

#### זהר ברנט-יצחקי

קבוצת המחקר לקיימות סביבתית  
וחברתית, המרכז האקדמי רופין

#### תמר ברמן

המחלקה לבריאות וסביבה, משרד  
הבריאות

#### אפרת רורמן

המעבדה הארצית לבריאות הציבור,  
משרד הבריאות

#### לודה גרויסמן

המעבדה הארצית לבריאות הציבור,  
משרד הבריאות

#### ציטוט מומלץ

ברנט-יצחקי ז', ברמן ת, רורמן א  
וגרויסמן ל. 2023. שימוש בניטור  
ביולוגי לבחינת ההשפעה של  
שינויים רגולטוריים על חשיפת  
האוכלוסייה בישראל לחומרי הדברה  
מסוג זרחנים אורגניים. *אקולוגיה  
וסביבה* 14(3).



אכילת מזון שרוסס בזרחנים אורגניים היא אפיק משמעותי לחשיפה אליהם, לפיכך נחקר הקשר בין צריכת מזונות שונים לריכוזי הכימיקל בגוף האדם (בשנת)

## שימוש בניטור ביולוגי לבחינת ההשפעה של שינויים רגולטוריים על חשיפת האוכלוסייה בישראל לחומרי הדברה מסוג זרחנים אורגניים

[בקצרה](#)

גיליון סתיו 2023 / כרך 14(3)

31 באוקטובר, 2023

חומרי הדברה משמשים בגידולי שדה ובמטעים כדי להגן על הצמח מפני נגעים ומזיקים (עשבים, פטריות וחרקים). לחשיפה אקוטית (קצרת-טווח) של בני אדם למינונים גבוהים של חומרי הדברה מסוימים עלולות להיות השפעות בריאותיות חמורות, אך גם חשיפה כרונית (ארוכת-טווח) למינונים נמוכים של חומרי הדברה עלולה לגרום לתחלואה נשימתית, לתחלואה נוירולוגית ואף לסרטן [1]. עוברים, פוטוטים וילדים רגישים במיוחד להשפעות של חומרי הדברה. למשל, ידוע שישנן השפעות התנהגותיות וקוגניטיביות הקשורות לחשיפת העובר במהלך ההיריון לזרחנים אורגניים, כולל ירידה במנת המשכל [2]. קיימות משפחות מגוונות של חומר הדברה, ובמחקר זה התמקדנו בזרחנים אורגניים, שחשיפה להם הוכחה כבעלת השפעה שלילית על מערכת העצבים.

אחד מחומרי ההדברה מסוג זרחנים אורגניים שנמצאו בשימוש נרחב בחקלאות בישראל ובעולם הוא כלורפיריפוס, המשמש אף להדברה בסביבה הביתית. פעילות רגולטורית לצמצום השימוש בחומרי הדברה מסוג זרחנים אורגניים החלה בישראל בשנת 2007: בשנה זו נאסר השימוש הביתי בתכשירי הדברה המכילים את הזרחנים האורגניים כלורפיריפוס ודיאזינן (כגון תכשירים להדברת תיקנים ותכשירים כנגד קרציות ופרעושים בבעלי חיים); בשנת 2009 נאסר השימוש בכימיקלים אלה בגינות נוי פרטיות וציבוריות; בשנת 2013 הוצאו משימוש חקלאי מספר חומרי הדברה מסוג זרחנים אורגניים, שאינם כלורפיריפוס; בשנת 2022 נאסר השימוש בכלורפיריפוס גם בגידולים חקלאיים.



