

### מקורות

- [1] Cordner A, Mulcahy M, and Brown P. 2013. Chemical regulation on fire: Rapid policy advances on flame retardants. *Environmental Science and Technology* 47(13): 7067–7076.
- [2] Darnerud PO. 2003. Toxic effects of brominated flame retardants in man and in wildlife. *Environment International* 29(6): 841–853.
- [3] DiGangi J, Blum A, Bergman A, 2010. San Antonio statement on brominated and chlorinated flame retardants. *Environmental Health Perspectives* 118(12): A516–518.
- [4] Jayakody C, Myers D, Sorathia U, and Nelson GL. 2000. Fire-retardant characteristics of waterblown molded flexible polyurethane foam materials. *Journal of Fire Sciences* 18: 430–455.
- [5] Lunder S, Hovander L, Athanassiadis I, and Bergman A. 2010. Significantly higher polybrominated diphenyl ether levels in young U.S. children than in their mothers. *Environmental Science and Technology* 44(13): 5256–5262.

כך, למשל, יש הצדקה להשתמש במעכבי בעירה בציפוי הפלסטי של כבלי חשמל. הצדקה זו נובעת מכך שמצד אחד לכבלים אלה פוטנציאל גבוה להתלקחות עקב ייעודם, ומצד שני, מינון מעכבי הבעירה בהם נמוך, זליגתם של מעכבי הבעירה מהם נמוכה, וכן משך המגע הישיר והעקיף של האדם איתם אינו ממושך. מנגד, ישנם מוצרים שהחיסרון הכרוך בשימוש במעכבי הבעירה בהם עלול לעלות על יתרון השימוש בהם – למשל מוצרי צריכה כמו ריהוט ביתי ומזרנים. בשימוש שגרתי, למוצרים אלה פוטנציאל התלקחות נמוך יחסית, מינון מעכבי הבעירה בהם גבוה יחסית, זליגת מעכבי הבעירה מהם עלולה להיות משמעותית, ומשך המגע של האדם עם מוצרים אלה ממושך. לאחרונה קידמה הרשות הארצית לכבאות ולהצלה תקינה רשמית, לפיה יש לחייב הוספה של מעכבי בעירה למזרנים. לאחר הערכת סיכונים מקיפה שבוצעה במשרד הבריאות בהקשר זה, הוחלט במשרד הבריאות להתנגד ליוזמה זו.



העגורים החורפים והחולפים בעמק החולה. מטרת מחקר זה הייתה לקבוע את אזורי הקינון של העגורים שחורפים וחולפים בעמק החולה. ידע מסוג זה יסייע לתכנן ולפתח תכניות ממשק יעילות.

בטבע קיימים יסודות בעלי מספר איזוטופים יציבים (כולור שאינם מתפרקים רדיואקטיביים). ההתנהגות הכימית של תרכובות שנמצא בהן האיזוטופ השכיח פחות, זקה כמעט להתנהגותן של אלה שנמצא בהן האיזוטופ השכיח. אף על פי כן, בעזרת מדידות מדויקות ניתן להבחין בשינויים זעירים ביחסי הריכוזים של האיזוטופים. מדידות של יחסי איזוטופים יציבים ברקמות של בעלי חיים הוכחו כאפקטיביות למחקר של הקשרים הגאוגרפיים בין אוכלוסיות נודדות בשלבים שונים של מהלך המחזור השנתי שלהן<sup>[2]</sup>. יעילות שיטה זו מבוססת על העובדה שכל פרט נושא ברקמותיו האינטריות, העשויות קרטין, חותמת איזוטופית של האזור הגאוגרפי שהרקמה נוצרה בו (הכוונה לרקמות שאינן משתנות לאחר היווצרותן, כמו נוצות וטפרים). לדוגמה, העגורים מחליפים את כל נוצות התעופה בתקופת הקיץ, לפני היציאה לנדידת הסתיו. לכן, בשימוש בשיטה האיזוטופית – כל לכידה מספקת מידע על מיקום האזור שהנוצות נוצרו בו. לעומת זאת, טיבוע מצריך לכידה חוזרת, שהסבירות לה נמוכה מאוד. כמו כן, דגימת הרקמה האינטרית מאפשרת פגיעה מינימלית בבעל החיים.

במחקר זה נעשה שימוש באיזוטופים יציבים של חמצן ( $\delta^{18}\text{O}$ ), שמתאפיינים בדגם גאוגרפי גלובלי וצפוי במרחב. באופן מסורתי

### אנחנו יודעים איפה היית בקיץ (אם אתה עגור)

ששה פקארסקי<sup>[1]</sup>, אלון אנגרט<sup>[2]</sup>, ורן נתן<sup>[1]</sup>

<sup>[1]</sup> המחלקה לאקולוגיה, אבולוציה והתנהגות, המכון למדעי החיים ע"ש אלכסנדר סילברמן, האוניברסיטה העברית בירושלים  
<sup>[2]</sup> החוג למדעי הסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים  
<sup>[3]</sup> המכון למדעי כדור הארץ ע"ש פרדי ונדין הרמן, האוניברסיטה העברית בירושלים  
 alexandr.pekarsky@mail.huji.ac.il \*

