

## מיקרופלסטיק: חלקיקים קטנים, איים גדול

Silvia Arossa \*, Cecilia Martin, Susann Rossbach | Carlos M. Duarte

המחלקה למדעים ולהנדסה ביולוגיים וסביבתיים, המרכז למחקר הים האדום, (BESE) המרכז למחקר המדעים הביולוגיים החישוביים, (CBRC), אוניברסיטת המלך עבדאללה למדע ולטכנולוגיה, (KAUST) תי'ול, ערב הסעודית

### סוקרים צעירים

ESTELLE

גיל: 10



ISTITUTO  
COMPREN-  
SIVO  
ALTAVALDI  
SOLE

גיל: 12



JULIA

גיל: 10



MARCO

גיל: 10



ודאי שמעתם כי זיהום הפלסטיק הופך לבעיה סביבתית חמורה, המסכנת במיוחד את האוקיינוסים. כאשר חתיכת פלסטיק מגיעה לים, מי הים ואור השמש גורמים לה להתפרק לאט לחלקיקי פלסטיק זעירים. החלקיקים הללו מכונים מיקרופלסטיק. הם קטנים ממונשית השָׁבַע (חיפושית הידועה בכינוי העממי 'פֶּרַת מִשָּׁה רַבְנוֹ') – ולפעמים אף לא נראים לעין. מדענים גילו כי חיות ים רבות סבורות בטעות שחלקיקי המיקרופלסטיק הם חלקיקי מזון, ואוכלות אותם! מגוון חיות המאכלסות את שוניות האלמוגים, בכלל זה אלמוגים וצדפות ענק, מקובעות לקרקעית הים ואינן יכולות לזוז. לכן, אין ביכולתן לברוח מחלקיקי המיקרופלסטיק אשר 'נופלים' עליהן מהשמיים, פשוטו כמשמעו. לאחרונה גילינו כי חיות רבות המצויות בשוניות האלמוגים לא רק אוכלות מיקרופלסטיק – הפלסטיק אף עלול להידבק לגופיהן, כמו זבובים למלכודת זבובים!

### מהו מיקרופלסטיק?

חשבו בכמה דברים מפלסטיק אתם משתמשים במסגרת שגרת היומיום שלכם – בבית, בבית הספר ואפילו בזמנכם החופשי. רבים מחפצי הפלסטיק הללו משמשים אותנו במשך שניות בודדות, לפני שאנו משליכים אותם. זו הסיבה לכך שצריך לייצר עוד ועוד פלסטיק

חדש מדי יום. ברחבי העולם מייצרים בכל יום כמיליון טונות של פלסטיק, השווה לכאֶלֶף משאיות מלאות בקבוקי פלסטיק! מה קורה לבקבוק פלסטיק או לעט לאַחַר שאנו מסיימים להשתמש בהם? במרבית הַעֲרִים בעולם נהוג למחזר, ובמקרה זה עושים שימוש חוזר בפלסטיק כדי לייצר חפצים חדשים. למרבה הצער, אין מחזור בכל מקום, ולא כל מוצר פלסטיק מגיע למחזור. לדוגמה, אי אפשר למחזר עטים ומדגשים (מַרְקָרִים) כיוון שהם מכילים דיו. החפצים הללו מגיעים למטמנות (אתרים להטמנת פסולת). לפעמים, אנשים אינם נשמעים לכללים, ומשליכים פלסטיק בטבע במקום לזרוק אותו לפח המחזור. כתוצאה מכך, החפצים הללו עשויים להישטף עם הגשם ולהגיע לנהרות, ולבסוף לים או לאוקיינוס.

האם ידעתם כי כאשר בקבוק פלסטיק מגיע לים, נדרשות כמה מאות שנים כדי שיתפרק לגמרי [1]? במהלך הזמן הזה, בקבוק הפלסטיק יכול לנוע ברחבי העולם, כשהוא נסחף על ידי זרמי המים. הגלים, הזרמים, אור השמש ותגובות כימיות מפרקים בקבוקי פלסטיק וחתיכות גדולות של פסולת פלסטיק (המכונות מַקְרוֹ פלסטיק), לחתיכות פלסטיק זעירות המכונות מיקרופלסטיק (איור 1) [2]. לחלק מפסולת הפלסטיק, השינוי ממַקְרוֹ פלסטיק למיקרופלסטיק עשוי לארוך עד אלף שנים! ישנם מוצרים המשמשים אותנו בחיי היומיום שכבר מכילים חלקיקי מיקרופלסטיק. עם אלה נמנים למשל משחות שיניים, תרמיצים לניקוי פנים ומוצרים לטיפול העור. חלקיקים אלה עלולים להישטף בזרם המים בשעה שאנו מתקלחים או מצחצחים שיניים, ואז הם מגיעים לביוב, ובסופו של דבר לַיָּמִים ולאוקיינוסים.

