגים ופצועים קשה) לכל סוגי המעקות (Rizzi)

et al, 2012). כמו כן, Bambach & Grzebieta (2014) ערכו סדרה של מחקרים בהתבסס על חקירת עומק של 78 תאונות התנגשות רוכבי אופנוע במעקות שנאספו באוסטרליה וניו זילנד, והגיעו למסקנה שסוגי המעקות המזוהים עם סיכון נמוך יותר לפגיעה של רוכבי אופנוע הם: מעקות פלדה בתוספת פס מגן לאופנועים, ומעקות בטון. עם זאת, Roper et al (2010), העלו ספקות לגבי תפישת מעקות בטון כמעקות ידידותיים לרוכבי אופנוע, מכיוון שבהתנגשות במעקה קשיח רוב האנרגיה נספגת ע"י גוף הרוכב, במיוחד כאשר ההתנגשות מתרחשת בזווית לא קטנה.

במחקר שנערך במלזיה נמצא, כי מעקות פלדה W המותקנים לאורך נתיבי אופנוע ייעודיים שהוסדרו במדינה, אינם מספקים תנאי דרך סלחניים לרוכבים, כאשר התנגשויות במעקות אלה הסתיימו בפגיעות חמורות לרוכבי אופנוע. כמו כן, נוכחות מעקות אלה לא מנעה את תאונות עזיבת הדרך, כאשר בעקבות התנגשות במעקות, רוכבי האופנועים נזרקו מעבר למעקות. הסיכון לפגיעה החמורה ברוכבי אופנוע עלה עם העלייה במהירות ההתנגשות ועם הקטנת המרחק בין עמודי המעקות (Ibitoye et al, 2007).

Berg et al (2005) חקרו פרטי תאונות התנגשות רוכבי אופנוע במעקות הבטיחות בגרמניה ובאוסטרליה, וכמו כן, ערכו סימולציה של תנאי התנגשות שונים במעקות פלדה, בטון וכבלים. החוקרים דיווחו כי רמת הפגיעה הנמוכה ביותר נמדדה בהתנגשויות עם מעקות פלדה בעלי פס מגן לאופנועים.

Nordqvist et al (2015) סקרו את ממצאי המחקרים מאירופה, אוסטרליה, ניו זילנד וארה"ב, אשר בדקו היפגעות רוכבי אופנוע בתאונות התנגשות במעקות וסיכמו כלהלן:

- רוב המחקרים הראו סיכון פגיעה נמוך יותר בהתנגשות במעקה בטון לעומת מעקה פלדה או כבלים, חלקם הראו רמת סיכון דומה.
- מעקות פלדה עם עמודים לא מוגנים ורכיבים בולטים גורמים לפגיעות החמורות ביותר.
- לפי ממצאי המחקרים מהמדינות השונות, בקרב תאונות התנגשות רוכבי אופנוע במעקות, במחצית המקרים רוכב אופנוע התנגש במעקה בהיותו יושב על האופנוע, כאשר בחצי השני של המקרים הרוכב נפל מרכבו והחליק לכיוון המעקה.
- לפי כל הממצאים, מעקה בטיחות בתוספת פס מגן לאופנועים מזוהה עם סיכון הפגיעה הנמוך ביותר, הן במקרים בהם הרוכב שנפל מהאופנוע התנגש במעקה בגופו, והן במקרים של התנגשות במעקה בהם הרוכב נשאר יושב על האופנוע.

בנוסף, במחקרי התאונות שנערכו בשוודיה, אוסטרליה, גרמניה נמצא, כי מרבית תאונות התנגשות אופנוע במעקה (שני שלישי או יותר), התרחשו בעקום אופקי (Nordqvist et al, 2015). כמו כן, תאונות התנגשות רוכבי אופנוע במעקות נרשמו בכל סוגי הדרכים המיועדות לרמות מהירות שונות. במספר מקורות, בייחוד בגרמניה ואוסטרליה (Bambach & Grzebieta, 2014; MVMot, 2007), מומלץ לקדם שימוש במערכות מיגון לאופנועים בדרכים עם תנועה רבה יותר של רוכבי אופנוע.

## **א-2 אמצעי מיגון לאופנועים על גבי מעקות הבטיחות**

מעקות בטיחות פותחו במקור למען יצירת תנאי דרך סלחניים עבור רכב מנועי, מבלי להתחשב בפגיעה אפשרית ברוכבי אופנוע. כתוצאה, בחלק ניכר מדגמי המעקות הנמצאים בשטח, ובעיקר מעקות פלדה, ישנם חלקים חדים (עמודי המעקה, ולעתים רכיבים בולטים נוספים), אשר עשויים לגרום לפגיעה חמורה בחלקי הגוף של רוכב אופנוע המתנגש במעקה. השיעור הגבוה של הפגיעות החמורות שנצפו בתאונות התנגשות רוכבי אופנוע במעקות, בכל המדינות שבחנו תאונות אלה, מצביע על הסיכון שהתממש. מכאן

