

## Appendix 1

### תאונות דרכים מסכנות חיים בין רכבים לבעלי-חיים: זיהוי מוקדי סיכון ומתן המלצות להפחתת

#### שיעור התאונות

יואב אבניאון (מלגאי לתואר שלישי) אוניברסיטת בן גוריון, הפקולטה למדעי הטבע, 2014

#### מבוא:

מספר תאונות הדרכים בין כלי-רכב לבעלי חיים נמצא בעליה מתמדת במדינות מפותחות, ביניהן בישראל. מחקרים אחרונים מעריכים כי תאונות אלו הן בסדר גודל של מספר מיליונים ברחבי העולם בכל שנה. התוצאה של תאונות מסוג זה הינה נזק כלכלי משמעותי וסיכון חיי אדם. העלויות החומריות מוערכות בארה"ב במעל ל- US\$1500 לתאונה. חשוב מכך, אובדן חיי אדם ופציעות מתרחשות בכ- 5% מכלל התאונות המעורבים בהן בעלי-חיים בגודל גוף בינוני, כגון איילים (Conover et al. 1995), ובכ- 20% מהתאונות עם יונקים גדולים יותר (Joyce & Mahoney 2001, Malo et al. 2004). בנוסף, בעקבות זמינות מוגברת של מזון שמקורו מפעילות האדם ('מקור אנטרופוגני'), אוכלוסיות רבות המלוות אדם הגדילו באופן משמעותי את צפיפותן. מספר פרטים גדול יותר, באזורים מיושבים, מגדיל את הסיכוי למוקדי חיכוך עם בני-אדם ובתוך כך את הסיכוי לתאונות מסכנות חיים. חשוב לציין, כי המידע הנ"ל מהווה הערכת חסר מאחר ואינו כולל מידע, אשר בד"כ אינו נמצא, על מספר התאונות הקטלניות שנגרמות עקב בלימת פתע או ניסיון להימנע מפגיעה במקרים של חציית בעלי חיים.

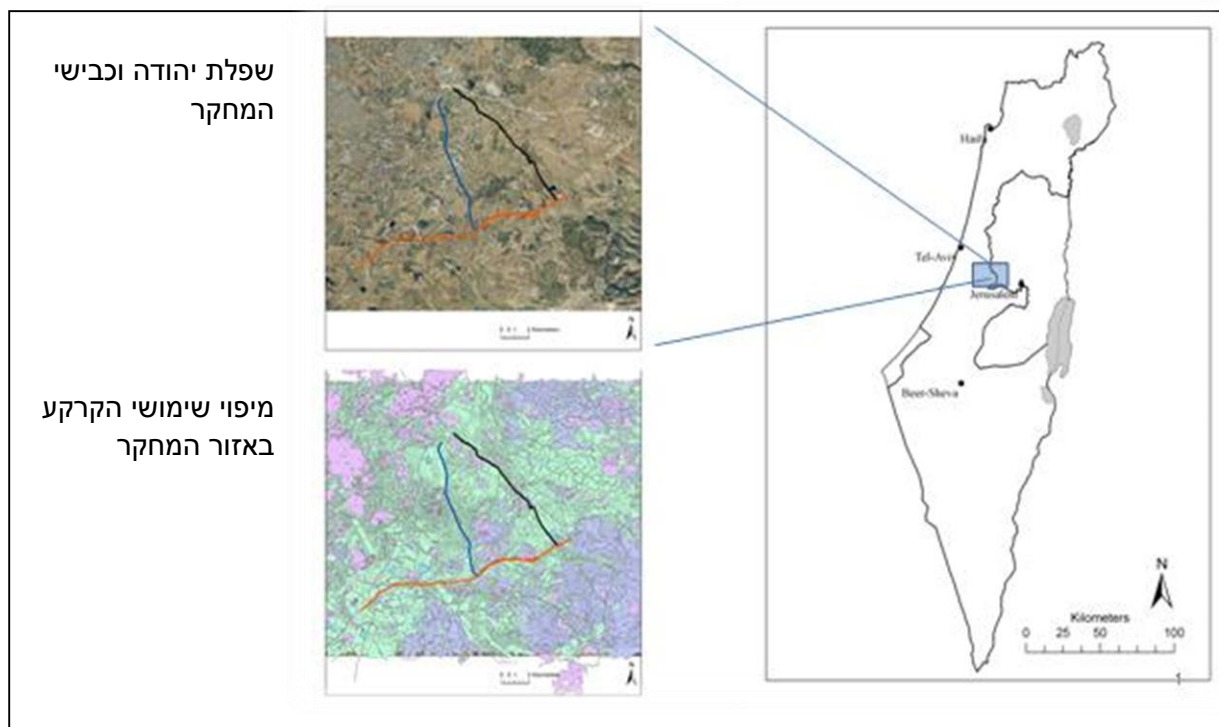
סיכום תאונות הדרכים בשנים האחרונות בישראל מצביע אף הוא על מגמת גידול בתאונות המערבות בעלי חיים (גוטמן 2003). בנוסף, מחקר שהתבצע ע"י ענבר וחבריו (2002) ניסה להעריך את מספר התאונות בין יונקים יבשתיים לרכבים בארץ. בהסתמך על נתונים מחברות הביטוח, 351 תאונות מסוג זה דווחו בין השנים 1995-1999. מאחר וניתן היה לשחזר רק תאונות אשר הובילו לפגיעה פיזית בבני אדם, מציינים החוקרים כי היקף התופעה הוא בוודאי גדול בהרבה. בנוסף, במהלך ביצוע הסקר, הבחינו החוקרים כי מספר התאונות הכפיל את עצמו (Inbar et al. 2002). על פי הידוע לנו, המחקר שמתבצע במעבדתנו הוא היחיד בארץ כיום, שבודק באופן מחקרי וסדור תאונות דרכים בין רכבים לבע"ח.

