

השיזוף הנוצץ: כיצד צדפות ענק נמנעות מכוויות שמש

Susann Rossbach^{1*}, Sebastian Overmans¹, Ram C. Subedi² | Carlos M. Duarte¹

¹מרכז מחקר הים האדום (RSRC) והמרכז למחקר ביו-מדע חישובי (CBRC), המחלקה למדע ולהנדסה ביולוגיים וסביבתיים (BESE), אוניברסיטת המלך עבדאללה למדע ולטכנולוגיה (KAUST), ת'ול, ערב הסעודית
²המעבדה לפוטוניקה, המחלקה למדעים ולהנדסה חשמליים ומתמטיים (CEMSE), אוניברסיטת המלך עבדאללה למדע ולטכנולוגיה (KAUST), ת'ול, ערב הסעודית

סוקרים צעירים

FABIÁN

גיל: 14



כפי ששָׁמַן מְרַמֵּז, צדפות ענק הן בין הצדפות הגדולות ביותר בכדור הארץ. אלה הן חיות צבעוניות מאוד שחיות בשוניות אלמוגים, ומקבלות סיוע מאורגניזמים זעירים בתוך הגלימות שלהן – החלק הצבעוני שבין קונכייתיהן. העוזרים הקטנים האלה, מיקרו-אצות, יכולים להשתמש באור שמש ובפחמן דו-חמצני כדי לייצר מזון, שאותו הם חולקים עם הצדפות. זו הסיבה לכך שצדפות אלה יכולות לגדול לממדים גדולים כל כך! בתמורה, הצדפות מספקות למיקרו-אצות חומרי מזון. אף על פי שאור השמש חשוב מאוד לייצור מזון בקרב האורגניזמים האלה, עודף ממנו עלול להוביל לכוויות שמש, כמו אצל בני אדם. לכן, הצדפות היו צריכות לִפְתֹּחַ את השיזוף הנוצץ המיוחד שלהן – הגנה טבעית מהשמש, שהיא דרך יעילה מאוד להגן על עצמן ועל המיקרו-אצות שבתוך גלימותיהן מפני אור שמש רב מדי ומפני כוויות שמש.

צדפות ענק וחבריהן הזעירים

כאשר אנשים שומעים את המילה 'שונית', הם חושבים מייד על אלמוגים. אולם, ישנן חיות אחרות גדולות, צבעוניות וחשובות שחיות בשוניות האלה, כמו למשל צדפות ענק, השכיחות

בשוניות אלמוגים של האוקיינוסים ההודי והשקט. צדפות אלה אינן רק יפות למראה, אלא גם חברות חשובות בשונית. לדוגמה, דגים רבים אוכלים אותן, חלק מהחיות ומהצמחים יכולים לגדול על הצד החיצוני של קונכייתיהן, וישנן אפילו חיות (כמו שרימפס זעירים) שחיות בתוך הגוף של הצדפות [1].

מיקרו-אצות (Microalgae)

אורגניזמים זעירים, חד-תאיים שיכולים לקבץ פחמן מהאטמוספירה כפי שצמחים עושים על היבשה.

גלימה (Mantle)

החלק החיצוני, הבשרני, של גוף הצדפה. בצדפות ענק, הגלימה צבעונית מאוד, בעלת גוני כחול, ירוק וחום.

סימביוזה הדדית (Mutualistic symbiosis)

קשר בין שני מינים או יותר, שבו שני האורגניזמים מרוויחים מהאינטראקציה באופן כלשהו.

