



תאריך שליחת הדו"ח: 22/07/2025

מספר מחקר: 3011004999

1. **כותרת המחקר:** שימוש בגישות מחקר וטכנולוגיות מתקדמות לניהול אופטימלי של ממשק עגורים בשטחי חקלאות ומים
2. **מספר מחקר:** 3011004999
3. **סוג הדו"ח:** דו"ח מדעי מסכם 2021-2025
4. **שם המוסד המוביל את המחקר:** המעבדה לאקולוגיה של תנועה – האוניברסיטה העברית בירושלים
5. **רפרנט קק"ל:** ירון צ'רקה
6. **שם החוקר הראשי ודוא"ל:** פרופ' רן נתן, ran.nathan@mail.huji.ac.il
7. **חוקרים נוספים:** עידן טלמון, סשה פקרקסי ויואב ברטן
8. **מילות מפתח:** עגור אפור, אקולוגיה של תנועה, ממשק אוכלוסיות בר

תקציר מנהלים

במשך עשרות שנים, אוכלוסיית העגור האפור (*Grus grus*) החורפת בישראל עברה תהפוכות רבות, מהיעלמות בשנות ה-50 ועד לגידול מואץ החל מאמצע שנות ה-90 של המאה הקודמת. עמק החולה הפך למוקד החריפה העיקרי, עם שיא של כ-50,000 עגורים בחורף 2018/19. עם זאת, חורפים אחרונים מראים ירידה חדה בגודל האוכלוסייה. מגמות אלו הושפעו משינויים בממשק חקלאי, התפרצות שפעת העופות ושינויים בפעולות הממשק באתר החריפה.

מטרת המחקר היא לנטר את גודל והתנהגות אוכלוסיית העגור האפור בעמק החולה לשם שיפור ממשק וצמצום נזקי החקלאות. מטרות המשנה הן: סקירת הגורמים שהובילו לשינויים בגודל אוכלוסיית העגורים החורפת בעמק החולה, הערכת ההשפעה של ממשק האכלה, הצפות בעמק ושמירה בשדות על דפוסי החריפה והצגת המלצות לשיפור ממשק העגורים, תוך צמצום נזקים חקלאיים וצמצום הסיכוי להתפרצות מחלות.

מגמות אוכלוסייה: בין שנות התשעים של המאה הקודמת לחורף 2018/19 נרשמה עלייה בגודל האוכלוסייה, שהגיעה לשיא של כ-50,000 פרטים. מאז חורף 2019/20 חלה ירידה תלולה, ובחורף 2023/24 נספרו כ-11,500 עגורים בלבד, מספר הנמוך ביותר מזה שני עשורים.

השפעת ממשק האכלה: נמצא קשר ישיר בין מספר ימי האכלה לשינוי במספר החורפים, אך לא נמצא קשר ישיר בין כמות המזון או מועד תחילת ההאכלה למספר העגורים החורפים.

שפעת העופות: ההתפרצות ב-2021/22 הביאה למותם של כ-8,000 עגורים (כרבע מהאוכלוסייה החורפת). ההתפרצות ב-2024 הייתה קטנה משמעותית (כ-400 מקרי תמותה). במהלך התפרצויות אלו נמצא כי ניטור באמצעות נתוני תנועה יכולים לשמש להתראה מוקדמת על התפרצות מחלות ולהבנת מהלך המחלה באוכלוסייה.

השפעות ממשקיות נוספות: הפחתת האכלה, גירוש עגורים מאתרי לינה ושמירה אינטנסיבית הובילו לשינויי דפוסי החריפה, מעבר עגורים לאתרים אחרים בישראל ולנדידה מוגברת מחוץ לארץ.

מומלץ לחתור לצמצום הדרגתי של האכלה עד להפסקתה, תוך יצירת מנגנון סבסוד השמירה על השדות. שיפור השמירה בשדות בשיטות מתקדמות כגון הרחקת עגורים באמצעות מערכות לייזר אוטומטיות. שימוש בנתוני תנועה

לניטור בריאות האוכלוסייה. ביצוע מחקר על נזקי חקלאות כתלות במרחק מאתרי הלינה, כבסיס לתכנון זריעות והקטנת נזקי חקלאות. ניהול מפלס המים באגמון תוך שמירה על איזון בין צרכי הפחתת האטרקטיביות לעגורים לשימור מגוון ביולוגי רחב יותר.

סיכום

ירידת אוכלוסיית העגורים החורפת בעמק החולה היא תוצאה של שילוב בין שינויים בממשק האכלה, ממשק השמירה בשדות והתפרצות מחלות. יש צורך בגישה משולבת ומבוססת נתונים לניהול אוכלוסיית העגורים, שתאפשר צמצום נזקים חקלאיים בצורה מיטבית.

Abstract

For decades, the wintering population of the Common Crane (*Grus grus*) in Israel has undergone major fluctuations—from its disappearance in the 1950s to rapid growth starting in the mid-1990s. The Hula Valley became the primary wintering site, reaching a peak of about 50,000 cranes in the winter of 2018/19. However, recent winters show a sharp decline in population size. These trends have been influenced by changes in agricultural practices, avian influenza outbreaks, and management actions at the wintering site.

The aim of this study is to monitor the size and behavior of the crane population in the Hula Valley to improve management and reduce human-wildlife conflict. The specific objectives are: to review the factors driving changes in the size of the wintering population, assess the impact of diversionary feeding management, flooding in the valley, and field protection on wintering patterns, and provide recommendations for improving crane management while minimizing agricultural losses and reducing the risk of disease outbreaks.

From the 1990s until winter 2018/19, the population increased, peaking at about 50,000 individuals. Since winter 2019/20, a steep decline has occurred, with only about 11,500 cranes counted in winter 2023/24—the lowest number in two decades. A direct relationship was found between the number of diversionary feeding days and changes in the number of wintering cranes, but no direct link was detected between the amount of food or the feeding start date and the wintering population size. Reduced feeding, disturbance of cranes at roost sites, and intensive field protection led to changes in wintering patterns, relocation of cranes to other sites within Israel, and increased migration out of the country.

The 2021/22 Avian Influenza outbreak resulted in the death of approximately 8,000 cranes (about a quarter of the wintering population). The 2024 outbreak was significantly smaller (~400 deaths). During these outbreaks, monitoring based on movement data proved useful for early detection of disease outbreaks and understanding disease dynamics in the population.

Recommendations: Gradually phase out feeding until it is completely stopped, while establishing a subsidy mechanism for field protection. Improve crop protection through advanced methods such as automated laser deterrent systems. Use movement data for health monitoring of the population.

Conduct research on crop damage as a function of distance from roosting sites, to guide planting strategies and reduce agricultural losses. Manage water levels in the Hula Lake to balance reducing its attractiveness to cranes while preserving broader biodiversity.

In conclusion, the decline in the wintering crane population in the Hula Valley is the result of a combination of changes in feeding practices, field protection management, and disease outbreaks. An integrated, data-driven approach to crane population management is needed to effectively minimize agricultural damage.

1. רקע

אוכלוסיית העגור האפור (*Grus grus*) החורפת בישראל מנתה כמאות פרטים בתחילת המאה הקודמת ונעלמה בסוף שנות ה-50 בעקבות הרעלות. החל מאמצע שנות ה-60 גדלה והתפשטה בהדרגה עם מוקד עיקרי בעמק יזרעאל ומנתה באמצע שנות ה-80 כ-2500 פרטים (Levy and Yom-Tov 1991). בעמק החולה נצפו עגורים חורפים לראשונה בחורף 1984/5, ואוכלוסייה זו גדלה בהדרגה למאות פרטים באמצע שנות ה-90 (Levy and Yom-Tov 1991). החל מאמצע שנות ה-90 נרשמו קפיצות חדות בגודל האוכלוסייה לכ-10,000 פרטים בסוף שנות ה-90, 35,000 פרטים בחורף 2009/10 (Shanni et al. 2018), ועד שיא של כ-50,000 פרטים חורפים בשנת 2018/19. בשיאו, עמק החולה הפך לאחד ממוקדי החריפה העיקריים של האוכלוסיות המרכז-פליארקטיות של מין. תהליך זה מיוחס לשינויים חקלאיים בעמק, ובעיקר מעבר לגידול בוטנים ותירס וכן יצירת שטחי מים רדודים החיוניים ללינת העגורים (Shy et al. 1998), אלון (2001). עליה זו בגודל אוכלוסיית החורפים יצרה אטרקציה תיירותית ייחודית אך גם הובילה לקונפליקט הולך וגובר עם החקלאים. בתגובה בחורף 1999/2000 הוקם "פרויקט העגורים", הכולל ניטור אוכלוסיית העגורים ופעולות ממשק כגון הסדרת עגורים פעילה משדות רגישים, הקצאת "שטחי מפלט" לשיחור מזון בדמות שדות בהם לא מטרידים עגורים וחלוקת מזון אינטנסיבית בתחנת האכלה (דוידסון 2004, Pekarsky et al. 2018, Shanni et al. 2021). החל מהחורף של 2019/20 החלה מגמת ירידה דרמטית במספר העגורים ובשני החורפים האחרונים (חורף 2023-25) פחות מ-15,000 בעמק החולה. בחורף של שנת 2021/22 התרחשה ההתפרצות הגדולה ביותר של שפעת העופות שתועדה בחיות בר בישראל שהביאה למותם של כרבע מאוכלוסיית העגורים החורפים בעמק. מטרת דו"ח זה היא לסכם את הידע שנצבר על אוכלוסיית העגורים והקשרים ממשקיים מאז פרסום הדו"ח הקודם של מחקר זה.

2. מטרת המחקר

המטרות המחקריות של העבודה, **והמטרות היישומיות** המבוססות על השגת כל אחת מהמטרות המחקריות, כפי שהוגדרו בהצעת המחקר (**עם שינויים מודגשים בכחול**) הן:

I. **מטרה מחקרית:** בחינת תגובת עגורים להפרעות מקומיות מסוגים שונים. **מטרה יישומית:** פיתוח אב טיפוס של מערכת התרעה אוטונומית בזמן אמת שתאפשר איתור וגירוש עגורים משדות רגישים באופן יעיל, אמין ואוטומטי. **הערה:** בגלל שהמערכת בה התכוונו להשתמש (LIDAR) לצורך מטרה זו לא הבשילה, ומכיוון שירון צירקה הודיע במפורש במרץ 2022 שכל נושא הרחקת העגורים הוא פרוייקט רק שלו והוא מוביל אותו בלעדינו במימון נפרד, מטרה זו הוחלפה במטרה חדשה (מס' IV להלן), בתיאום מפורש ובאישור של ירון צירקה שניתן במרץ 2022 ואושש בשיחה טלפונית ב 21 במרץ 2023.

II. **מטרה מחקרית:** בחינת השפעה של שינויים חריפים בפעולות ממשק או במשתני הסביבה ביחס לפעולות ותנאים השגרתיים בשנים אחרות יעילות כללית של ניהול קונפליקטים חקלאות-טבע. **מטרה יישומית:** הגדרת מערכת קבלת

החלטות לניהול פעולות הממשק העגורים הקיימות כיום על בסיס ניתוח תגובת העגורים לשינויים חריפים בפעולות ממשק או במשתני הסביבה.

III. מטרה מחקרית: שימוש במחקר השוואתי להבנה של השפעות פעולות ממשקיות בקונטקסט רחב יותר. מטרה יישומית: בחינת אפשרויות לפעולות ממשק אלטרנטיביות על בסיס ניתוח תגובת העגורים לתנאים באזורים גיאוגרפיים שונים. הערה: מטרה זו בוטלה בגלל קיצוץ התקציב עוד לפני תחילת הפרויקט.

IV. מטרה מחקרית: הערה: נוספה כתחליף למטרה I (בעקבות התפרצות שפעת העופות) שיטות לניהול והכוונה של ממשק עגורים בקונטקסט רחב בדגש שפעת עופות. מטרה יישומית: שימוש בנתונים מעגורים ממושדריים ככלי לקבלת החלטות בעת התפרצות שפעת העופות בעופות בר.