העלייה בשיעור התאונות נובעת בעיקר מהתפתחות מערכת הכבישים כתוצאה מגידול באוכלוסיית האדם. למעשה, כבישים מהווים חלק בלתי-נפרד מהנוף המודרני והפיתוח העולמי. אולם, הם גם בעלי השפעות הרסניות הן למערכות אקולוגיות, בעיקר בעקבות אובדן וקיטוע בתי גידול, והן לאדם עקב תאונות דרכים מסכנות חיים. תופעה זו, קיטוע נוף ע"י כבישים, מהווה גורם סיכון רב מעלה לשרידותם של חיות-בר (שקדי 2004, Forman & Alexander 1998), ונטל כלכלי כבד לחברה האנושית. לחיות הבר, תופעות שליליות אלו כוללות, בין השאר, יצירת אוכלוסיות קטנות החשופות לסיכון הכחדה גבוה משני צדי הכביש, ירידה משמעותית בשונות הגנטית של כל אחת מהאוכלוסיות ושינויים בהרכב החברה ויחסי הגומלין עם אוכלוסיות אחרות (כמו מתחרים וטורפים). לחברה האנושית הנזק הכלכלי עלול להיות גבוה. לשם

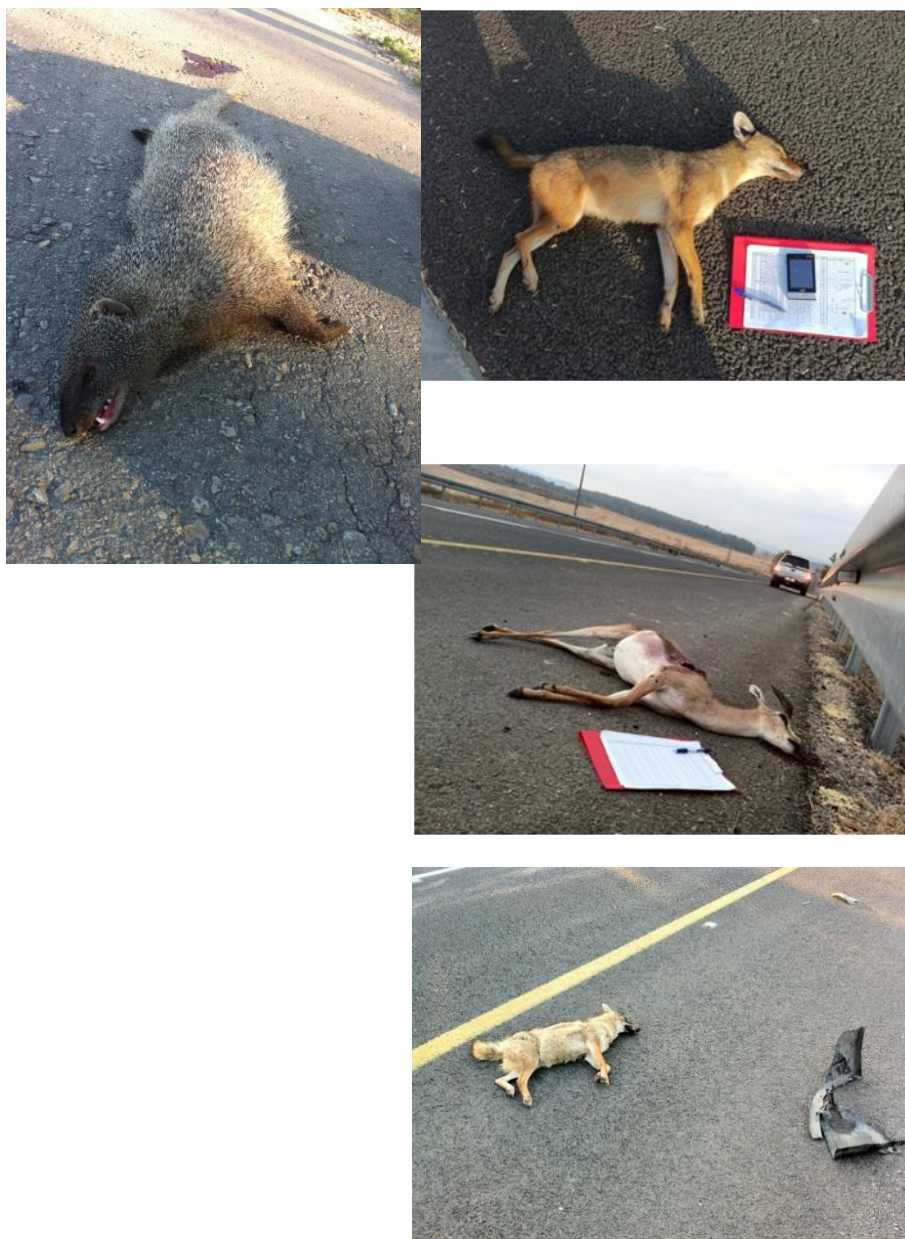
השוואה, בגרמניה הוא מוערך בכ- \$280 מיליון לשנה (Putman 1997). כבישים גורמים לקיטוע של השטח, מגבילים תנועה של בעלי-חיים ומפחיתים נגישות למשאבים. בעקבות קיטוע זה, בעלי חיים נקלעים במהלך תנועתם במרחב לאזורי כבישים ומהווים גורם לתאונות דרכים מסכנות חיים. לפיכך, יחסי הגומלין של כבישים ומערכות אקולוגיות הינם נושא מרכזי במחקר של פיתוח בר-קיימא (Alexander et