בשני העשורים האחרונים גדלה אוכלוסיית העגור האפור (*Grus grus*) בעמק החולה מפחות מ-100 פרטים לכ-35,000 פרטים חורפים בשנים האחרונות. הגידול החד התרחש בעקבות ההצפה המחודשת של חלק מאדמות הכבול ליצירת אגמון החולה וכן בעקבות שינוי בממשק החקלאי בעמק, ובפרט גידול אינטנסיבי של בוטנים. כיום עמק החולה הוא אחד מאתרי החריפה והמנוחה החשובים עבור העגורים, והוא מנקז לתוכו כ-10% מהאוכלוסייה העולמית. העלייה המתמדת במספר העגורים החורפים הביאה לקונפליקט הולך וגובר עם החקלאים באזור ולאיום אקולוגי עקב צפיפות יתר<sup>[1]</sup>. בשנים האחרונות נעשו מאמצים רבים לעקוב אחרי העגורים באמצעות סימונם בעזרת טיבוע ומשדרים, אך למרות מאמצים אלה ידוע רק מעט על אזורי התפוצה בקיץ של

לאזורים שמתאימים לעגורים, השתמשנו במודל בית גידול מסוג MAXENT<sup>[5]</sup>, המשתמש במשתנים סביבתיים ובנקודות תצפית כדי לחזות תפוצה פוטנציאלית. המודל התבסס על 52 נקודות תצפית של אתרי קינון ברחבי תחום התפוצה של העגורים, שמקורן במחקרים מדעיים ובנקודות איסוף הנוצות. השימוש במודל בית הגידול בשילוב הנתונים האיזוטופיים שיפר את הערכת אזור השיוך, וצמצם את שטחו הממוצע לכל פרט ב-17% בהשוואה לשיוך שנעשה על סמך הערכים האיזוטופיים ותחום התפוצה בלבד.

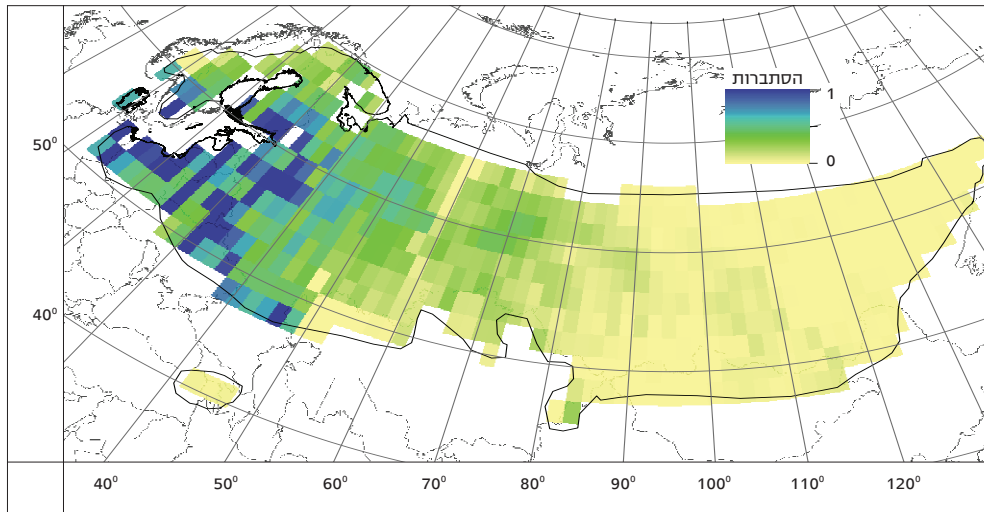
במהלך מחקר זה יצרנו לראשונה מפה שמציגה את ההסתברות לאזור קינון מסוים של העגורים המגיעים לעמק החולה (איור 1). המפה מראה כי מרבית הפרטים שנדגמו בעמק החולה (יותר מ-85%) שויכו לאזורי קינון באירופה, אך מיעוטם (כ-10%) שויכו למערב סיביר, מזרחית להרי האורל. נדידה של עגורים ממערב סיביר אל המזרח התיכון או דרכו היא תגלית חדשה. מהתגלית עולה כי ייתכן שחלק מהעגורים משתמשים במסלולי נדידה המובילים מאסיה למזרח התיכון ולאפריקה, ומשמשים מיני עופות מים רבים, אך עד כה לא תועד השימוש

במחקרים מסוג זה, כדי לשייך פרטים לאזור הקינון נעשה שימוש במפות שחוזות את הדגם האיזוטופי המרחבי בהתבסס על מדידות של האיזוטופים במשקעים בתחנות מדידה ברחבי העולם<sup>[3]</sup>. עם זאת, העובדה כי מרבית תחנות המדידה מרוכזות באירופה ובצפון אמריקה מנעה הרחבה של השימוש בשיטות אלה לאזורים גאוגרפיים נוספים. במחקר הנוכחי השתמשנו במפות איזוטופיות שמבוססות על מודל אקלים גלובלי משולב איזוטופים (GCM), המבצע הדמיה של המחזור ההידרולוגי<sup>[4]</sup>. הנחנו כי המפות ממודל מסוג זה יעריכו בצורה מדויקת יותר את הערכים האיזוטופיים גם באזורים שיש לגביהם נתונים מעטים. הנחה זו אושרה במהלך המחקר.