V. מטרה מסכמת: הגדרת מודל אופטימלי לשימוש ושילוב של שיטות הממשק השונות אשר מקטין בצורה בת-קיימא היעילה ביותר את נזקי העגורים בחקלאות.

3. שיטות

3.1. לכידה ומשדור (רלבנטי לכל מטרות העבודה)

במהלך מחקר העגורים במעבדה נלכדו ומושדורו בהצלחה 101 עגורים שנדדו בציר המזרחי במשדרי GPS-GSM בקונפיגורצית רגל, רובם הגדול במימון ממקור אחרים. בזכות שיתוף פעולה פורה עם דר' יורי מרקין, מנהל שמורת אוקסקי ברוסיה ומומחה בלכידת עגורים באמצעות תרדימון, נלכדו ברוסיה 5 עגורים נוספים מאז כתיבת הדו"ח האחרון. שישה עגורים נוספים נלכדו בזכות שיתוף פעולה חדש עם ד"ר איוור אויסטה – מומחה בלכידת עגורים אסטוני. שלושה עגורים נוספים נלכדו בפינלנד בזכות שיתוף פעולה שהחל בקיץ 2020 עם פטרי סורסה – מומחה בלכידת עגורים פיני. נתוני המיקום ממשדרי ה GPS נאספו ברזולוציה של מיקום כל 5 עד 60 דקות כתלות במצב הטעינה בסוללת המשדור. נתוני מד התאוצה נאספו למשך 4 שניות, פעם ב 5 דקות בשלושה צירים ברזולוציה של 10 הרץ (10 דגימות בשנייה).

3.2. בדיקת תגובת העגורים לשינויים ממשקיים (מטרה II)

3.2.1. ספירת עגורים

3.2.1.1. באמצעות מתנדבים

ספירת האוכלוסייה החולפת והחורפת של העגורים החלה בחורף 1996/7 במסגרת עבודת המוסמך של דן אלון (אלון 2001), המשיכה ע"י אנשים שונים וכיום מרוכזת ע"י עינבר שלומית-רובין ונדב ישראלי בסיוע מדריכי אגמון החולה-קק"ל ומתנדבים. ספירת העגורים מתבצעת ע"י סופרים שנפרשים סביב האגמון לפני אור ראשון ומחלקים גזרות הספירה ביניהם. כל מתנדב סופר את העגורים היוצאים מאתר הלינה ועפים דרך הגזרה שבאחריותו ובסוף כל התוצאות מאוחדות. הגופים השותפים לספירה הם: אגמון החולה-קק"ל, חלה"ט, רט"ג ומתנדבים. חשוב להבהיר כי מחברי הדו"ח השתתפו בספירות העגורים, אך אינם אחראים על ניהולן, אלא מסכמים את הנתונים לצורך הכנת הדו"ח. בספירות שבוצעו באמצעות חישה מרחוק בעזרת רחפן (ראה סעיף 3.2.1.4), לא הייתה לנו כל מעורבות.

3.2.1.2. תחנות הדיגום

תחנות הדיגום פרוסות סביב האגמון כך שמכל תחנה ניתן לראות את גבול הגזרה עם התחנה השכנה (טבלה 1).

רשת ישראל החדשה		שם התחנה
X	Y	
256415	779144	מצפור עגורים
256728	779467	החוף הצפוני
257393	779295	מצפור שקנאי
258011	779107	האי הגדול
257583	778022	מצפור מחניים

3.2.1.3. תדירות ותאריכי הדיגום

תדירות רצויה

א. בזמן נדידת הסתיו (תחילת אוקטובר עד תחילת דצמבר) מתבצעת ספירה אחת בשבוע (במידה ואין מניעה).

ב. בזמן חריפת העגורים (תחילת דצמבר עד אמצע פברואר) מתבצעת ספירה אחת לשבועיים (במידה ואין מניעה).

מקרים בהם לא מתבצעת ספירה:

- בקרים בהם שורר ערפל בעמק בשעות הרלוונטיות.
- לינת עגורים באתרי לינה אחרים - בשנים גשומות או עקב תקלות בניקוז שטחים, נוצרים שטחים מוצפים בשדות מסביב לאגמון או בשטח ההאכלה של העגורים. לעיתים בעקבות ההצפה עגורים רבים נשארים ללון בשטחים אלו במקום בגוף המים ופיזורם במרחב מקשה על הספירה.
- מחסור בסופרים - במקרים בהם אין את מינימום הסופרים הנדרש לשיטה (שבעה סופרים) הספירה לא מתקיימת. מקרים אלה נדירים יחסית.
- סגירת השטח בעקבות שפעת העופות.

3.2.1.4. באמצעות רחפן

החל מהחורף של שנת 2021/22, במקביל לספירות המתנדבים, נעשו גם ספירות באמצעות רחפן. ע"פ רב, צילומי הרחפן התבצעו בשעות הלילה מעל האגמון, אתר הלינה המרכזי של העגורים. התמונות הרבות שצולמו אוחדו לפסיפס (מוזאיקה) שהכיל את כל השטח המצולם. ספירת העגורים התבצעה ע"י פיתוח אלגוריתם שמבדיל בין החתימה הספקטרלית האופיינית של העגור (טמפרטורה, גודל וצורה) לסביבתו (גוף המים של האגמון) ברמת דיוק גבוהה מאוד של בין 91.47%-99.68% (כתלות במדד הבדיקה; (Chen et al. 2023)). בנוסף לספירות הלילה, נעשו גם ספירות בשטח האכלה בשעות היום. בחורפים 2020-22 הספירות נעשו ע"י המעבדה של ד"ר אסף חן ממיג"ל ובחורף 2022/23 הספירות נעשו ע"י צוות "תנשמת" - קק"ל. מידע נוסף לגבי שיטת הספירה וניתוח הנתונים באמצעות רחפן ניתן למצוא ב (Chen et al. (2023). בגלל מלחמת חרבות ברזל, לא התבצעו ספירות ע"י רחפן בחורף של שנת 2023/24.

3.2.2. השפעת האכלה על מספר העגורים החורפים

כדי לבחון איזה רכיב בממשק האכלה משפיע ביותר על מספר העגורים החורפים, בחנו את הקשר בין השינוי במספר העגורים החורפים (מספר העגורים בשנה מסוימת פחות מספרם בשנה הקודמת) לבין מספר פרמטרים

של ההאכלה: תאריך תחילת האכלה, כמות המזון היומית הממוצעת (גרם לעגור ליום), ומספר ימי האכלה. בחינת השינוי במספר העגורים מאפשרת הבנה אינפורמטיבית יותר של ההשפעות השונות.

3.2.3. השפעת משך פעולת תחנת ההאכלה על משך שהות העגורים החורפים והנוודים

מועדי תחילת וסיום פיזור מזון בתחנת ההאכלה התקבלו מג"ג - אגודת חקלאי הגליל. עבור עגורים שחרפו בישראל, מועד יציאתו של כל פרט לנדידה צפונה הוגדר ע"י התאריך האחרון שבו שהה הפרט בעמק החולה. לאחר מכן בדקנו את הקשר בין מועד הפסקת ההאכלה למועד יציאת כל פרט לנדידה. עבור הפרטים שלא חרפו בארץ והגיעו בנדידה מאפריקה באביב (נוודים להלן) בדקנו באופן דומה את משך שהייתם מרגע הגיעם ועד שהם יצאו לנדידה צפונה. לאחר מכן בדקנו את הקשר בין משך שהיית העגור למספר הימים בהם היא חפפה עם פעילות תחנת האכלה.

3.2.4. יעילות השמירה בשדות והעדפות סוגי גידול ע"י עגורים חורפים

בכדי למנוע נזקי חקלאות ע"י אוכלוסיית העגורים בעונת החורף פועלים שומרים שמשימתם להטרדת עגורים השהים בשדות רגישים. כחלק מעבודת הדוקטורט של סשה פקארסקי (Pekarsky et al. 2021), השומרים צוידו בטלפונים חכמים יד-שנייה שהקליטו את תנועתם. לצורך הגדרת אינטראקציה בין שומר לעגור נעשה שימוש במקרים בהם זוהתה עצירה של פרט על שדה רגיש ומיקום השומר נראה באותו המרחב (טווח של עד 300 מטר בין השומר לעגור המוטד). במקרים בהם עף העגור מהשדה בזמן שהשומר נמצא במרחק גדול מ-1000 מטרים מהעגור, התעופה נחשבה כספונטנית שאינה קשורה לפעולת ההטרדה. מרחקי ביניים, בין-300 ל-1000 מטר, לא נכללו בביתוח משום שלא ניתן לקבוע בוודאות האם התעופה היא כתוצאה מפעולת הטרדה שנעשתה מרחוק או ספונטנית.

3.2.5. השפעת גובה מפלס פני האגמון

נתוני מפלס פני האגמון התקבלו ממדידות דו-שבועיות שהתקיימו ע"י חיים מיליאד, עידן ברנע ועמית רוזנברג החל משנת 2002 ועד כתיבת הדו"ח. רק נתוני החורף שחופפו עם שהות העגורים הממושדרים (2016-2023) ששימשו לביתוח בפרק הנוכחי. מתוך 278 ימים עבורם היו נתונים זמינים, רק ב 3 ימים היה מפלס המים גבוה מ 62.3 מ' מעל פני הים (מפ"ה). מיעוט הימים עבורם היה מפלס המים גבוה היה הגורם המגביל במטרה זו.

3.3. שימוש בנתוני תנועה ככלי לממשק מחלות של עופות בר (מטרה IV)

3.3.1. שימוש בנתוני תנועה לקבלת תמונת מצב עדכנית ובזמן אמת על ההתפרצות

לעגור בריא החורף בעמק החולה ישנו דפוס פעילות יממתי קבוע. דפוס זה כולל יציאה לפעילות שיחור מזון לפנות בוקר כאשר במהלך השיחור הוא עובר בין שדות שונים או שוהה בתחנת האכלה ורק לקראת ערב הוא חוזר לאתר הלינה. נתוני המיקום מתגי ה GPS אפשרו לנו לראות סטיות מדפוס פעילות קבוע זה כגון צמצום מספר שעות הפעילות מחוץ לאתר הלינה או אי יציאה כלל מאתר הלינה לפעילות שיחור.

מד התאוצה מודד את תאוצת הגוף בשלושה צירים במקביל. מנתונים אלו חישבנו את מדד Overall Dynamic – Body Acceleration (ODBA) – מדד יחיד המאחד את תנועת הגוף בכל שלושת הצירים והוא קורלטיבי עם

ההוצאה האנרגטית של הפרט (Gleiss et al. 2011). באמצעות ה-ODBA בדקנו מתי פעילות בפרט נמוכה יותר מערך סף שהוגדר כטווח הנורמה. ערך סף הנורמה הוגדר כערך הנמוך מ-1% פעילות של עגורים בריאים. טווח הנורמה מתייחס לפרופורציית הפעילות של כל פרט מתוך שיא פעילותו ובכך נלקחים בחשבון הבדלי פעלתנות בין פרטים שונים.