al. 2005). ניתן לסכם, כי קיימת חשיבות עליונה ללימוד שיטות התמודדות עם תאונות הנגרמות מכניסת בעלי חיים לתחום הכביש, וכי ישנו אינטרס משותף בהפחתת מספר התאונות המערבות בעלי-חיים, הן לבטיחות חיי-אדם והן לשמירה על המערכת האקולוגית.

מחקר זה שם לעצמו כמטרה לתרום לפתרון צורך זה, ע"י שקלול מכלול הגורמים המעורבים באירועי דריסות של בעלי חיים. מתוך כך המחקר מציע מודל חדשני מבוסס על מנגנונים אקולוגיים-ביולוגיים, באמצעותו ניתן לספק המלצות מושכלות להפחתת שיעור הדריסות הן בכבישים קיימים, והן בבניית כבישים חדשים.

### אזור המחקר:



### תמונות מייצגות של אירועי דריסה מאזור המחקר:



### תוצאות:

במהלך המחקר נאספו נתונים על 718 אירועי דריסה של בע"ח שונים. מתוך נתונים אלו, בידדתי 233 אירועי התנגשות של רכב עם בע"ח אשר הציגו כי היוו סכנה לחיי אדם. המינים אשר נכללו בניתוח זה (תאונות מסכנות חיי אדם) מוצגים בטבלה 1. מינים אלו נלקחו בחשבון כמסכנים חיי אדם כאשר הם מעורבים בתאונות עם רכבים על סמך משקל וגודל גוף ממוצע ואופי הפגיעה (כלומר: זוחלים, מלבד צב יבשה, לא נלקחו בחשבון מאחר והם על פני הקרקע, אך עופות כן נלקחו בחשבון בעקבות פוטנציאל התנגשות בשמשה).

טבלה 1: מינים אשר נכללו בניתוח המרחבי של תאונות מסכנות חיי אדם.

