



כביש 40, סמוך למדרשת בן-גוריון. נמצא שרעש מכבישים משפיע על התנהגות פרסתניים, אולם יש מינים רבים שטרם נבחנה ההשפעה של הרעש על התנהגותם, כמו היעל הנובי | צילום: גופל מורלי

## אין מפלט – השפעות זיהום רעש מכבישים על התנהגות בעלי חיים מחלחלות ללב השטחים הפתוחים והשמורים בישראל

23 במאי, 2022

גיליון אביב 2022 / כרך 13(1)

חזית המחקר

ציטוט מומלץ

לנרד י, מורלי ג, רול א וברגר-טל ע. 2022. אין מפלט – השפעות זיהום רעש מכבישים על התנהגות בעלי חיים מחלחלות ללב השטחים הפתוחים והשמורים בישראל. אקולוגיה וסביבה 13(1): 49–57.

### על קצה המזלג

- תנועת כלי רכב בכבישים מזהמת את האוויר וגורמת לדריסת חיות בר. בעיה חמורה לא פחות מאלה היא שהרעש הנגרם מכלי הרכב נישא למרחקים, מפריע לפעילותם של בעלי החיים, משפיע על התנהגותם, ואף פוגע בסיכויי הישרדותם.
- צפיפות האוכלוסין בישראל גוררת רשת צפופה של כבישים, ולפיכך עולם החי בישראל, גם זה שנמצא בשטחים מוגנים, חשוף לרעש מכלי רכב בהיקף גבוה יותר מאשר בארצות אחרות.
- יש לבצע מיפוי מעמיק של הרעש מכבישי ישראל, תוך התחשבות בעומס התנועה בכל כביש וכן בתבליט ובתכסית שבתווך בין הכביש לבתי הגידול הסמוכים אליו.
- יש לקבוע קריטריונים מתאימים שיובאו בחשבון בעת תכנון כביש, כדי שהשפעת הרעש ממנו על בעלי חיים תהיה קטנה ככל האפשר.
- יש לבחון אילו התאמות ניתן לבצע בתשתיות הכבישים כדי לצמצם את הרעש מהם.

מערכת אקולוגיה וסביבה

לכבישים השפעות סביבתיות רבות, אולם דווקא השלכות הרעש מכבישים מוכרות פחות, למרות טווח ההשפעה הגדול של הרעש, המגיע למרחק קילומטרים מהכביש. ממחקרים בעולם עולה כי לרעש כבישים השפעה משמעותית על התנהגות בעלי חיים, והוא פוגע באופן ניכר באורחות חייהם ובשרידותם.

במחקר זה בחנו את ההשפעות הפוטנציאליות של רעש כבישים על עולם החי בישראל. ביצענו סקירת ספרות לשם ביורר טווחי ההשפעה של רעש מכבישים על התנהגויות בעלי החיים. על בסיס מרחקים אלה כימתנו ומיפינו את השטחים הפתוחים בישראל שבעלי חיים צפויים לסבול בהם מהשפעות רעש מכבישים, בדגש על בתי גידול רגישים ושטחים מוגנים (שמורות טבע וגנים לאומיים).

נמצא כי יותר משליש מהשטחים הפתוחים בישראל וכן כרבע מהשטחים המוגנים בארץ חשופים להשפעות רעש המופיעות בטווח של עד 200 מטרים מכבישים, שיעור גבוה בהשוואה לארצות אחרות. על פי הספרות, בטווח זה רעש מכבישים משפיע על יעילות הציד, על התקשורת ועל בחירת בית הגידול. מבין בתי הגידול השונים חשופים במיוחד לרעש דווקא בתי גידול לחים, שהם מהרגישים ביותר להשפעות הרעש – שני שלישים משטחם בישראל נמצאים בטווח השפעה זה. כשלושה רבעים מהשטחים הפתוחים בישראל ו-63% מהשטחים המוגנים חשופים להשפעות רעש המופיעות בטווח של עד 1,500 מטרים מכבישים. בטווח זה צפויה מרבית ההשפעה של רעש כבישים על בחירת בית גידול של עופות.

אי לכך, עבור מינים רבים ובפרט עבור מינים הרגישים לזיהום רעש – השטחים הפתוחים והמוגנים בישראל אינם מספקים מפלט מהשפעות כבישים. אנו ממליצים למפות את מקורות הרעש העיקריים בישראל ולהשתמש במיפוי זה לתכנון מושכל של תשתיות פולטות רעש. כמו כן, ניתן להשתמש במידע הרב שנצבר על ההשפעות השליליות שיש לזיהום רעש על בעלי חיים כדי לקדם את השימוש באמצעים להפחתת נזקי רעש קיימים בשטחים בעלי חשיבות אקולוגית גבוהה. אנו מקווים שבעקבות עבודתנו יזכו השפעות זיהום הרעש מכבישים ומתשתיות נוספות להתייחסות רחבה יותר, כחלק ממדיניות שמירת הטבע בישראל, ושהדבר יביא לצמצום היקפי הרעש ולמזעור הפגיעה בהתנהגות הטבעית של חיות הבר.

## מבוא וספרות

לזיהום רעש מכבישים טווח השפעה גדול, העולה על זה של כל שאר ההשפעות המזיקות שיש לכבישים על התנהגות בעלי חיים [19, 40]. למעשה, תחבורה היא מקור זיהום הרעש הנרחב בעולם. בסביבה היבשתית מדובר ברעש מכבישים, ממטוסים ומרכבות, וניתן לשמוע אותו בעוצמות גבוהות בכל רחבי כדור הארץ [6]. ההגדרה של זיהום רעש אינה מוחלטת, אך בהקשר האקולוגי נהוג להתייחס לזיהום רעש כמכלול הצלילים ממקור אנושי, עם התייחסות מיוחדת לאלה הנשמעים מבעד לצלילים הטבעיים [10]. הגדרה זו אינה מתייחסת למאפיינים האקוסטיים של הרעש או לאופן שהוא משפיע על בעלי חיים, אך קיימים שלל מחקרים על השפעות של רעשים אנושיים ממקורות שונים על בעלי חיים בהקשרים מגוונים [30, 51].

לכל היצורים החיים יכולת לשמוע או לכל הפחות לחוש רעידות הנובעות מגלי קול, ולפיכך, לשינוי במרחב האקוסטי יש פוטנציאל השפעה על מגוון עצום של בעלי חיים. מאות מחקרים על השפעות רעש מכבישים על בעלי חיים (דוגמאות בנספח 1) מציגים תמונה מדאיגה של ההשפעה הנרחבת שיש לזיהום רעש על בעלי חיים. תופעות הנגרמות לבעלי חיים בשל זיהום רעש מכבישים כוללות השפעות פיזיולוגיות, גנטיות וקוגניטיביות וכן שלל תגובות התנהגותיות, כגון עזיבת בית הגידול, ירידה ביעילות האכילה, שינוי בהערכת הסיכון לטרפייה ופגיעה בתקשורת. פגיעה זו בעייתית במיוחד בהקשר של מציאת בני ובנות זוג או טיפול בצאצאים [4, 13, 37, 51].