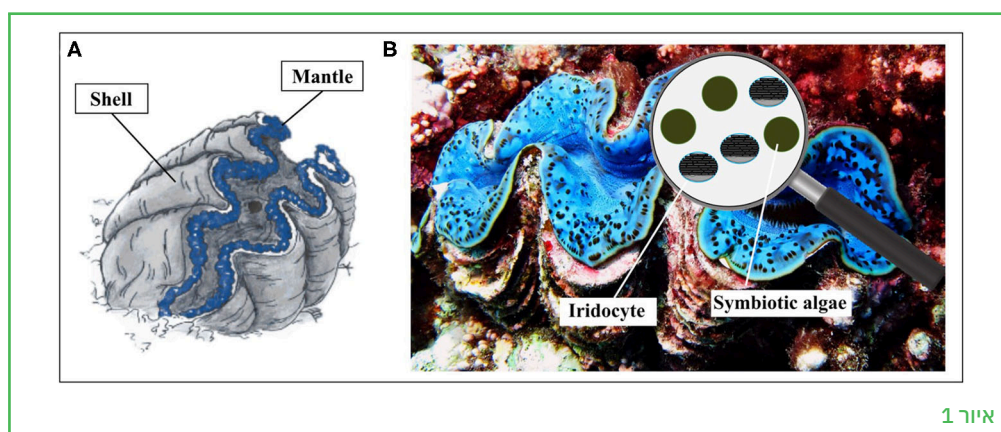
איור 1

(A) המבנה של צדפות ענק. החלק החיצוני של הצדפה, הקונכייה (Shell), מגן על החלקים הרכים, הפנימיים, של גוף הצדפה. **(B)** הגלימת (Mantle, ראו איור A) הצבעונית של צדפות ענק מכילות מיקרו-אצות סימביוטיות (Symbiotic microalgae), אשר מבצעות פוטוסינתזה, ותאים שנקראים אירידוציטים (Iridocytes), בעלי צלחות גבישיות דמויות-מראה שיכולות לשקף אור אולטרה-סגול (UV) מהשמש ולהגן על הצדפות מפני נזקי מהשמש.

אור אולטרה-סגול (Ultraviolet light, UV)

אור אנרגטי ביותר שעיין אנושית אינה מסוגלת לראות. קרינת על-סגול (אולטרה-סגול) מהשמש עלולה לגרום לכוויה או נזק לרקמת העור.

כפי שהשם מרמז, צדפות ענק יכולות להפוך גדולות מאוד. חלקן עשויות אפילו לגדול לאורך של יותר ממטר – זה ככל הנראה גדול יותר מגובה כיור האמבטיה בבית שלכם! מדענים חושבים כי אחת הסיבות ל'כלת גדילתן של צדפות ענק לממדים כאלה היא שהן מקבלות סיוע מאורגניזמים אחרים. עוזרים אלה הם חד-תאיים זעירים שנקראים **מיקרו-אצות**. הם חיים בחלק החיצוני, הבשרני, של גוף הצדפה, המכונה **גלימה** (איור 1A). מיקרו-אצות אלה, כמו צמחים, מסוגלות לבצע פוטוסינתזה – תהליך המשתמש באנרגיית השמש ובפחמן דו-חמצני כדי לייצר מזון. המיקרו-אצות שחיות בתוך צדפות הענק מייצרות כל כך הרבה מזון באמצעות פוטוסינתזה, שהן יכולות להזין את עצמן וגם לחלוק חלק מאותו המזון עם צדפת הענק. בתמורה, הצדפה מגינה על המיקרו-אצות כנגד טורפים תוך שהיא גם מספקת למיקרו-אצות כמה חומרי מזון חיוניים, כמו למשל חנקן. הקשר הזה מכונה **סימביוזה הדדית**, וייתכן שכבר שמעתם עליו בעבר, מאחר שהוא מתקיים גם בין אלמוגים לבין המיקרו-אצות שלהם. צדפות ענק נסמכות מאוד על המזון המסופק להן על ידי המיקרו-אצות הסימביוטיות שלהן. מדענים מניחים כי סימביוזה זו, והאנרגיה הנוספת שהיא מעניקה לצדפות, הן מהסיבות העיקריות לכך שאצות ענק יכולות להגיע לגודליהן הגדולים [2].