מספר תצפיות	מין
1	אנפית בקר
6	עורב
2	עורב אפור
1	עקב עיטי
18	תנשמת
11	תרנגול
1	ציפור גדולה ב"מ
5	צב יבשה
4	דורבן
49	חתול בית
53	נמייה
1	צבי
39	שועל
41	תן
1	גירית מצויה
<b>233</b>	<b>סה"כ</b>

על מנת לזהות את המאפיינים אשר משפיעים על מספר הדריסות במקטע כביש מסוים, ביצעתי ניתוח של השפעת מאפיינים מרחביים בסקאלות שונות על מספר הדריסות הנצפה במקטעי כביש באורך של 100 מטר. כלומר, מקטעי הכביש אופיינו על ידי משתנים מרחביים בסקאלות (טווחים מרחביים) שונות ומודלים סטטיסטיים שונים נבדקו לברור ההשפעה של כל אחד מהמשתנים על הסתברות אירועי דריסה במקטעי כביש באורך של 100 מטר.

ראשית, ביצעתי ניתוח של השפעת מאפיינים בסקאלה המקומית על מספר אירועי הדריסה. מניתוח זה מצאתי כי מקטעי כביש מוארים מראים מספר גבוה יותר של דריסות לעומת מקטעי כביש ללא תאורה ( $p < 0.01$ ). בנוסף, מצאתי שמקטעי כביש שנמצאים באותו הגובה של סביבתם הקרובה, גם כן מראים מספר גבוה יותר של דריסות לעומת מקטעי כביש מוגבהים/שקועים ( $p < 0.01$ ). לבסוף, מצאתי שהמרחק למעבר בע"ח הקרוב ביותר גם כן משפיע על מספר הדריסות במקטע כביש מסוים ( $p = 0.03$ ). המרחק ממעבר בע"ח הקרוב ביותר נמצא במתאם שלילי עם מספר הדריסות. כלומר, יותר דריסות נמצאו בקרבת מעברים מאשר במרחק רב מהם.

לאחר מכן, בדקתי את השפעת ההקשר המרחבי בסקאלת הנוף על מספר אירועי הדריסה במקטעי הכביש השונים. תחילה, חישבתי את אחוז הכיסוי של שימושי קרקע שונים ברדיוס של 2,000 מטר סביב כל מקטע כביש. לאחר מכן, ביצעתי הליך של ברירת מודלים וחישוב החשיבות היחסית של כל משתנה לרמת הדיוק של תחזית המודל. ניתוח זה הראה שההשפעה הגדולה ביותר הינה של יער טבעי (אינדקס חשיבות  $= 0.97$ ). השפעה זו נמצאה במתאם שלילי בין אחוז הכיסוי של יער טבעי ברדיוס של 2,000 מטר ומספר הדריסות ( $p < 0.01$ ). כלומר, ככל שאחוז הכיסוי של יער טבעי מסביב למקטע כביש גבוה יותר, מספר הדריסות צפוי להיות נמוך יותר. בנוסף, נמצאה השפעה בינונית לאחוז הכיסוי של יער נטוע מעשה אדם וישובים (אינדקס חשיבות  $= 0.48$  ו-  $0.47$ , בהתאמה). השפעות אלו נמצאו במתאם חיובי עם מספר הדריסות ( $p = 0.03$  לשני שימושי הקרקע). כלומר, ככל שאחוז כיסוי השטח של שימושי קרקע אלו גבוה יותר, מספר הדריסות צפוי להיות גבוה יותר.

לבסוף, בדקתי השפעה משותפת של משתנים משתי הסקאלות (המקומית והנוף) על מספר הדריסות במקטע כביש. מניתוח זה מצאתי כי החשיבות הגבוהה ביותר הינה של שלושה משתנים: אחוז כיסוי של יער נטוע מעשה אדם, תאורה וחיבור הכביש עם פני הקרקע (אינדקס חשיבות  $= 0.99$  לשלושת המשתנים). בנוסף, מצאתי חשיבות מסוימת גם לאחוז כיסוי קרקע של יער טבעי (אינדקס חשיבות  $= 0.65$ ). תוצאות אלו מדגישות את החשיבות של כלל ההקשר המרחבי (שתי הסקאלות יחדיו) של מקטעי כביש בחיזוי מספר דריסות.