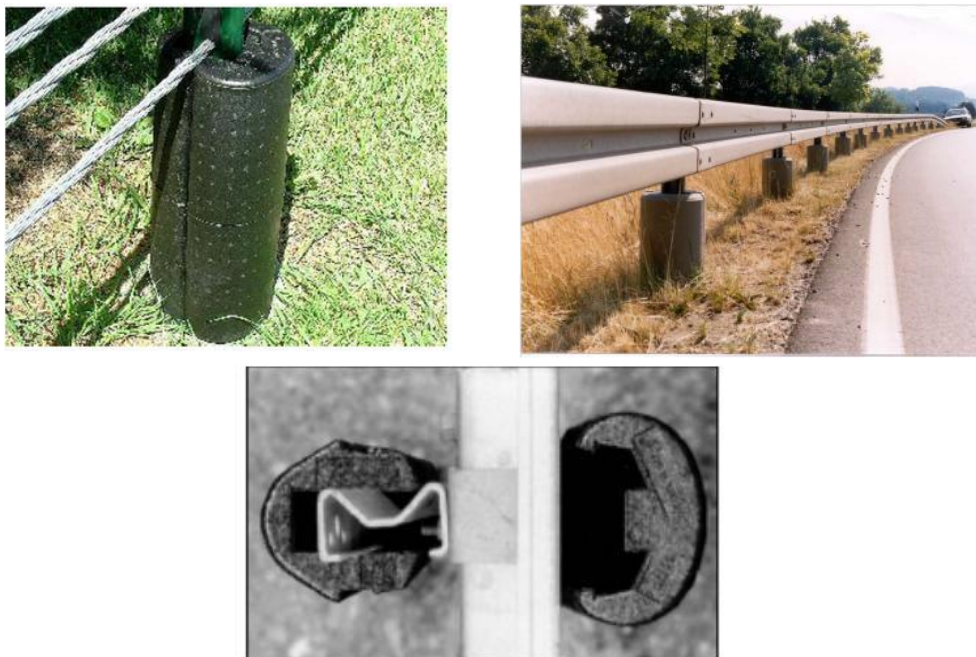
עולה הצורך בשימוש במעקות בטיחות אשר יהיו ידידותיים יותר לרוכבי אופנוע בעת הפגיעה בהם. מטרה זו מושגת באמצעות שינוי התכנן של עמודי המעקה, הוספת קורה נוספת (secondary rail) למעקה, או הוספת רכיב ייעודי למיגון רוכבי אופנוע – פס מגן לאופנועים (EuroRAP, 2008; Roper et al, 2010; 2-Be-Safe, 2012).

איור 3. א. מציג מעקה פלדה עם פס מגן תחתון (מימין) למניעת פגיעת רוכבי אופנוע בעמודי המעקה, לעומת המעקה ללא פס המגן (משמאל) בו התנגש הרוכב. האיור מובא מתוך דו"ח מחקר אירופי 2-Be-Safe (2012), להדגמת תפקיד פס המגן לאופנועים.



**איור 3. א.:** מעקה בטיחות מפלדה עם וללא פס מגן לרוכבי אופנוע, מקור: 2-Be-Safe (2012)

איור 4. א. מציג דוגמאות לאמצעים המותקנים על עמודי מעקות הבטיחות, מפלדה או כבלים, לכיסוי החלקים החדים של העמודים. איור 5. א. מביא דוגמאות להוספת פס תחתון למעקה פלדה, בצורת קורה תחתונה מפלדה, קורה תחתונה מחומר מרוכב, צינורות גמישים וכו'. התקנים אלה נמצאים בשימוש במדינות שונות, כאשר רשויות הדרך מאמינות ביעילותם; חלקם עמדו במבחני התנגשות ייעודיים לאמצעי מיגון לאופנועים, עבור התקנים אחרים נערכו מחקרי מעקב אחרי תפקודם בתאונות.



**איור 4. א.:** דוגמאות ליצירת מעקות בטיחות ידידותיים לרוכבי אופנוע, ע"י כיסוי חלקים חדים של עמודי מעקות, מקורות: BAST (2007a), EuroRAP (2008), Roper et al (2010)

פורסמו עדויות שונות כי שימוש באמצעי מיגון לאופנועים על גבי מעקות הבטיחות מוריד במחצית את שיעור הפגיעות הקטלניות בעקבות התנגשויות רוכבי אופנוע במעקות (EuroRAP, 2008).



**איור 5.א:** דוגמאות ליצירת מעקות בטיחות ידידותיים לרוכבי אופנוע,

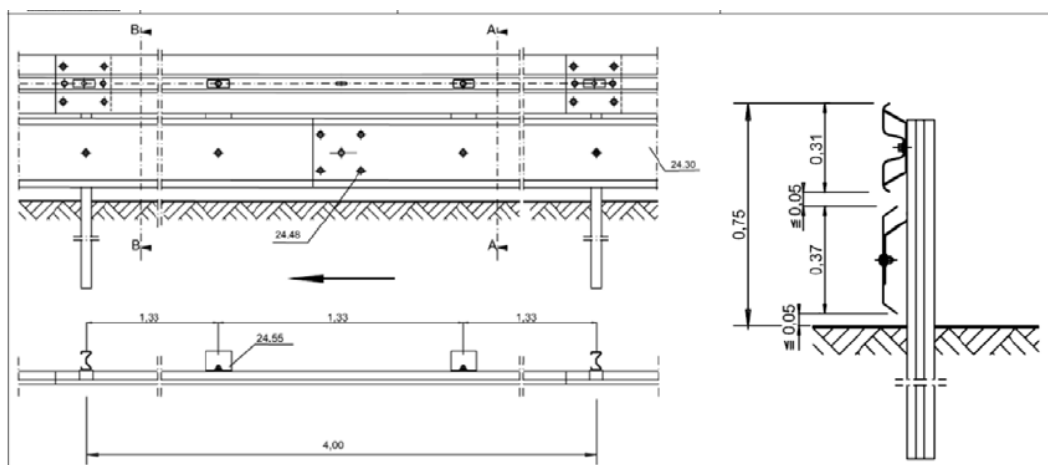
ע"י הוספת פס תחתון למעקה פלדה

מקורות: BAST (2007a), EuroRAP (2008), Roper et al (2010), FEMA (2012)