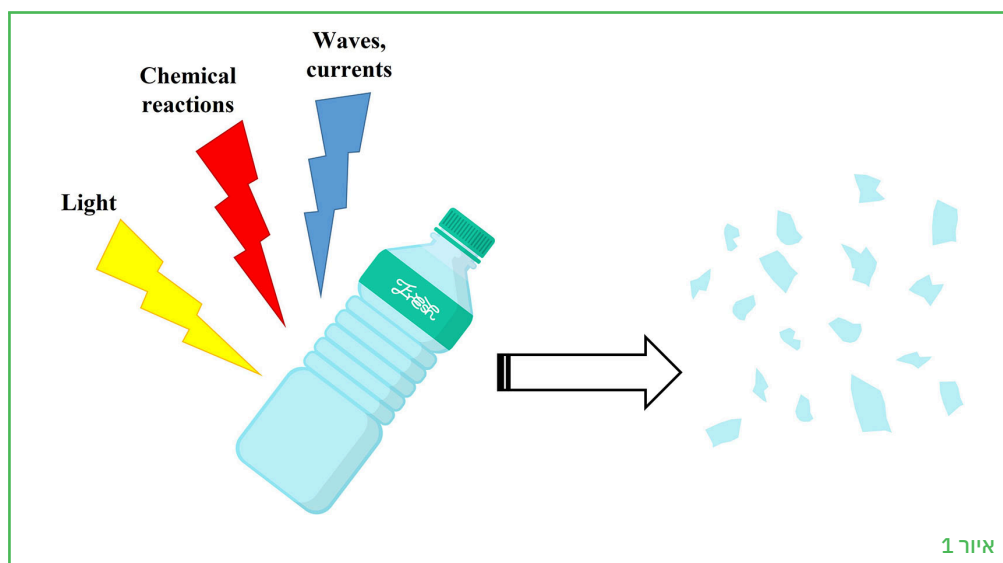
### מיקרופלסטיק (Microplastics)

חתיכות זעירות של פלסטיק שקוטר כל אחת מהן קטן מ-5 מילימטרים.

### איור 1

#### כיצד נוצר המיקרופלסטיק?

חלקיקי מיקרופלסטיק נוצרים בים ובאוקיינוס כשאר שמש (Light), תגובות כימיות (Chemical reactions) וכן גלים (Waves) וזרמי מים (Currents) מפרקים מוצרי פלסטיק גדולים, המכונים מַקְרוֹ פלסטיק. חתיכות הפלסטיק הופכות קטנות יותר ויותר במהלך הזמן, ונהיות ל'מיקרופלסטיק' כאשר קוטרן קטן מ-5 מילימטרים.



### מדוע המיקרופלסטיק מסוכן לאוקיינוסים שלנו?

לעיתים קרובות, אנו סבורים כי חלקיקי פלסטיק צפים על פני השטח של הים או האוקיינוס. זה נכון כאשר מדובר בחתיכות קלות של פלסטיק, כמו אלה המגיעות משקיות ומפוסות. אולם חלקיקי מיקרופלסטיק כבדים המגיעים למשל מצעצועים שבורים, שוקעים בעמֶדַת המים ומגיעים לקרקעית הים. זו הסיבה לכך שניתן למצוא פלסטיק בכל מקום באוקיינוס! חיות ים רעבות עלולות להחשיב את חלקיקי הפלסטיק כמזון, ואז קיבותיהן מתמלאות בפלסטיק במקום במזון אמיתי. דבר זה נכון הן לגבי מַקְרוֹ פלסטיק הן לגבי מיקרופלסטיק, אך ככל שחתיכות הפלסטיק קטנות יותר, כך סביר יותר להניח שהן ייאכלו

### עמודת המים (Water Column)

המרחב שממלאים מי הים בין פני השטח של הים לקרקעיתו.