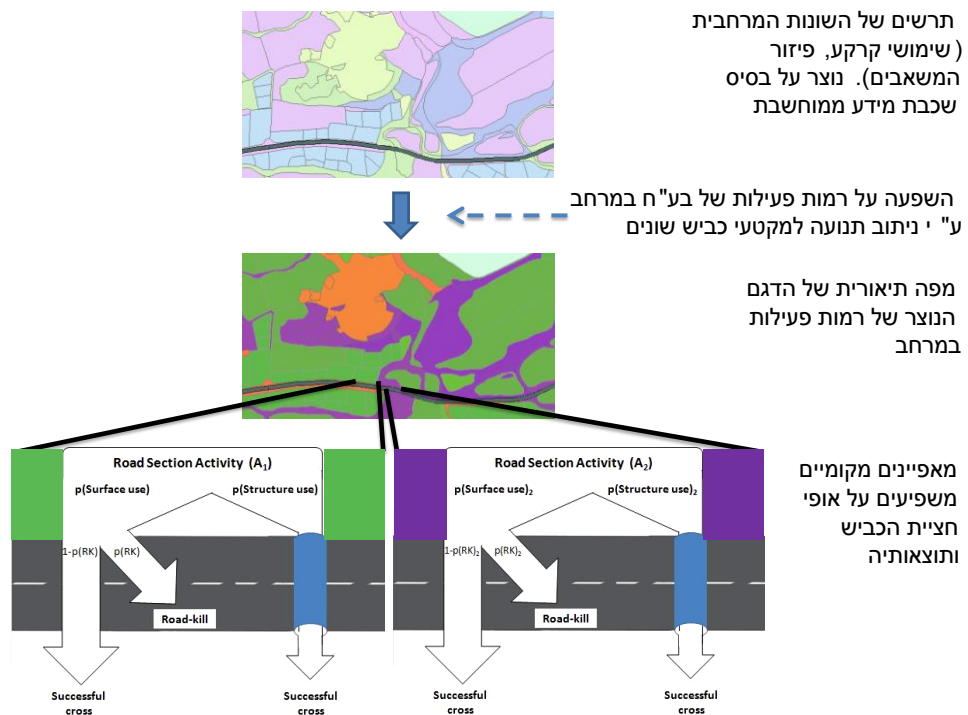
### **מסקנות העבודה ובניית מודל יישומי פוטנציאלי:**

בהתאם לתוצאות מחקר זה, ניתן לסכם כי ישנם מספר מאפיינים אשר משפיעים על ההסתברות לתאונות עם בע"ח המסכנות חיי אדם. מקטעי כביש אשר הינם בעלי סיכון גבוה יותר לתאונות אלו הינם:

- מוארים
- נמצאים בגובה פני הסביבה
- נמצאים בסביבת יער נטוע מעשה אדם
- נמצאים בקרבה ליישובים

מחקר זה שאף להבנת המנגנונים הפועלים בסקאלות שונות ואשר מעורבים ביצירת דגמי תאונות. זאת, על מנת לאתר משתנים מסבירים בעלי השפעה על מנגנונים אלו, ולמעשה על מיקום ואופי חציית הכביש ע"י בע"ח. בעקבות כך, התאפשרה בניית מודל מרחבי תלוי סקאלה לחיזוי אתרים בעלי סיכון גבוה לתאונות. יישום עתידי של מודל זה יכול לשמש למתן המלצות ודרכי פעולה על מנת להגדיל את היעילות של תוכניות פעולה ואמצעים להפחתת תאונות דרכים בהן מעורבים בע"ח. בכדי להבין את מורכבות המודל, נתאר מצב פשוטני של תנועת בע"ח במרחב -- אם במהלך תנועה על מנת למלא אחר צרכיו הקיומיים, נתקל בעל החיים בכביש, עליו להחליט אם לחצותו. לכן, שטף התנועה של בע"ח במקטע כביש מסוים נקבע על פי הקשרו המרחבי בסקאלה רחבה (סקאלת הנוף). לאחר מכן, בנקודת החצייה עצמה, על בע"ח לבחור בין שתי אפשרויות: לחצות על גבי הכביש או לחפש ולעשות שימוש במבנה חציה (אם קיים במקטע כביש זה). במקרה ובעל החיים חצה על גבי הכביש ייתכן ויחצה בהצלחה וייתכן שיידרס.

מטריצת החלטות זו מוצגת באיור הבא המהווה את הבסיס למודל המוצע:



כאשר  $A_x$  מייצג את שטף התנועה במקטע כביש מסוים. שטף זה הינו תוצאה של ההקשר המרחבי בסקאלה רחבה (סקאלת הנוף) של אותו מקטע כביש.  $p(\text{Surface})$  היא ההסתברות שבתוך מקטע כביש בע"ח יחצה על גבי הכביש. בהתאמה,  $p(\text{Structure})$  היא ההסתברות המשלימה, קרי שבע"ח יחצה במבנה.  $p(\text{RK})$  היא ההסתברות שבע"ח שחצה על גבי הכביש יידרס. המרכיבים ההסתברותיים הללו מושפעים כולם מתהליכים בסקאלה הצרה (הסקאלה המקומית), ולכן מהמאפיינים המקומיים של כל מקטע כביש.