רעש מתחבורה מתגבר בקצב מהיר בהרבה מקצב גידול האוכלוסייה האנושית, וצפוי להתעצם בעשורים הבאים [51]. לרעש זה פוטנציאל השפעה ניכר: בתנאים מיטביים, מרבית העופות והיונקים (כולל בני אדם) מסוגלים לשמוע רעש מכביש במרחק של 5 ק"מ [24]. מחקר מ-2003 חישב שמעל 80% משטח ארה"ב נמצא במרחק של עד קילומטר אחד מכביש, ו-97% משטחה נמצא בטווח של עד 5 ק"מ מכביש [45]. יתר על כן, מיפוי ממוקד של הרעש מכבישים מארה"ב מאותה שנה מצא שברוב שטח ארה"ב ניתן לשמוע בפועל רעש כבישים בעוצמה גבוהה מעוצמת רעש הרקע הטבעי [35]. כבישים מחברים בין מרכזי פעילות אנושיים, ולכן מצויים גם במרחבים שכמעט אינם מופרעים מפעילות אנושית באופן אחר. ערך סף מקובל לבחינת השפעת רעש כבישים על בעלי חיים הוא 40 דציבלים, גם משום שערך זה נמצא כערך סף לתגובת בעלי חיים רבים [51] וגם בשל השימוש בערך זה בהקשר אנושי (בישראל – תקנות למניעת מפגעים [רעש בלתי סביר] התש"ן-1990, רעש מתמשך מעל לסף זה באזור מגורים בלילה נחשב לרעש בלתי סביר). מודלים ממקומות שונים בעולם מציגים תמונה דומה ועקבית למדי: השפעה של רעש כבישים צפויה להיות מעל 40 דציבלים בשטח טבעי במרחק של בין 50 מטרים ל-2 ק"מ מהכביש, כתלות בתוואי השטח, ולרוב מגיעה עד ל-1-2 ק"מ [5, 31, 36]. מיפוי זיהום הרעש בשטחים השמורים בארה"ב הראה שלמעלה מ-60% מהם חשופים לרעש אנתרופוגני, שמרביתו מתחבורה, בעוצמה כפולה מעוצמת

רעש הרקע הטבעי, ושכחמישית מהשטח חשופה לרעש גבוה פי 10 ויותר מעוצמת הרעש הטבעית [10]. מחקרים בודדים ניסו לכמת את השטחים הטבעיים החשופים לרעש מכבישים לא רק בהתבסס על פיזור הרעש, אלא גם תוך בחינה של השפעות הרעש על המערכת האקולוגית. ממחקרים אלה עולה שהאזור המושפע הוא כחמישית מארה"ב (עבור מגוון בעלי חיים) [17] ו-12-19% מהשטח בהולנד (עבור ציפורים המגיבות לרעש) [40], אולם מדובר בהערכות שמבוססות על מידע אקולוגי מצומצם.

בישראל טרם בוצעו הערכה, מיפוי או כימות היקף ההשפעה הסביבתית של זיהום רעש על בעלי חיים. בהיעדר מידע, זיהום רעש כמעט אינו מובא בחשבון בעת תכנון ופיתוח של תשתיות ושטחים פתוחים, ובעלי החיים שבהם נפגעים תדיר מזיהום זה, שאך צפוי להחריף. במאמרנו בחרנו להתמקד בהשפעות רעש מכבישים על התנהגות בעלי חיים, גורם שלא ניתנה עליו הדעת במסמכי מדיניות רלוונטיים בישראל (למשל, בתקנות למניעת מפגעים [רעש בלתי סביר], התש"ן-1990 או במתודולוגיה לתכנון אקוסטי של כבישים [2]). לשם כך, ביצענו סקירת ספרות לאיתור מרחקי ההשפעה של רעש מכבישים על התנהגויות שונות של בעלי חיים כפי שתוארו ברחבי העולם, ובהתבסס על מרחקים אלה כימתנו את השטחים הפתוחים החשופים לזיהום רעש מכבישים בישראל בעוצמה שצפויה לגרום לפגיעה ממשית בתפקודם.



כביש 40, סמוך לשמורת פורה. בתרחיש המתון ביותר, בהנחה שמרחק השפעת רעש מכבישים הוא עד 200 מטר בלבד, למעלה משליש מהשטחים הפתוחים בישראל מושפעים אקולוגית מרעש מכבישים | צילום: יעל לנרד

## שיטות

ערכנו סקירת ספרות מקיפה של הידע הקיים על השפעות רעש מכבישים על התנהגות בעלי חיים במרחקים שונים. לשם כך, סקרנו 196 מאמרים שבחנו השפעות זיהום רעש מכבישים והתבססנו על המקורות שמובאים בשני מאמרי סקירה המקיפים בתחום [52,33] (רשימת המקורות מובאת בנספח 1x) וכן על מקורות שמצטטים מאמרים שנמצא בהם מידע מתאים (נספח 1b).

השתמשנו במידע זה כדי להגדיר ערכי סף לטווח של השפעת רעש (במטרים) על שלל התנהגויות של מגוון בעלי חיים.

מיפוי וכימתנו את האזורים בארץ שחשופים לרעש מכבישים ושצפויה בהם השפעת רעש על התנהגויות בעלי חיים. במיפוי זה התמקדנו בשטחים הפתוחים במדינת ישראל, בדגש על השטחים המוגנים (שמורות טבע וגנים לאומיים) ובחלוקה לבתי גידול. תחום השפעת הרעש חושב בניכוי שטחי יישוב וגופי מים, ורק עבור שטח שיש בו שדה ראייה פתוח אל הכביש, כדי לדמות את פיזור הרעש בהערכה מתונה.

## תוצאות ודיון

### סקירת ספרות

מתוך 196 מאמרים שנסקרו (נספח 1), 30 כללו נתונים מפורטים די הצורך על ההתנהגות הנבחנת ועל מרחק

ההשפעה של רעש כבישים על התנהגות זז (טבלה 1; נספח 2).

טבלה 1. מרחקי השפעת זיהום רעש מכבישים על התנהגויות בעלי חיים כפי שתוארו בספרות המקצועית מאמרים שונים שבחנו את השפעת הרעש על אותה התנהגות ורכזו יחדיו לתיאור מרחק ההשפעה הכולל של רעש כבישים על התנהגות זז (פירוט הממצאים מהספרות, בחלוקה לפי התנהגויות שונות המושפעות מרעש כבישים, מובא בנספח 2).