## מארג המזון (Food Web)

האורגניזמים השונים, מצמחים זעירים ועד לווייתנים, וכל מה שביניהם, אשר אוכלים זה את זה, או נאכלים זה על ידי זה.

## הצטברות במערכת ביולוגית (Bioaccumulation)

תהליך ההצטברות של חומרים רעילים באורגניזמים, כשאתם אורגניזמים אוכלים אורגניזמים אחרים.

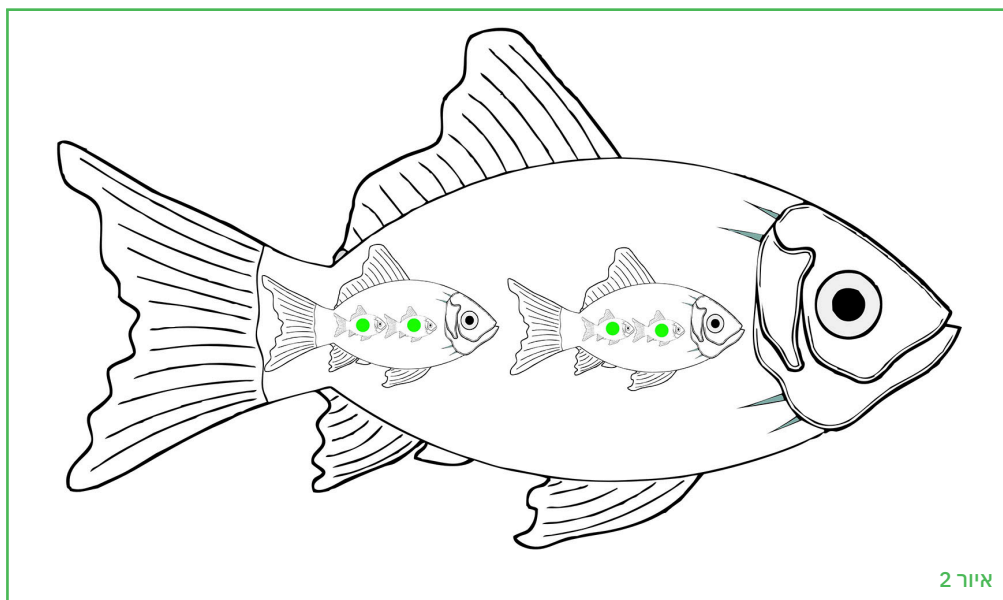
### איור 2

מהי הצטברות במערכת ביולוגית? זהו תהליך שבו חומרים רעילים מצטברים באורגניזמים שעה שאותם אורגניזמים אוכלים אורגניזמים אחרים. לדוגמה, באוקיינוס, אם דג קטן אחד אוכל חלקיקי פלסטיק אחד, ואז דג בינוני אוכל שני דגים קטנים כאלה, הדג הבינוני כבר אכל שני חלקיקים. אם דג גדול יותר אוכל שני דגים בינוניים, יהיו ארבעה חלקיקים בגוף הדג הגדול.

## מערכת אקולוגית (Ecosystem)

כל הדברים החיים והלא-חיים באזור מסוים, בכלל זה צמחים, חיות, אורגניזמים קטנים, מים, אדמה וסלעים.

וייכנסו למארג המזון. דמיינו לכם דג קטן שאוכל בטעות חלקיקי מיקרופלסטיק. אם דג גדול יותר יאכל עכשיו כמה דגים קטנים כאלה, הוא יצרוך גם את חלקיקי המיקרופלסטיק שמצויים בתוך הדגים הקטנים. בכך הדג הגדול כבר הכפיל פי כמה את כמות הפלסטיק בתוך גופו. אם הדגים ממשיכים לטרוף ולהוות טרף, עוד ועוד פלסטיק מצטבר בגופיהן של חיות טרף [3]. תהליך זה מכונה הצטברות במערכת ביולוגית (איור 2).