צדפות ענק עלולות להיכוות מהשמש

ממש כמו צמחים, למיקרו-אצות סימביוטיות של צדפות ענק נדרש מספיק אור כדי לייצר מזון דרך פוטוסינתזה. לכן, צדפות ענק צריכות לחיות במים רדודים, שם הן קרובות לפני השטח, ומכאן לאור השמש שנכנס לאוקיינוס. אולם, כפי שקורה לבני אדם, הישארות בשמש ללא הגנה של צל או קרם הגנה עשויה להיות מסוכנת אחרי זמן מה. הסיבה לכך היא שאור השמש מכיל צבעים שונים של אור. ככל הנראה ראיתם קשת בענן על צבעיה היפהפיים: מסגול, דרך כחול וירוק, ועד לצהוב, כתום ואדום. צבע האור קשור לרמת האנרגיה שלו, כאשר אור כחול אנרגטי יותר מאור אדום. האור בעל האנרגיה הגבוהה ביותר נקרא **אור אולטרה-סגול (UV)**. איננו יכולים לראות אור זה באמצעות העיניים שלנו, ויש לו יותר אנרגיה מאשר צבעי האור שביכולתנו לראות בקשת בענן. לאור אולטרה-סגול יש כל כך הרבה אנרגיה שהוא עלול להזיק לתאים של חיות וצמחים, או אפילו להורגם [3]. ככל הנראה

חוויתם זאת בעצמכם! אם בליתם יום בחוץ בשמש, אך שכחתם למרוח קרם הגנה, אולי עורכם נעשה אדמומי ומגוד, או אפילו החל להתקלף לאחר כמה ימים. דבר דומה עשוי להתרחש לכל האורגניזמים האחרים אם הם נותרים באור שמש בהיר במשך זמן רב מדי ללא הגנה. מאחר שצדפות ענק ממוקמות תמיד באותה נקודה ואינן יכולות לנוע לצל, אותה תופעה עלולה להתרחש גם אצלן. אולם, למרבה המזל, חיות אלה התפתחו בצורה חכמה מאוד כך שיוכלו להגן על עצמן.

השיזוף הנוצץ – קרם הגנה עבור צדפות ענק

קרוב למיקרו-אצות בגלימותיהן, לצדפות ענק יש תאים זעירים שנקראים **אִירִדוֹצִיטִים** (איור 1B). מקור המילה 'אירידוציט' מלטינית ומיוונית עתיקה, שבהן משמעות המילה 'אירידו' היא קשת בענן, ומשמעות המילה 'ציט' היא תא. השם 'תא קשת בענן' הגיוני, מאחר שחוקרים סבורים כי אירידוציטים הם אחת הסיבות לכך שצדפות ענק הן צבעוניות כל כך, עם גלימות בגוונים יפהפיים של כחול, ירוק וחום.

בתוך אירידוציטים, ישנן מעין צלחות קטנות שנערמות זו על גבי זו. הצלחות האלה מורכבות מגביש, מה שגורם להן להיראות ולהתנהג כמו מראות זעירות. כאשר אור אולטרה-סגול מזיק פוגע בתאים אלה, חלק ממנו מוחזר מיידיית על ידי צלחות דמויות-מראה זעירות אלה [4] (איור 2). הודות למראות הזעירות הללו, האור האולטרה-סגול המשקף אינו יכול לפגוע בתאי הצדפות או במיקרו-אצות, מאחר שהוא משוגר החוצה לפני שביכולתו להגיע אליהם. זהו קרם הגנה טבעי נהדר! אולם, חלק מהאור האולטרה-סגול נע לתוך האירידוציטים, שם הוא ממשיך לנוע הלוך ושוב בין הצלחות הזעירות דמויות-המראה. על ידי כך הוא מאבד חלק מהאנרגיה שלו, מה שגורם לאור להיות פחות מסוכן לצדפות ולמיקרו-אצות שלהן. עד שהאור עוזב את האירידוציטים, יש לו פחות אנרגיה והוא כבר שינה את צבעו מאולטרה-סגול לכחול [5].