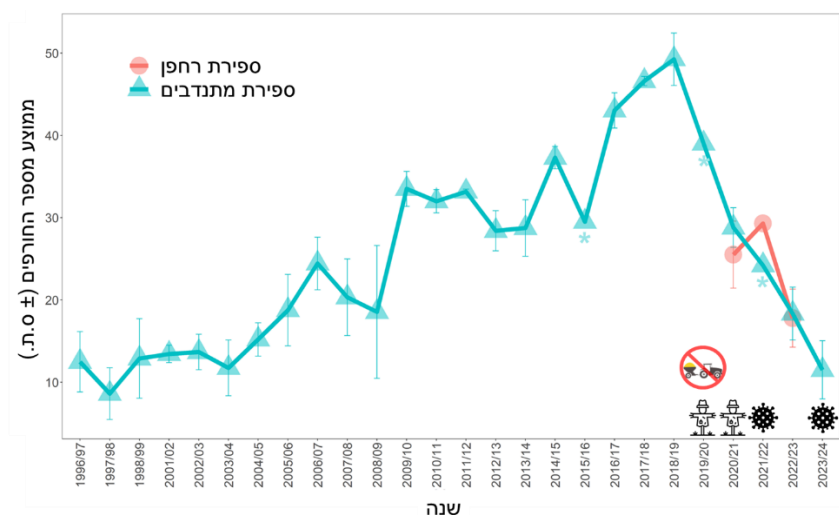
3.3.2. הערכת שרשראות הדבקה בין חיות בר לעופות משק

ההסתברות להדבקה בין פרט נגוע פוטנציאלי מעמק החולה לעופות משק חושבה לפי נתוני מיקום שנאספו במהלך שנת ההתפרצות (2021-22): 10 פרטים, 162 ימי תצפית, 13,417 נתוני מיקום. בנוסף חושבה ההסתברות גם עבור כל נתוני העגורים שנאספו בפרויקט מתחילתו (57 פרטים, 1080 ימי תצפית, במשך 6 שנים, 145,423 נתוני מיקום), כדי לבחון זיקה לאתרים לאורך זמן ממושך. בשני המקרים הנתונים נאספו בתדירות של מיקום בשעה. האתר שנבדק היה הלול במושב מרגליות, שם תועדה התפרצות שפעת עופות בשלב מוקדם יחסית של המגיפה (19 בדצמבר 2021). בשל השתלשלות האירועים כרונולוגית, גורמים מסוימים העריכו כי בשל הקרבה לעמק החולה, סביר שמקור ההתפרצות במשק מרגליות הוא בעגורים נגועים.

4. תוצאות

4.1. גודל אוכלוסיית העגורים בעמק החולה לאורך שנות הניטור

מהחורף של שנת 1996/7 בו נספרו כ-12,500 עגורים חורפים ועד 2018/19 בו נספרו קצת פחות מ-50,000, נראתה מגמת עלייה. החל מחורף-2019/20 החלה ירידה תלולה כאשר בשנת 2023/24, בשנה החמישית לירידה נספרו רק כ-11,500 פרטים בחורף (איור 1 – קו טורקיז). בשנת 2020/21 החלו ספירות רחפן שמגמתן עולה בקנה אחד עם מגמת הירידה בשלושת השנים האחרונות אך ישנה ספירה בחורף 2021/22 בה ישנה עליה (איור 1 – קו אדום). בחורף 2023/24 לא התבצעו ספירות רחפן בעיקר בגלל הלחימה.

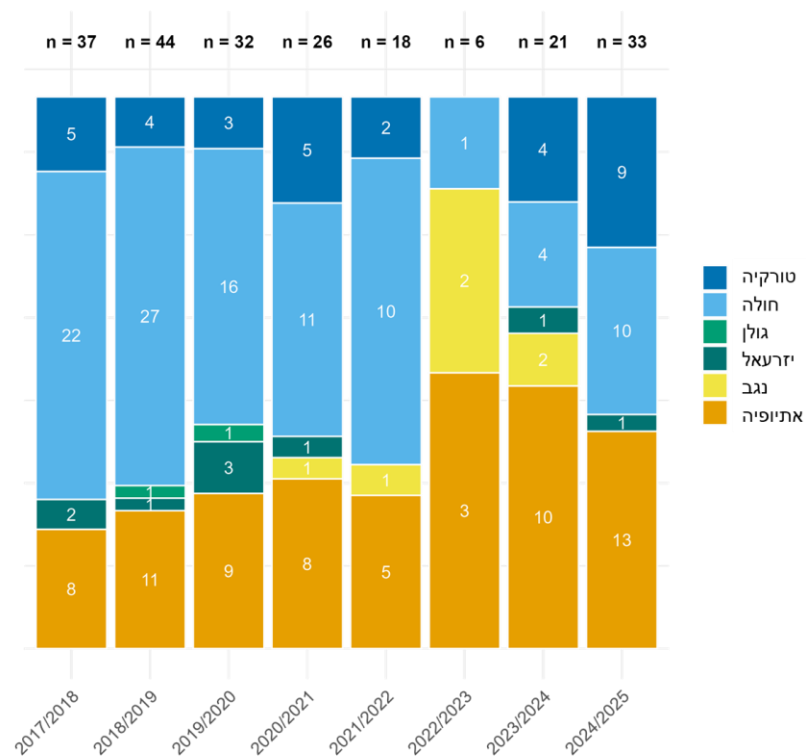


איור 1: ממוצע מספר הפרטים של עגור אפור (*Grus grus*) החורפים בעמק החולה לאורך שנות איסוף הנתונים. הממוצע נעשה על ספירות מתנדבים ורחפן שנעשו בין הראשון בדצמבר ל-15 בפברואר. כוכבית מציינת שנים בהן נעשתה רק ספירה אחת ולכן מייצגת ערך בודד ולא ממוצע. אייקון של טרקטור מסמן שנה בה הייתה האכלה מצומצמת בלבד (29 ימי האכלה לעומת ממוצע של כ-102 ימי האכלה). אייקון של דחליל מייצג ביצוע של פעולות ממשק ייחודיות כמו גירוש לילי מאתר הלינה ו"עידוד נדידה" (שמירה מאסיבית שלא מאפשרת לעגורים לשהות גם בשדות מקלט). אייקון של וירוס מסמן שנים בהן הייתה התפרצות של שפעת העופות כאשר בראשונה מתו לכל הפחות 8,000 עגורים ע"פ ההערכות.

השמרניות ביותר ואילו בשנייה פחות מ-400. נתוני ספירת העגורים התקבלו באדיבות אגמון החולה-קק"ל, החלה"ט ורט"ג בריכוזם של עינבר שלומית רובין ונדב ישראלי בסיוע מדריכי אגמון החולה-קק"ל ומתנדבי קק"ל.

4.2. חריפה בישראל או נדידה דרכה (כללי)

במהלך שנות המחקר, שהחלו בשנת 2016, בוצע מעקב אחר 101 פרטים המשתמשים בציר הנדידה המזרחי, כאשר עבור חלקם נאספו נתונים ביותר משנה אחת. מתוך כלל הפרטים, 89 חורפו בישראל או חלפו בה בדרכם לאתרי החריפה באתיופיה. למעט מקרים בודדים, עגורים שלא חורפו בישראל או עברו בה, שהו בדרך כלל בדרום טורקיה, באזור אדנה. בשנות המחקר הראשונות רוב העגורים שחורפו בישראל שהו בעמק החולה, ואילו אתרי חריפה נוספים כללו את דרום רמת הגולן, עמק יזרעאל, עמק חפר, שפלת יהודה והנגב המערבי. בשלושת השנים האחרונות נראית ירידה בפרופורציית הפרטים הממושדרים החורפים בעמק החולה (איור 2). פרטים רבים שחורפו באתרים חלופיים בישראל שהו בעמק החולה לפרקי זמן משתנים במהלך החורף, לרוב בתחילתו עם הגיעם לישראל ובסופו לפני עזיבתם.



איור 2 פרופורציה של עגורים ממושדרים שחורפו (שהות עיקרית במהלך דצמבר וינואר) באתרים שונים לאורך ציר הנדידה המזרחי.

4.3. החלפת אתרי חריפה (כללי)

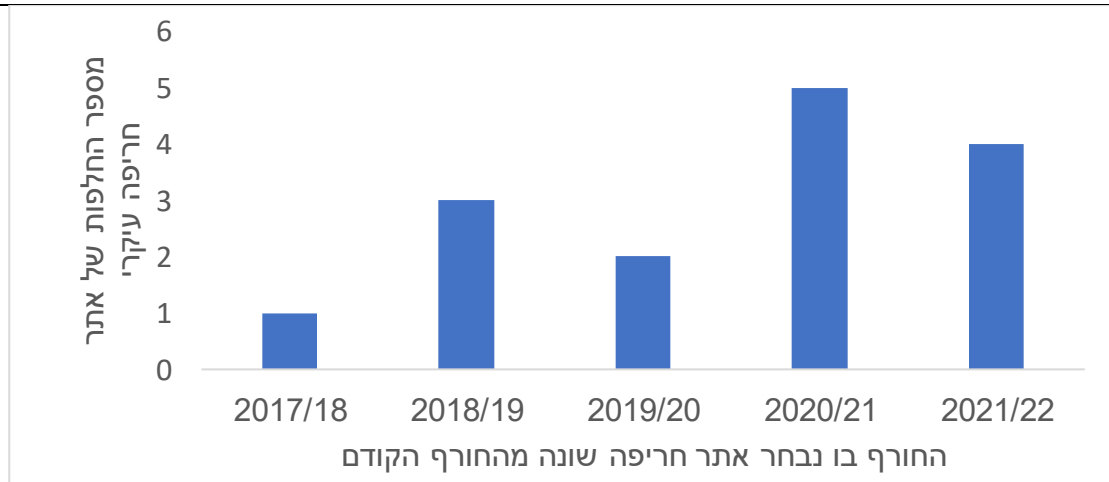
ככלל, עגורים נשארים נאמנים לאתרי החריפה שלהם ובעיקר בוגרים מקננים (Alonso *et al.* 2008). מתוך 52 הפרטים הממושדרים עליהם יש נתונים של שני חורפים ומעלה, 4 פרטים (~8%) החליפו אתר חריפה עיקרי בתוך ישראל (לדוג' מעמק יזרעאל לעמק החולה,

טבלה 2). עשרה פרטים (~20%) החליפו אתר חריפה עיקרי, חלקם יותר מפעם אחת, בין מדינות שונות בציר הנדידה (לדוג' מעמק החולה לטאנה-אתיופיה,

טבלה 2, איור 3). העונה של חורף 2019/20 הייתה חריגה בכך שהתבצעו לפחות חמישה אירועי הטרדות ליליות לגירוש עגורים מגוף האגמון במהלך הסתיו, הייתה שמירה אינטנסיבית בצורה יוצאת דופן לאורך העונה, וההאכלה הייתה המצומצמת ביותר מאז תחילת הפרויקט (ארצי וכולדו 2020). מתוך שישה-עשר עגורים ממושדרים שחרפו בישראל בחורף זה, ארבעה פרטים (25%, בוגר ושלושה תת-בוגרים או בוגרים), החליפו אתר חריפה בשנה שלאחר מכן. בשנה זו התרחשו מספר ההחלפות הגבוה ביותר מאז תחילת המחקר (איור 3).

טבלה 2: החלפת אתרי חריפה בעגורים ממושדרים בין השנים 2016-2022. שורות הצבעות בצבע חום מציגות את הפרטים שעזבו את ישראל כאשר חריפה עיקרי לאתר אחר בין החורף של 2019/20 ל- 2020/21.