מקורות	הערות	מינים	קבוצה סקסונומים	פירוט	התנהגות מושפעת	אזור השפעה (מטרים)
[100]	במאמר: "מעל 120 מטרים"	ינשופים	עופות	יעילות ציד מופחתת	שיחור מזון	150
[27, 14]	במאמר: "180 מטרים"	צפרדעים	דו-חיים	שינויים במאפייני התקשורת הקולית	תקשורת קולית	200
[53, 46, 15]	במינים המצויים בסביבות אנושיות רועשות	רבים	עופות	מגוון רחב של השפעות סביבתיות - מטורד חזותי בבתי גידול סבוכים, זיהום כימי, אבק, חול וחומרים נוספים. דרישות בעת חציית כבישים משפיעות בייחוד על אוכלוסיות ומינים המצויים בטווח הזה	השפעה סביבתית	
[140, 148]						
[34, 41, 40, 22]	נבחנו נמחי תנועה בינוניים בלבד	ציפורי סבך - כלל המינים	עופות	ירידה בעושר המינים, בצפיפות הפרטים או בצפיפות הקינון	בחירת בית גידול	400
[48, 21, 8]		פרסתניים	יונקים	דריכות מוגברת או ירידה בקצב האכילה	שיחור מזון	
[98]		שכנויים	עופות	ירידה בעושר המינים, בצפיפות הפרטים	בחירת בית גידול	500
[56, 46, 12]		ציפורי ביצה ובתי גידול לחים	עופות	ירידה בעושר המינים, בצפיפות הפרטים או בצפיפות הקינון	ירידה בעושר המינים, בצפיפות הפרטים או בצפיפות הקינון	
[29, 14]		ציפורי סבך - מינים רגישים	עופות	ירידה בעושר המינים, בצפיפות הפרטים או בצפיפות הקינון	בחירת בית גידול	600
[58, 26]		דורסים	עופות	ירידה בצפיפות הקינון עד כדי הימנעות מחלטת	ירידה בצפיפות הפרטים	
[47, 8]		אייליים	יונקים	ירידה בצפיפות הפרטים	בחירת בית גידול	700
[96, 24]		חופמאים	עופות	ירידה בצפיפות הקינון	בחירת בית גידול	1,000
[43, 14]		ציפורים בבתי גידול דלילי צומח	עופות	ירידה בעושר המינים, בצפיפות הפרטים או בצפיפות הקינון	ירידה בעושר המינים, בצפיפות הפרטים או בצפיפות הקינון	
[15]	טווח המופיע בסקירות ספרות או במטא-אנליזות קודמות	רבים	עופות	ירידה בעושר המינים, בצפיפות הפרטים או בצפיפות הקינון	השפעה סביבתית	
[116]		רבים	צמחים	ירידה בעושר המינים	בחירת בית גידול	1,500
[41, 14]	מרחק מרבי לדרכים שיש בהן נפח תנועה בינוני (מאות עד כמה עשרות אלפי ק"מ); כלי רכב ביום; טווח המופיע בסקירות ספרות או במטא-אנליזות קודמות	רבים	עופות	ירידה בעושר המינים, בצפיפות הפרטים או בצפיפות הקינון	בחירת בית גידול	2,000
[14]		רבים	זוחלים ודו-חיים	ירידה בעושר המינים	בחירת בית גידול	2,000
[44]		רבים	עופות	שינויים במאפייני התקשורת הקולית	תקשורת קולית	
[22]		קרדינל צפוני	עופות	ירידה בתגובה לקריאת אזהרה	תקשורת קולית וסיכון טריפה	
[11]		כפנים	עופות מים	לינה - הימנעות מאתרים	בחירת בית גידול	
[56, 41, 22, 6, 14]	מינים רגישים או נפחי תנועה גדולים (עשרות אלפי ק"מ); מרחק מרבי לעופות	רבים	עופות	ירידה בעושר המינים, בצפיפות הפרטים או בצפיפות הקינון	בחירת בית גידול	3,000
[14, 11]	מחקר נוסף מצא קטן יותר (2,000 מטר), אך אין בו פירוט של המינים שנבחנו [11]	רבים	יונקים	הימנעות ועזיבת האזור	בחירת בית גידול	5,000
[11]			בני אדם ועופות	קצה טווח השמיעות של רעש כבישים בתנאים מיטביים	השפעה סביבתית	

## טבלה 1

### מרחקי השפעת זיהום רעש מכבישים על התנהגויות בעלי חיים כפי שתוארו בספרות המקצועית

בסקירת הספרות מצאנו כי מחקרים קודמים תיארו את השפעת הרעש מהכבישים על שלל ההתנהגויות של בעלי חיים כתלות במרחק, ועולה מהם שהשפעת הרעש מגוונת ומגיעה למספר ק"מ (טבלה 1). עם זאת, נדגיש כי חומרת הפגיעה אינה תלויה רק בטווח ובגודל השטח החשוף לרעש, אלא גם תלויה רבות באופי ההתנהגות המושפעת או במידת הפגיעה בהתנהגות זו. למשל, פגיעה בתקשורת תלויה בהקשר שהיא מתרחשת בו -

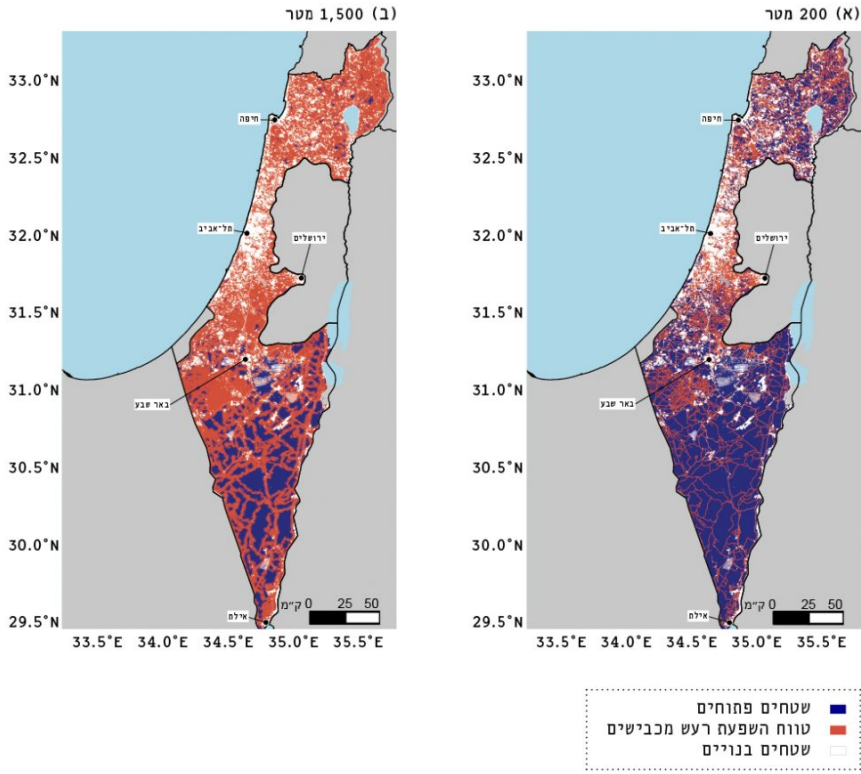
חיפוש אחר בני ובנות זוג הוא קריטי לשימור המין, אך לרוב מופעלים מנגנוני התנהגות לפיצוי על פגיעה בתקשורת הקולית. לעומת זאת, היעדר היכולת לשמוע טורף מתקרב או קריאות אזהרה מפניו עלול להיות בעל השלכות מיידיות לשרידות הפרט והאוכלוסייה. אחת ההתנהגויות המושפעות ביותר מרעש כבישים היא בחירת בית גידול בכלל ובית גידול לרבייה בפרט. זוהי תגובה שאופיינית למינים רבים מקבוצות טקסונומיות שונות [7, 11, 40], והיא עלולה להוביל לפגיעה ניכרת. למשל, רעש מכבישים עלול להוביל לירידה בצפיפות בהיקף של 40%–30 מהעופות בשטח נתון בבחינה ממוצעת של מינים רבים יחדיו, ולירידה בהיקף של 100%–25 מהפרטים (כלומר, עד כדי היעלמות מוחלטת מהשטח) כאשר מתמקדים רק במינים שצפיפותם מושפעת מהרעש [20, 28, 40]. עם זאת, המאמרים שנסקרו אינם מכסים את כל קבוצות בעלי החיים, ונתרים פערי ידע הנוגעים לכלל ההשפעות השליליות של רעש כבישים על בעלי חיים. לדוגמה, לא נמצאו מחקרים על טווחי ההשפעה של רעש מכבישים על חרקים ועל פרוקי רגליים. זאת ועוד, חסר ידע על אודות השפעות על מינים בעונות שונות או בשלבי מפתח ובתקופות רגישות במיוחד, כגון תקופת ההכנה לשנת חורף של זוחלים או חניית ביניים במהלך נדידת ציפורים. למרות זאת, ניתן להשתמש במידע הקיים כדי לשער מרחקי השפעה מתונים תוך התמקדות בנוכחות מינים שצפויים להיות רגישים במיוחד או במאפייני אתר מסוים.