האור הכחול שיוצא מהאירידוציטים הוא הסיבה לכך שלצדפות ענק רבות יש צבע כחול בהיר כל כך, כמו הצדפה המוצגת באיור 1. לאורגניזמים אחרים, כמו למשל זיקיות או שְטֶרְגָּלִים (קרובי משפחה זעירים של סרטנים ושל לובסטרים), גם יש אירידוציטים שאחראים לצבעים הבהירים שלהם. לעיתים קרובות חיות אלה משתמשות בצבעוניות שלהן כדי להסוות את עצמן או כדי למשוך בני זוג. אולם, כפי שתוכלו לדמיין, צדפות ענק לא מתחבאות טוב במיוחד. למעשה, עם צבעיהן הבהירים, הן עושות את ההפך! יתרה מזו, צדפות ענק אינן צריכות להפגש כדי למצוא בני זוג, ולכן אינן משתמשות בצבעיהן הבהירים כדי להיראות יפות ולמשוך בני זוג פוטנציאליים. אם כן, מדוע צדפות ענק מייצרות אור כחול? לא זו בלבד שאור זה מסייע להן להימנע מכוויית שמש, אלא שהוא גם האור המושלם לשימושן של המיקרו-אצות עבור ביצוע פוטוסינתזה! המשמעות היא שאירידוציטים לא רק מספקים קרם הגנה יעיל מאוד, אלא גם מסייעים למיקרו-אצות הסימביוטיות לגדול, על ידי כך שהם מספקים להן את צבע האור האהוב עליהן!

מה גורם לצדפות ענק להיות כל כך מרהיבות? אירידוציטים ומיקרו-אצות!

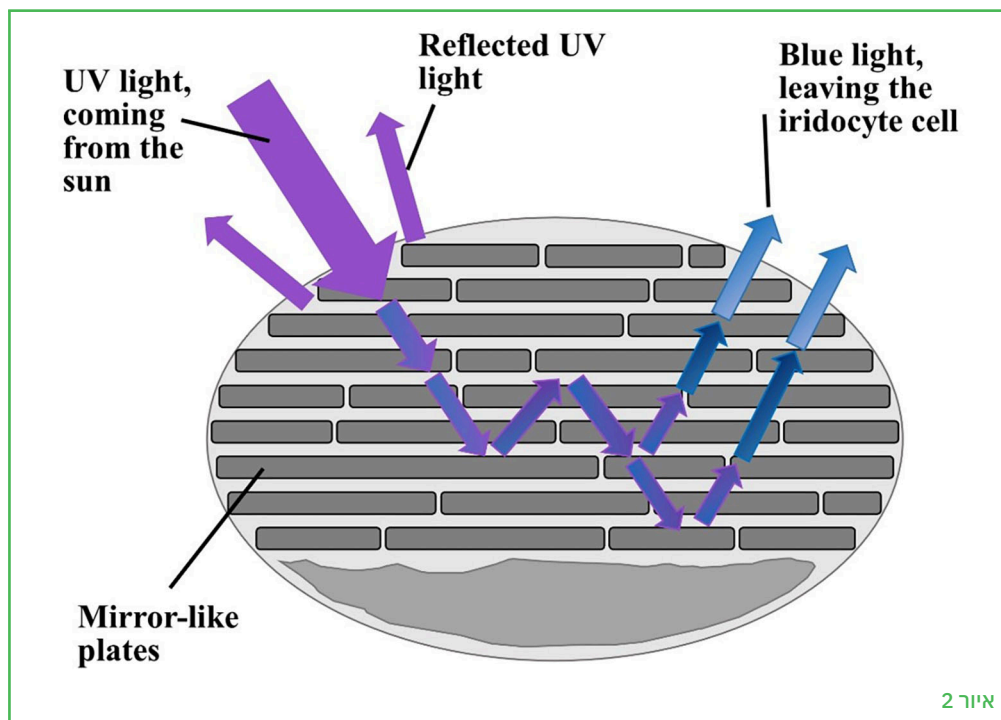
בעוד שצבעם הכחול של האירידוציטים נובע מהאור הכחול שהם פולטים, צבען של מיקרו-אצות הוא ירוק. מרבית האורגניזמים שמבצעים פוטוסינתזה משתמשים רק בחלק

אירידוציט (Iridocyte)

תאים זעירים בתוך הגלימה של צדפות ענק, אשר מכילים צלחות דמויות-מראה שיכולות להחזיר אור אולטרה-סגול.

