

framework for assessing hydrological regime sensitivity to climate change in a convective rainfall environment: A case study of two medium-sized eastern Mediterranean catchments, Israel. *Hydrology and Earth System Sciences* 19(1): 567-581.

[5] Shohami D, Dayan U, and Morin E. 2011. Warming and drying of the Eastern Mediterranean: Additional evidence from trend analysis. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*: 116: D22101.

of minimal detectable absolute trends in annual precipitation. *Water Resources Research* 47(7): W07505.

[3] Peleg N and Morin E. 2014. Stochastic convective rain-field simulation using a high-resolution synoptically conditioned weather generator (HiReS-WG). *Water Resources Research* 50(3): 2124-2139.

[4] Peleg N, Shamir E, Georgakakos KP, and Morin E. 2015. A



להיותה של ישראל מעצמת השבת קולחים יש גם פן מדאיג | צילום: Water Alternatives, Flickr, CC BY-NC 2.0

בקצרה

שנים של מחסור במים אילצו את הרשויות בישראל למצוא מקורות מים חלופיים להשקיה. צורך זה הוביל להגברת השימוש בקולחים (שפכים מטופלים) להשקיה חקלאית. נכון להיום, התקנות שמאפשרות שימוש בקולחים להשקיה כוללות מדדים מיקרוביאליים וכימיים. מדדים אלה מקנים בטיחות מפני פתוגנים (כגון חיידקים) למשתמש ולצרכן, ומבטיחים את בריאות הקרקע, הסביבה והצמח. עם זאת, בעשור האחרון גברו העדויות לכך שהקולחים מכילים תרופות וחומרים רפואיים שאינם מתפרקים בתהליך הטיפול. למעשה, עקב השימוש בקולחים אותם חומרים מגיעים אל הסביבה החקלאית, וקיים חשש כי חלק מהם עלול

האם צריכה של תוצרת חקלאית מושקית בקולחים חושפת את האוכלוסייה בישראל לתרופות ולכימיקלים שונים?

גלית תדמור, אניה פדורובה, גפן קליינשטרן, יהושע מאור, נעמה גולן, אורה פלטיאל ובני חפץ* מרכז מצוינות בחקלאות, בריאות וסביבה, האוניברסיטה העברית ירושלים

benny.chefetz@mail.huji.ac.il *

מצביעות בברור שירקות ופירות שהושקו בקולחים הכילו ריכוזים גבוהים של קרבמזפין או של תוצרי הפירוק שלה, זאת בהשוואה לריכוזים הנמוכים או האפסיים שהתגלו בירקות ובפירות שהושקו במים שפירים או שנקנו בסופרמרקט. הדבר אישר את השערת המחקר, שתוצרת חקלאית שהושקתה בקולחים מכילה חומרים רפואיים בריכוזים הגבוהים מאלה שבתוצרת שמקור מי ההשקיה אינו קולחים. הממצא העיקרי במחקר הראה כי המשתתפים שצרכו ירקות ופירות המושקים בקולחים בשבוע הראשון נחשפו לקרבמזפין, ולכן נצפתה עלייה משמעותית בריכוז חומרי המטרה בשתן שלהם, זאת באופן מובהק בהשוואה לריכוזים שנמדדו בשתן של אותם המשתתפים לפני ההתערבות וכן של קבוצת הביקורת שצרכה ירקות ופירות מושקים במים שפירים.

ממצאי המחקר מצביעים על כך שצריכת ירקות ופירות מושקים בקולחים עלולה לחשוף את הצרכנים לקרבמזפין, וכנראה גם לתרופות ולכימיקלים אחרים שמקורם בקולחים. ערכי הקרבמזפין בתוצרת החקלאית היו נמוכים מערך ה־ADI (ערך צריכה יומית מותר לאדם), והריכוזים שנמדדו בשתן במחקר הזה נמוכים בכארבעה סדרי גודל מאלה שנמדדים באנשים הנוטלים קרבמזפין כתרופה על בסיס יומי. עם זאת, לא ניתן לשלול השפעות ארוכות טווח של חשיפה כרונית לריכוזים נמוכים של התרופה או למגוון של תרופות, ובעיקר אצל אוכלוסיות רגישות כגון נשים בהריון, ילדים וקשישים. לנוכח תוצאות מחקר זה אנו קוראים לקיים דיון ציבורי מקיף באופן הטיפול בקולחים כדי לשמר מקור מים חשוב זה לחקלאות מבלי לגרום נזקים לסביבה, לקרקע, לצמח ואף לאדם.