מדענים הבחינו בכך שאכילת חלקיקי מיקרופלסטיק עלולה להוביל לבעיות בריאותיות בקרב חיות ים רבות. לדוגמה, לעיתים חלקיקי פלסטיק הם חדים מאוד, ועלולים לפצוע את הקיבה או את מערכת העיכול. כמו כן, כאשר הקיבה מלאה פלסטיק, חיות אינן חשות רעבות; אז הן אינן אוכלות מזון אמיתי, ועלולות, בסופו של דבר, לגווע ברעב! חלקיקי פלסטיק עלולים גם לתפקד כספוגים קטנים שסופגים כימיקלים, במיוחד כשהחלקיקים שטים ברחבי האוקיינוסים והימים לאורך זמן ממושך. כאשר חיות ים, או אפילו אנשים, אוכלים את חלקיקי הפלסטיק ספוגי-הכימיקלים הללו, אלו עלולים לגרום למגוון בעיות בריאותיות, כמו למשל חוסר יכולת להתרבות.

## מיקרופלסטיק בשוניות אלמוגים

למרות שמדענים אשר חוקרים את זיהום הפלסטיק ידעו כי זיהום פלסטיק רב מוצא את דרכו לים האדום, הם הצליחו למצוא רק חלק קטן ממנו צף על פני השטח של הים, או שוקע בעמודת המים. הם תהו לאן נעלם כל שאר הפלסטיק! אחת האפשרויות הייתה שחלקיקי הפלסטיק 'ממטרים' על שוניות אלמוגים, ונלכדים שם [4].

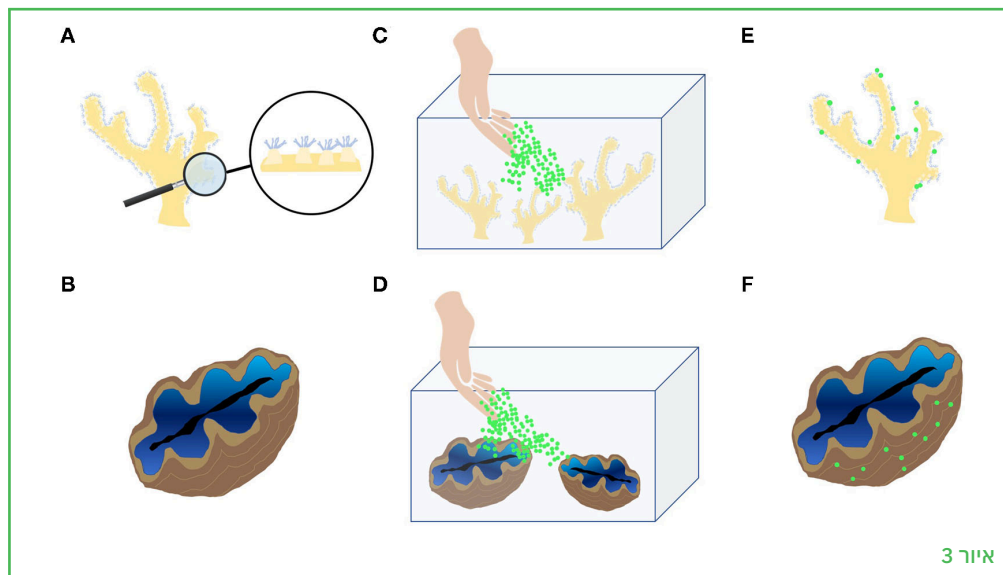
שוניות אלמוגים הן מערכות אקולוגיות בעלות חשיבות רבה, כיוון שהן מספקות הגנה ומזון עבור מגוון אורגניזמים אחרים שגרים בהן. מה שהופך את שוניות האלמוגים מיוחדות, הוא שהן בנויות מהשלדים הקשיחים של האלמוגים. אלו הם חלקי האלמוגים שאנו רואים בדרך כלל. פרט לאלמוגים, ניתן למצוא בשוניות חיות חשובות אחרות, כמו צדפות ענק. אלו הן צדפות גדולות מאוד המקובעות בדרך כלל לחריצים שבין האלמוגים (איור 3). כדי להשיג

### פוליפים (Polyps)

אורגניזמים זעירים שחיים בתוך האלמוג, האחראים על יצירת השלד שלו.