פרט	גיל משדור	זוויג	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22
A223313	צעיר	ז	אדנה - טורקיה	עמק החולה	אדנה - טורקיה			
161161	A223332	צעיר	ז	עמק החולה	עמק החולה	עמק החולה	טורקיה	
	A223338	צעיר	ז	עמק יזרעאל	עמק חפר	עמק חפר		
170541	A223354	תת-בוגר	ז	עמק החולה	עמק החולה	עמק החולה	טאנה - אתיופיה	עמק החולה
170811	A223381	צעיר	ז	טאנה - אתיופיה	עמק החולה	עמק יזרעאל	טאנה - אתיופיה	טאנה - אתיופיה
	A223304	צעיר	ז	טאנה - אתיופיה	טאנה - אתיופיה	טאנה - אתיופיה	אדנה - טורקיה	
	A223383	בוגר	ז	עמק החולה	שפלת יהודה	עמק החולה		
	A223387	צעיר	ז	עמק החולה	גבול סוריה-עירק			
	A223362	בוגר	ז		טאנה - אתיופיה	טאנה - אתיופיה	נגב	
170931	A223393	בוגר	F	עמק החולה	עמק החולה	עמק החולה	טאנה - אתיופיה	עמק החולה
	A223396	בוגר	ז	עמק יזרעאל	עמק החולה	עמק יזרעאל		
	A339502	בוגר	נ		עמק חפר	עמק החולה	עמק החולה	
	A333079	בוגר	ז		עמק החולה	אדנה - טורקיה		
	A59559	בוגר	לא ידוע			עמק יזרעאל	טורקיה	



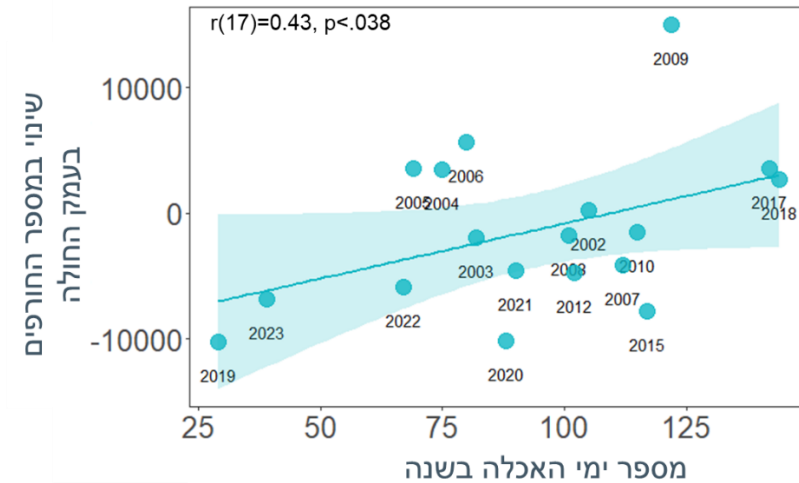
איור 3: החלפות אתר חריפה עיקרי בין מדינות שונות בציר הנדידה המזרחי.

4.4. בדיקת תגובת העגורים לשינויים ממשקיים (מטרה II)

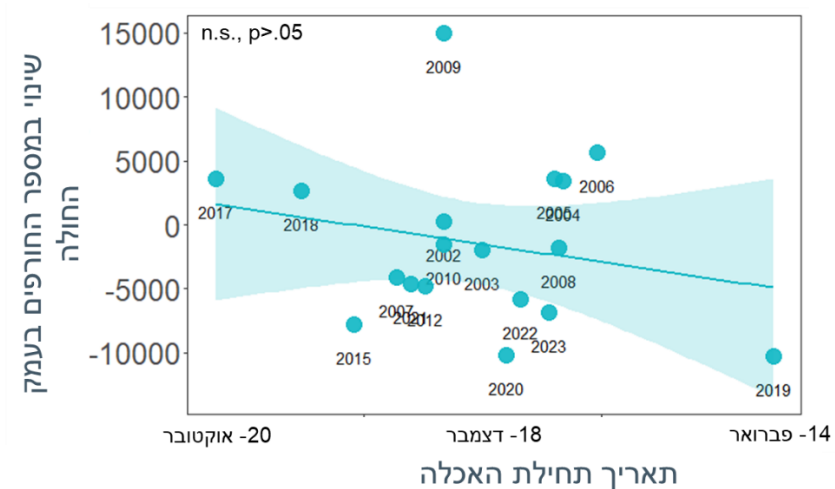
4.4.1. גורמים המשפיעים על גודל אוכלוסיית העגורים

קיים קשר חיובי מובהק בין מספר ימי האכלה לשינוי במספר החורפים בעמק החולה. ככל שישנם יותר ימי האכלה, כך השינוי במספר החורפים גדול יותר ($p < 0.038$, איור 4). לעומת זאת, לא נמצא קשר בין תאריך פתיחת תחנת אכלה

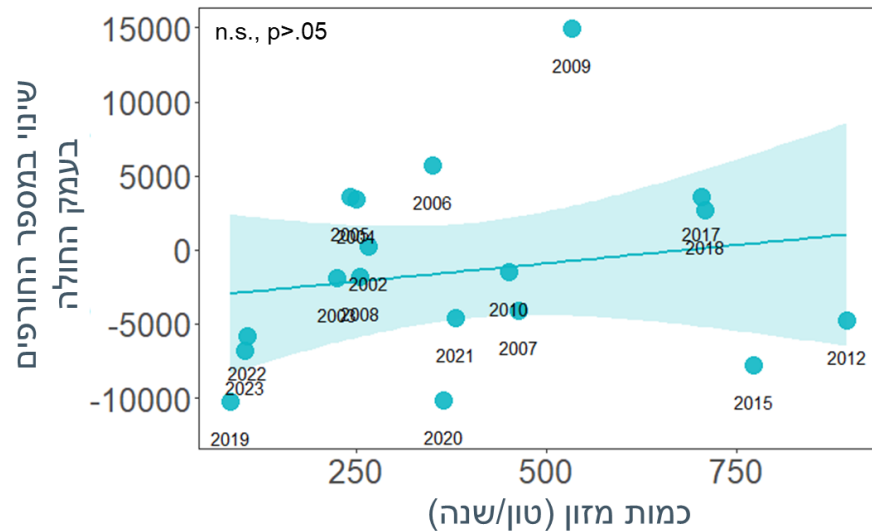
(איור 5) או כמות המזון השנתית שמפוזרת בתחנת האכלה (איור 6) לבין השינוי במספר העגורים החורפים.



איור 4: הקשר בין מספר ימי האכלה לשינוי במספר העגורים החורפים בעמק החולה (מספר החורפים פחות מספר החורפים בשנה הקודמת). נתוני ספירת העגורים התקבלו באדיבות אגמון החולה-קק"ל, החלה"ט ורט"ג בריכוזם של עינבר שלומית רובין ונדב ישראלי בסיוע מדריכי אגמון החולה-קק"ל ומתנדבי קק"ל.



איור 5: הקשר בין תאריך תחילת האכלה לשינוי במספר העגורים החורפים בעמק החולה (מספר החורפים פחות מספר החורפים בשנה הקודמת). נתוני ספירת העגורים התקבלו באדיבות אגמון החולה-קק"ל, החלה"ט ורט"ג בריכוזם של עינבר שלומית רובין ונדב ישראלי בסיוע מדריכי אגמון החולה-קק"ל ומתנדבי קק"ל.

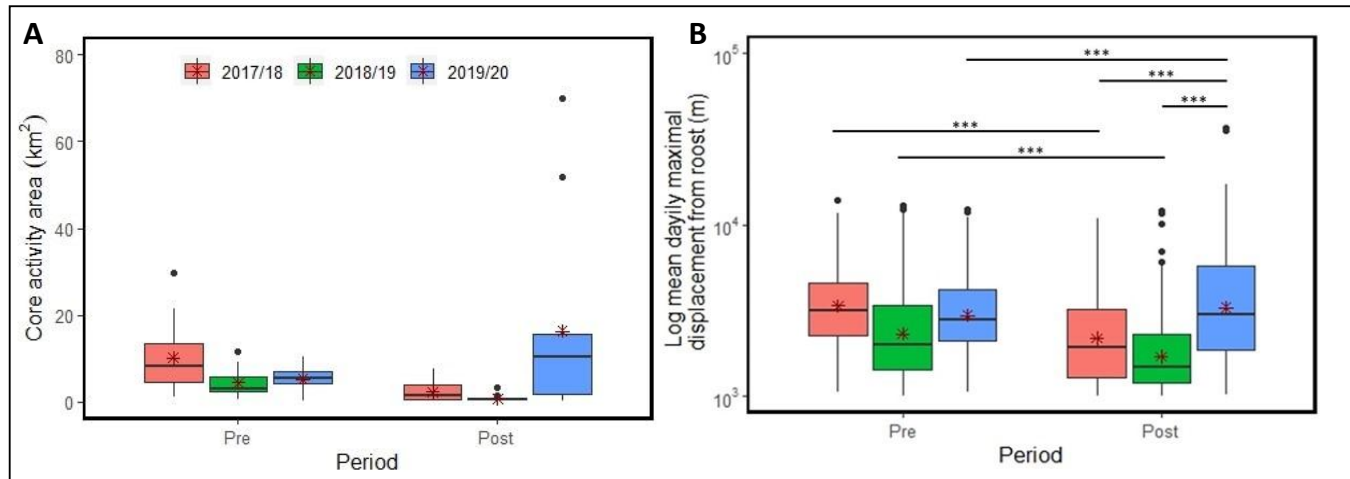


איור 6: הקשר בין כמות המזון המפוזרת בתחנת האכלה (טון בשנה) לשינוי במספר העגורים החורפים בעמק החולה (מספר החורפים פחות מספר החורפים בשנה הקודמת). נתוני ספירת העגורים התקבלו באדיבות אגמון החולה-קק"ל, החלה"ט ורט"ג בריכוזם של עינבר שלומית רובין ונדב ישראלי בסיוע מדריכי אגמון החולה-קק"ל ומתנדבי קק"ל.

4.4.2. השפעת אי האכלה והצפות על תחום פעילות ומרחק תעופה מקסימאלי מאתר הלינה

בכדי להעריך את השפעת העדר האכלה בחורף 2019/20, השונו את ליבת תחום הפעילות בחורף זה לממצאים של השנים הקודמות בהן התקיימה האכלה. מנתוני תנועת העגורים עולה כי גודל ליבת תחום הפעילות של הפרטים החורפים בעמק החולה היה שונה בין השנים בהם הופעלה תחנת האכלה לשנה בה הפעלתה הופסקה; (ART-ANOVA: $F_{5,82.3}=24.37$, $p<.001$, איור A7). כפי שדווח כבר בעבר (Pekarsky et al. 2021), בחורפים של 2017/18 ו-2018/19 בהם הופעלה תחנת האכלה, העגורים צמצמו את ליבת תחום פעילותם לאחר תחילת פעולתה. בחורף 2017/18 שטח ליבת תחום הפעילות קטן בממוצע מ-10.2 קמ"ר ל-2.4 קמ"ר ($Tukey\ post\ hoc$, $p<.001$). וב-2018/19 מ-4.4 קמ"ר ל-0.8 קמ"ר ($Tukey\ post\ hoc$, $p<.001$) לפני תחילת האכלה ואחריה בהתאמה (Pekarsky et al. 2021). לעומת זאת, בחורף של שנת 2019/20 שטח ליבת תחום הפעילות הממוצע לא השתנה ($Tukey\ post\ hoc$, $p=0.95$) אך השונות בגודל ליבת תחום הפעילות בין הפרטים גדלה באופן ניכר (Levene test, $p<.001$), (איור A7). בנוסף, שטח ליבת תחום הפעילות בחצי השני של חורף 2019/20, בו לא הופעלה תחנת האכלה, גדול באופן מובהק בהשוואה לתקופה המקבילה בחורפים של 2017/18 ו-2018/19 בהן הופעלה תחנת האכלה ($Tukey\ post\ hoc$, $p<.001$, איור A7).