כאמור, כמקובל כיום בחקר של דגמי תנועה במרחב, המחקר הנוכחי נסמך על גישה תלויה סקאלה. על בסיס גישה זו, מוצע בזאת מודל המבוסס על כך שבכל סקאלה פועלים תהליכים שונים, אשר תורמים בצורה שונה לדגם המתקבל. בסקאלת הנוף, תהליכים המשפיעים על רמת הפעילות של בע"ח במקטע

מסוים ייקבעו את שטף התנועה בו. בסקאלה המקומית, מתקיימים תהליכים המשפיעים על סבירות החצייה במבנה, כמו גם, על הסבירות לתאונת דרכים במקרה של חצייה על גבי הכביש. כל אלו באים באינטראקציה עם דחף התנועה (vagility, Carr & Fahrig 2001) של המין הספציפי ותפיסת הסיכון של הפרט בשולי הכביש. תהליכים אלו קובעים את אופי החצייה ותוצאותיה. בנוסף, המחקר האקולוגי העכשווי מציע כי קיימת אינטראקציה בין התהליכים הפועלים בסקאלות השונות. לפיכך, כאשר באים להבין את תנועתם של בע"ח במרחב, כמו גם את אזורי החצייה והסבירות לתאונות, יש לקחת בחשבון את התהליכים האקולוגיים המרחביים בסקאלות שונות ואת הפסיפס הנופי של שימושי קרקע אנטרופוגניים.

מסקנות אלו והמודל המוצע שנובע מהן, עומדים בקנה אחד עם עבודה שבוצעה ע"י ד"ר עמית דולב בגליל (דולב 2006). עבודה זו הראתה ששיעור הדריסות לק"מ של שועלים ותנים בכביש ראשי (המאופיין בנתיב אחד לכל כיוון) היה גבוה פי ארבע משיעור הדריסות בכביש מהיר (עם גדר הפרדה מסוג ניו ג'רזי). לפיכך, נראה כי מספר התאונות בכבישים בעלי עצימות בינונית (מדד המשקלל מספר פרמטרים כגון רוחב הכביש, מהירות נסיעה, נפח תנועה ונוכחות מחסום ג'רזי) צפוי להיות גבוה יותר מאשר בכבישים מהירים. כבישים אלו הינם בעיקר כבישים בין עירוניים שסלולים בגובה פני הסביבה. בכבישים אלו, מהירות הנסיעה גבוהה ולכן הסיכון לפגיעה ע"י כלי-רכב הוא גבוה. בנוסף, החיבור הפיזי של הכביש עם הסביבה מאפשר נגישות לתנועת בע"ח ומעלה את שטף התנועה של בע"ח על גבי הכביש. בעקבות כך, גם הסבירות לתאונות דרכים הינה גבוהה יותר בכבישים מסוג זה (שקדי ושדות 2004). ראוי לציין, כי ארץ ישראל ייחודית, בכך שמרבית הכבישים הסלולים בה הינם בעלי אופי זה. נכון לשנת 2007, בישראל 17,900 ק"מ כביש סלול, מתוכם רק 230 ק"מ מוגדרים ככביש מהיר. לעומת זאת, כבישים בעלי עצימות בינונית מהווים כ- 65% מסך השטח של כבישים סלולים בארץ (עפ"י נתונים רשמיים מאתר משרד התחבורה).

### **המלצות:**

- ההמלצות המובאות להלן הן בהתאם לתוצאות מחקר זה ולסקר הספרות שבוצע כחלק מהמחקר.
- גופי שמירת הטבע מחד ומשרדי התשתיות והעוסקים בדבר מאידך, חייבים להסתכל על סוגיית ממשק כביש-סביבה בראיה מרחבית גדולה יותר. כל תוכניות הפעולה הנוגעות לדריסות ומעברי בע"ח חייבות לקחת בחשבון את הצורך ורצון בע"ח לנוע ממקום למקום בסקאלות גדולות;
  - באפיון ותכנון של תוכניות להפחתת שיעור תאונות המערבות בעלי חיים, יש להגדיר מטרות ברורות. מטרות כמותיות, הניתנות לבדיקה, הינן עדיפות על מטרות איכותיות;
  - יש להתמקד בכבישים ראשיים בעלי עצימות בינונית. כבישים אלו הינם בעיקר כבישים בין עירוניים שסלולים בגובה פני הסביבה. בכבישים אלו, מהירות הנסיעה גבוהה ולכן הסיכון לפגיעה ע"י כלי-רכב הוא גבוה. בנוסף, החיבור הפיזי של הכביש עם הסביבה מאפשר נגישות לתנועת בע"ח ובכך תורם להגברת שטף התנועה של בע"ח על גבי הכביש. בעקבות כך, גם הסבירות לתאונות דרכים הינה גבוהה יותר;

