

מיקרו בעיה

אם שחיתם בים בימים האחרונים ונדמה לכם שראיתם מדוזה שצפה לעברכם, כנראה שראיתם משהו מסוכן הרבה יותר. המדוזות עזבו את חופינו והכתם הלבנבן-כחלחל שצף לידכם היה ככל הנראה שקית פלסטיק, שבסופו של דבר עלול לגרום לאדם ולסביבה נזק חמור יותר מאשר צריבה קלה בעור. שני מחקרים חדשים שראו אור לאחרונה -חושפים מידע רב על ההשפעה השלילית של הפלסטיק בים ושל בן דודו הקטן והמסוכן

פסולת פלסטיק בחוף שדות ים. תצלום: ארבל לוי

כאמור, [רבות דובר ונכתב על פסולת הפלסטיק](#) שמוצאת דרכה לים ולעיתים אף יוצרת נחילי פלסטיק ענקיים שנישאים בזרמי הים ושפוגעים אנושות ביצורים ימיים שנקרים בדרכם. מבלי להמעיט בנזק הנגרם מזיהום זה, הרי שהמיקרופלסטיק, חלקיקים מיקרוסקופים של פלסטיק נעים בזרמי הים, נאכלים על ידי בעלי חיים, סופחים רעלים וייתכן שגם מגיעים למזון אותו אנו צורכים, צריך לעניין אותנו באותה מידה. מה מקורו של אותו מיקרופלסטיק, כיצד ניתן לאתר אותו ומהם הנזקים להם הוא מוביל? ב-1907 פיתח המדען הבלגי-אמריקאי ליאו בייקלנד (Baekeland) את הפלסטיק הראשון. הפולימר, שמורכב משרשראות פחמימנים, קיבל את השם בקליט והצטיין בתכונותיו כמבודד חשמלי ובעל עמידות לחום. במהרה שולב הבקליט בתעשיות הרכב, בייצור מוצרי חשמל ובמוצרים רבים אחרים וסימן את תחילתו של עידן הפלסטיק, שמלווה אותנו עד היום. פיתוח פולימרים נוספים והאצת הפיתוח התעשייתי הובילה לייצור מוגבר של פלסטיק. הייצור העולמי עומד על [כ-300 מיליון טון](#) בכל שנה. חומרי המוצא של תעשיית הפלסטיק מגיעים מתעשיית הנפט והגז, כאשר תהליך הייצור כולל סדרת תגובות כימיות שבהן נוצרים קשרים בין שרשראות פחמימנים לקבלת מגוון חומרים מורכבים בעלי תכונות רצויות. למרבה הצער, אותן תכונות שהפכו את הפלסטיק לאטרקטיבי - חוזקו ועמידותו בפני פירוק - הופכות אותו למפגע סביבתי חמור. מרבית פסולת הפלסטיק נטמנת בקרקע, אך על פי הערכות שונות כ-10 אחוז מכלל הפלסטיק המיוצר [מגיע לסביבה הימית](#).

לא יוצא מהמערכת

מהו אותו מיקרופלסטיק, שמושך לאחרונה את תשומת לבם של מדענים ואנשי איכות הסביבה? מדובר למעשה בפולימרים שמופיעים כפיסות זעירות, סיבים וגרנולות, שגודלן יכול לנוע מעשרות מיקרונים ועד למילימטרים בודדים. ניתן לחלק את כלל המיקרופלסטיק על פי מקורו כראשוני או שניוני: מיקרופלסטיק ראשוני הוא כל חלקיק (שנקרא באנגלית Pellet), בדרך כלל בגודל של כחצי סנטימטר, שמהווה את אבי כל המוצרים המופקים מפלסטיק. אותם חלקיקים מיוצרים מחומרי פלסטיק (פולימרים) שמעורבבים עם חלקיקים דומים מחומרים אחרים ובעזרתם מייצרים את התוצר המוגמר. כמו כן, חלקיקים קטנים יותר (גרנולות, Granules) מיוצרים בתעשיות הקוסמטיקה, הרפואה ולשימושים ננו-תעשייתיים שונים, שבהם חלקיקי פלסטיק זעירים מהווים חלק מהתוצר הסופי. בסבובי פנים, למשל, קיימים חלקיקי פלסטיק קטנים

שתפקידם לסייע בניקוי העור. מיקרופלסטיק שניוני הוא תוצר בלייה של מוצרי פלסטיק גדולים, שנגרם עקב חשיפה לשמש, כוחות מכאניים ופירוק ביולוגי. בתוך קטגוריה זו נכללים גם המוצרים שצוברים פופולאריות לאחרונה ושמוכונים "פלסטיק מתכלה". אותם מוצרים שמתפרקים במהירות יחסית אינם מתכלים לחלוטין אלא מותירים לאחר היעלמותם מהעין מיקרופלסטיק סינתטי ומזיק.