ישנה שונות גדולה בממצאי המחקרים השונים באשר לטיב ההשפעה ולטווח ההשפעה של רעש כבישים על התנהגות בעלי חיים (נספח 2). הבדלים בין מחקרים עשויים לנבוע מכך שלנפח התנועה ולמאפייני בית הגידול השפעה על מידת פיזור הרעש במרחב ועל ההשפעה על בעלי החיים [38, 40]. בסקירה שביצענו לא נמצא מידע מפורט מספיק כדי לבחון כיצד גורמים אלה משפיעים על טווח ההשפעה של הרעש על מכלול ההתנהגויות שנחקרו, אך אין ספק שיש לכך חשיבות מכרעת בעת ביצוע מיפוי רעש באתר נתון ולצורך שימוש מושכל בתכנון ובפיתוח. בהתחשב בזמינות של נתוני נפח תנועה וכיסוי צומח אנו מקווים שבשנים הבאות יתבצע מחקר אקולוגי מקיף, שיכלול גם את הגורמים הללו. השונות בין המחקרים עשויה גם לנבוע מכך שקבוצות טקסונומיות שונות ומינים ספציפיים מראים מידה משתנה של רגישות לרעש. הבדלים במידת הרגישות יכולים לנבוע מהבדלים במאפיינים פיזיולוגיים של השמיעה, במאפייני בית הגידול שהם נמצאים בו, בתזונה, בחשיבות האותות הקוליים עבור קבוצות ומינים אלה ובמאפייניהם האקוסטיים [29, 40, 44, 51]. לדוגמה, יונקים, זוחלים ודו-חיים נוטים להיות רגישים יותר מעופות, ולהגיב לרעש כבישים במרחקים גדולים יותר בהשוואת אותן התנהגויות. בהכללה, מיני עופות המצויים בבתי גידול פתוחים מגיבים במרחק גדול יותר לרעש מכבישים מעופות בבתי גידול סבוכים, אך כשמביאים בחשבון מחקרים קודמים שדנו בנושא והראו דווקא רגישות גבוהה יותר של עופות בבתי גידול סבוכים, נראה שזהו תוצר של פיזור הרעש למרחק רב יותר [40]. חשוב לציין כי בכל בית גידול ישנם מינים רגישים יותר או פחות [לדוגמה 29, 41, 43, 56]. לפיכך, כאשר בוחנים השפעת רעש על בעלי חיים, חשוב לבחון מצד אחד את מאפייני הרעש מהכביש ופיזורו במרחב, ומצד שני מי המינים המצויים בשטח, ומה ההתנהגויות הטבעיות המתקיימות בו.

## מיפוי

סך כל השטחים הפתוחים במדינת ישראל – ובכלל זה שטחים חקלאיים, שטחים נטועים, שטחי אש, שמורות טבע וגנים לאומיים – הוא 18,761 קמ"ר. בהתבסס על הנתונים מסקירת הספרות, חלקים נרחבים ביותר מהשטחים הללו חשופים לרעש מכבישים בהיקף ובעוצמה שצפויים להשפיע על התנהגויות טבעיות שונות של בעלי חיים (איור 1; טבלה 2).

איור 1. מיפוי האזורים החשופים לרעש כבישים (אדום) מתוך כלל השטחים הפתוחים בישראל (כחול) באזור מוצגים האזורים הנמצאים בטווח של 200 (א) ו-1,500 (ב) מטר מכבישים לכל היותר, כחלום בחשיפתם לרעש (שדה ראייה ישיר מן הכביש) ובניכוי השטחים הבנויים (לבן). באזורים אלה צפויה השפעת רעש מכבישים על מגוון התנהגויות בעלי חיים (טבלה 1).



איור 1

מיפוי האזורים החשופים לרעש כבישים (אדום) מתוך כלל השטחים הפתוחים בישראל (כחול)

באיור מוצגים האזורים הנמצאים בטווח של 200 (א) ו-1,500 (ב) מטר מכבישים לכל היותר, כחלום בחשיפתם לרעש (שדה ראייה ישיר מן הכביש) ובניכוי השטחים הבנויים (לבן). באזורים אלה צפויה השפעת רעש מכבישים על מגוון התנהגויות בעלי חיים (טבלה 1).

טבלה 2. אחוז השטחים הפתוחים המושפעים מרעש כבישים בישראל

השטחים המוגנים (רקע ירוק) חשופים להשפעת רעש כבישים בהיקף נמוך יותר בהשוואה לכלל השטחים הפתוחים (רקע כחול) עבור כל טווח השפעה שנבחר. בתי גידול שונים (רקע לבן) חשופים במידה משתנה להשפעות רעש מכבישים. מבין בתי הגידול הטבעיים, בתי גידול לחים הם החשופים ביותר לרעש מכבישים. יש לכך חשיבות מיוחדת בהתחשב ברגישותם של המינים בבתי גידול אלה להשפעות רעש.