איור 2

תאי אירידוציט
 ואור אולטרה-סגול. לתאי
 אירידוציט יש צלחות
 דמויות-מראה
 (Mirror-like plates) אשר
 משקפות אור אולטרה-סגול
 (Reflected UV light)
 החוצה, או מניעות אותו הלוך
 ושוב בין הצלחות. האור
 האולטרה-סגול שנע בין
 הצלחות מאבד אנרגיה,
 ובסופו של דבר עוזב את התא
 כאור כחול פחות אנרגטי
 (Blue light, leaving the
 iridocyte cell).
 UV light, coming from sun
 – אור אולטרה-סגול
 המגיע מהשמש.

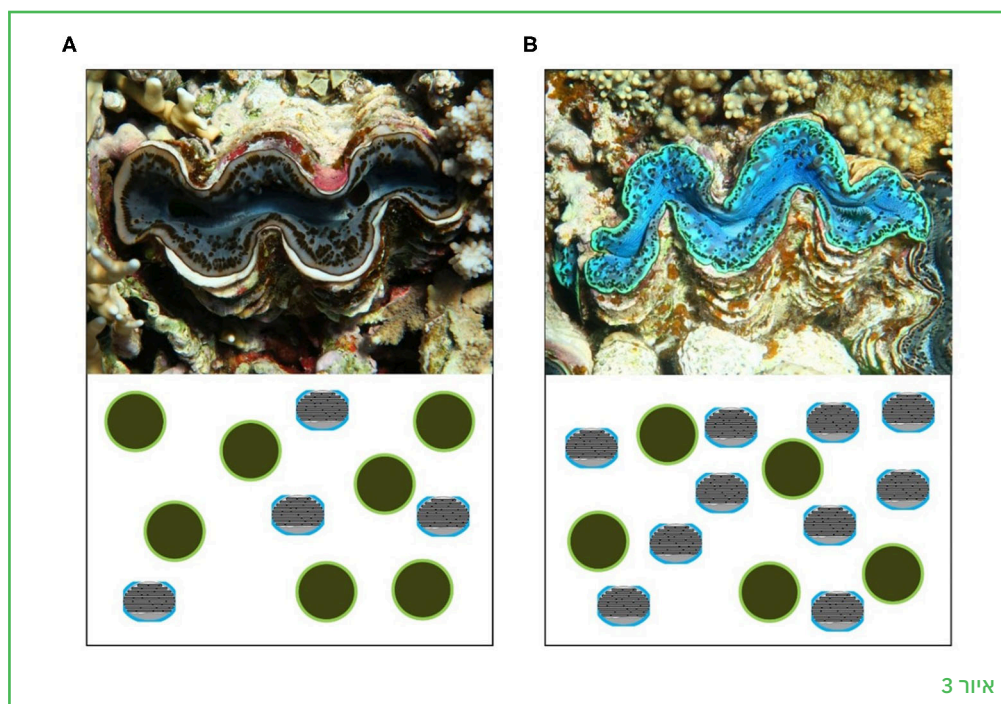


איור 2

קטן מהאור הירוק שמגיע מהשמש, ולכן רוב האור הזה משוקף חזרה. זו הסיבה לכך שצמחים ומגוון אצות גדולות נראים בעיקר ירוקים. מדענים מאמינים כי הצבעים היפהפיים שרואים בצדפות ענק נובעים משילובים שונים של אירידוציטים (כחול/טורקיז) ומיקרו-אצות (ירוק/חום). אם לצדפה יש יותר מיקרו-אצות מאירידוציטים בתוך הגלימה שלה, צבעה יהיה חום יותר (איור 3A), בעוד שצדפות המכילות יותר אירידוציטים ממיקרו-אצות ייראו כחולות יותר, או אפילו בצבע טורקיז (איור 3B).