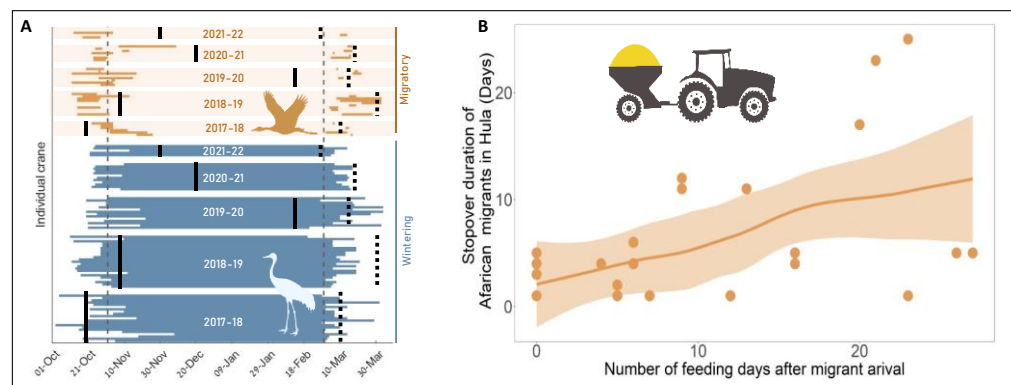
מנתוני תנועת העגורים עולה כי המרחק היומי המקסימלי מאתר הלינה לאתרי שיחור המזון שהעגורים החורפים בעמק החולה עפים השתנה בין התקופות החריפה, לפני ואחרי מועדי תחילת האכלה בתחנת האכלה וכן בין שנים שונות (ART-ANOVA: $F_{5,2467.9}=103.88$, $p<.001$, איור B7). בחורפים של 2017/18 ו-2018/19 בהם הופעלה תחנת האכלה, העגורים צמצמו את המרחק המקסימאלי לאתרי השיחור למזון לאחר תחילת פעולתה. בחורף 2017/18 המרחק קטן בממוצע מ-3.9 ק"מ ל-2.1 ק"מ ($Tukey\ post\ hoc$, $p<.001$, איור B7) וב-2018/19 מ-2.5 ק"מ ל-1.7 ק"מ ($Tukey\ post\ hoc$, $p<.001$, איור B7) לפני תחילת האכלה ואחריה בהתאמה. לעומת זאת, בחצי השני של חורף 2019/20, בו לא הופעלה תחנת האכלה, העגורים הגדילו בממוצע את מרחק התעופה המקסימאלי מ-3.3 ק"מ ל-8.3 ק"מ ($Tukey\ post\ hoc$, $p<.05$, איור B7) ומרחק זה היה גודל מאופן מובהק בהשוואה לתקופה המקבילה בחורפים של 2017/18 ו-2018/19 בהן הופעלה תחנת האכלה ($Tukey\ post\ hoc$, $p<.001$, איור B7).



איור 7: דיאגרמת קופסה (Boxplot) של (A) גודל שטח ליבת תחום פעילות העגורים (UD 50%) ו-(B) לפני (Pre) ואחרי (Post) מועד תחילת האכלה בשנים בהם תחנת האכלה הייתה פעילה (2017/18-2018/19, 2018/19-2019/20, 2019/20-2020/21) לעומת התקופה המקבילה בשנה החריגה (2019/20-2020/21). הגבול העליון והתחתון של הקופסאות מציגים את רבעונים התחתון והעליון בהתאמה. הקו האופקי בתוך הקופסה מייצג את החציון והכוכבית החומה מייצגת את הממוצע. נקודות המופיעות מחוץ לקופסא הן חריגות (outliers). הקווים האנכיים מעל ומתחת לקופסאות מייצגים את נקודת המינימום והמקסימום מהנתונים ללא הנקודות החריגות בהתאמה. *** מציין רמת מובהקות כאשר $p < 0.001$.

4.4.3. השפעת הפעלת תחנת האכלה על שדות עגורים חורפים ונוודים בישראל

מועדי ההתחלה והסיום של פעולת תחנת האכלה השתנו לאורך השנים בהם התקיים מעקב אחר עגורים. שונות זו מאפשרת לבדוק את השפעת פעולתה על שדות העגורים. מועד הפסקת פעילותה של תחנת האכלה לא משפיע על מועד עזיבתם של הפרטים החורפים באגמון החולה ($P > 0.05$). לעומת זאת, ישנו קשר מובהק בין משך פעולתה של תחנת האכלה ומשך עצירת הביניים בחולה של העגורים הנוודים בין אפריקה לאזורי הקינון שלהם באביב: ככל שהאכלה מתארכת, משך חניית הביניים של העגורים מאתיופה מתארך (איור 8, $p < 0.001$, GLMM).

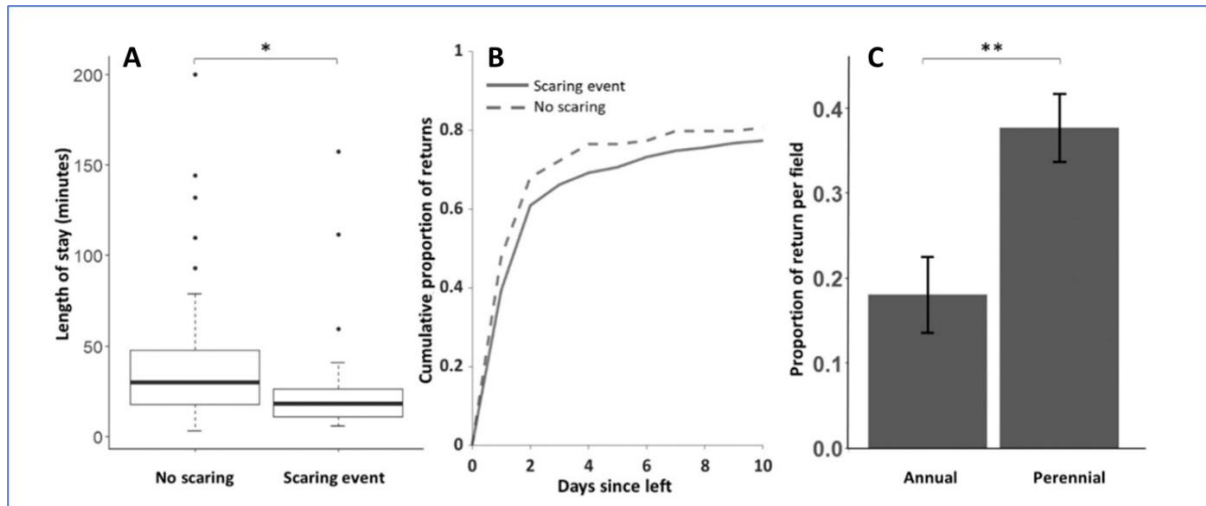


איור 8: (A) שהיה של עגורים בעמק החולה לאורך עונת הסתיו והחורף בשנות המחקר השונות. כל קו מסמן פרט אחר. הצבעים כחול וחום בהיר מסמנים פרטים חורפים ונוודים בהתאמה. קווים אנכיים שחורים ומקווקווים מייצגים את מועד התחלה וסיום פעולתה של תחנת האכלה בהתאמה. (B) אורך עצירת הביניים בחולה כתלות במספר ימי האכלה לאחר הגעתם ($p < 0.001$, GLMM).

4.4.4. יעילות השמירה בשדות והעדפות סוגי גידול ע"י עגורים חורפים

במהלך המחקר נאספו 7119 שעות של תנועות שומרי שדות בממוצע של 6.5 שומרים ביום (טווח 1-13). זמן החזרה הממוצע לשדה של שומר לשדה הוא 47 דקות (טווח: 5-152). זיהינו 627 אינטראקציות בין עגורים נושאים תג GPS ובין שומרים בשדות רגישים, ו-119 מקרים בהם עגורים עזבו שדות רגישים ללא מפגש עם שומר. עגורים

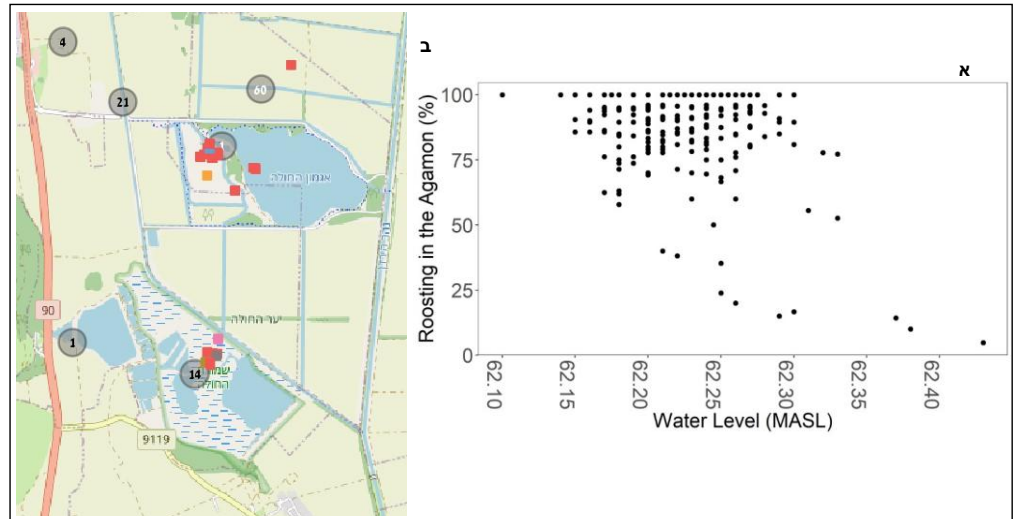
שעזבו בלי שהוטרו נשאר בשדה לפרק זמן ממושך יותר בהשוואה לפרטים שכן הוטרו ע"י שומר (חציון של 30 דקות לעומת 18 דקות בהתאמה, $p < 0.05$, איור A9). הנטייה של עגורים שהוטרו בשדה לחזור אליו הייתה מעט נמוכה יותר בהשוואה לפרטים שלא הוטרו בשדה אך הבדל זה אינו מובהק ($p = 0.08$, איור B9). במקרים בהם עגור חזר לשדה עליו הוא הוטרו באותו היום, ההסתברות שלו לחזור לשדה בו ישנו גידול רב-שנתי הייתה גבוהה פי שניים בהשוואה לשדה בו גידול חד-שנתי ($p < 0.01$, איור C9).



איור 9: (A) משך שהות העגור על שדה עם וללא פעולת הטרדה. (B) פרופורציית חזרות מצטברת של עגור לשדה במהלך 10 ימים מאז עזיבתו ללא הטרדה (קו מקווקו) ולאחר הטרדה (קו מלא). (C) ההסתברות שפרט יחזור לסוגי גידולים שונים (חד-שנתי דוגמת אפונה לעומת רב-שנתי דוגמת אספסת, ממוצע $\pm$ סטיית תקן)

4.4.5. השפעת גובה מפלס המים באגמון על שימושם באתר לינה עבור עגורים

אחוז העגורים הלנים באגמון נבדק כתלות בגובה פניי מפלס המים. עומק המים המועדף על עגורים באתר לינה הוא כ- 30-40 ס"מ (Johnsgard 1983). כשמפלס אגמון החולה נמוך, עד סביבות גובה 62.2 מ' מפ"ה, אחוזים גבוהים מהעגורים הממושדרים מעדיפים לשהות בו בהשוואה לאתרי לינה שונים בעמק. כאשר מפלס המים גבוה (מעל 62.3 מ' מפ"ה) פרופורציית העגורים המשתמשים באתר זה יורדת (איור 10 א'), אך העדות לכך מוגבלת בשל העדר נתונים בימים של מפלס גבוה (ראה סעיף 3.2.5): נתונים אלה קיימים ב- 7 מקרים בלבד. בימים אלה עגורים נוטים להימנע מלינה בגוף המים של האגמון וללון באתרים אלטרנטיביים דוגמת שמורת החולה, בריכות הדגים בצומת הגומא, בשדות מוצפים ובשטח ד' (איור 10 ב').