- יש להתמקד במקטעי כביש מוארים;
- מומלץ להתמקד במקטעי כביש אשר נמצאים בגובה פני הסביבה;
- מומלץ להתמקד במקטעי כביש אשר נמצאים בקרבה ליער נטוע מעשה אדם ובקרבת יישובים;
- רצוי להציב שלטי אזהרה במקטעי כביש אלו. מאחר ושלטים אלו נוטים לאבד מייעילותם במהלך הזמן, מומלץ להציבם בתקופות המסוכנות יותר לתאונות עם בע"ח, קרי בתקופת האביב והקיץ. כמו כן, מומלץ לשנות את אופי שלטים אלו מעת לעת ולשנות במעט את מיקומם;
- יש לבנות מעברים ייעודיים לבע"ח במקטעי כביש אלו ולהציב הכוונה (כמו, גידור) לבע"ח למבנים אלו. כלומר, רצוי לנתב את תנועת בע"ח למבנים אלו בעזרת גידור של כ- 50 מטר מכל אחד מצדי המעבר;
- יש לדאוג כי המעברים, כמו גם הגידור לצדי הכביש, יהיו מתוחזקים באופן שוטף. כלומר, ניקוז, ניקוי, תיקון קירות ופלטפורמת המעבר, גיזום וכל פעילות אחרת בהתאם לצורך הפרטני של המעבר הספציפי;
- יש לדאוג לניטור יעילות המעברים והתאמתם בפועל למינים ספציפיים בהתאם לדרישות המין;
- יש לדאוג לניטור מספר הדריסות ו/או התאונות עם בע"ח במקטעי הכביש;
- יש לוודא רציפות מעבר על פני הכביש לבע"ח אשר נקלע לאזור הכביש. בע"ח עלולים להיקלע לכבישים סואנים במידה וגידור חסר, לא יעיל, או לא מתוחזק היטב. כאשר בע"ח נקלע לאזור הכביש יש להבטיח את יכולתו לעבור לצד הכביש. יצירת חיץ מבודד בין נתיבי הכביש עלולה לגרום נזק עצום לבע"ח על ידי הגדלת סיכוייהם להידרס, כמו גם על ידי מניעת רציפות בית הגידול משני צדי הכביש במקרים שמעבר על פני הכביש עשוי להיות יעיל (למשל בכבישים קטנים בעלי תנועת מכוניות דלה). מחסומי בטון מסוג "ניו ג'רזי" גורמים לנזק רב לבע"ח מהסיבות שצוינו לעיל. איי תנועה עם צמחייה טבעית עשויים לעזור לבע"ח לעצור במרכז התוואי ולהקטין בכך את סיכויי התאונה. אולם, יש לבחון פתרון זה לגופו מאחר והתברר שבמקומות מסוימים בעולם איי תנועה אלו היוו מקור משיכה למינים שונים, וכתוצאה מכך עלו סיכויי הידרסותם.

### **תרומת המחקר למטרות "קרן רן נאור לבטיחות בדרכים"**

המחקר המתואר להלן, עומד בקנה אחד עם היוזמה לקדם את הבטיחות בדרכים ולהפחית את שיעורן של תאונות מסכנות חיים. כל זאת, ע"י ביסוס והעשרת הידע המשמש לגיבוש מדיניות הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים, וככלי עזר לקבלת החלטות על פעולות הרשות. בנוסף, מחקר זה מאפשר להעריך את הפעילות המתבצעת בתחום זה כיום.

ראוי לציין, כי המעבדה לאקולוגיה מרחבית באוניברסיטת בן גוריון שבנגב הינה מערכת המחקר המובילה בארץ העוסקת במחקר מדעי בתחום זה, וכי, עד כמה שידוע לנו, זהו המחקר המקיף ביותר שבוצע בארץ בנושא הפחתת הסיכון לחיי אדם הנובע מיחסי הגומלין בין כבישים לסביבה הטבעית.

אנו מודים לקרן רן נאור לבטיחות בדרכים על העזרה והתמיכה לקיום המחקר.