לשם קביעת אזורי הקינון של העגורים שחולפים וחורפים בישראל, מדדנו את ערכי ה- $\delta^{18}O$  בנוצות תעופה שנאספו מ-103 פרטים (שנמצאו מתים) במהלך מחקר בשתי עונות בעמק החולה. כמו כן, נמדדו ערכי ה- $\delta^{18}O$  ב-15 דגימות שנאספו באזורי הקינון באירופה וברוסיה לשם יצירת משוואת כיוול, ספציפית למין, בין הערכים האיזוטופיים בסביבה לבין הערכים בנוצות. כדי להעלות את דיוק השיוך של הפרטים לאזורי הקינון שלהם בקיץ ולצמצמו



במחקר התגלה לראשונה כי חלק מהעגורים העוברים דרך עמק החולה מגיעים ממערב סיביר | צילום: ענבר קמחי-אנגרט



**איור 1.** ההסתברות לכך שהעגורים שנדגמו במחקר בעמק החולה הגיעו מאזורים קינון בתא שטח מסוים מפה זו מתבססת על שילוב הנתונים האיזוטופיים עם מודל בית הגידול. המפה מנורמלת לערך המרבי. גודל תא שטח הוא  $1.8^\circ \times 1.8^\circ$ . מרבית העגורים הגיעו מאזורים שונים באירופה, וחלק קטן מהם הגיעו ממערב סיביר.

### מקורות

- [1] Shanni I, Labinger Z, Nathan R, and Alon D. 2011. Crane energetics and management techniques - final report. 39 pp. KKL and USFS Program, Isreal.
- [2] Rubenstein DR and Hobson KA. 2004. From birds to butterflies: Animal movement patterns and stable isotopes. *Trends in Ecology and Evolution* 19: 256–263.
- [3] Bowen GJ and Revenaugh J. 2003. Interpolating the isotopic composition of modern meteoric precipitation. *Water Resources Research* 39: 1–13.
- [4] Haese B, Werner M, and Lohmann G. 2013. Stable water isotopes in the coupled atmosphere–land surface model ECHAM5–JSBACH. *Geoscientific Model Development* 6: 1463–1480.
- [5] Phillips SJ, Anderson RP, and Schapire RE. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231–259.

בהם על-ידי העגורים. עם זאת, העובדה כי רק פרטים מעטים שויכו למערב סיביר, מרמזת כי ייתכן שמדובר בפרטים מזדמנים שסטו ממסלול הנדידה, למשל כתוצאה ממזג אוויר סוער או מטעות ניווט, והצטרפו ללהקות עגורים שנוודות למזרח התיכון. תוצאות מחקר זה מעודדות שימוש נרחב יותר במפות איזוטופיות מבוססות מודל אקלים, שמאפשרות להרחיב את השימוש בשיטות האיזוטופיות למחקר של מינים נוספים – שבדומה לעגורים, מקננים באזורים גאוגרפיים שמיעוט תחנות המדידה בהם לא אפשר ביצוע מחקר בשיטות אלה בעבר. כמו כן, שילוב מודל בית הגידול מאפשר להגביר את יעילות השיטה למינים שתחום התפוצה שלהם ידוע, אך הם חסרים מפות תפוצה מפורטות. היתרון בשימוש במודל בית הגידול הוא בעובדה כי הוא מסתמך על נקודות תצפית שזמינות למרבית המינים בעולם, לעומת מפות התפוצה שקיימות רק למינים מעטים, שעיקרם בצפון אמריקה.



סביר שהדילמה הבאה מוכרת לכם: הגיע הזמן להיפטר ממכשיר אלקטרוני ישן שעבר זמנו, וכבר שנה שהוא מעלה אבק בבית, אבל לא נראה הגיוני לזרוק אותו לאשפה עם יתר הפסולת הביתית. מה עושים? לרוב פותרים את הדילמה בפשרה – מניחים אותו ברחוב לצד הפח, וכך נפטרים מהמכשיר, והמצפון נשאר נקי. בקרוב, הנחת מכשירי חשמל ואלקטרוניקה לצד הפח או בתוכו יהיו אסורות על פי החוק.

לפני כחצי שנה (ב־1 במרץ 2014), נכנס לתוקף החוק לטיפול סביבתי בציד חשמלי ואלקטרוני ובסוללות (התשע"ב, 2012). החוק, המוכר יותר בשם 'חוק הפסולת האלקטרונית', אושר

## חוק הפסולת האלקטרונית – יוצאים לדרך

לב רוזנשטיין

בית הספר ללימודי הסביבה ע"ש פורטר, אוניברסיטת תל-אביב  
levr@mail.tau.ac.il