'חומרי הדברה משמשים בגידולי שדה ובמטעים כדי להגן על הצמח מפני נגעים ומזיקים... אחד מחומרי ההדברה מסוג זרחנים אורגניים שנמצאו בשימוש נרחב בחקלאות בישראל ובעולם הוא כלורפיריפוס'

## כיצד השפיעו שינויים רגולטוריים אלה על חשיפת האוכלוסייה לזרחנים אורגניים?

כדי לענות על השאלה ערכנו מחקר של ניטור ביולוגי במסגרת התוכנית הלאומית לניטור ביולוגי. במחקר זה אספנו בין החודשים יולי 2020 ליוני 2021 דגימות שתן של 166 ילדים ושל 223 מבוגרים, שענו על שאלון תזונה מפורט לגבי צריכת מזון. יש לציין שאיסוף הדגימות נערך לפני איסור השימוש בכלורפיריפוס בגידולים חקלאיים למאכל. הדגימות הועברו למעבדה הלאומית לניטור ביולוגי לכימות ריכוזי תוצר הפירוק של כלורפיריפוס ושל כלורפיריפוס-מתיל – TCPy (3,5,6-trichloro-2-pyridinol) – באמצעות טכנולוגיית MS/MS-GC. ריכוזי הקריאטינין (מדד של רמת מיהול השתן) נמדדו בבית חולים אסף הרופא, והם משמשים מדד לנרמול הריכוזים ומאפשרים השוואת ריכוזי כימיקלים בין דגימות שתן מרוכזות למהולות.

תוצר הפירוק של כלורפיריפוס (TCPy) התגלה בקרב רוב ניכר של הנבדקים – 94.6% מהילדים ו-97.3% מהמבוגרים.

בהשוואה לנתונים קיימים ממדינות אחרות עולה כי בקרב ילדים בישראל הריכוז החציוני של TCPy (2.39 מק"ג לגרם) היה גבוה בהשוואה לזה שנמדד בארה"ב (1.77 מק"ג לגרם), אך נמוך בהשוואה לזה שנמדד בקפריסין (5.7 מק"ג לגרם). בקרב מבוגרים בישראל, הריכוז החציוני של TCPy (2.3 מק"ג לגרם) היה גבוה בהשוואה לזה שנמדד בארה"ב (0.88 מק"ג לגרם), ובגרמניה (1.27 מק"ג לגרם).

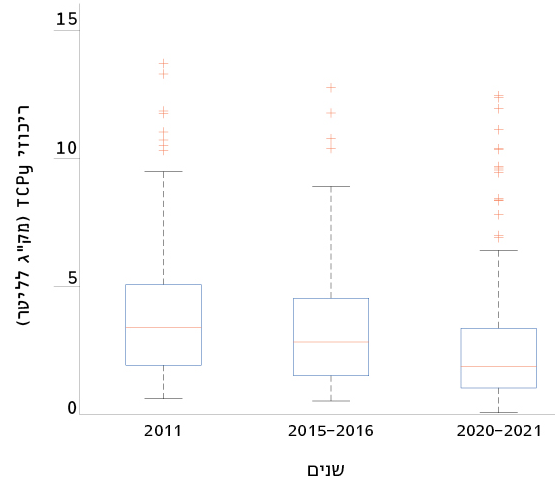
## מה המשמעות של החשיפה?

במטרה לבצע הערכת סיכונים לחשיפה לכימיקל זה הושאו התוצאות לערכי סף טוקסיקולוגיים לניטור ביולוגי (human biomonitoring value). ערכי הסף האלה משמשים בהערכת סיכונים, כיוון שמתחת להם לא קיים חשש להשפעה בריאותית. בקרב עשרה מהילדים שהשתתפו במחקר (6%) ובקרב חמישה מהמבוגרים שהשתתפו במחקר (2.25%) נמצאו רמות TCPy גבוהות מערך הסף.

בהשוואה בין רמות החשיפה ל-TCPy בסקר הנוכחי לאלה שנמדדו בסקרים קודמים, ניתן לראות מגמות ירידה מובהקות סטטיסטית בקרב ילדים ומבוגרים כאחד (ראו [איור 1](#) ואיור 2).

### איור 1. ריכוז TCPy בשתן של מבוגרים בישראל (לא מתוקנן) בשנים 2021-2020 לעומת סקרים קודמים של משרד הבריאות

ירידה בריכוזי תוצר הפירוק של כלורפיריפוס בקרב מבוגרים בישראל לאורך השנים, כפי שמשתקפת במחקרי ניטור ביולוגי. תרשים קופסה (box plot): המלבן הכחול נמצא בין הרבעון הראשון לשלישי, הקו הכחול הוא חציון ההתפלגות, צלבים כתומים מציינים ערכי קיצון.