בגרמניה נערכו מחקרים רבים אשר בדקו תפקודן של מערכות שונות של מעקות בתוספת אמצעי מיגון לאופנועים, באמצעות מבחני התנגשות בפועל, כגון: BAST (2007b, 2010).

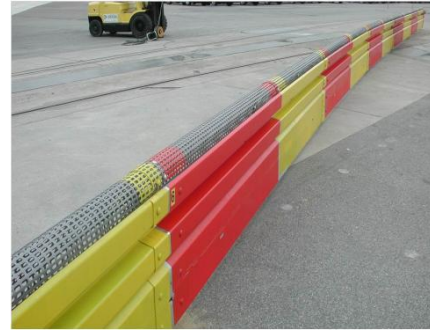
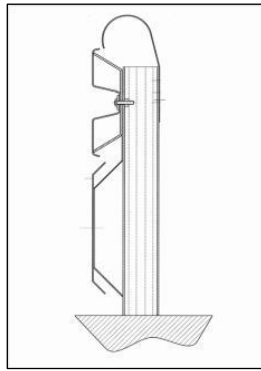
ברשימת המעקות המאושרים לשימוש בגרמניה (BAST, 2014), מוצגות מספר מערכות של מעקות פלדה בתוספת ממ"א. איור 6.א מביא דוגמא למערכת הכוללת מעקה ESP 4.0 בתוספת פס תחתון מפלדה, אשר נמצאת בשימוש בגרמניה למעלה מעשרים שנה. המערכת נבחנה במבחני התנגשות ייעודיים לממ"א ע"י

מכון LIER, ובנוסף עמדה בשני מבחני התנגשות למעקות פלדה לפי EN 1317; כתוצאה, המערכת מוכרת בגרמניה ברמת תפקוד A-W5-N2.

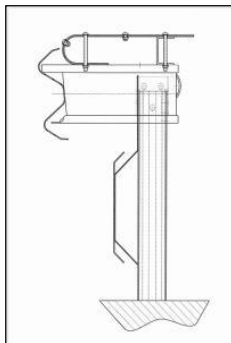


**איור 6:** דוגמא למערכת מעקה פלדה בתוספת ממ"א המאושרת בגרמניה: ESP 4.0 UFS (גם מוכרת בשם Euskirchen)

איור 7. א. מציג דוגמאות נוספות של מערכות מעקות פלדה בתוספת ממ"א, שנבחנו במבחני התנגשות למעקות בטיחות במחקר BAST (2010). דגם הממ"א כולל תוספת פס תחתון מפלדה למניעת פגיעות בגוף רוכב האופנוע המתנגש במעקה, ובנוסף, תוספת רשת מאחורי קורת המעקה, לצמצום פגיעות ברוכב האופנוע המתנגש במעקה, בהיותו יושב על האופנוע. דגם הממ"א מוכר בשם Motorrad. כל מערכת מעקה פלדה בתוספת ממ"א נבחנה בשני מבחני התנגשות לפי דרישות EN 1317. כתוצאה, מערכות המעקות קיבלו הכרה ברמות התפקוד הבאות: ESP-Motorrad ברמת תפקוד A-W6-N2; EDSP-Motorrad ברמת תפקוד A-W5-N2.



א



ב



**איור 7.א:** דוגמאות נוספות של מערכות מעקות פלדה בתוספת ממ"א שנבחנו במבחני התנגשות למעקות בטיחות ואושרו בגרמניה: (א) ESP-Motorrad, (ב) EDSP-Motorrad

### **א-3 קריטריונים להצבת מערכות מיגון לאופנועים על גבי מעקות הבטיחות: סקירת המלצות במדינות אחרות**

בסיכומי ידע בינלאומיים ובהנחיות של מדינות מתקדמות, מובאות המלצות לבחירת אתרים ברשת הדרכים אשר מזוהים עם סיכון מוגבר להתנגשות רוכבי אופנוע במעקות הבטיחות, ולכן נדרשת בהם הצבה של מערכת מיגון לאופנועים (לרוב, בצורת פס המגן). להלן המלצות בנושא שנמצאו במדינות אחרות:

במסמך FEMA (2012) מוצע לכלול את השיקול של בטיחות רוכבי אופנוע בתוך ההגדרה הכללית של תנאי דרך סלחניים. גם בסיכום הידע הבינלאומי בנושא יצירת תנאי דרך סלחניים שנערך באוסטרליה – Roper et al (2010), צוין כי גישת הבטיחות בת-קיימא (כגון: Safe System) מחייבת יצירת תנאי דרך סלחניים לכל סוגי המשתמשים, ולא רק עבור נוסעי הרכב הפרטי. עם זאת, הכללת רוכבי האופנועים ברשימת המשתמשים שצריכים להיות מוגנים, הופכת את משימת ההתאמה של אמצעי הבטיחות למורכבת יותר.