איור 3

השילוב בין אירידוציטים
 ומיקרו-אצות קובע את צבע
 הגלימה של צדפת ענק. (A)
 לצדפת ענק חומה יש יותר
 מיקרו-אצות מאשר
 אירידוציטים. (B) לצדפת ענק
 בגוון טורקיז/כחול יש יותר
 אירידוציטים
 מאשר מיקרו-אצות.



איור 3

בְּשֵׁל הַקֶּשֶׁר הַמְיֻחָד בֵּין צִדְפוֹת עֵנֶק לְבֵין הַמִּיקְרו־אֲצוֹת שֶׁלֵהֶן, וְהַדְרָכִים שֶׁשְׁנֵי הַמִּינִים פִּיתְחוּ כְּדִי לְתַמּוֹךְ זֶה בְּזֶה וְלִהְיוֹת עַל זֶה, צִדְפוֹת הָעֵנֶק הָיוּ לְחִיּוֹת מִרְתָּקוֹת לְחֻקִּירָה עֵבוֹר מִדְעָנִים. בְּעוֹד שֶׁחֲשׁוֹב לְהַבִּין אֶת חִיּוֹת שֶׁל חִיּוֹת אֵלֶּה וְאֵת הָאֹפֶן שֶׁבּו הֵן שׁוֹרְדוֹת בְּאֻקְיִינוֹסִים, חִיּוֹת גַּם לְלִמּוּד עוֹד עַל אֻדוֹת הַתַּאִים הַמִּתְמַחִים שֶׁלֵהֶן, הָאִירִידוֹצִיטִים. בְּאֶחָד הַיָּמִים, יִדַּע לְגַבִּי הָאֹפֶן שֶׁבּו אִירִידוֹצִיטִים מְתַפְקְדִים עֲשׂוֹי לְעוֹרֵר הַשְּׂרָאָה לְפִיתּוֹחַ טֶכְנֻלוֹגִיּוֹת מְבֹסָסוֹת אֹר וְצִבְעִים כְּדִי לְסַפֵּק לָנוּ, לְדוֹגְמָה, מִסְכֵי טְלוֹוִיזִיָּה אוּ מִסְכֵי מַחְשָׁב טוֹבִים יוֹתֵר. מִי יִכּוֹל הִיא לְשַׁעֵר כִּי הַצִּדְפוֹת הָעֵתִיקוֹת הַלָּלוּ תוֹכְלָנָה לְשִׁמּוֹשׁ כִּמְפַתַח לְטֶכְנֻלוֹגִיּוֹת הָעֵתִיד?

מאמר המקור

Rossbach, S., Subedi, R. C., Ng, T. K., Ooi, B. S., and Duarte, C. M. 2020. Iridocytes mediate photonic cooperation between giant clams (Tridacninae) and their photosynthetic symbionts. *Front. Mar. Sci.* 7:465.

doi: 10.3389/fmars.2020.00465

מקורות

1. Neo, M. L., Eckman, W., Vicentuan, K., Teo, S. L. M., and Todd, P. A. 2015. The ecological significance of giant clams in coral reef ecosystems. *Biol. Conserv.* 181:111–23. doi: 10.1016/j.biocon.2014.11.004
2. Rossbach, S., Saderne, V., Anton, A., and Duarte, C. M. 2019. Light-dependent calcification in Red Sea giant clam *Tridacna maxima*. *Biogeosciences* 16:2635–50. doi: 10.5194/bg-16-2635-2019
3. Ravanat, J.-L., Douki, T., and Cadet, J. 2001. Direct and indirect effects of UV radiation on DNA and its components. *J. Photochem. Photobiol. B Biol.* 63:88–102. doi: 10.1016/S1011-1344(01)00206-8
4. Holt, A. L., Vahidinia, S., Gagnon, Y. L., Morse, D. E., and Sweeney, A. M. 2014. Photosymbiotic giant clams are transformers of solar flux. *J. R. Soc. Interface* 11:20140678–20140678. doi: 10.1098/rsif.2014.0678
5. Rossbach, S., Subedi, R. C., Ng, T. K., Ooi, B. S., and Duarte, C. M. 2020. Iridocytes mediate photonic cooperation between giant clams (Tridacninae) and their photosynthetic symbionts. *Front. Mar. Sci.* 7:465. doi: 10.3389/fmars.2020.00465