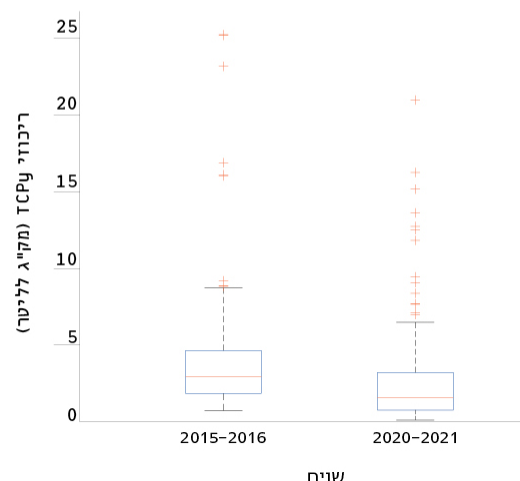
### איור 1

### ריכוז TCPy בשתן של מבוגרים בישראל (לא מתוקנן) בשנים 2021-2020 לעומת סקרים קודמים של משרד הבריאות

ירידה בריכוזי תוצר הפירוק של כלורפיריפוס בקרב מבוגרים בישראל לאורך השנים, כפי שמשתקפת במחקרי ניטור ביולוגי. תרשים קופסה (box plot): המלבן הכחול נמצא בין הרבעון הראשון לשלישי, הקו הכחול הוא חציון ההתפלגות, צלבים כתומים מציינים ערכי קיצון.

### איור 2. ריכוז TCPy בשתן של ילדים בישראל (לא מתוקנן) בשנים 2021-2020 לעומת סקר קודם של משרד הבריאות

ירידה בריכוזי תוצר הפירוק של כלורפיריפוס בקרב ילדים בישראל לאורך השנים, כפי שהיא משתקפת בהשוואה בין 2016-2015 ל-2021-2020 במחקרי ניטור ביולוגי. תרשים קופסה (box plot): המלבן הכחול נמצא בין הרבעון הראשון לשלישי, הקו הכחול הוא חציון ההתפלגות, צלבים כתומים מציינים ערכי קיצון.



### איור 2

### ריכוז TCPy בשתן של ילדים בישראל (לא מתוקנן) בשנים 2021-2020 לעומת סקר קודם של משרד הבריאות

ירידה בריכוזי תוצר הפירוק של כלורפיריפוס בקרב ילדים בישראל לאורך השנים, כפי שהיא משתקפת בהשוואה בין 2016-2015 ל-2021-2020 במחקרי ניטור ביולוגי. תרשים קופסה (box plot): המלבן הכחול נמצא בין הרבעון הראשון לשלישי, הקו הכחול הוא חציון ההתפלגות, צלבים כתומים מציינים ערכי קיצון.



'על אף החשיפה לשאריות חומרי הדברה בעקבות אכילה של פירות וירקות חשוב להדגיש כי משרד הבריאות ממליץ להמשיך לצרוך פירות וירקות, כיוון שהתועלת הבריאותית בצריכתם עולה על הנזקים הפוטנציאליים מהחשיפה לחומרי הדברה". בהמשך חקרנו את הקשר בין צריכת מזונות שונים לריכוזי הכימיקל בשתן, שכן אכילת מזון שרוסס בזרחנים אורגניים היא אפיק משמעותי לחשיפה אליהם. בקרב ילדים שצרכו פירות (סך הצריכה של תפוחים, פירות הדר, אגסים, אפרסקים, נקטרינות, שזיפים, בננות, מלונים ואבטיחים) בתדירות גבוהה, נמצאו באופן מובהק סטטיסטית ריכוזים גבוהים יותר של TCPy. ענבים הם אחד הפירות המסוכנים מבחינה זו, ואכן אצל ילדים שאכלו ענבים מספר פעמים בשבוע, נמצאו ריכוזים גבוהים של TCPy בהשוואה לריכוזים אצל ילדים שאכלו ענבים רק מספר פעמים בחודש או פחות. הבדלים בריכוזי TCPy נמצאו גם ביחס לאכילת ירקות (סך הצריכה של ירקות שונים: מלפפונים, עגבניות, חסה, גזר, כרוב, פלפל, כרובית, אפונה, שעועית ועוד), דהיינו: ערכים גבוהים יותר בקרב ילדים שצרכו את הירקות, אך לא ביחס לירקות ספציפיים. בקרב מבוגרים שאכלו סלט ירקות בתדירות גבוהה (מספר פעמים בשבוע) נמצאו ריכוזים גבוהים יותר של TCPy (5.25 מק"ג לגרם) לעומת אלה שצרכו סלט בתדירות נמוכה (1.88 מק"ג לגרם,  $p=0.01$ ).