### איור 3

**כיצד חלקיקי מיקרופלסטיק נצמדים לאורגניזמים ימיים?** (A) בתוך השלדים הקשיחים של האלמוגים חיים פוליפים זעירים. אלה משתמשים בזרועותיהם כדי לתפוס את חלקיקי המזון שבמים. (B) צדפות ענק מסננות את המים כדי ללכוד את חלקיקי המזון המצויים בהם. (C,D) מדענים הוסיפו חלקיקי פלסטיק המכילים פְּלואורֶסְנֶט ירוק לאקווריומים שבהם אלמוגים או צדפות ענק. (E,F) חלקיקי פלסטיק רבים נדבקו לשלדי האלמוגים ולקונכיית של צדפות הענק.



## הניסויים שנערכו על אלמוגים ועל צדפות ענק

מדענים ביקשו לבחון את היחסים שבין האלמוגים וצדפות הענק לחלקיקי הפלסטיק במים. לצורך כך הם אספו מגוון אלמוגים וצדפות ענק מהים האדום, והניחו אותם באקווריומים. לאחר מכן הם הוסיפו למים חלקיקי מיקרופלסטיק ירוקים פְּלואורֶסְנֶטיים המפיצים אור ירוק בוהק, כדי שיהיה קל לראותם (איור 3C, D). הניסוי על האלמוגים ארך 24-28 שעות, והניסוי על צדפות הענק ארך 12 ימים. בסיום הניסוי, המדענים סָפְרוּ באמצעות מיקרוסקופ את פיסות הפלסטיק שנמצאו בקיבות החיות, ואת אלו שנדבקו לחלק החיצוני של גופיהן (על שלדי האלמוגים או על קונכיית הצדפות). הם גילו כי כל חתיכת אלמוג אכלה 80 חלקיקי פלסטיק מְדִי יום (1-2 חלקיקי מיקרופלסטיק לכל 10 פוליפים), וכי כל צדפת ענק אכלה 8 חלקיקי פלסטיק בכל יום. ההפתעה הגדולה הייתה שאלפי חלקיקי מיקרופלסטיק נדבקו אל פני השטח של האלמוגים וצדפות הענק (איור 3E, F). כמות המיקרופלסטיק שנצמד לשלדי האלמוגים (תהליך בשם הַדְבָקוּת), הייתה גבוהה פי 40 מהכמות שאותה אכלו האלמוגים. כמות הפלסטיק שנדבקה לקונכיית של צדפות הענק הייתה גדולה פי 60 מזו שנמצאה בתוך גופיהן! זו הייתה הַרְאָיָה הראשונה לכך שהידבקות חלקיקי פלסטיק לאורגניזמים ימיים היא כה משמעותית [5, 6]!

### הדבקות (Adhesion)

תהליך שבו חלקיקים נצמדים למשטח.

## למה הידבקות הפלסטיק מהווה בעיה?

הגילוי שלפיו חלקיקי פלסטיק יכולים להידבק לפני השטח של אלמוגים או לקונכיות של צדפות ענק, חשוב מאוד מכמה סיבות. ראשית, כיוון שאלמוגים וצדפות ענק הם מסתיידים (כלומר מייצרים את שלדיהם והקונכיות שלהם מחומר בשם סידן פחמתי), חלקיקי מיקרופלסטיק לכודים עשויים להשתרבב בבניית השלדים והקונכיות. דבר זה עשוי להחליש את מבנה השונית כולה, או להוביל לבעיות בבריאות האלמוגים והצדפות. שנית, לעיתים קרובות, שלדי אלמוגים וקונכיות צדפות משמשים בית לאורגניזמים אחרים כמו דגים קטנים, חסילונים, תולעים או אצות זעירות. במקרה כזה, כל האורגניזמים הללו עשויים בקלות לבוא במגע עם פלסטיק שנדבק אל פני השטח של האלמוגים והצדפות, ועלול להזיק להם. אחרון, אך לא חביב – כמויות הפלסטיק הגדולות שמדענים מצאו מחוברות למבני השונית מסבירות מדוע הם לא מצאו את כמות הפלסטיק שציפו למצוא במי הים האדום – ים המהווה בית לאחת ממערכות שוניות האלמוגים הגדולות בעולם.

