

## גיל בן נתן

איזוטופ – פתרונות טכנולוגיים  
לאיכות הסביבה

## ציטוט מומלץ

בן נתן ג. 2024. קרקעות מזוהמות  
בנגב המערבי – כימות הסיכון  
לזיהום והסיכוי לשיקום. אקולוגיה  
וסביבה 15(1).



בדיקת גזי קרקע | צילום: צוות איזוטופ

# קרקעות מזוהמות בנגב המערבי – כימות הסיכון לזיהום והסיכוי לשיקום

[בקצרה](#)

גיליון אביב 2024 / כרך 15(1) / שיקום ופיתוח בר-קיימא של הנגב 31 במרץ, 2024

התקפת החמאס בשבעה המערבי

באוקטובר והימים שאחריה, עד לנקודת הזמן שהלחימה ביישובי עוטף עזה פסקה, השפיעה בצורה דרמטית על חיינו, אך הייתה גם לה משמעות סביבתית.

פועל יוצא מהשימוש בתחמושת (של המחבלים ושל צה"ל) הוא זיהום סביבתי – של האוויר, המים והקרקע. נוסף על כך, הפגיעות בכלי רכב, בבתי מגורים, בבתי עסק ובמתקני חקלאות הוסיפו מקורות זיהום – נקודתיים ואזוריים.

לזיהום סביבתי זה יש השלכות בזמן ובמרחב על הסיכון לפגיעה בריאותית בקהילות התושבים ובמערכות האקולוגיות המספקות להן (ולנו) שירותי מערכת אקולוגיים חשובים. כדי לצמצם את הסיכונים הצפויים ולשקם ככל האפשר את מרחב הקיום נדרשת פעולה מהירה בטרם יתפשט הזיהום לשטחים נוספים, ובפרט למקומות קשים לשיקום.



מסוק שנפגע בעוטף עזה, ב-7.10.2023 / צילום: צוות איזוטופ

המזהמים העיקריים הצפויים הם מתכות, דוגמת ברזל, אבץ, נחושת, עופרת, כרום, כספית וקדמיום<sup>[4, 7]</sup>, חומרי נפץ שנוירו (מכדורי אקדח ועד טילים<sup>[5, 6]</sup>), וכן פחמימנים ארומטיים רב-טבעתיים (PAH) עקב פגיעה במכלי דלק, סולר ושמן, כמו גם מהשרפות שבערו שעות ארוכות.

דרכי החדירה של הזיהומים לגוף הן בבליעה ובנשימה של חלקיקים נישאים ברוח (בעיקר אבק), שתייה של מי אקוויפר מזהמים (ישנן עשרות בארות להפקת מי שתייה באזורי הלחימה) וספיגה דרך העור. כיווני ההסעה של המזהמים מנוגדים – בעיקר למערב בידי המים, ובעיקר למזרח בידי הרוח. פעילות האדם המוגברת בשטח מעבירה ריכוזי מזהמים אפשריים בין מקומות.

כיוון שהשטחים שמצריכים בדיקה ושיקום גדולים יחסית (סדר גודל של 200–500 קמ"ר), לא ניתן להשתמש בפיתרון של החלפת קרקע כדי לסלק את הזיהום – לפחות לא עבור כלל השטח. כדי למקד את המאמצים ולהביא ליעילות מרבית את הכלים העומדים לרשותנו, חברת איזוטופ מציעה תוכנית תלת-שלבית לשיקום.

בשלב הראשון, **מיפוי פעילות הלחימה** יצמצם את השטחים שיש לסקור. באופן זה ניתן למקד את המאמץ בשטחים שנערכה בהם פעילות לחימה משמעותית, ועל כן הם בעלי פוטנציאל לזיהום קרקע. ניתן, בעזרת מידע מגורמי הצבא, מהחמ"ל האזרחי ומיוזמות שונות הפועלות לתיעוד מעשי הזוועה והגבורה שאירעו בפתיחת מלחמת חרבות ברזל, להראות את האזורים העיקריים שנורתה בהם תחמושת, והוסבו נזקים המלווים בזיהום קרקע.

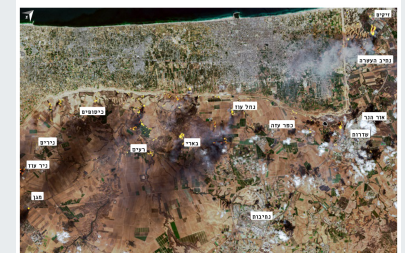
בשלב השני, **דגימת פני השטח** תיערך ללא קידוחי קרקע, היות שעיקר הזיהום צפוי להימצא בעת הזו בשכבת הקרקע העליונה, וטרם חדר אל השכבות העמוקות. הדגימה תתבצע במתווה משוכב (stratified sampling). מתווה זה מבחין מראש בין אזורים שנדרשות בהם פעולות שונות, ומסודר במבנה מקנן (nested) – כלומר היררכיה של פעולות ההולכות ומצטמצמות עם העלייה בגודל השטח. השיכוב הראשוני יתבצע על פי המידע הקיים על צפיפות הלחימה באזורים השונים (לדוגמה ראו [איור 1](#))



סימני השרפה במסיבת נובה בחניון יער רעים, 2023 | צילום: צוות איזוטופ

תוך ניתוח המידע בצורה הסתברותית (סטטיסטיקה בייסיאנית). לדוגמה, אזור יער רעים (שם התקיים פסטיבל נובה) יידגם כסריג בצפיפות גבוהה יותר מאשר השדות החקלאיים של בארי (ראו [איור 2](#)). באזורים שיימצאו זיהומים החורגים מהמותר לאחר הדגימה הראשונית, יבוצע תיחום אופקי (דגימות נוספות במרחק מהמוקד שאותר) ואנכי (קידוחי קרקע במטרה לאתר עד לאיזה עומק הזיהום מגיע), על פי ההנחיות והמדיניות של המשרד להגנת הסביבה <sup>[1, 2]</sup>.