מקורות רבים מציינים כי המעקה הטוב ביותר עבור רוכבי אופנוע הוא היעדר מעקה הבטיחות, ולכן, במידה שקיימת אפשרות להסדרת אזור המפלט בצד הדרך במקום הצבת המעקה, יש לבחור באפשרות זאת (Manual, 2004; ACEM, 2006; 2-Be-Safe, 2012; FEMA, 2012; Nordqvist et al, 2015). כמו כן, הגדלת המרחק בין קצה המיסעה והמעקה, תורמת למניעת תאונות התנגשות במעקה, ולירידה בפגיעות.

לפי הסיכום של פרויקט אירופי 2-Be-Safe (2012), השימוש באמצעי מיגון לאופנועים על גבי מעקות הבטיחות מומלץ בעקומים אופקיים, כגון: ברדיוס הקטן מ-400 מ' בדרכים בין-עירוניות מהירות, וברדיוס

הקטן מ-250 מ' בדרכים בין-עירוניות משניות. צוין כי האמצעי מופיע בהמלצות בתוכניות בטיחות במדינות רבות באירופה, כאשר במספר מדינות וביניהן ספרד, פורטוגל, שבדיה ואוסטרליה, ישנן הנחיות לבדיקה ולהצבה של התקנים כאלה באתרי תורפה בטיחותיים. לפי FEMA (2012), בנוסף לתנאי העקומים שצוינו לעיל, הצורך בהצבת ממ"א עולה בתנאי ראות מוגבלת, וכמו כן באתרים מסוכנים, כגון: בדרכים לא סלולות, בדרכים עם סכנת החלקה, באתרי עבודות בדרך ובאתרים עם איכות מיסעה גרועה.

בגרמניה, נערכה בדיקה פרטנית של אתרי הדרכים בהם התרחשו תאונות אופנוע, במטרה להגדיר את התנאים הגיאומטריים המזוהים עם פוטנציאל מוגבר לתאונות אופנוע (BAST, 2007a). נמצא כי קטעי דרכים עם המאפיינים הבאים: עקמומיות בגודל 200 gon/km או גבוהה יותר; עם מקסימום 15 שינויים בכיוון הדרך לק"מ כביש; עם לפחות 50% של קטע ישר ובאורך יותר מ-2 ק"מ – היו מזוהים עם סיכון גבוה יותר לתאונות אופנוע בהשוואה לסיכון הממוצע בקטעי דרך דומים. בעקבות המחקר, נקבע נוהל לסריקה שיטתית של רשת הדרכים על מנת לבחור אתרים לטיפול מועדף למניעת תאונות אופנוע. בעקבות עבודה משותפת של ארגוני האופנועים ורשויות הדרך, פורסם בגרמניה מסמך המספק הנחייה לבחירת אתרים ברשת לטיפול מועדף לטובת בטיחות רוכבי האופנועים – MVMot (2007). בין היתר, המסמך מגדיר דרך עם שיעור גבוה של תנועת אופנועים ("motorcycle road") שתקבל טיפול מועדף לטובת רוכבי אופנוע, כלהלן: דרך משנית עם נפח תנועה נמוך, עם שיעור נמוך של רכב כבד בתנועה, ריבוי עקומים אופקיים, ללא אזורים עירוניים בקרבת הדרך, ומיעוט שיפועים אנכיים. בדרכים כאלה נערכו תסקירי בטיחות, וקיים יישום מרובה של פתרונות תשתית ידידותיים לרוכבי אופנוע, לרבות התקנת פס מגן לאופנועים על גבי מעקות בטיחות מפלדה.

בנורבגיה, הנחיות לשיפור תשתיות הדרכים לטובת בטיחות רוכבי אופנוע פורסמו לפני כעשור (Manual, 2004), כאשר מושם בהן דגש על הסרת מעקות בטיחות לא נחוצים, שיפור תנאי הראות ותנאי המיסעה, והתאמת צידי הדרך להורדת חומרת הפגיעה ברוכבי האופנועים. לפי ההנחיות המעודכנות לשימוש בהתקני בטיחות שפורסמו בנורבגיה (Manual, 2011), הוספת ממ"א למעקות הבטיחות נדרשת באתרים עם סיכון גבוה להתנגשות רוכבי אופנוע, ועם מהירויות נסיעה גבוהות של האופנועים.

ההנחיות הנורבגיות מתייחסות בעיקר לעקומים החיצוניים של קטעי דרכים עם שיעור גבוה של תנועת אופנועים. בדרכים הקיימות, הצבת הממ"א נדרשת כאשר רדיוס העקום קטן מדרישות התכן, כלהלן: במהירות 60 קמ"ש – 90 מ'; במהירות 70 קמ"ש – 135 מ'; במהירות 80 קמ"ש – 180 מ'; במהירות 90 קמ"ש או יותר – 200 מ'. בדרכים החדשות עם מהירות מותרת 80 קמ"ש או יותר, התקן מסוג ממ"א יכול להיות מותקן כאשר גודל הרדיוס הינו 500 מ' או קטן יותר. לפי Manual (2011), התקנת הממ"א צריכה להיות 10 ס"מ מאחורי פני המעקה. כמו כן, יש לשים לב לטיפול נאות בקצות ההתקן בהתקנתו על גבי המעקה.