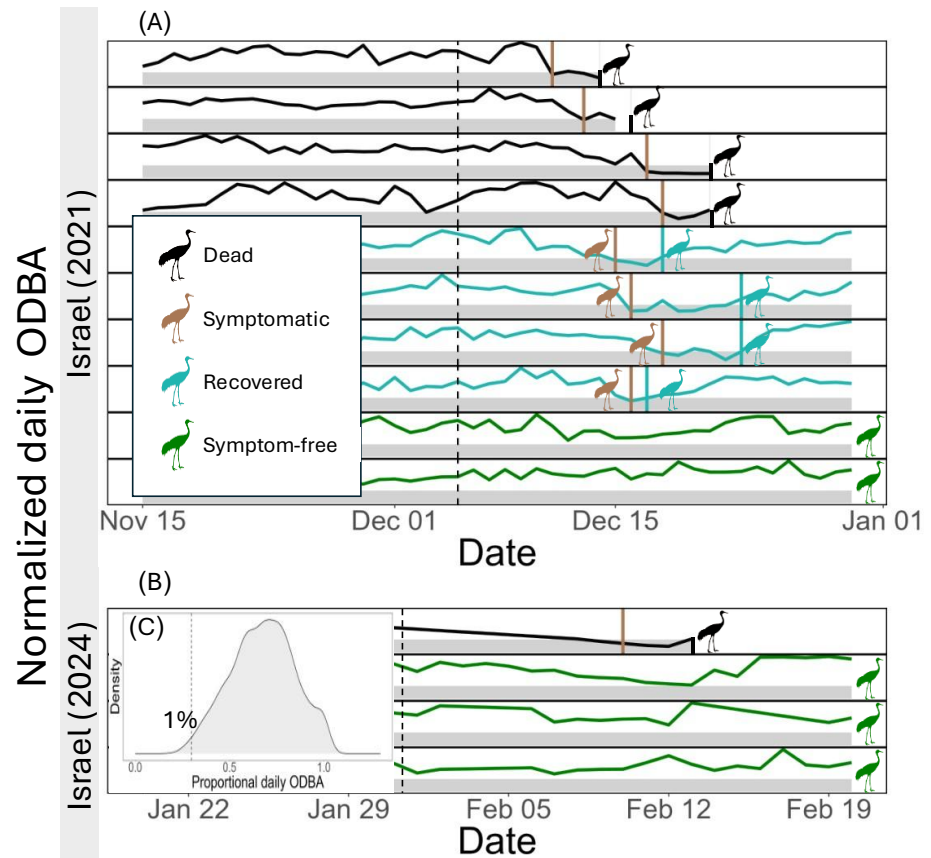


איור 10: (א) אחוז העגורים הלנים באגמון החולה כתלות בגובה המפלס המים. (ב) דוגמה לפיזור לינת העגורים בתאריך ה-12/01/2019 כאשר מפלס המים נמדד בגובה 62.43 מ"י בעקבות גשמים מרובים. הריבועים בצבעים השונים מייצגים מיקומי לינה של פרטים שונים.

4.1 שימוש בנתוני תנועה ככלי לממשק מחלות של עופות בר (מטרה IV)

4.4.6 שימוש בנתוני תנועה לקבלת תמונת מצב עדכנית ובזמן אמת על ההתפרצות

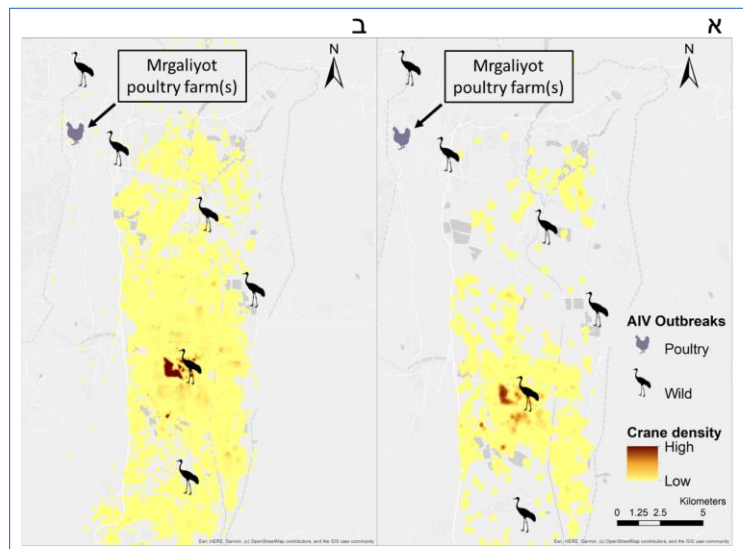
בדצמבר 2021 ישראל התמודדה עם התפרצות שפעת העופות מזן H5N1 בלולים ובחיות בר. התפרצות זו היא הגדולה ביותר שנצפתה עד כה בחיות בר (איור A12). בניגוד להתפרצויות קודמות שעיקר הנזק שלהן נצפה בלולים, ההתפרצות הנוכחית הרגה אלפי פרטים של חיות בר, בעיקר עגורים. מספר רב של פרטים חולים למראה (כנראה נגועים) נצפו במהלך תקופה זו ברחבי עמק החולה ובאתרים נוספים בארץ. בסך הכל, ע"פ ההערכות, כרבע מכלל אוכלוסיית העגורים החורפים בעמק החולה מתו במהלך ההתפרצות. בתקופת ההתפרצות, התבצע מעקב אחר 10 פרטים ממושדריים עם תגי GPS ומד תאוצה (ACC). בשלב מוקדם של ההתפרצות, כאשר דווח על עשרות פרטים מתים בלבד, שניים מהעגורים הממושדריים כבר מתו ושניים נחשדו כנגועים. עובדה זו אפשרה להתריע מוקדם על התפרצות מסיבית קרובה. כמו כן, מצאנו שנתוני האצת הגוף מספקים מידע מקדים למחלה של פרט, עוד לפני שניתן לראות סימן בנתוני התנועה. סימנים אלה בנתוני התאוצה החלו בממוצע 3 ימים לפני מות הפרט. עד דעיכת המחלה מתו ארבעה מתוך עשרת העגורים הממושדריים (איור 11-קווים בצבע שחור). ארבעה מהפרטים כנראה נדבקו אך החלימו, וחזרו לתנועה תקינה ולהאצת הגוף תוך 4.5 ימים בממוצע (איור 11 – קווים בצבע טורקיז). שני פרטים לא הראו שום שינוי בתנועתם (איור 11 – קווים בצבע ירוק). יתרה מכך, פרט אחד עם נטייה לנוע למרחקים ארוכים בהרבה מכל הפרטים האחרים (גם הרבה לפני הגעתו לישראל) ביקר באתרי לינה ושיחור למזון שונים ברחבי הארץ (גולן, עמק יזרעאל, מערב הנגב ועמק חפר) ובכך הדגים את הקישוריות בין בתי הגידול השונים. באופן דומה, נערך מעקב אחר העגורים הממושדריים גם במהלך ההתפרצות שהתרחשה בתחילת שנת 2024, ובמהלכה זוהה פרט אחד שהציג סימני מחלה ע"פ נתוני התנועה. מעניין לציין כי מאחר שנתוני מד התאוצה הצביעו על נוכחות מחלה, פקח התבקש לבדוק את הפרט בשטח ודיווח כי הוא נראה תקין. יומיים לאחר הבדיקה, הפרט נמצא מת (איור 11 – קו שחור).



איור 11: שינוי במדד ODBA (קווים צבעוניים) המדגים את השפעת נגיף שפעת העופות על פרטים של עגור אפור (*Grus grus*) לפני, במהלך ולאחר ההתפרצות בעמק החולה, ישראל, בשנים 2021 (A) ו-2024 (B). סמלי העגור בצבעי שחור, חום, טורקיז וירוק מייצגים פרטים שסווגו כמתים, סימפטומטיים, מחלימים או ללא סימפטומים, בהתאמה, על פי ערכי ה-ODBA. צבעי הקווים תואמים את גורל כל פרט. הקו השחור המקווקו מייצג את העגור הראשון שנמצא חיובי לנגיף בכל אחת מההתפרצויות. ההצללה האופקית באפור מציגת את האחוזון הראשון של ערכי ODBA באוכלוסייה שנחשבת בריאה (ללא סימפטומים) (לוח C), ששימש כערך סף לזיהוי פרטים סימפטומטיים. אוכלוסיית הייחוס כוללת את כל העגורים הממושרים שעבורם קיימים נתוני ODBA במהלך חודש ינואר עד שנת 2021 ($n = 49$). קווים אנכיים בצבעי חום, טורקיז ושחור מסמנים את תחילת המחלה, ההחלמה או המוות, בהתאמה.

4.4.7. הערכת שרשראות הדבקה בין חיות בר לעופות משק

ניתוח נתוני התנועה של 10 עגורים בחורף 2021-22 (יותר מ-13,000 מיקומים) מראה שאין אף מקרה בו עגור הגיע למרחק הקטן משלושה ק"מ ממשק העופות בו תועדה התפרצות בישוב מרגליות (איור 12 א'). גם ניתוח נתוני התנועה של 57 עגורים במשך 6 שנים (יותר מ-145,000 מיקומים) מראה שעגורים נמנעים מלהתקרב למרגליות והסתברות ההגעה שחושבה קטנה מ-0.0001 (איור 12 ב'). במהלך שהותם בעמק החולה בחודשי החורף ובפרט כאשר תחנת ההאכלה פעילה, העגורים מתרכזים סביבה ובשדות החקלאיים המקיפים את אתר הלינה (אגמון החולה, איור 12).



איור 12: (א') מפת חום של שימוש העגורים במרחב עמק החולה במהלך חורף 2021-22. (ב') מפת חום של שימוש העגורים במרחב עמק החולה בכל שנות מחקר העגורים (2016-2022). האזור המסומן בצפיפות עגורים גבוהה (חום כהה) משמש כתחנת האכלה בה 80% מהפרטים שהם 80% מזמנם במהלך שעות הפעילות (Pekarsky et al. 2021). הנתונים על ההתפרצות בלולים התקבל מאתר מאגרי המידע הממשלתי: <https://data.gov.il/dataset/avian-influenza-events/resource/a5dc0714-f945-4e52-a61e-1f7d727b7b4e>. המידע לגבי אירועים בחיות בר התקבל (Goshen 2022).

5. סיכום

5.1. החלפת אתרי חריפה (כללי)

עגורים אפורים נחשבים נאמנים לאתרי החריפה שלהם, בעיקר בבגרותם (Alonso et al. 2008), עלייה בתדירות החלפת האתרים עשויה להעיד על שינוי משמעותי בסביבה. לאחר חורף 2019/20, שבו צומצמה ההאכלה באופן ניכר (פחות מ-20% מכמות המזון וכ-25% ממספר ימי ההאכלה ביחס לממוצע), נצפתה עלייה במעבר לאתרים חלופיים: בארבעה מתוך חמישה מקרים עגורים שחורפו בישראל נדדו בעונה הבאה לאתרי חריפה מחוץ לישראל.

5.2. תגובת העגורים לשינויים ממשקיים (מטרה II)

5.2.1. גורמים אפשריים לשינויים במספר החורפים בעמק החולה

אוכלוסיית העגור האפור הגדולה החורפת בעמק החולה היא תופעה ייחודית ומרשימה המהווה אבן שואבת לתיירות פנים וחוץ אך בד בבד מהווה גם מטרד חקלאי. בנוסף, כתוצאה מהתקבצות עגורים רבים בשטח מצומצם דוגמת תחנת האכלה בזמן שהמזון מפוזר על לשלשת, קיים גם פוטנציאל גבוהה להפצת מחלות (Austin et al. 2018). לכן, יש חשיבות גבוהה להבנת יעילותן והשלכותיהן של פעולות הממשק השונות ואיך הן משפיעות על מספר העגורים החורפים והתנהגותם במהלך שהותם.

העלייה במספר החורפים בעמק החולה בשלושת העשורים האחרונים עולה בקנה אחד עם עליית גודל האוכלוסייה העולמית (Birdlife International 2016) ונגמית העלייה במספר החורפים באירופה בפרט (Alonso et al. 2018, Roman Alvarez 2022). עלייה זו מוסברת בכך שהמין ובית גידולו מוגנים ושומרים ברוב שטחי אזור הקינון והחריפה. ברמה המקומית, עלייה זו נתמכת ע"י שינויים הידרולוגיים, חקלאיים וממשקיים דוגמת הצפת האגמון

המשמשת ללינה, החלפת גידולים לאטרקטיביים יותר והאכלה, בהתאמה. עם זאת, בארבעת השנים אחרונות נראית ירידה בגודל האוכלוסייה החורפת שלא ניתן לייחס לגורם אחד משום שהיו מספר תהליכים או אירועים שהתקיימו במקביל:

א. התפרצות שפעת העופות בחורף 2021/22. לפי ההערכות התפרצות זו פגעה ברבע מהאוכלוסייה החורפת באותה השנה.