5,000	3,000	2,000	1,500	1,000	700	600	500	400	200	150	טווח השפעה (מטרים)	השטח המושפע בחלוקה לאזורים השונים (%)
92.6	87.4	81.8	76.0	69.1	62.3	59.2	55.4	50.7	36.8	31.9	כלל השטחים הפתוחים	
83.4	77.0	69.6	63.0	53.9	45.9	42.6	38.8	34.3	23.0	19.5	שמורות טבע וגנים לאומיים	
82.9	75.9	68.2	61.2	52.1	44.3	41.1	37.3	32.9	21.7	18.2	כיסוי נמוך של צומח (מדברי)	
97.4	96.8	95.9	95.1	90.5	84.0	80.7	76.2	70.3	51.5	44.6	בחוף (עשבוני)	
97.0	96.2	95.0	93.3	88.8	82.8	79.7	75.6	70.4	53.9	47.8	שיחיות (גריגות)	
98.0	97.7	96.9	95.8	91.9	86.2	83.1	79.1	73.7	56.3	49.7	חורשים ים תיכוניים	
99.8	99.7	99.5	98.9	97.5	95.2	93.9	92.0	89.1	77.8	72.8	יערות אורנים נטועים	
96.9	96.5	95.6	94.0	89.0	82.6	79.5	75.4	69.8	51.8	44.8	שדות חקלאיים	
98.8	98.7	98.5	98.3	96.3	92.9	90.9	87.9	83.4	66.4	58.9	מטעים	
97.6	97.4	97.3	96.1	91.1	85.5	82.5	79.6	76.0	65.1	59.8	בתי גידול לחים	

טבלה 2

אחוז השטחים הפתוחים המושפעים מרעש כבישים בישראל

גם בתרחיש המתון ביותר, בהנחה שמרחק השפעת רעש מכבישים הוא עד 200 מטר בלבד, יותר משליש (36.8%) מהשטחים הפתוחים בישראל מושפעים אקולוגית מרעש כבישים (איור 1א; טבלה 2), הרבה יותר

מהשטח המושפע בארה"ב ובהולנד (20%-19% ו-12% בהתאמה) [17, 42]. נוסף על כך, במטא-אנליזה המקיפה ביותר שבוצעה עד היום, נמצא המרחק של 1,000 מטר כמרחק השפעה משוקלל של רעש כבישים על ציפורים [7], אולם טווח זה נבחר בהתבסס על מחקרים שבוצעו רובם ככולם בקרב כבישים בעלי נפח תנועה נמוך עד בינוני (מאות עד כמה עשרות אלפי רכבים ביום). בהתחשב בהשפעה על מינים שונים, בנפחי התנועה הגדולים בהווה ובתחזיות לעלייה בנפח התנועה [3] יש להתייחס באופן ריאלי יותר למרחק, ולבחון מרחק של 1,500 מטר לפחות מכבישים. בסף זה בעלי חיים ב-76% מהשטחים הפתוחים בישראל צפויים להיות מושפעים מרעש מכבישים (איור 1ב; טבלה 2).



גן לאומי עין עבדת. רעש מכבישים חודר ללב שטחי השמורות והגנים הלאומיים ומשפיע על התנהגות בעלי חיים. הדבר נכון במיוחד לכבישים החוצים את השטחים המוגנים הללו | צילום: יעל לנרד

## שטחים מוגנים

השטחים המוגנים בישראל חשופים להשפעות רעש בהיקף גבוה מאוד בהשוואה למקומות אחרים בעולם. בשוודיה דלילת האוכלוסייה אחוז מזערי מהאתרים המוגנים שנבחנו נמצאו חשופים לרעש כבישים (פחות מ-4% מהשטח, ורק כ-10% מהאתרים) [26]. מחקר מאיראן, שצפיפות האוכלוסין בה דומה לשוודיה, הראה חשיפה משמעותית בהרבה, ו-18.3% מהשטחים השמורים שנבדקו בה חשופים לרעש כבישים (בהנחת ערך סף של 40 דציבלים וברדיוס של עד 2,000 מטרים לפי פיזור הרעש) [31]. מחקר שבדק את מידת החשיפה של שטחים מוגנים באזור עירוני צפוף במינסוטה, ארה"ב, מצא כי 19% מהשטח נחשפים לרעש כבישים (בהנחת ערך סף של 50 דציבלים וברדיוס של עד 1,000 מטרים לפי פיזור הרעש) [36]. בכל המקרים הללו הערכים נמצאו נמוכים מהותית מהערך שהתקבל במיפוי שביצענו, המעיד על חשיפת 54% עד 70% משטחי שמורות הטבע והגנים הלאומיים בישראל לרעש דומה ברדיוס של 1,000 עד 2,000 מטר בהתאמה (טבלה 2).

בהתחשב בכך שהיקף השטח החשוף להשפעות רעש כבישים בשמורות הטבע ובגנים לאומיים נמוך מזה של כלל השטחים הפתוחים (טבלה 2 בירוק ובכחול), ניתן להסיק שהשטחים האלה אכן שמורים יותר עבור בעלי החיים. עם זאת, יש להביא בחשבון שמרבית שטחי השמורות נמצאים באזור המדברי, והחשיפה לרעש כבישים בו נמוכה (טבלה 2). בפועל, כ-83% מסך כל שמורות הטבע והגנים הלאומיים של ישראל חשופים באופן כמעט מלא לרעש כבישים (מעל 90% מהשטח של אתר נתון נמצאים בטווח של עד 1,500 מטרים מכביש) ורק מעט שמורות גדולות באזור המדברי משנות את המאזן הכולל. בהתחשב במידת החשיפה הקיצונית לרעש כבישים במרבית השמורות בארץ, התפקוד הטבעי של בעלי החיים צפוי להיפגע גם בלב השטחים המוגנים בישראל, אותם שטחים שאמורים להוות בית ואזור מוגן לבעלי החיים.

## בתי הגידול השונים

ישנם הבדלים ניכרים בין בתי גידול שונים בחשיפה להשפעות רעש כבישים. **האזורים המדבריים** חשופים בהיקף הנמוך ביותר לרעש כבישים, אולם יש להתחשב בכך שמרחק פיזור הרעש באזורים אלה, בהיעדר צמחייה הממסכת את הרעש, גדול יותר מאשר בבתי גידול אחרים. נוסף על כך, מרבית השטחים הללו הם שטחי

אש ואימון צבאיים, ועל כן מיעוט רעש מכבישים אינו בהכרח מייצג היעדר רעש מכלי תחבורה בפרט או ממקורות אנושיים בכלל. כמו כן, החשיפה המשמעותית של **בתי גידול לחים** לרעש כבישים מדאיגה. בבתי גידול לחים עוצמת הרעש נשמרת גבוהה גם במרחק גדול בשל הלחות. מינים רבים בהם (כדוגמת דגים או ראשני דו-חיים) אינם יכולים לעזוב את גוף המים בשל הפרעות רעש. כמו כן, בסביבה זו נעשה שימוש מרכזי בתקשורת קולית למטרות רבייה. רעש במקורות מים בעייתי במיוחד גם בשל החשיבות של זמינות המים לבעלי חיים יבשתיים באזור חם ויובשני כמו ישראל. הם מגיעים למקומות אלה למטרות שתייה או אכילה, אך עלולים לשנות את התנהגותם בשל מטרדי רעש. הגורמים הללו יחד מדגישים כי שמירה על רמות רעש נמוכות בבתי גידול לחים בישראל דורשת התייחסות מיוחדת.