אילו תרופות לא רצויות נכנסות לגופנו כשאנו אוכלים פירות וירקות? | צילום: Fabcom, Flickr, CC BY-NC 2.0

להיקלט על-ידי צמחים ולהגיע לשרשרת המזון.

קרבמזפין (שם מסחרי "טגרטול") היא תרופה המשמשת לטיפול באפילפסיה ובהפרעות מצב רוח. תרופה זו מגיעה לביוט כי היא מופרשת בשתן ובצואה של חולים, וכמעט ואינה מורחקת בתהליך הטיפול בשפכים. היא ניתנת לאיתור בקולחים ובשדות חקלאיים שמושקים בקולחים. התרופה נקלטת בצמח, ולאחר תהליך חילוף החומרים ניתן למצוא בו לא רק את חומר המקור של התרופה, אלא גם את תוצרי הפירוק שלה. אחד מתוצרים אלה ידוע אף הוא כחומר פעיל רפואית בגוף האדם, ועלול לגרום תופעות בריאותיות קשות אצל חלק מהאנשים הנחשפים אליו.

בעקבות ההכרה שהתרופה קרבמזפין עלולה להצטבר בירקות ובפירות המושקים בקולחים ובהיותה יציבה בסביבה, הוחלט לערוך מחקר¹¹ ולהשתמש בה כמודל. במחקר נבחנה האפשרות שחומרים רפואיים פעילים המופרשים על-ידי חולים, ימצאו דרכם דרך השפכים לשרשרת המזון ובסופו של דבר לאנשים בריאים, שצרכו תוצרת חקלאית שהושקתה בקולחים. השערת המחקר היא שאנשים שצרכו תוצרת חקלאית מושקית בקולחים ייחשפו לקרבמזפין, ושנוכל למצוא את התרופה או את תוצרי הפירוק שלה בדוגמאות ביולוגיות (שתן) שלהם, אך לא באלה של אנשים שצרכו את אותו המזון שהושקה במים שפירים בלבד (מי שתייה). נוסף על כך, נבחנה גם האפשרות לחשיפה לחומרים אלה בעקבות צריכת תוצרת הנמכרת בסופרמרקט מקומי. מטרה נוספת הייתה לבחון אם מאפיינים אישיים שונים או הרגלי תזונה של משתתפי המחקר קשורים לריכוזי החומרים שיימצאו בשתן.

לצורך המחקר גויסו מתנדבים בריאים שאינם צורכים את התרופה קרבמזפין. בניסוי הקליני המבוקר צרכה קבוצה אחת במשך שבוע ירקות ופירות שהושקו בקולחים, והקבוצה השנייה צרכה במשך שבוע ירקות ופירות שהושקו במים שפירים. לאחר שבוע עברה הקבוצה הראשונה לצרוך ירקות ופירות שהושקו במים שפירים, והקבוצה השנייה עברה לצריכה של ירקות ופירות שנרכשו מסופרמרקט מקומי. מקור מי ההשקיה של תוצרת זו לא ידוע, ולכן מידת החשיפה לחומרים בעקבות צריכתה אינה ידועה. המחקר נערך בתקופת הקיץ, כאשר גידולים רבים מושקים בקולחים. כל הירקות והפירות שחולקו במהלך הניסוי נרכשו או נקטפו מחלקות חקלאיות לשיווק בארץ. במהלך הניסוי נאספו דגימות שתן ומולאו שאלוני תזונה. דגימות השתן, הפירות והירקות עברו מיצוי לגילוי התרופה קרבמזפין ותוצרי הפירוק שלה.

הממצא הראשון שהתגלה הראה שחלק מאוכלוסיית המחקר הייתה חשופה לקרבמזפין עוד לפני תחילת הניסוי, בטרם החלה ההתערבות בתזונה; ב-56% מדגימות השתן נמדדו ריכוזים של קרבמזפין, ונמצאה התאמה בין הימצאות קרבמזפין בגוף המשתתפים לפני תחילת הניסוי להרגלי התזונה שלהם, בעיקר לצריכה מוגברת של עגבניות ומלפפונים. תוצאות המחקר

מקורות

[1] Paltiel O, Fedorova G, Tadmor G, Kleinstern G, Maor Y, and Chefetz B. 2016. Human exposure to wastewater-derived pharmaceuticals in fresh produce: A randomized controlled trial Focusing on carbamazepine. *Environmental Science and Technology* 50(8): 4476-4482.