ב. מספר הרעלות לאורך ציר הנדידה בשנים האחרונות: 2017/18 באזור Stavropol שם אותרו יותר כ-230 פרטים מתים. במרץ 2021 התרחשה באוקראינה באזור השמורה הביוספרית Askania-Nova שם אותרו כ-900 פרטים מתים. הרעלה נוספת באזור Stavropol התרחשה בנוב' דצ' 2022 בה מתו כ-2500 פרטים ע"פ ההערכות (Ilyukh and Shevtsov 2023).

ג. צמצום האכלה משמעותי והטרדות בגוף המים בחורף 2019/20.

ד. החלפת מערך השמירה משמירה מאורגנת של מעט שומרים מיומנים לשמירה פרטנית לפי משקים החל מחורף 2019/20 ואילך.

ה. הטרדה לילית מגוף המים שנעשה בחורף 2019/20

ו. "עידוד נדידה" (שמירה מאסיבית שלא מאפשרת לעגורים לשהות גם בשדות מקלט) שנעשה בחורף 2020/21.
ז. פעולות ממשק חקלאי כגון חריש או דיסקוס עמוק לאחר סיום הוצאת גידולי הקיץ שמקטין את כמות המזון הזמין עבור עגורים בשטח.

ח. מעבר של עגורים לחרוף באזורים חקלאיים נוספים בארץ: דרום רמת הגולן, עמק יזרעאל-תענכיים, עמק חפר, שפלת יהודה והנגב המערבי. תהליך הדרגתי של הצטברות זמנית של אלפי עגורים מחוץ לחולה בחודשי הסתיו, עד פתיחת תחנת ההאכלה, וכן עליה במספר החורפים באזורים מחוץ לחולה, למאות ואלפי פרטים.

בשיאו, הלכה למעשה, עמק החולה תמך בשהות של כ-50,000 פרטים. הנחת העבודה היא כי מקור כושר הנשיאה הגבוה הוא תוצאה של זמינות מזון גבוהה. כל פעולת ממשק שמורידה את האטרקטיביות של העמק בכלל ואת כושר הנשיאה של השטח מבחינת זמינות מזון בפרט, מעודדת את העגורים למצוא מקומות חלופיים לשהות בהם. השמירה בשדות היא יעילה בטווח הזמן המידי (דוידסון 2004, Pekarsky et al. 2021) ואם נעשית בצורה מקיפה, היא יכולה להוריד בפועל את היצע המזון הזמין עבור עגורים בשדות. מחקרים שבדקו יעילות גירוש אוזים באירופה מצא שיטת ערך סף של מספר גירושים ביום. המחקרים קבעו שבין 3 ל-5 גירושים ביום באזור מסוים הופכים אותו ללא כדאי מבחינה אנרגטית (Simonsen et al. 2016; Nolet et al. 2016; Tombre et al. 2005). בצורה זו, פעולות גירוש בשילוב עם מתן אזורי האכלה חלופיים (שדות מקלט) יושמו בהצלחה באנגליה (Cope et al. 2003) ובנורבגיה (Madsen et al. 2014). ייתכן שערך הסף אצל עגורים הוא שונה מאוזים אבל סביר מאוד להניח שהמנגנון דומה. ממחקרים שנעשו בספרד וארה"ב, עולה שהיקף הפגיעה של עגורים בשדות תלוי מאוד במיקומו ביחס לאתרי לינה ומוקדי שתייה. בקרבם נעשה עיקר הנזק בעוד שבאזורים מרוחקים יותר הנזקים מזעריים יותר (Alonso et al. 2018; Austin et al. 2018). כדי לוודא שבעמק החולה המצב דומה וללמוד מה נחשב מרחק משמעותי עבור העגורים, מומלץ לקיים מחקר מסודר וכמותי לגבי פיזור נזקי החקלאות שנגרמים ע"י העגורים כפונקציה של מרחקם מאתר הלינה והערכתם הכלכלית. מידע זה יאפשר קבלת החלטות מדויקת יותר ומבוססת נתונים. בנוסף, היות והעגור האפור הוא מין מאוד סתגלן שמפגין גמישות התנהגותית רחבה בתגובה לשינויים בסביבה, יש לשלב כמה שיותר שיטות ממשק שונות ולהמשיך ולפתח אותן כל העת.

בעקבות העלייה בגודל האוכלוסייה בשלושת העשורים האחרונים, הקונפליקט בין העגורים לבין החקלאים, התפרצות שפעת העופות בחורף 2021/22 ותרומת האכלה באלו (ארצי ושות' 2022), ישנן יוזמות לקדם ממשק שאינו מסתמך על האכלה. היוזמה המפורטת במסמך שחיברו הדס ושות' (2022), מציעה תוכניות ממשק אלטרנטיביות להאכלה תוך כדי מתן מענה בצורת פיצוי לנזקים מוכחים או לשדות שיועדו כשדות מקלט. בנוסף, התוכנית מתייחסת גם להורדת הנטל הכלכלי של הפרויקט מהחקלאים. עד רגע כתיבת הדו"ח טרם נמצאו מקורות מימון ליישם את תוכניות הממשק האלטרנטיביות. יוזמה נוספת המקודמת ע"י ירון צ'רקה – קק"ל, היא מערכת שמירה אוטומטית המזהה עגורים בשדה באמצעות מצלמות המפעילות תותח לייזר שמבריח את העגורים. המערכת סורקת ומזהה עגורים ע"י בינה מלאכותית, ומכוונת את הלייזר כאשר כל שנותר למפעיל אנושי זה לאשר את הלזירה תוך שמירה שהלייזר לא מסכן אף אחד. השנה (2024) המערכת כבר עבדה ובקרוב צפוי לצאת דו"ח המסכם את פעילותה.

לגובה פני המים באגמון יש השפעה חזקה על השימוש בו ע"י עגורים כאתר לינה ומעל גובה של 62.32 מטר מפ"י העגורים מדירים את רגליהם משם. היות וישראל בכלל ואגמון החולה בפרט מהווים אתר עצירה חשובת להרבה מינים אחרים (דוגמת חופמאים), עלול להיות לכלי ממשק זה השפעה שלילית על מינים שאינם מיני המטרה. לכן, לא מומלץ להשתמש בכלי זה או לכל הפחות יש לבחון את השפעתו על מינים שעלולים להיפגע מכך בצורה כמותית אם יוחלט ליישם העלאת מפלסים ככלי ממשקי.

5.2.2. השפעת הפעלת תחנת ההאכלה על שדות עגורים חורפים ונוודים בישראל

לתאריך הפסקת ההאכלה לא הייתה השפעה על מועד עזיבתם של הפרטים החורפים אך הוא בהחלט השפיע על משך עצירת הביניים של הנוודים המגיעים מאפריקה. ככל שתחנת ההאכלה פעלה במשך זמן ממושך יותר כך האריכו הנוודים את משך שהותם. ממצא זה עולה בקנה אחד עם כך שעופות נודדים מאריכים את שהייתם כשיש באתר העצירה מספיק מזון בשביל תדלוק יעיל אך ממשיכים בדרכם כאשר הוא המצאי נמוך (Prop et al. 2003).

5.2.3. יעילות השמירה בשדות והעדפות סוגי גידול ע"י עגורים חורפים

מאמצי השמירה בשדות מקצרים את שהות העגורים בשדות ובהנחה שזקי החקלאות קורלטיביים למשך שהות העגורים על השדות אז ניתן לומר שהשמירה מפחיתה זקי חקלאות. בנוסף, תוצאותינו מצביעות על כך שעגורים שהוברחו משדה רגיש מעדיפים לחזור לגידולים רב שנתיים דוגמת אספסת או מטעי שקדים בהם שהות העגורים מזיקה פחות לגידולים ובמקרה של מטעי שקדים אפילו עוזרת בתחום הסניטציה.

5.2.4. השפעת גובה מפלס המים באגמון על שימוש כאתר לינה עבור עגורים

לפי תוצאות הניתוח נראית מגמה לפיה לגובה פני המים באגמון יש השפעה חזקה על השימוש בו ע"י עגורים כאתר לינה אולם מסקנה זו נתמכת ע"י נקודות בודדות בלבד בשל מיעוט המדידות במועדים בהם פני המפלס היה גבוה. המגמה מצביעה כי מעל גובה מפלס של 62.32 מ' מפ"י העגורים נמנעים מלהשתמש במקום כאתר לינה. על אף שעם הנתונים הקיימים היום אין אפשרות לקשור בין גובה מפלס פני המים לעומקם, מגמה זו בקנה אחד עם זאת שלעגורים יש עומק מים מועדף ללינה (Johnsgard 1983) ושכאשר מפלס המים עולה ישנם פחות ופחות אזורים ראויים באגמון וכתוצאה מכך הם בוחרים באתרי לינה אלטרנטיביים. עם זאת, עלול להיות לממשק זה השפעה על מינים אחרים דוגמת חופמאים למיניהם ועל כן מומלץ לבחון השפעה זו על מינים שעלולים להיפגע מכך בצורה כמותית אם יוחלט ליישם העלאת מפלסים ככלי ממשקי.

5.3. שימוש בנתוני תנועה ככלי לממשק מחלות של עופות בר (מטרה IV)

נתוני תנועה שהתקבלו מהעגורים הממושדרים אפשרו להעריך מדדי תנועה המעידים על מצב בריאותו או תמותה של פרט, וסיפקו מידע קריטי בזמן אמת על דינמיקת התפרצות שקשה או בלתי אפשרי להשיג באמצעים אחרים (למשל, תצפיות ישירות). אלה כוללים את היחס, המיקום וטווח הזמן הטיפוסי של פרטים נגועים, לא נגועים, מתים, גוססים ומחלימים. יתרה מכך, נתוני תנועה בעבר ובזמן אמת יכולים לסייע בהערכת דפוסי התפשטות פוטנציאליים בקנה מידה מקומי עד עולמי ויכולים לספק התראות מוקדמות על התפרצויות.

מעקב אחר בעלי חיים לצורך חקר מאפייני תנועה כגון נדידה והגירה ומענה על שאלות אקולוגיות והתנהגותיות כבר נפוץ ומבוסס (Nathan *et al.* 2008). עם זאת, למיטב ידיעתנו, זו הפעם הראשונה שבה נעשה שימוש בנתונים של חיות בר ממשודרות כדי ניטור, קבלת תובנות ולשמש ככלי ניהול ממשק וקבלת החלטות לגבי דינמיקה של התפרצות מחלה בזמן אמת. אנו מציעים שימוש נוסף בנתוני תנועה בזמן אמת לצורך חיזוי וניהול התפרצויות מחלות עתידיות, ולמטרות ניהול ושימור אחרות כגון הפחתת פגיעה בחיות-בר על ידי טורבינות רוח או הרעלה ולהערכת שיטות ממשק כגון האכלה.

6. מסקנות והמלצות ממשקיות

לאחר הגעה לשיא של כמעט 50,000 פרטים חורפים בחורף 2018/19 והתפרצות שפעת העופות בחורף 2021/22 כבר לא ניתן להתעלם מההשפעות השליליות של השימוש בתחנת האכלה ככלי ממשק עיקרי לצמצום נזקי חקלאות (Austin *et al.* 2018). בנוסף, נראה שהירידה הדרסטית בגודל אוכלוסיית העגורים החורפים בשנים האחרונות נתמכת ע"י הפחתת המזון המחולק בתחנת האכלה ושמירה ממוקדת ואפקטיבית יותר בשדות רגישים.

במחקר זה הדגמנו כיצד שימוש בנתוני תנועת עגורים מאפשרת לכמת את תגובתם לפעולות ממשק שונות. מצאנו שהעגורים מושפעים מאוד מפעולות ממשק שונות כגון: שמירה בשדות, העלאת גובה מפלס פני האגמון ומשך פעולתה של תחנת האכלה – שיטת הממשק העיקרית כיום. בנוסף הדגמנו כיצד נתוני התנועה מהעגורים מאפשרים להרכיב תמונת מצב בזמן אמת על קצב התקדמות התפרצות מחלת שפעת העופות מבחינת מספר החולים/מתים/מחלימים ובמרחב בין בתי הגידול השונים בארץ. לכן, חשוב להדגיש את החשיבות של נתוני התנועה מבעלי ממושדרים ככלי לניטור והפחתת נזקי חקלאות והתפרצות מחלות. לפיכך, אנו ממליצים כי קק"ל תקצה מימון שוטף למשדור עגורים ומחקר על תנועתם באמצעות המעבדה לאקולוגיה של תנועה, אשר יתרום להערכת אופציות ממשק בכלל, והקטנת סיכוני התפרצויות חוזרות של שפעת עופות בפרט.