היקף זיהום הרעש מכבישים בישראל שחושב במחקר זה מצביע על כך שנדרשות התייחסות והגנה טובה יותר מפני זיהום רעש על שטחי שמורות, גנים לאומיים, בתי גידול רגישים ואתרים בעלי ערך מגוון ביולוגי גבוה. רצוי לבצע בעתיד מדידות רעש בהיקף נרחב כדי לבחון מהו טווח הפיזור של הרעש בפועל בשטחים פתוחים. בארה"ב נערך מיפוי מבוסס מדידות של זיהום רעש מכלל המקורות האנושיים [10], אולם נכון להיום נתונים מסוג זה אינם קיימים בישראל. יש למפות שטחים שעדיין שקטים יחסית, ולפעול למען השמירה עליהם ככאלה [49]. ניתן לרתום מגוון אמצעים לצמצום הרעש הקיים על-ידי שדרוג תשתיות והתאמתן, הקמת חסמים אקוסטיים (קירות, צומח וכדומה) או עידוד מעבר לכלי רכב חשמליים שהם שקטים יותר. לשם כך, יש לתקן תקנות שיאפשרו להגביל פיתוח של תשתיות פולטות רעש בסביבת אזורים רגישים אקולוגית, לקבוע ערכי סף להפרעות רעש אנושיות בשטחים אלה ובו-בזמן לקדם תקצוב של אמצעים להפחתת רעש. כבר כעת ניתן ורצוי לשלב הערכות של השפעת זיהום רעש על בעלי חיים בתסקירי השפעה על הסביבה (כפי שנדרש, למשל, בפיתוח טורבינות רוח באזורים רגישים מבחינה אקולוגית בגרמניה [11]) ולתת עדיפות לתוכניות הכרוכות בהפרעות הרעש המזעריות ביותר.



כביש 90, סמוך למחלף אליפלט. לכבישים השפעות סביבתיות רבות, אולם דווקא השלכות הרעש מכבישים מזכרות פחות, למרות טווח ההשפעה הגדול של הרעש, המגיע למרחק קילומטרים מהכביש | צילום: יעל לנר

## סיכום

היקף הנזק הנגרם לבעלי חיים בשל רעש כבישים בישראל, כפי שחושב במודל המוצג במחקר זה, מעורר דאגה, ומחייב נקיטת פעולות לצמצומו בהווה ותכנון נכון יותר להפחתתו בעתיד. קיימים מידע רב ומגוון אמצעים לצמצום זיהום רעש מכבישים, אך לרוב המאמצים הללו מופנים להגנה על בני אדם בלבד. ביצוע מדידות רעש בשדה, מיפוי זיהום רעש ממקורות שונים, שימוש בכלים קיימים לצמצומו ופיתוח פתרונות נוספים יאפשרו גם שמירה על המגוון הביולוגי. שמירה על הזמינות של שטחים המהווים בית לבעלי החיים בישראל כרוכה בהגנה על אורחות החיים הטבעיות ועל היכולת של בעלי החיים לשהות בהם בפועל, ללא חשיפה למפגעי רעש בלתי סביר.

## תודות

אנו רוצים להודות בראש ובראשונה לגופים שחלקו עימנו את המידע למיפוי – רשות הטבע והגנים, המארג והחברה להגנת הטבע. הפרויקט התאפשר בזכות מימון מרשות הטבע והגנים. גופל מורלי מודה לקרן מכון



שווצריה לחקר אנרגיה וסביבות צחיחות ולקרן PBC של הו"ת.

## הלכה למעשה

**נורית גלבע, מנהלת תחום מיגון אקוסטי, חטיבת הפיתוח והנדסה, נתיבי ישראל – החברה הלאומית לתשתיות תחבורה**

**עדי גמליאל, מנהל אחריות תאגידית ופיתוח בר-קיימא, נתיבי ישראל – החברה הלאומית לתשתיות תחבורה**  
השפעת רעש מכבישים על בעלי חיים היא נושא חשוב, שכיום לא נקבעו לו קריטריונים. קביעת קריטריונים לרעש מתחבורה ביחס לבתי הגידול השונים תהיה מהלך מבורך, בייחוד לנוכח השפעת הפיתוח המואץ של תשתיות על בתי הגידול, שבהם מתקיים עולם החי הטבעי בארץ. בקביעת קריטריונים לרעש מתחבורה בהקשר של בעלי חיים צריך להביא בחשבון מאפיינים שונים של רעש זה ושל אופן השפעתו, למשל:

1. יש לשקול התייחסות שונה לשעות היממה השונות. מכיוון שרעשי הרקע ממקורות רעש אחרים בסביבה גבוהים יותר בשעות היום, ייתכן שגם אם הרעש מהכביש יופחת, לא יקטן מפלס הרעש בסביבת המחיה של בעלי החיים.
2. יש להתייחס לרעש ממוצע – בעת מעבר רכב מפלס הרעש גבוה, אך בין המעברים הרעש נמוך ולעיתים אף לא קיים.
3. יש להתייחס לרגישויות השונות של בתי הגידול השונים, כמו גם לאלה של מיני בעלי החיים.
4. יש לשקול הנחיות שונות לכבישים חדשים ולכבישים קיימים.

באשר להמלצת המחברים לצמצם את הרעש על-ידי הקמת חסמים אקוסטיים, יש להביא בחשבון שהקמתם חוסמת גם את הניידות של בעלי החיים במרחב. המלצה אחרת היא מעבר מכלי רכב בעלי מנועי דחיסה לכלי רכב חשמליים. אומנם עוצמת הרעש המכני שלהם נמוכה, אך במהירויות מעל 50 קמ"ש מקור הרעש המשמעותי מכלי רכב הוא חיכוך הגלגלים באספלט.

כפי שעבור בני אדם נקבעו הקריטריונים לרעש לפי מידת הפרעה שהוגדרה כ"סבירה" עבור 85% מהאוכלוסייה, כך באופן דומה יש צורך להגדיר ערך שיוגדר כ"סביר" גם עבור בעלי החיים. ניסיון להרחיק כבישים למרחק של קילומטרים מבתי גידול עלול להכשיל את המהלך כולו.

באחריותן של חברת נתיבי ישראל, כחברת תשתיות התחבורה הגדולה בישראל, ושל חברות ממשלתיות נוספות לסייע להרחבת המאמץ למיפוי הרעש מכבישי ישראל ולהעמקת המחקר על השפעתו, בשותפות עם גופים כגון המשרד להגנת הסביבה, משרד התחבורה, רשות הטבע והגנים והחברה להגנת הטבע. כולנו יחד נוכל לגבש המלצות לגופי התכנון ביחס לקריטריונים לרעש מתחבורה.