דגימה שנלקחה לאחר ארוע גשם שבו נחל לכיש שטף כמויות אדירות של מיקרופלסטיק לים. כאן ניתן לראות לחלקיקים בגודל של 500 מיקרון (חצי מילימטר) ושל 1 מילימטר. תצלום: נועם ואן דר האל "מנתונים שאספנו בישראל ראינו שכ-96 אחוז מהמיקרופלסטיק מקורו מפירוק שניוני, מדובר בפירוק של כלים חד פעמיים ואריזות פלסטיק שונות. מיקרו פלסטיק (Pellets בלבד) ממקור ראשוני היווה רק כ-0.2 אחוז מהדגימה", אומר נועם ואן דר האל החוקר את שכיחות המיקרופלסטיק בחופי ישראל במסגרת עבודת הדוקטורט שלו באוניברסיטת חיפה ובשיתוף עמותת אקוואשן. "אין דרך שבה מיקרופלסטיק ייצא מהמערכת - הוא רק הולך וקטן בגודלו עם הזמן". אותם חומרים תעשייתיים ומוצרי צריכה פלסטיים מובלים לים בצורות שונות. נמצא כי ביוב תעשייתי ומערכות ניקוז משופעים במיקרופלסטיק החומק ממערכות הסינון ומוצא דרכו לים. כמו כן אירועי מזג אוויר קיצוניים (שגורמים לסחף של נחלים או אזורים נמוכים אחרים) כגון סערות עם כמויות גשם גדולות, שיטפונות והוריקנים מובילים כמויות פלסטיק גדולות מהיבשה לים. גם חובבי הים והדייגים תורמים לזיהום בפלסטיק - ציוד דיג שעשוי פלסטיק ואריזות שונות מוסיפים אלפי טונות של פלסטיק לסביבה הימית בכל שנה. "בשפכי נחלים, לאחר גשם חזק, פסולת רבה נשטפת אל הים וגורמת גם לחוף להתכסות ב'ערימות' של פסולת שהובלו בעזרת הגלים ושמיכות המון פלסטיק - כולל מיקרופלסטיק", אומר ואן דר האל. מהי השכיחות של המיקרופלסטיק בים? שאלה זו מטרידה מדענים מרחבי העולם ונותרת ללא מענה ברור, בעיקר בגלל הקושי באיתור הזיהום בדרכים המקובלות. סקירה ויזואלית של הזיהום בחוף ובמי הים אינה מאפשרת לאתר את אותם חלקיקים זעירים. הפתרון לכך הוא גרירה של רשתות עדינות וזיהוי הפלסטיק תחת מיקרוסקופ, תוך שימוש בצביעות מיוחדות שמבליטות את החלקיקים על רקע הדגימה. מחקרים שנעשו בנושא מעלים תמונה מטרידה: מיקרופלסטיק נמצא כמעט בכל מקום בים שבו מתבצעת דגימה; גם באמצע האוקיינוס. עם זאת, התגלה גם שהוא נוטה להצטבר במקומות ובעונות מסוימים. בזרם המעגלי של צפון האוקיינוס השקט, למשל, נמדדו מעל רבע מיליון חלקיקים לקמ"ר וכך נטבע המונח "כתם הזבל הגדול של האוקיינוס השקט". לאחר שב-2012, בעקבות סופות רוח חזקות, תועדה כמות דומה של מיקרופלסטיק [גם בצפון הים התיכון](#). מהמחקר בישראל עולה שכמויות המיקרופלסטיק מול חופי הארץ גבוהות במידה ניכרת מאלו שהתגלו בצפון הים התיכון, ובמוצע מדמות את "כתם הזבל" באוקיינוס השקט.