לפי דיווח EuroRAP (2008), במדינות ספרד ואנגליה, נערך מיפוי תאונות אופנוע ברשת הדרכים, במטרה לזהות קטעי דרך עם ריכוז מוגבר של תאונות (קטעי תורפה), ולקדם יישום של אמצעים למניעת התאונות. בהנחיות לשימוש במעקות בטיחות באנגליה (TD 19/06, 2006) מומלץ להוסיף באתרי התורפה אמצעי מיגון לאופנועים על עמודים של מעקות פלדה. לפי FEMA (2012), בפורטוגל וספרד מיושמת כיום מדיניות התקנת ממ"א על כל המעקות החדשים.

בספרד פורסמה הנחיה מיוחדת, לפיה התקנת ממ"א על המעקות הקיימים נדרשת בצידו החיצוני של עקום אופקי, בתנאים אלה (FEMA, 2012): בדרכים הדו-מסלוליות, באתרים עם רדיוס עד 400 מ', וכמו כן, בצידם

של נתיבי האטה ביציאה; בדרכים החד-מסלוליות, באתרים עם רדיוס עד 250 מ'; ובכל דרך לא עירונית, באתרים בהם בעקום האופקי נדרשת האטה בשיעור של יותר מ-30 קמ"ש.

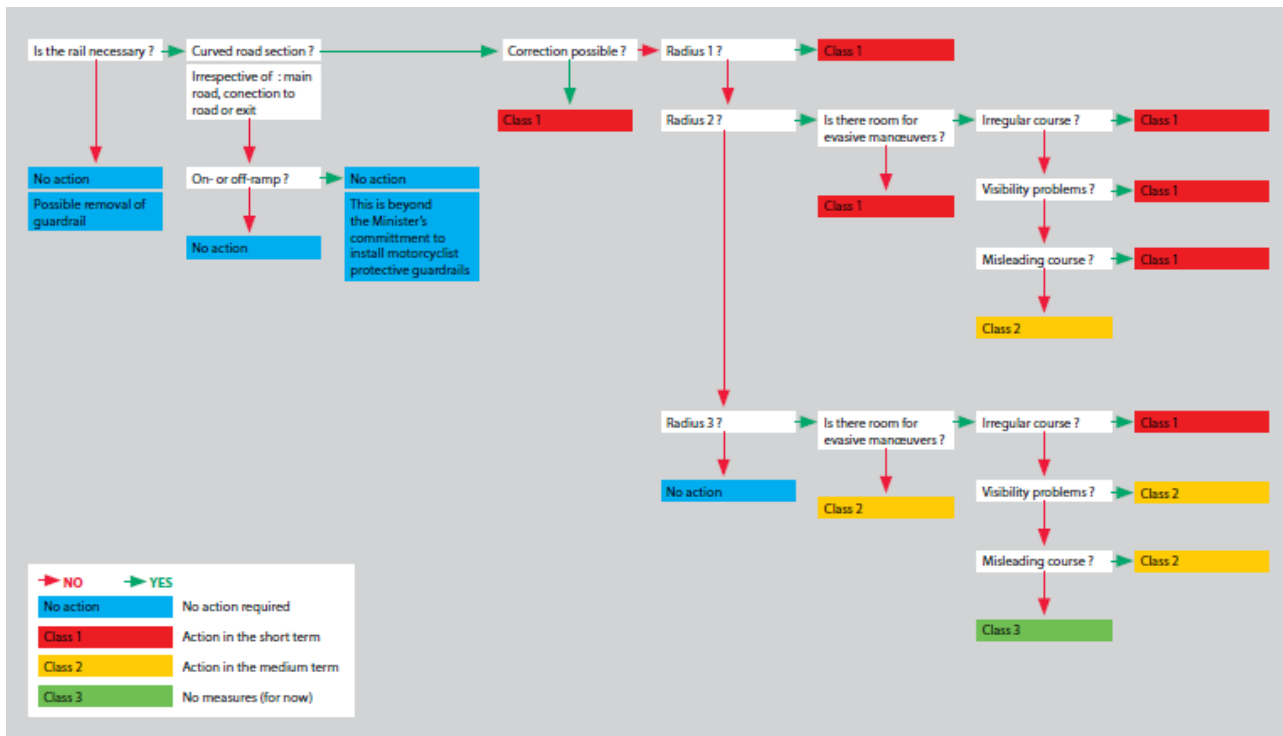
בפורטוגל, הצבת ממ"א נדרשת במיוחד באתרים הבאים (FEMA, 2012): בעקומים עם רדיוס הקטן מהנדרש לפי סוג הדרך; בעקומים ללא הגבהה צידית או עם הגבהה צדית לקויה, הנמוכה מדרישות התכנון; בעקומים חדים המלווים בשיפועי אורך העולים על 4%; בעקומים מעגליים עוקבים עם רדיוס יורד; בצמתי לולאה ובמחלפים עם רדיוסים קטנים ורמפות; בנקודות כניסה לצמתים; באזורים עם נטייה להחלקה או להצטברות קרח.