הידיעה מבוססת על הרצאה בוועידה השנתית למדע ולסביבה, 20–21 ביוני 2018, במכון ויצמן למדע, ועל המחקר ^[1] הזוכה לשנת 2018 בפרס למצוינות בתחום מדעי הסביבה מטעם קרן Starge ואוניברסיטת בן-גוריון בנגב.

בקצרה



כלב המשמש לאיתור פגרי עופות, ליד שקנאי שנפגע מהתנגשות בקו מתח בעמק יזרעאל. הפעילות נעשית מסגרת מיזם ניטור של חברת חשמל, החברה להגנת הטבע, המשרד להגנת הסביבה ורשות הטבע והגנים | צילום: דותן יושע

להגנת הסביבה ורשות הטבע והגנים, פועלת מזה מספר שנים לפיתוח ארגז כלים המאפשר לחברות עסקיות לזהות את ההשפעות האקולוגיות שלהן.

ארגז כלים זה זמין כעת באתר ייעודי חדש המוקדש לעסקים ולמגוון הביולוגי - www.tevabiz.org.il. הרכיבים העיקריים בארגז הכלים הם:

- א. "הסימולטור" - כלי מבוסס מערכת מידע גיאוגרפי, המאפשר לכל חברה להזין את אתרי הפעילות שלה על גבי מפה אינטראקטיבית, ולקבל מידע על הרגישות האקולוגית באתר ובסביבתו, לרבות מסדרונות אקולוגיים, שמורות טבע, יערות, נחלים ואתרים עשירים במיוחד במגוון ביולוגי (מוקדות, hotspots).
- ב. כלי ניהול ודיווח - כלי המאפשר ניתוח של השפעת החברה

טבע-BIZ - ארגז כלים חדש לעסקים שומרי טבע

אלון רוטשילד ^[1]*, דיקלה זיידמן ^[1],
ליהי ברקן ^[1], מיטל מנחם ^[2] ויגאל אמור ^[2]
^[1] החברה להגנת הטבע, אגף שימור טבע וסביבה
^[2] WE מיתוג ופרסום
* alon@spni.org.il

למגזר העסקי השפעה דרמטית על המגוון הביולוגי בישראל ^[2]. לפרופיל תקשורתי גבוה זוכות פגיעות יוצאות דופן, כמו דליפת החומצה ממתקן של חברת רותם אמפרט אל נחל אשלים ודליפת הנפט מצינור של חברת קצא"א למלחת עברונה. אבל מקרים אלה הם רק קצה הקרחון להשפעה זו. לדוגמה, לחברת החשמל עשרות אלפי קילומטרים של קווי מתח שבעלי כנף עלולים להתנגש בהם ולהתחשמל מהם. למגזר החקלאי מאות אלפי דונמים של שטח חקלאי מעובד בסמיכות לשטחים טבעיים ובתוכם, ולעיתים השטח החקלאי מגודר או מרוסס. חברת נתיבי ישראל מתחזקת אלפי קילומטרים של כבישים הקוטעים את השטחים הפתוחים לאורכם ולרוחבם, וחנויות חיות המחמד והמשתלות מפיצות לעיתים מינים פולשים אל הטבע.

הניסיון להתמודד עם אתגר זה בעזרת אסדרה ממשלתית בלבד נידון לכישלון, מכיוון שלגורמים המאסדרים חסרים המשאבים, הידע, והיכולת להדביק את קצב השינויים במגזר העסקי הדינמי. מכאן, שלצד אסדרה ממשלתית למזעור השפעות שליליות על המגוון הביולוגי בישראל, נדרשות הטמעה של מודעות החשיבות של שימור המגוון הביולוגי מצד המגזר העסקי והקניית כלים פרקטיים לכך.

שניים מהחסמים המרכזיים להטמעה מוצלחת של תהליך שינוי הם מודעות להשפעות האפשריות של החברה העסקית על הטבע, ופתרונות מפורטים ומעשיים שיאפשרו לחברה למזער את השפעותיה השליליות.

ארגוני שמירת טבע בעולם פועלים מזה שנים רבות לרתימת המגזר העסקי לפעילות השומרת על הטבע, ואף פיתחו קווים מנחים לפעילות זו ^[3,4]. החברה להגנת הטבע, בשיתוף המשרד