שרשרת המזון וחיות מפלסטיק

לרווה של דג בגודל 8 מילימטרים לצד מיקרופלסטיק צהוב בגודל 4 מילימטרים. ניתן להבחין מדוע אוכל פלנקטונים יכול להתבלבל ולצרוך מיקרופלסטיק במקום "אוכל אמיתי". תצלום: נועם ואן דר האל כיצד בעלי החיים בים מושפעים מזיהום המיקרופלסטיק? לשם כך כדאי להבין כיצד בנויה שרשרת המזון האופיינית בים. נתחיל מזואופלנקטון, יצורים זעירים שנסחפים בזרמי הים ומסננים מהמים את מזונם. יצורים אלה מהווים מקור מזון למגוון גדול של דגים, שאותם טורפים דגים גדולים יותר כגון דקרים, דגי טונה וכרישים. במקביל, שוחים בים דגי ענק כגון הכריש הלווייתני, שמסננים כמויות אדירות של מים ומבודדים מהם את אותם יצורים פלנקטוניים. כך, חלקיקי הפלסטיק שנאכלים על ידי בעלי חיים מרמות טרופיות שונות פוגעות בתפקודם הרגיל וכך הם עשויים להשפיע על שרשרת המזון ולפגוע בכל חוליה בדרך. שני מחקרים שפורסמו השנה, אחד מחופי קנדה והשני מהים התיכון שלנו, בחנו את הצטברות הפלסטיק בשני קצוות שרשרת המזון. בקצה השני של שרשרת המזון [תיעוד חוקרים](#) [איטלקים](#) חלקיקי פלסטיק בקיבות של דגי טונה ודגי חרב, טורפים עילאיים בים התיכון. גם כאן התוצאות מדאיגות: חלקיקי פלסטיק מגדלים שונים נמצאו ב-12 עד 30 אחוז מהפרטים שנדגמו - תלוי בסוג הדג. מגוון חלקיקי הפלסטיק שנמצאו היה גדול מפיסות זעירות שגודלן פחות מחמישה מילימטר ועד לפיסות של סנטימטרים ספורים. החוקרים משערים שהדגים אכלו ישירות את הפלסטיק בשעת הציד, אך אינם פוסלים את האפשרות שמקורו בקיבות הדגים אותם הם טרפו. הנזק הנגרם מעיכול פלסטיק או מיקרופלסטיק תלוי בגודל ובאופי בעל החיים. יצורים קטנים כדוגמת סרטנאים עשויים להיפגע מסתימת המעיין ופגיעה ביכולת העיכול. נזק אפשרי נוסף הוא רעילותן של תרכובות אורגניות רעילות הספוחות על חלקיקים אלה. "מדובר במשפחה של מזהמים שנקראת "s'POP (Pollutants Organic Persistent), מסביר ואן דר האל. "הם בעלי תכונות הידרופוביות (דוחי מים) הגורמים להם להיספח בהצלחה רבה לפלסטיק. ברגע שבעל חיים אוכל אותם הם עשויים להשתחרר מהפלסטיק ולעבור לגופו". כאשר הם נעים במעלה שרשרת המזון, ריכוז הרעלנים בגופם של טורפי-על הולך ומצטבר. תופעה זו, הנקראת הגברה ביולוגית מוכרת מזיהום במתכות כבדות, דוגמת כספית, שמופיעות בריכוזים גבוהים בטורפי-על ימיים. היות ותזונת האדם מתבססת במקרים רבים על דגים שנמצאים בראש פירמידת המזון, לא מן הנמנע שפגיעתו של המיקרופלסטיק עשויה להשפיע גם עלינו. כיום הדעות לגבי סכנה זו חלוקות, אך החוקרים מסכימים שיש לבחון את בטיחות המזון בהקשר זה.

לגרוף את הים

רשת המנטה שאתה דוגמים את המיקרופלסטיק מפני הים. תצלום: גליה פסטרנק אז האם ישנו פתרון לזיהום המתרחב? ב-2011 התפרסם בעולם הנער ההולנדי בויאן סלאט, שהמציא [מתקן לניקוי פלסטיק ממי הים](#) שנמצא כעת בשלבי פיתוח. עם זאת, ואן דר האל לא אופטימי בקשר ליכולת לנקות את מי הים מהזיהום שכבר נוצר. "האזור המזוהם באוקיינוס השקט הוא בערך בגודל של מדינת טקסס" וכמוהו יש עוד ארבעה באוקיינוסים הגדולים", הוא אומר. "כרגע אין טכנולוגיה עם היתכנות כלכלית לטפל בזיהום בקנה מידה כזה". נראה, אפוא, שהפתרון טמון בצמצום השימוש בפלסטיק ובצורת הטיפול בו. "בכל דבר בטבע, פסולת היא מרכיב נוסף בתהליך החיים, שבו חומרים מתפרקים ויוצרים מחדש במחזוריות מושלמת. קיימת חשיבות עליונה לכך שהאדם יבין משמעות זו. כבר היום ניתן לראות את תוצאות ההשפעה השלילית שיש לפסולת לא רק על בעלי החיים, אלא בעיקר על עצמנו ועל החברה שבה אנו חיים. אם המסר יועבר, הים, בעלי החיים בו ובעיקר בני האדם ייצאו כולם נשכרים מכך", מסכם ואן דר האל. [בעקבות הכתבה ב"זווית", הסיפור פורסם באתר וואלה!](#)