בצרפת, בעקבות דירקטיבה ממשלתית שפורסמה בשנת 1999, נערך יישום שיטתי של התקנים מסוג פס מגן לאופנועים באתרי התורפה ברשת הדרכים, ובייחוד בעיקולים בקטעי דרך וברמפות המובילות לדרכים המהירות (EuroRAP, 2008; FEMA, 2012). הדירקטיבה מחייבת התקנת ממ"א בצד החיצוני של העקום האופקי: בדרך מהירה או דו-מסלולית, כאשר רדיוס העקום אינו עולה על 400 מ', ובסוגי דרך אחרים, כאשר הרדיוס אינו עולה על 250 מ'. כמו כן, הצבת הממ"א נדרשת בצד החיצוני של כל העקומים הנמצאים בהצטלבויות של כל סוגי הדרכים, ללא קשר לערך הרדיוס.

בהולנד, פותח עץ החלטות לבחירת אתרים ברשת הדרכים, בהם נדרש להתקין ממ"א בעדיפות גבוהה לעומת האתרים בהם ניתן לדחות את הטיפול – איור א.8 (מתוך: FEMA, 2012). ערכי הרדיוס לשימוש בעץ ההחלטות הם: (1) עד 100 מ'; (2) בין 100 עד 250 מ'; (3) בין 250 עד 400 מ'. בחינת הצורך בהצבת ממ"א מתייחסת לדרכים ראשיות ומאספות ולרמפות כניסה/יציאה.

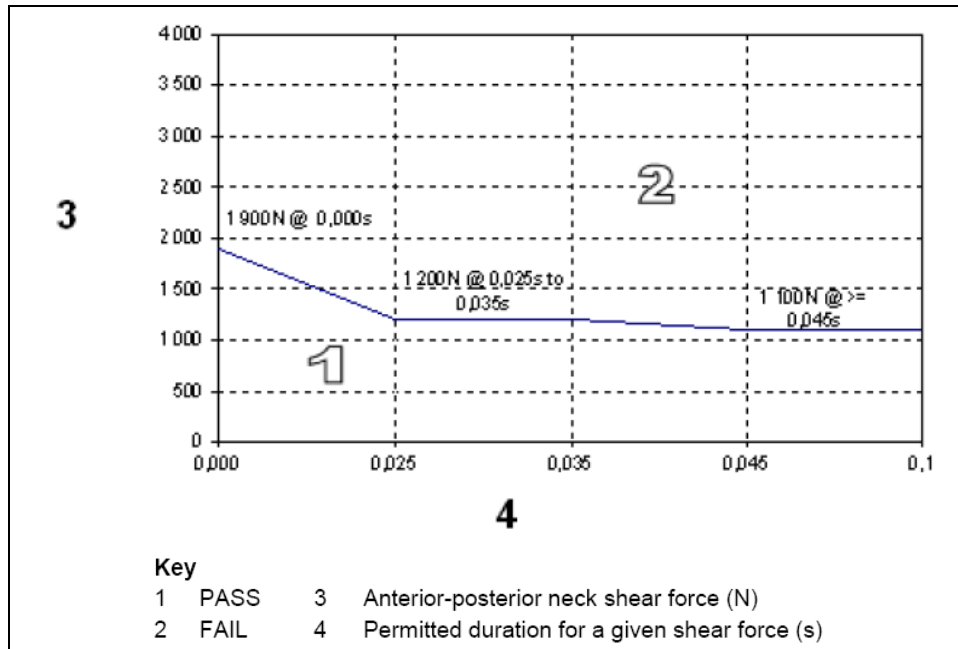
ניתן להבחין כי בעדיפות גבוהה התקנת ממ"א על מעקות הבטיחות נדרשת באתרים הבאים:

- בקטעי דרך עם עקומים חדים, עם רדיוס עד 100 מ';
- בקטעי דרך עם עקום אופקי ברדיוס בין 100-250 מ', וכאשר בחתך לרוחב אין מקום לביצוע תמרוני בריחה בעת המעבר בעקום (דהיינו, לא קיים שטח סלול ברוחב של 1.75 מ' לפחות, בין קצה המיסעה עד למעקה); או כאשר קיים שטח לביצוע תמרוני בריחה בעת המעבר בעקום, אך הקטע מתאפיין בשינויים בלתי צפויים ברדיוס העקום, או שלא מתקיימים תנאי ראות לפי מהירות התכנון, או קיימים עצמים אנכיים בצד הדרך (עצים, עמודים), אשר יוצרים הטעיה חזותית במסלול הדרך לעומת מסלול הנסיעה בפועל.
- בקטעי דרך עם עקום אופקי ברדיוס בין 250-400 מ', וכאשר הקטע מתאפיין בשינויים בלתי-צפויים ברדיוס העקום.