## מקורות

1. טף-סקר י, ברגר-טל ע, לנרד י וטשנר נ. 2021. [השפעה של רעש מטורבינות רוח על חיות בר – התייחסות בתהליכי תכנון. אקולוגיה וסביבה 12\(2\)](#).
2. המשרד להגנת הסביבה. 2011. מתודולוגיה לתכנון אקוסטי של כבישים. ירושלים: המשרד להגנת הסביבה.
3. קליימן י. 2021. כלי רכב מנועיים בישראל בשנת 2020. ירושלים: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.
4. Andrews KMJ, Gibbons JW, and Jochimsen DM. 2006. Literature synthesis of the effects of roads and vehicles on amphibians and reptiles. Federal Highway Administration (FHWA), U.S. Department of Transportation, Report No. FHWA-HEP-08-005. Washington (D.C.)
5. Barber JR, Burdett CL, Reed SE, et al. 2011. [Anthropogenic noise exposure in](#)

- [protected natural areas: Estimating the scale of ecological consequences](#). *Landscape Ecology* **26**: 1281.
6. Barber JR, Crooks KR, and Fristrup KM. 2010. [The costs of chronic noise exposure for terrestrial organisms](#). *Trends in Ecology and Evolution* **25**(3): 180–189.
  7. Benítez-López A, Alkemade R, and Verweij PA. 2010. [The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: A meta-analysis](#). *Biological Conservation* **143**: 1307–1316.
  8. Brotons L and Herrando S. 2001. [Reduced bird occurrence in pine forest fragments associated with road proximity in a Mediterranean agricultural area](#). *Landscape and Urban Planning* **57**: 77–89.
  9. Buxton RT, McKenna MF, Brown E, et al. 2020. [Varying behavioral responses of wildlife to motorcycle traffic](#). *Global Ecology and Conservation* **21**: e00844.
  10. Buxton RT, McKenna MF, Mennitt D, et al. 2017. [Noise pollution is pervasive in U.S. protected areas](#). *Science* **356**: 531–533.
  11. Buxton VL, Enos JK, Sperry JH, and Ward MP. 2020. [A review of conspecific attraction for habitat selection across taxa](#). *Ecology and Evolution* **10**: 12690–12699.
  12. Clark WD and Karr JR. 2017. Effects of highways on red-winged blackbird and horned lark populations. *Wilson Bulletin* **91**(1): 143–145.
  13. Dooling RJ and Popper AN. 2007. [Some lessons from the effects of highway noise on birds](#). *Proceedings of Meetings on Acoustics* **27**: 010004.
  14. Eigenbrod F, Hecnar SJ, Fahrig L, et al. 2009. [Quantifying the road-effect zone: Threshold effects of a motorway on anuran populations in Ontario, Canada](#). *Ecology and Society* **14**(1): 24.
  15. Ernstes R and Quinn JE. 2016. Variation in bird vocalizations across a gradient of traffic noise as a measure of an altered urban soundscape. *Cities and the Environment (CATE)* **8**(1): Article 7.
  16. Findlay SC and Houlahan J. 1997. [Anthropogenic correlates of species richness in southeastern Ontario wetlands](#). *Conservation Biology* **11**: 1000–1009.
  17. Forman RTT. 2000. [Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States](#). *Conservation Biology* **14**: 31–35.
  18. Forman RTT and Deblinger RD. 2000. [The ecological road-effect zone of a Massachusetts \(U.S.A.\) suburban highway](#). *Conservation Biology* **14**: 36–46.
  19. Forman RTT, Reineking B, and Hersperger AM. 2002. [Road traffic and nearby grassland bird patterns in a suburbanizing landscape](#). *Environmental Management* **29**: 782–800.
  20. Forman RTT, Sperling D, Bissonette JA, et al. 2002. *Road Ecology Science and Solutions*. USA: Island Press.
  21. Gavin SD and Komers PE. 2006. [Do pronghorn \(\*Antilocapra americana\*\) perceive roads as a predation risk?](#) *Canadian Journal of Zoology* **84**: 1775–1780.
  22. Grade AM and Sieving KE. 2016. [When the birds go unheard: Highway noise disrupts information transfer between bird species](#). *Biology Letters* **12**: 20160113.

23. Green RE, Tyler GA, and Bowden CGR. 2000. [Habitat selection, ranging behaviour and diet of the stone curlew \(\*Burhinus oedicnemus\*\) in southern England](#). *Journal of Zoology* **250**: 161–183.
24. Hatch LT and Fristrup KM. 2009. [No barrier at the boundaries: Implementing regional frameworks for noise management in protected natural areas](#). *Marine Ecology Progress Series* **395**: 223–244.
25. Hatch LT and Fristrup KM. 2009. [No barrier at the boundaries: Implementing regional frameworks for noise management in protected natural areas](#). *Marine Ecology Progress Series* **395**: 223–244.
26. Helldin JO, Collinder P, Bengtsson D, et al. 2013. Assessment of traffic noise impact in important bird sites in Sweden – a practical method for the regional scale. *Oecologia Australis* **17**: 48–62.
27. Hoskin CJ and Goosem MW. 2010. [Road impacts on abundance, call traits, and body size of rainforest frogs in Northeast Australia](#). *Ecology and Society* **15**(3): 15.
28. Iglesias-Merchán C, Diaz-Balteiro L, and de la Puente J. 2016. [Road traffic noise impact assessment in a breeding colony of cinereous vultures \(\*Aegypius monachus\*\) in Spain](#). *The Journal of the Acoustical Society of America* **139**: 1124–1131.
29. Khamcha D, Corlett RT, Powell LA, et al. 2018. [Road induced edge effects on a forest bird community in tropical Asia](#). *Avian Research* **9**: 1–13.
30. Kunc HP and Schmidt R. 2019. [The effects of anthropogenic noise on animals: A meta-analysis](#). *Biology Letters* **15**.
31. Madadi H, Moradi H, Soffianian A, et al. 2017. [Degradation of natural habitats by roads: Comparing land-take and noise effect zone](#). *Environmental Impact Assessment Review* **65**: 147–155.
32. Madsen J. 1985. [Impact of disturbance on field utilization of pink-footed geese in West Jutland, Denmark](#). *Biological Conservation* **33**: 53–63.
33. McClure CJW. 2021. [Knowledge gaps at the intersection of road noise and biodiversity](#). *Global Ecology and Conservation* **30**: e01750.
34. McClure CJW, Ware HE, Carlisle J, et al. 2013. [An experimental investigation into the effects of traffic noise on distributions of birds: Avoiding the phantom road](#). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **280**(1773).
35. Miller NP. 2003. [Transportation noise and recreational lands](#). *Noise News International* **11**: 9–21.
36. Nega T, Yaffe N, Stewart N, and Fu WH. 2013. [The impact of road traffic noise on urban protected areas: A landscape modeling approach](#). *Transportation Research Part D: Transport and Environment* **23**: 98–104.
37. Osbrink A, Meatte MA, Tran A, et al. 2021. [Traffic noise inhibits cognitive performance in a songbird](#). *Proceedings of the Royal Society B* **288**.
38. Parris KM and Schneider A. 2009. [Impacts of traffic noise and traffic volume on birds of roadside habitats](#). *Ecology and Society* **14**(1): 29.
39. Raty M. 1979. Effect of highway traffic on tetraonid densities. *Ornis Fennica* **56**: 169–170.