**לסיכום,** בעשור וחצי האחרונים צומצם השימוש בחומרי הדברה מסוג זרחנים אורגניים בישראל. תוצאות מחקר זה מצביעות על ירידה מובהקת בחשיפה של ילדים ומבוגרים לזרחן האורגני כלורפיריפוס. התוצאות מצטרפות לתוצאות ממחקרים אחרים שמעידים על **ירידה בחשיפה של נשים הרות לזרחנים אורגניים** [3]. עם זאת, עדיין למעלה מ-90% מהילדים והמבוגרים היו חשופים לכלורפיריפוס. מניתוח הערכת סיכונים עולה כי בקרב 6% ילדים ו-2.2% מהמבוגרים במדגם קיים חשש בריאותי בשל חשיפה לכלורפיריפוס. נזכיר שוב כי לאחר איסוף הנתונים למחקר, בשנת 2022, בוטל השימוש בכימיקל זה בגידולי שדה, ולפיכך ריכוזיו בקרב כלל האוכלוסייה צפויים לרדת אל מתחת לערכים שנמצאו במחקר זה.

על אף החשיפה לשאריות חומרי הדברה בעקבות אכילה של פירות וירקות חשוב להדגיש כי משרד הבריאות ממליץ להמשיך לצרוך פירות וירקות, כיוון שהתועלת הבריאותית בצריכתם עולה על הנזקים הפוטנציאליים מהחשיפה לחומרי הדברה.

מחקר זה מדגים את תרומת הניטור הביולוגי להבנה טובה יותר של החשיפה האמיתית של האוכלוסייה למזהמים סביבתיים. תוצאותיו של הניטור הביולוגי מהוות פלטפורמה המגשרת בין מדע למדיניות [4]. לידע זה חשיבות משמעותית לקביעת מדיניות, כגון צמצום השימוש בחומרי הדברה בחקלאות. בהקשר זה חשוב לציין את מעורבותה של ישראל במאגדים האירופיים [HBM4EU](#) ו-[PARC](#), המקדמים מחקרי ניטור ביולוגי באירופה ובסביבה ומשתמשים בנתונים להערכת סיכונים כמותית ולתמיכה במדיניות בתחומי בריאות וסביבה.

## מקורות

1. Centers for Disease Control. [National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals. Biomonitoring Data Tables for Environmental Chemicals.](#)
2. Bouchard MF, Chevrier J, Harley KG, et al. 2011. Prenatal exposure to organophosphate pesticides and IQ in 7-year-old children. *Environmental Health Perspectives* **119**(8): 1189–1195.
3. Ein-Mor E, Ergaz-Shaltiel Z, Berman T, et al. 2018. [Decreasing urinary organophosphate pesticide metabolites among pregnant women and their offspring in Jerusalem: Impact of regulatory restrictions on agricultural organophosphate pesticides use?](#) *International Journal of Hygiene and Environmental Health* **221**(5): 775–781.
4. Ubong D, Stewart L, Sepai O, et al. 2023. Application of human biomonitoring data to support policy development, raise awareness and environmental public health protection among countries within the HBM4EU project. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* **251**: 114170.