## סיכום

המדענים מקווים כי מחקר זה יסייע לכולם להבין את ההשלכות המזיקות שיש לפלסטיק על כל האורגניזמים הימיים, ומדוע חשוב להפחית את כמויות הפלסטיק המגיעות לאוקיינוסים. כל אחת ואחד יכולים לעזור בכך! לדוגמה, באפשרותנו לבחור להשתמש בחפצים רב-פעמיים על פני השימוש במוצרי פלסטיק חד-פעמיים – חשבו על שקיות ניילון לקניות, בקבוקי פלסטיק וכוסות חד-פעמיות. כשהדבר לא מתאפשר, עלינו להקפיד תמיד להשליך את פסולת הפלסטיק לפח הנכון, כדי שתגיע למחזור. אם כלנו נמלא את חלקנו כדי להפחית את השימוש בפלסטיק, וניפטר מפלסטיק בצורה הנכונה, נוכל לסייע להגן על האוקיינוסים שלנו ועל החיות שמתגוררות בהם מפני האיום הגדול שמציבים בפנינו חלקיקי הפלסטיק הזעירים הללו.

## מאמר המקור

Arossa, S., Martin, C., Rossbach, S., and Duarte, C.M., 2019. Microplastic removal by Red Sea giant clam (*Tridacna maxima*). *Environ Pollut.* 252:1257–66. doi: 10.1016/j.envpol.2019.05.149

## מקורות

1. Ioakeimidis, C., Fotopoulou, K. N., Karapanagioti, H. K., Geraga, M., Zeri, C., Papathanassiou, E., et al. 2016. The degradation potential of PET bottles in the marine environment: an ATR-FTIR based approach. *Sci. Rep.* 6:23501. doi: 10.1038/srep23501
2. Barnes, D. K., Galgani, F., Thompson, R. C., and Barlaz, M. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 364:1985–98. doi: 10.1098/rstb.2008.0205

## מסתייד (Calcifier)

אורגניזם העושה שימוש בסידן פחמתי (החומר שממנו עשויות העצמות שלנו), ליצירת השלד שלו.

3. von Moos, N., Burkhardt-Holm, P., and Köhler, A. 2012. Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel *Mytilus edulis* L. after an experimental exposure. *Environ Sci Technol.* 46:11327–35. doi: 10.1021/es302332w
4. Martí, E., Martín, C., Cózar, A., and Duarte, C. M. 2017. Low abundance of plastic fragments in the surface waters of the red sea. *Front. Mar. Sci.* 4:333. doi: 10.3389/fmars.2017.00333
5. Arossa, S., Martín, C., Rossbach, S., and Duarte, C. M. 2019. Microplastic removal by Red Sea giant clam (*Tridacna maxima*). *Environ Pollut.* 252:1257–66. doi: 10.1016/j.envpol.2019.05.149
6. Martín, C., Corona, E., Mahadik, G. A., and Duarte, C. M. 2019. Adhesion to coral surface as a potential sink for marine microplastics. *Environ. Pollut.* 255:113281. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113281

פורסם אונליין: 23 באפריל 2025

נערך על ידי: Christian Woolstra

מנחים מדעיים: Marco Fusi | Janet Striuli

**ציטוט:** Arossa S, Martin C, Rossbach S | Duarte CM (2025) מיקרופלסטיק: חלקיקים קטנים, אינם גדול. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2021.608621-he

Arossa S, Martin C, Rossbach S and Duarte CM (2021) Microplastics: Small Particles, Big Threat. *Front. Young Minds* 9:608621 doi: 10.3389/frym.2021.608621

**הצהרת ניגוד אינטרסים:** המחברים מצהירים כל המחקר נערך בהעדר כי קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

**זכויות יוצרים** © 2021 Arossa, Martin, Rossbach | Duarte. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעתקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

## סוקרים צעירים

**ESTELLE, גיל: 10**

Estelle היא בעלת רוח הרפתקנית, ולה מגוון רחב של תחומי עניין, מריקוד ואיפור, ועד לניסויים מלכלכים ובייביסבול. היא אוהבת לכתוב, ואחד השירים שלה אפילו התפרסם פעם בכתב-עת מקוון. Estelle נהנית לבלות עם חברים באותה מידה שהיא נהנית לעצבן את אחיה ואת אחותה הצעירים. היא חיה עם משפחתה בצפון-מזרח ארה"ב, במקום שבו היא זוכה לשחות באוקיינוס במהלך הקיץ, ולעשות סקי ולהחליק במזחלת בחורף.