40. Reijnen R, and Foppen R. 2006. [Impact of road traffic on breeding bird populations](#). In: Davenport J and Davenport JL (Eds). The ecology of transportation: Managing mobility for the environment. Dordrecht: Springer.
41. Reijnen R, Foppen R, Ter Braak C, and Thissen J. 1995. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. iii. Reduction of density in relation to the proximity of main roads. *Journal of Applied Ecology* **32**: 187–202.
42. Reijnen R, Veenbaas G, and Foppen R. 1995. Predicting the effects of motorway traffic on breeding bird populations. DLO – Institute for Forestry and Nature Research, The Netherlands.
43. Reijnen R, Foppen R, and Meeuwsen H. 1996. [The effects of traffic on the density of breeding birds in Dutch agricultural grasslands](#). *Biological Conservation* **75**: 255–260.
44. Rheindt FE. 2003. [The impact of roads on birds: Does song frequency play a role in determining susceptibility to noise pollution?](#) *Journal of Ornithology* **144**: 295–306.
45. Riitters KH and Wickham JD. 2003. [How far to the nearest road?](#) *Frontiers in Ecology and the Environment* **1**: 125–129.
46. Ríos-Chelén AA, McDonald AN, Berger A, et al. 2017. [Do birds vocalize at higher pitch in noise, or is it a matter of measurement?](#) *Behavioral Ecology and Sociobiology* **71**: 29.
47. Rost GR and Bailey JA. 1979. [Distribution of Mule Deer and Elk in relation to roads](#). *The Journal of Wildlife Management* **43**(3): 634–641.
48. Ru H, Xu J, Li M, et al. 2018. [Impact of traffic noise on tibetan antelopes: A preliminary experiment on the Qinghai–Tibet highway in china](#). *Applied Ecology and Environmental Research* **16**: 2923–2932.
49. Selva N, Kreft S, Kati V, et al. 2011. [Roadless and low-traffic areas as conservation targets in Europe](#). *Environmental Management* **48**: 865–877.
50. Senzaki M, Yamaura Y, Francis CD, and Nakamura F. 2016. [Traffic noise reduces foraging efficiency in wild owls](#). *Scientific Reports* **6**: 30602.
51. Shannon G, McKenna MF, Angeloni LM, et al. 2016. [A synthesis of two decades of research documenting the effects of noise on wildlife](#). *Biological Reviews* **91**: 982–1005.
52. Sordello R, Ratel O, Flamerie De Lachapelle F, et al. 2020. [Evidence of the impact of noise pollution on biodiversity: A systematic map](#). *Environmental Evidence* **9**(1): 1–27.
53. Verzijden MN, Ripmeester EAP, Ohms VR, et al. 2010. [Immediate spectral flexibility in singing chiffchaffs during experimental exposure to highway noise](#). *The Journal of Experimental Biology* **213**: 2575–2581.
54. Wiacek J, Polak M, Kucharczyk M, and Bohatkiewicz J. 2015. [The influence of road traffic on birds during autumn period: Implications for planning and management of road network](#). *Landscape and Urban Planning* **134**: 76–82.
55. Xie S, Wang X, Yang T, et al. 2021. [Effect of highways on breeding birds: Example of Hulunbeier, China](#). *Global Ecology and Conservation* **e01554**.
56. Van der Zande AN, Ter Keurs WJ. and Van der Weijden WJ. 1980. The impact of roads on the densities of four bird species in an open field habitat – Evidence of a long-

distance effect. *Biological Conservation* **18**: 299–321.

57. Zhang M, Cheong K, Leong K, and Zou F. 2012. [Effect of traffic noise on black-faced spoonbills in the Taipa–Coloane Wetland Reserve, Macao](#). *Wildlife Research* **39**: 603–610.

## קריאה נוספת

מאמר העוסק בהשפעת זיהום רעש מכבישים על ציפורים נודדות בחניית ביניים. המאמר יוצא דופן בכך שנבחנה בו השפעת רעש הכבישים על נוכחות ציפורים בהיעדר גורמים משפיעים אחרים. המאמר הזה שינה דרמטית את אופן התפיסה של המחברת הראשית (יעל לנרד) את סביבתה, ומדגיש עד כמה לרעש לבדו יש השפעה על האופן שבעלי חיים חווים את סביבתם. למאמר יצאו שני מאמרי המשך ב-2015 וב-2017.

McClure CJW, Ware HE, Carlisle J, et al. 2013. [An experimental investigation into the effects of traffic noise on distributions of birds: Avoiding the phantom road](#). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **280**(1773).

מאמר סקירה בנושא השפעת רעש טבעי ורעש ממקור אנושי על בעלי חיים. מאמר מהמקיפים בתחום בשנים האחרונות, המסביר כיצד ומדוע רעש משפיע על בעלי חיים ברמה האבולוציונית. במאמר זה מפרטים מה הייחוד של רעש ממקור אנושי, ולמה הוא משפיע על בעלי חיים בצורה שונה מהצלילים הטבעיים בסביבה.

Gomes DGE, Francis CD, and Barber JR. 2021. [Using the past to understand the present: Coping with natural and anthropogenic noise](#). *BioScience* **71**(3): 223–234.

השפעת זיהום רעש מטורבינות על בעלי חיים בהיבט התכנוני. מאמר קצר ובו מוצגת סקירה של מדיניות סביבתית (בישראל, בגרמניה ובקליפורניה) בהקשר התכנוני בסוגיית זיהום הרעש. הסקירה התמקדה ברעש מטורבינות רוח, אולם בהחלט ניתן להרחיב ולהכליל מסקנות ממאמר זה גם לתחום של רעש מכבישים.

טף-סקרי י, ברגר-טל ע, לנרד י וטשנר נ. 2021. [השפעה של רעש מטורבינות רוח על חיות בר – התייחסות בתהליכי תכנון](#). אקולוגיה וסביבה **12**(2).

## נספחים (זמינים באתר)

נספח 1. מקורות  
מהמאמר של  
McClure 2021  
לקבלת הקובץ נא  
לפנות ליעל לנרד

נספח 2. מרחקי  
השפעת רעש כבישים  
על התנהגויות שונות  
בחלוקה לקבוצות

טקסונומיות. לקבלת  
הקובץ נא לפנות ליעל  
לנרד