**רשימת המקורות בהם נעשה שימוש לכתיבת הנספח**

- Alexander, S. M., N. M. Waters, and P. C. Paquet. 2005. Traffic volume and highway permeability for a mammalian community in the Canadian Rocky Mountains. *Canadian Geographer-Geographe Canadien* **49**:321-331.
- Andrews, K. M., and J. W. Gibbons. 2005. How do highways influence snake movement? Behavioral responses to roads and vehicles. *Copeia*:772-782.
- Baker, P. J., C. V. Dowding, S. E. Molony, P. C. L. White, and S. Harris. 2007. Activity patterns of urban red foxes (*Vulpes vulpes*) reduce the risk of traffic-induced mortality. *Behavioral Ecology* **18**:716-724.
- Bellis, M. A., S. D. Jackson, C. R. Griffin, P. S. Warren, and A. O. and Thompson. 2007. Utilizing a Multi-Technique, Multi-Taxa Approach to Monitoring Wildlife Passageways on the Bennington Bypass in Southern Vermont. eScholarship, UC Davis: Road Ecology Center.
- Burnham, Kenneth P., and David R. Anderson. 2002. Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach. Second ed. New York: Springer-Verlag.
- Carr, L. W., and L. Fahrig. 2001. Effect of road traffic on two amphibian species of differing vagility. *Conservation Biology* **15**:1071-1078.
- Conover, M. R., W. C. Pitt, K. K. Kessler, T. J. Dubow, and W. A. Sanborn. 1995. Review of Human Injuries, Illnesses, and Economic-Losses Caused by Wildlife in the United-States. *Wildlife Society Bulletin* **23**:407-414.
- Forman, R. T. T., and L. E. Alexander. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* **29**:207.-
- Glista, D. J., T. L. DeVault, and J. A. DeWoody. 2009. A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. *Landscape and Urban Planning* **91**:1-7.
- Grilo, C., J. A. Bissonette, and M. Santos-Reis. 2009. Spatial-temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: Consequences for mitigation. *Biological Conservation* **142**:301-313.
- Inbar, M., U. Shanas, and I. Izhaki. 2002. Characterizing of road accidents in Israel involving large mammals. *Israel Journal of Zoology* **48**:10.
- Joyce, T. L., and S. P. Mahoney. 2001. Spatial and temporal distributions of moose-vehicle collisions in Newfoundland. *Wildlife Society Bulletin* **29**:281-291.
- Laurance, W. F., M. Goosem, and S. G. W. Laurance. 2009. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends in Ecology & Evolution* **24**:659-669.
- Malo, J. E., F. Suarez, and A. Diez. 2004. Can we mitigate animal-vehicle accidents using predictive models? *Journal of Applied Ecology* **41**:701-710.
- Mata, C., I. Hervas, J. Herranz, J. E. Malo, and F. Suarez. 2009. Seasonal changes in wildlife use of motorway crossing structures and their implication for monitoring programmes. *Transportation Research Part D-Transport and Environment* **14**:447-452.
- Mazerolle, M. J., M. Huot, and M. Gravel. 2005. Behavior of amphibians on the road in response to car traffic. *Herpetologica* **61**:380-388.
- Putman, R. J. 1997. Deer and road traffic accidents: Options for management. *Journal of Environmental Management* **51**:43-57.
- Turner, M. G. 2005. Landscape ecology: What is the state of the science? *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* **36**:319-344.

van der Ree, R., J. A. G. Jaeger, E. A. van der Grift, and A. P. Clevenger. 2011. Effects of Roads and Traffic on Wildlife Populations and Landscape Function: Road Ecology is Moving toward Larger Scales. *Ecology and Society* 16.

Venables, W. N., D. M. Smith and the R Development Core Team. 2011. An Introduction to R. Notes on R: A Programming Environment for Data Analysis and Graphics Version 2.13.2 (2011-09-30)

Vuilleumier, S., and R. Metzger. 2006. Animal dispersal modelling: Handling landscape features and related animal choices. *Ecological Modelling* 190:159-170.

בקי, א. 2002. מעברי בעלי חיים בכבישים. מסמך רקע לקביעת מדיניות. החברה לזואולוגיה בישראל ורשות הטבע והגנים.

גוטמן, ר., י. סיני, א. שדות, י. שקדי. 2003. השפעה של התנועה בכבישי ישראל על התמותה של בעלי חיים, ובחינת יעילות מעברי בעלי החיים הקיימים. רשות הטבע והגנים.

דולב, ע. 2006. מודל התפשטות מרחבי של מחלת הכלבת המבוסס על דינאמיקה של אוכלוסיות השועל המצוי בגליל, ככלי לפיתוח דגמי פיזור אופטימאליים של פיתיונות חיסון כלבת. עבודת תזה במסגרת הדרישות לקבלת תואר "דוקטור לפילוסופיה".

שקדי, י., א. שדות. 2004. מעבר בעלי חיים בכבישים. מדיניות והמלצות לפעולה. פרסומי חטיבת המדע. רשות הטבע והגנים.