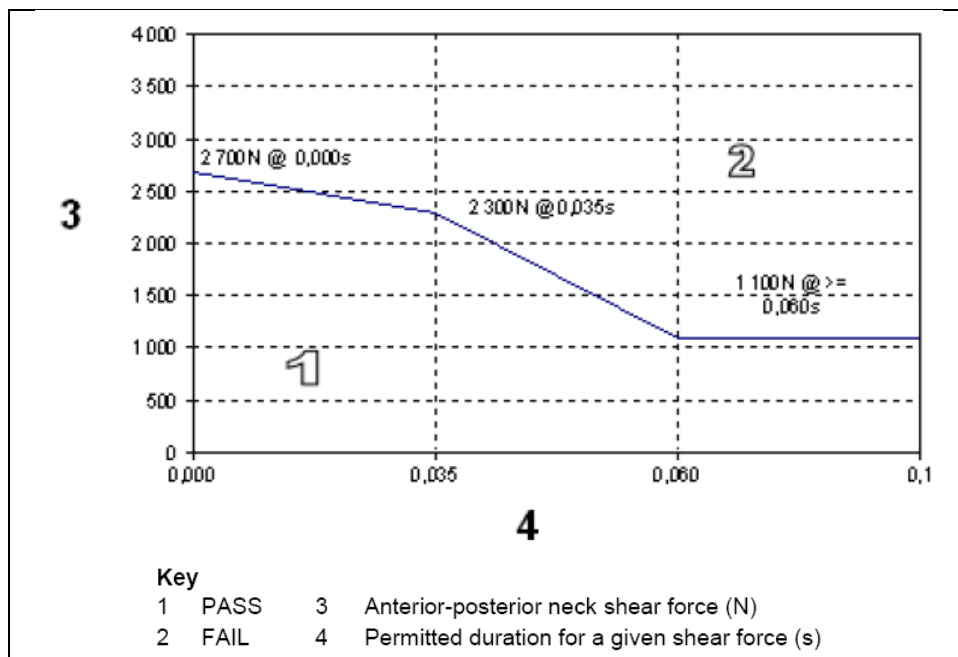


**איור 8.א:** עץ החלטות לבחירת אתרים להצבת ממ"א, בהולנד

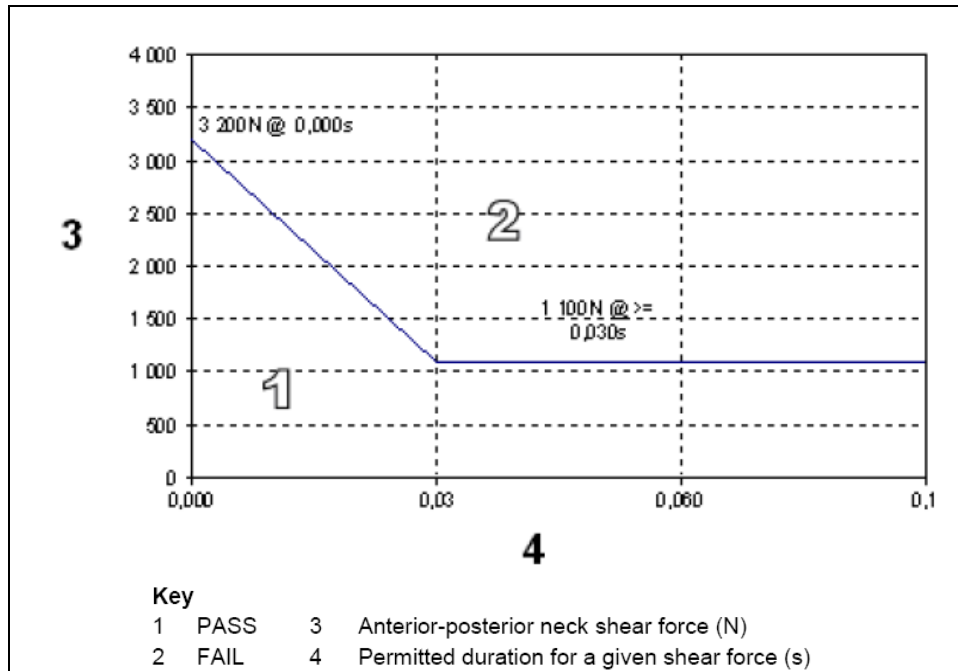
**נספח ב': גבולות לערכים המרביים של משכי עומס נתון  
על צוואר הדמה, לקביעת רמות חומרת  
התנגשות לפי טבלה 2.4**



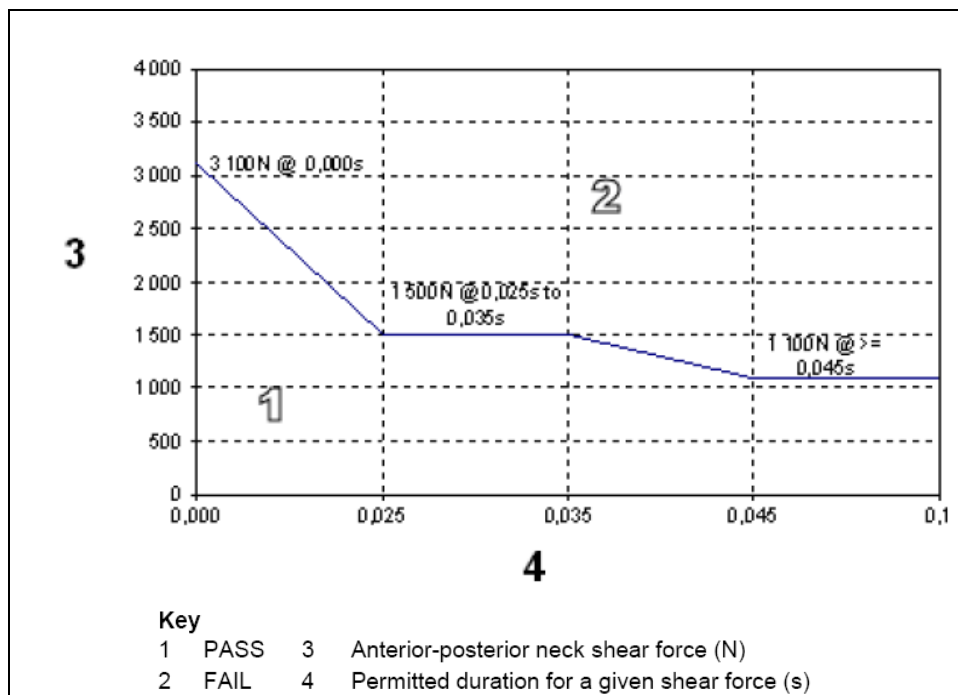
**תרשים ב.1:** קריטריון לפני-אחרי של כוח שבירה לצוואר  
I לרמת חומרה I (Anterior-posterior neck shear force criterion)