מומלץ להמשיך עם הספירות ולהרחיב אותן לאזורים אחרים בארץ כמו גם תיעוד קפדני של שאר המשתנים שצוינו לעיל ע"מ לחדד את ההבנה של ההשפעה של כל אחד מהגורמים שצוינו בתחילת הסיכום. מומלץ לכייל בין ספירות הרחפן לספירות מתנדבים משום ששיטות אלו משלימות אחת את השנייה בתנאים שונים (באמצעות הרחפן ניתן לספור בלילה כשאין ערפל בעוד שבאמצעות מתנדבים ניתן לספור ביותר ממוקד אחד בו-זמנית בהנחה שישנם מספיק מתנדבים). כמו כן, כל עוד האכלה נמשכת מומלץ לשלב גם ספירות יום בשטח האכלה ע"מ לדייק את הקשר בין כמויות האכלה לבין מספר העגורים השוהים בתחנה.

מומלץ להמשיך לבצע את כל הפעולות אשר גורמות לעמק להיות פחות אטרקטיבי לעגורים (לפי סדר חשיבות): צמצום האכלה (עד הפסקתה לגמרי), המשך גירוש השדות (בשלל שיטות), "עידוד נדידה" (ריכוז מאמצי שמירה בעונת

הנדידה), חריש או דיסקוס עמוק לאחר סיום הוצאת גידולי הקיץ, הרחקת שדות רגישים מאתרי הלינה (אגמון/שמורה) וריכוז שדות רגישים לטובת יעילות השמירה.

7. פרסומים

- Pekarsky, S., Schiffner, I., Markin, Y. & Nathan, R. 2021 Using movement ecology to evaluate the effectiveness of multiple human-wildlife conflict management practices. *Biol. Conserv.* 262, 109306. (doi:10.1016/j.biocon.2021.109306).
- Pekarsky, S., Corl, A., Turjeman, S., Kamath, P.L., Getz, W.M., Bowie, R.C.K., Markin, Y. & Nathan, R. 2021 Drivers of change and stability in the gut microbiota of an omnivorous avian migrant exposed to artificial food supplementation. *Mol. Ecol.* 30, 4723-4739. (doi:10.1111/mec.16079).
- Pekarsky, S., Shohami, D., Horvitz, N., Bowie, R.C.K., Kamath, P.L., Markin, Y., Getz, W.M. & Nathan, R. 2024 Cranes soar on thermal updrafts behind cold fronts as they migrate across the sea. *Proc. R. Soc. B* 291, 20231243. (doi:10.1098/rspb.2023.1243).
- Talmon, I., S. Pekarsky, Y. Bartan, N. Thie, W. M. Getz, P. L. Kamath, R. C. K. Bowie, and R. Nathan. 2025. Using wild-animal tracking for detecting and managing emerging disease outbreaks. *Trends. Ecol. Evol.* (accepted).
- Talmon, I., S. Pekarsky, Y. Bartan, N. Thie, Y. S. Resheff, Y. Markin, I. Ojaste, P. Suorsa, R. King, A. Lublin, W. M. Getz, P. L. Kamath, R. C. K. Bowie, and R. Nathan. Using wildlife tracking for managing disease outbreaks: a case study of common cranes during three avian influenza outbreaks. In prep.

8. כנסים

- Nathan, R. 2025, Using wild-animal tracking for detecting and managing emerging disease outbreaks. Move BON Planning Workshop: Harnessing animal movement data to achieve global biodiversity conservation goals, March 19-21, 2025; Washington, DC, USA
- Nathan, R. 2025, The high-throughput revolution in Movement Ecology. Wildlife Institute of India, February 6 2025; Dehradun, India
- Nathan, R. 2024, Using wild-animal tracking for detecting and managing emerging disease outbreaks. BGU Workshop: One Health from afar, December 10, 2025; Beer Sheva, Israel
- Nathan, R. 2024, The high-throughput revolution in Movement Ecology. The Miller Institute for Basic Research in Science. November 19, 2024; Berkeley, CA, USA
- Nathan, R. 2024, The high-throughput revolution in movement ecology and its contributions to basic and applied science. The 60th Israel Zoological Society Conference, April 16, 2024; The Open University, Ra'anana, Israel
- Nathan, R. 2023, The movement ecology approach and its application to study various types of interactions. The Mathematics of Movement program, Isaac Newton Institute, September 11, 2023; Cambridge, UK
- Nathan, R. 2023, Movement ecology of Eurasian cranes: from soaring and migration, through gut microbiota to human-wildlife conflicts and a major avian flu outbreak. X International Crane Conference, August 2023; Tartu, Estonia

Nathan, R. 2022, The high-throughput revolution in movement ecology, with special emphasis on managing disease outbreaks. Frontiers of Movement Ecology: Humans, Viruses and Wildlife on the Move. Online meeting organized by the Smithsonian Institute, August 30, 2022; Washington, DC, USA

Nathan, R. 2022, The high-throughput revolution in movement ecology. WILDLABS: Future Questions and tools. Online meeting organized by WILDLABS, June 8, 2022; Washington, DC, USA

Nathan, R. 2022, The 2021 avian flu (H5N1) outbreak in Israel. FAO Webinar, February 10, 2022

Talmon, I., S. Pekarsky, Y. Bartan, N. Thie, Y. S. Resheff, Y. Markin, I. Ojaste, P. Suorsa, R. King, A. Lublin, W. M. Getz, P. L. Kamath, R. C. K. Bowie, and R. Nathan. 2022/ Wild animal tracking can provide critical information for managing emerging pathogenic outbreaks. The 59th Israel zoological society conference.

טלמון, ע., ס. פקרסקי ור. נתן. 2020. הבדלים בין-שנתיים במרחב הפעילות של עגור אפור (*Grus grus*) בעמק החולה. הכנס ה-57 של העמותה לזואולוגיה בישראל.

טלמון, ע., ס. פקרסקי ור. נתן. 2024. פעולות ממשק, שפעת העופות והשפעתם על גודל אוכלוסיית העגור אפור (*Grus grus*) בעמק החולה. הכנס ה-60 של העמותה לזואולוגיה בישראל.

תודות

לעינבר שלומית רובין, ירון צ'רקה, לנדב ישראלי, יפעת ארצי, עופר גרשוביץ, חקלאי ושומרי העמק על שיתוף המידע שנצבר על ידם. לחיים מיליארד, עידן ברנע ועמית רזנברג על נתוני מפלס האגמון ולדנה קליין על ריכוזם

ספרות מצוטטת

Alonso, J. A., J. C. Alonso, and G. Nowald. 2008. Migration and wintering patterns of a central European population of Common Cranes *Grus grus*. Bird Study 55:1–7. British Trust for Ornithology.

Alonso JC, Alonso JA, Bautista LM. 2018. CASE STUDY A Review of the Crane-Agriculture Conflict at Gallocanta Lake , Spain Eurasian Cranes In Gallocanta : A Four-Decade History. Pages 280–283 in Austin JE, Morrison KL, Harris JT, editors. Cranes and Agriculture: A Global Guide for Sharing the Landscape. International Crane Foundation, Baraboo, Wisconsin, USA.

Austin, J. E., and Sundar, G.K.S. 2018. Methods to reduce conflicts between cranes and farmers. Cranes and Agriculture: A Global Guide for Sharing the Landscape. Baraboo, Wisconsin: International Crane Foundation. 117-141.

Chen A, Jacob M, Shoshani G, Charter M. 2023. Using computer vision, image analysis and UAVs for the automatic recognition and counting of common cranes (*Grus grus*). J. Environ. Manag. 328:1–11.

Cope DR, Pettifor RA, Griffin LR, Marcus Rowcliffe J. 2003. Integrating farming and wildlife conservation: the Barnacle Goose Management Scheme. Biol. Conserv. 110:113–122.

- Gleiss, A. C., R. P. Wilson, and E. L. C. Shepard. 2011. Making overall dynamic body acceleration work: on the theory of acceleration as a proxy for energy expenditure. *Methods Ecol. Evol.* 2:23–33.
- Goshen, T. 2022. Final follow-up report on Highly Pathogenic Avian Influenza Virus in Israel - Feb 2022. Beit Dagan.
- Ilyukh, M.P. and Shevtsov, A.S. 2023. Catastrophic death of Eurasian Cranes from poisoning in the Stavropol Territory in winter 2022/2023. *CWGE Newsletter*, #17
- International bird foundation. 2016. *Grus grus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016.
- Johnsgard, P. A. 1983. *Cranes of the World*. Indiana University Press, Indiana, USA.
- Levy, N., and Y. Yom-Tov. 1991. Activity and status of Cranes *Grus grus* wintering in Israel. *Sandgrouse* 13:58–72.
- Madsen J, Bjerrum M, Tombre IM. 2014. Regional Management of Farmland Feeding Geese Using an Ecological Prioritization Tool. *Ambio* 43:801–809.
- Nathan, R., W. M. Getz, E. Revilla, M. Holyoak, R. Kadmon, D. Saltz, and P. E. Smouse. 2008. A movement ecology paradigm for unifying organismal movement research. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 105:19052–19059.
- Nolet, B.A. et al. 2016. Scaring waterfowl as a management tool: how much more do geese forage after disturbance? *J. Appl. Ecol.* 53, 1413–1421
- Pekarsky, S., I. Schiffner, Y. Markin, and R. Nathan. 2021. Using movement ecology to evaluate the effectiveness of multiple human-wildlife conflict management practices. *Biol. Conserv.* 262:109306.
- Prop, J., J. M. Black, and P. Shimmings. 2003. Travel schedules to the high arctic: barnacle geese trade-off the timing of migration with accumulation of fat deposits. *Oikos* 103:403–414.
- Roman Alvarez, J.A. 2022. Phenology and distribution of the Common crane (*Grus grus*) in Spain. 2021/2022
- Shanni, I., Z. Labinger, and D. Alon. 2018. Case study: A review of the crane-agriculture conflict, Hula valley, Israel. Pages 280–283 in J. E. Austin, K. Morison, and J. T. Harris, editors. *Cranes and Agriculture: A Global Guide for Sharing the Landscape*. International Crane Foundation, Baraboo, Wisconsin, USA.
- Shy, E., S. Beckerman, and E. Frankenberg. 1998. Repopulation and colonization by birds in the Agmon wetland, Israel. *Wetl. Ecol. Manag.* 6:159–167.
- Simonsen CE, Madsen J, Tombre IM, Nabe-Nielsen J. 2016. Is it worthwhile scaring geese to

alleviate damage to crops? – An experimental study. J. Appl. Ecol. 53:916–924.

Tombre, I.M. et al. 2005. Influence of organised scaring on distribution and habitat choice of geese on pastures in Northern Norway. Agric. Ecosyst. Environ. 111, 311–320

אלון, ד. 2001. אקולוגית החריפה של העגור האפור (*Grus grus*) בעמק החולה. אוניברסיטת תל אביב.

ארצי, י. וא. בולדו. 2020. עגורים בצפון ישראל: סיכום כללי של עונת 2019/20.

ארצי, י., קינג, ר., הצופה, א., לידר, נ. ודולב, ע. 2022. השפעת תחנת האכלה של העגורים בעמק החולה על סיכון התפשטות שפעת העופות – חוות דעת מומחה. רשות הטבע והגנים.

דוידסון, י. 2004. בדיקת מודל ממשקי עגורים - חקלאות בעמק החולה. אוניברסיטת תל אביב.

הדס, א., ארצי, י., נווה, א. ומוטרו, י. 2022. השפעה חקלאית כלכלית של שינוי ממשק העגורים בעמק החולה. רשות הטבע והגנים.