**איור 1:** היקף השרפות בעוטף עזה בשבוע באוקטובר 2023  
השרפות נראות בצלול. המידע מוצג על ידי קופרניקוס (Copernicus Sentinel). עיבוד: Pierre Markuse

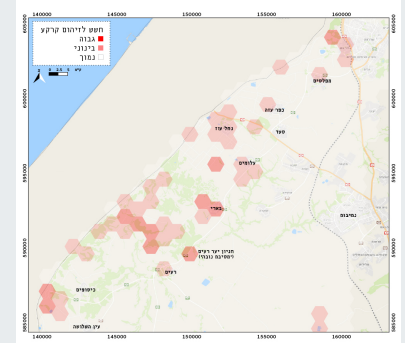


## איור 1

### היקף השרפות בעוטף עזה בשבוע באוקטובר 2023

השרפות נראות בצהוב. המידע מעובד מתצלום לוויין קופרניקוס (Copernicus Sentinel). עיבוד: Pierre Markuse

**איור 2:** חשף לזיהום קרקע במרכז עוטף עזה  
ניתוח מרחבי המחלק את השטח למאפיין בגודל קילומטר, בהתבסס על [איור 1](#). מיפוי: איזוטופ – פתרונות טכנולוגיים לאיכות הסביבה



## איור 2

### אזורים החשודים בזיהום קרקע במרכז עוטף עזה

ניתוח מרחבי המחלק את השטח למאפיין בגודל קילומטר, בהתבסס על [איור 1](#). מיפוי: איזוטופ – פתרונות טכנולוגיים לאיכות הסביבה.





דגימת קרקע באמצעות קידוח, 2024 / צילום: צוות איזטופ

בשלב השלישי, **פעולות שיקום מקומיות** (on-site), כדוגמת מתקני שטיפה (לזיהומי מתכות), טיפול ביולוגי (לחומרי נפץ ולחומרים אורגניים) ופינוי לאתרי טיפול חיצוניים (ex-situ), יותאמו על פי מודל התעדוף של המשרד להגנת הסביבה [3]. בעזרת המודל ניתן ליצור מפת ערכיות לשיקום האזור בראייה מרחיבה. המפה תוכל לציין (כשכבות מ"ג) את חומרת הזיהום, היסכון להתפשטותו לאורך הזמן וחשיבות המיקום לשימוש הקהילתי כדי לקבוע אזורי קדימות לטיפול בתהליך ארוך טווח שצפוי להמשיך על פני חודשים ושנים.

ניתן לשער כי אזורי המגורים, שהחשיפה לזיהומים בהם כרוכה בסיכון הרב ביותר עקב משך החשיפה הארוך, יקבלו קדימות על פני שטחים פתוחים. באופן דומה, ערוצי הנחלים יטופלו מהר יותר מאשר שדות מישוריים.

**באיר 2** ניתן לראות דוגמה לחלוקת גאוגרפית של המרחב, על פי מידע ראשוני שהושג באמצעות חישה מרחוק, המסייע בסיווג השטחים החשודים בזיהומי קרקע. אזור ההתייחסות חולק לתאי שטח באורך קילומטר, ונספרו בהם מוקדי עימות. תאי השטח שנצפתה בהם פעילות רבה, כלומר מספר רב של מוקדים, סווגו כבעלי פוטנציאל גבוה לזיהום קרקע.

מתווה הפעולה המוצע כאן מאפשר שימוש במידע זמין תוך אישושו בשטח כדי לתכנן את פעולות השיקום באזור עוטף מזיהומי הקרקע שנוצרו בעקבות אירועי השבעה באוקטובר 2023.

## מקורות

1. המשרד להגנת הסביבה, אגף שפכי תעשייה דלקים וקרקעות מזוהמות. 2015. [הנחיות מקצועיות לביצוע סקר היסטורי באתרים החשודים בזיהום קרקע או מי תהום](#).
2. המשרד להגנת הסביבה, אגף שפכי תעשייה דלקים וקרקעות מזוהמות. 2017. [מדיניות המשרד בנושא קרקעות מזוהמות](#).
3. המשרד להגנת הסביבה, אגף שפכי תעשייה דלקים וקרקעות מזוהמות. 2019. [מודל תעדוף רגולטורי – טיפול בקרקעות מזוהמות](#).
4. Al-Shammari AM. 2016. [Environmental pollutions associated to conflicts in Iraq and related health problems](#). *Reviews on Environmental Health* **31**(2): 245–250.
5. Broomandi P, Guney M, Jong Ryeol K, and Karaca F. 2020. [Soil contamination in areas impacted by military activities: A critical review](#). *Sustainability* **12**(21): 9002.
6. Bwatanglang I, Yonnana E, Ibrahim L, et al. 2021. [Assessment of environmental pollution on the soil, plants, and water chemistry of insurgency-inflicted communities of Madagali, Adamawa State Nigeria](#). *Jordan Journal of Earth and Environmental Sciences* **12**(1): 62–71.
7. Skalny AV, Aschner M, Bobrovitsky IP, et al. 2021. [Environmental and health](#)

[hazards of military metal pollution](#). *Environmental Research* **201**: 111568.