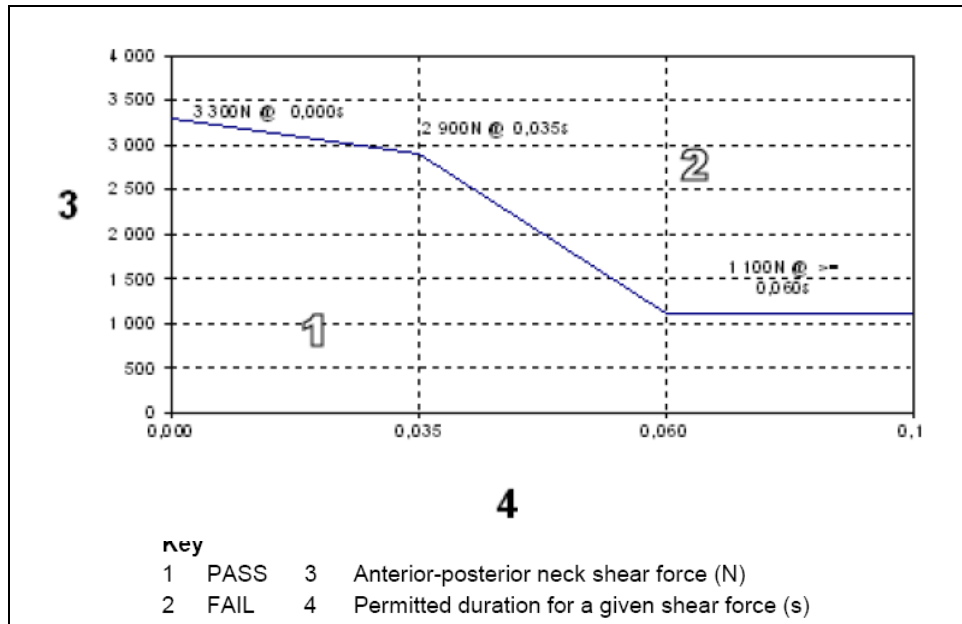
**תרשים ב.2:** קריטריון של מתיחה צירית לצוואר  
I לרמת חומרה I (Axial neck tension criterion)



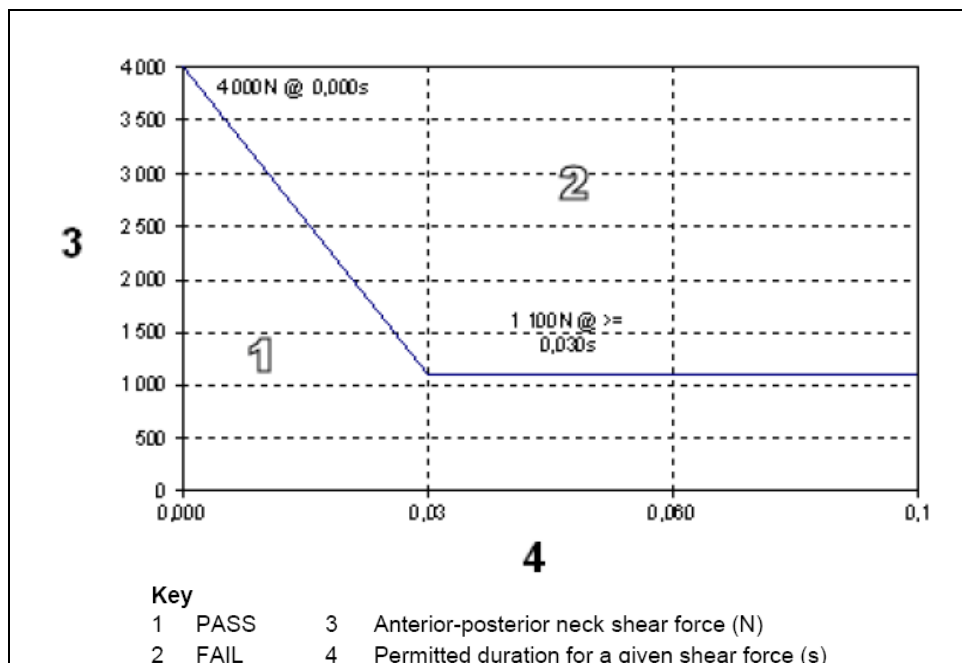
**תרשים ב.3:** קריטריון של דחיסה צירית לצוואר  
I לרמת חומרה I (Axial neck compression criterion)



**תרשים ב.4:** קריטריון לפני-אחרי של כוח שבירה לצוואר  
II לרמת חומרה II (Anterior-posterior neck shear force criterion)



**תרשים ב.5:** קריטריון של מתיחה צרית לצוואר  
 II לרמת חומרה (Axial neck tension criterion)



**תרשים ב.6:** קריטריון של דחיסה צרית לצוואר  
 II לרמת חומרה (Axial neck compression criterion)