## 12: גיל, ISTITUTO COMPRENSIVO ALTA VAL DI SOLE

אנו תלמידי כיתה קטנה הלומדים בבית ספר שנמצא במרכז הרי האלפים באיטליה. בדיוק עלינו לחטיבת הביניים, ואנו נהנים כמעט מכל המקצועות! היה לנו הכבוד לסקור את המאמר הזה, שאפשר לנו להבין את הבעיה הגדולה של זיהום הפלסטיק באוקיינוסים. נעשה כמיטב יכולתנו לשמור על הכוכב שלנו נקי מפלסטיק!



## 10: גיל, JULIA

Julia היא תלמידת כיתה ה' שנהנית ללמוד על אודות הסביבה! אוהבת חיות ומתעניינת בכל עובדה קטנה שקשורה אליהן. נהנית ממוזיקה ומנגנת בפסנתר, בתופים ובווילולה. היא עוזרת לאימה להבין את מילון האקורדים של השירים האהובים עליה. ג'וליה גם נהנית לצייר וללמוד מדעים. היא כתבה ספר, ואוהבת את הכלב שלה.



## 10: גיל, MARCO

Marco הוא ילד בן 10 שאוהב הרפתקאות וטבע. לאחרונה פיתח תשוקה לכדורגל, והוא צועד ברחבי העיר כדי להתאמן עם חבריו. יש לו קול נהדר, והוא אוהב לשר.

## הכותבים



## SILVIA AROSSA

Silvia היא מועמדת לדוקטורט באוניברסיטת המלך עבדאללה למדע ולטכנולוגיה. החלה את מסעה בעולם התת-ימי המרתק כשחקרה צבי ים ושושנות ים. אז, גם התחילה להתעניין בהדרגה בדרך שבה פעולות בני האדם יכולות להשפיע על האורגניזמים הימיים. כיום, היא חוקרת כיצד האקלים והשינויים הסביבתיים עשויים להשפיע על בעלי-חוליות ימיים וחסרי-חוליות ימיים, ואפילו על תאים של בני אדם.

\*[silvia.arossa@kaust.edu.sa](mailto:silvia.arossa@kaust.edu.sa)



## CECILIA MARTIN

Cecilia היא חוקרת ימית שהתחילה לחקור את העולם הימי כשצוללה בשוניות האלמוגים באיים המלדיביים שבאוקיינוס ההודי. כיום היא חיה לחוף הים האדום, ועוקבת אחר זיהום הפלסטיק שמגיע לשם. Cecilia מנסה להבין כמה פלסטיק מושלך מדי יום לים האדום, ואיפה ניתן למצוא אותו. היא מחפשת פלסטיק בשוניות אלמוגים, אבל גם במים, על החופים, על קרקעית הים ובמנגרובים (צמחים החיים בין הים לחוף).



## SUSANN ROSSBACH

Susann היא חוקרת ימית ששואפת להבין כיצד חיות ימיות, כמו צדפות ענק ואלמוגים, בונות את השלדים שלהן. מעניין אותה במיוחד ללמוד איך החיות הללו יכולות לשרוד בתנאים המשתנים של האוקיינוסים שלנו. היא אוהבת לצלול, לחקור את העולם התת-ימי ולחלוק עם אחרים את מה שהיא לומדת ואת התמונות שהיא מצלמת מתחת למים.



## CARLOS M. DUARTE

Carlos הוא חוקר ימי. אחרי כמעט ארבעה עשורים שבהם הוא מתעד כיצד לחצים שמפעילים בני האדם משפיעים על חיי הים, הוא רוצה להניע, תוך שימוש במדע, התגייסות כלל-עולמית לשיקום השפע של החיים הימיים. Carlos אוהב כלבים ונהנה לבלות בים הפתוח, לקרוא, לשחות, לשנרקל, לצעוד ולשחק עם נכדו, Oliver.

מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים  
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس  
Bloomfield Science Museum Jerusalem



הוצאת פרונטירז מדע לצעירים ישראל  
Hebrew version provided by



THE SAGOL NETWORK



קרן משפחת  
שעשוע  
Shashua Family Foundation