פורסם אונליין: 22 בפברואר 2024

נערך על ידי: Rúben Martins Costa

מנחים מדעיים: Felix Ivo Rossbach

ציטוט: Rossbach S, Overmans S, Subedi RC | Duarte CM (2024) השיזוף הנוצץ: כיצד צדפות ענק נמנעות מכוויות שמש. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2021.608617-he

Rossbach S, Overmans S, Subedi RC and Duarte CM (2021) The Sparkling מ: תורגם והותאם מ: Tan: How Giant Clams Avoid Sunburns. Front. Young Minds 9:608617. doi: 10.3389/frym.2021.608617

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

זכויות יוצרים © 2021 © 2024 Rossbach, Overmans, Subedi | 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

FABIÁN, גיל: 14

Fabián הוא מדען צעיר המתעניין בחקר החלל ובטכנולוגיות הקשורות בעתיד בר-קיימה. הוא נהנה לפתח כישורים טכניים בעיצוב וייצור דיגיטליים, שאותם הוא מקווה ליישם בפיתוח טכנולוגיות עתידיות לחקר החלל. Fabián הוא קורא נלהב שנהנה לרכוב על אופניים; לצלול; לתכנת; לשחק (באופן תיאטרלי) ולבנות את העולם.

הכותבים

SUSANN ROSSBACH

Susann היא חוקרת ימית המבקשת להבין כיצד חיות ימיות, כמו למשל צדפות ענק ואלמוגים, בונות את השלדים שלהן. היא מתעניינת במיוחד בלמידת האופן שבו חיות אלה שורדות בתנאים המשתנים של האוקיינוסים שלנו. Susann אוהבת לצלול; לחקור את העולם התת-ימי ולחלוק עם אחרים את השיעורים שהיא לומדת ואת התמונות שהיא מצלמת מתחת למים. *susannrossbach@hotmail.com

SEBASTIAN OVERMANS

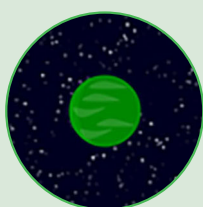
Sebastian הוא ביולוג שחקר מגוון אורגניזמים, מעטלפים מעופפים ועד לאלמוגים השוכנים בים. כיום הוא עובד כמדען ימי באזור הים האדום, שם הוא חוקר כיצד אור אולטרה-סגול מתקשר עם האוקיינוס, וכיצד הוא משפיע על בריאותם של אורגניזמים ימיים כמו למשל מיקרו-אצות; אלמוגים וצדפות ענק.

RAM C. SUBEDI

Ram Chandra הוא דוקטורנט במעבדת הפוטוניקה באוניברסיטת המלך עבדאללה למדע ולטכנולוגיה, במחלקה להנדסת חשמל. יש לו תואר שני בפיזיקה מאוניברסיטת ג'ורג'יה, ארצות הברית, וכן תואר שני במדעי הפיזיקה ותואר ראשון במדעי הפיזיקה והסטטיסטיקה מאוניברסיטת טריבהובן, נפאל, שאותם השלים בשנים 2011 ו-2007, בהתאמה.

CARLOS M. DUARTE

Carlos הוא חוקר ימי. אחרי כמעט ארבעה עשורים שבהם תיעד כיצד לחצים אנושיים משפיעים על חיים ימיים, הוא מעוניין לבסס מאמץ כלל-עולמי לבנייה מחודשת של העושר של חיי הים. Carlos אוהב כלבים. הוא נהנה להיות הרחק בים הפתוח; לקרוא; לשחות; לצלול עם שנורקל; לצעוד ולשחק עם נכדו אוליבר.



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