



מדוע המים והחופים במערב פלורידה היו כל כך מגעילים בקיץ 2018? גאות אדומה!

Patricia M. Glibert*

מעבדת הורן פוינט, אוניברסיטת מרלינד, המרכז למדעי הסביבה, קיימברידג', מרילנד, ארצות הברית

סוקר צעיר

SEBASTIAN

גיל: 9



החוף של פלורידה חווה גאות אדומה במהלך קיץ 2018, אירוע שהפך את הים לאדום-חום וגרם למותם של טונות של דגים ומאות צבי ים ופירות ים. אנשים גם נעשו חולים מנשימת אוויר הים. הגאות האדומה נגרמה על-ידי גדילת יתר של אצות קטנטנות אך רעילות, יצורים מיקרוסקופיים שנקראים *Karenia brevis*. בפלורידה יש גאות אדומה כל שנה, אולם זה היה האירוע הגדול ביותר זה יותר מ-10 שנים, בעיקר בעקבות שימוש בדשנים על היבשה אשר נשטפו לתוך הים וגרמו לזיהום אשר הזין את הגדילה המהירה של האצות הבלתי רצויות האלה. ברגע שהפריחה התחילה, לא היה הרבה מה לעשות כדי לעצור את הגדילה. אולם אנו יכולים לבצע פעולות שיפחיתו את זיהום חומרי המזון. ישנה עבודה רבה לבצע כדי לגרום למים שלנו להיות נקיים ובטוחים.

מהי גאות אדומה?

אלה מכם שגרים בפלורידה, או שהמשפחות שלהם טיול למערב-פלורידה במהלך הקיץ האחרון (2018), ככל הנראה ראו הרבה דגים מתים על החוף (איור 1a). המים היו מגעילים,

איור 1

(a) דג מת שנשטף לחוף ב-Sanibel, פלורידה אוגוסט 2018. (b) זה נגרם על-ידי נאות אדומה שצבעה את המים בצבע חום-אדמדם. (c) הנאות האדומה היא תוצאה של הצטברות של אצות dinoflagellate רעילות מזני *Karenia brevis*, כפי שאפשר לראות במיקרוסקופ. הצילומים: (a) משוחזר מ-Joe Raedle (השימוש באישור Getty Images), (b) Rick Bartleson מ- (באישור), ו-(c) ממכון המחקר לדגים וטבע, פלורידה (רישיון creative commons).



איור 1

נאות אדומה (Red tide)

פריחת האצות שגרמה למים להפוך לצבע אדמדם, בעקבות הצטברות של אצות שיש להן פיגמנט אדמדם.

פריחת אצות מזיקה (Harmful algal bloom)

גדילה של אצות שעשויה להרוג דגים או ליצור זיהום של מאכלי ים דרך רעלנים, או שהן עשויות לשנות את המערכת האקולוגיות בדרכים שליליות, או לגרום בעיות בריאותיות לבני אדם באמצעות רעלנים שעשויים להינשא באוויר.

בצבע חום-אדמדם, וייתכן שאתם או משפחתכם לא יכולתם להפסיק להשתעל אם הלכתם על חוף הים. ייתכן שזה קלקל את החופשה שלכם. זו הייתה התוצאה של **נאות אדומה**. מה זה היה ומדוע זה היה כל כך גרוע בקיץ הזה?

נאות אדומה היא אירוע שמתרחש כשהרבה אצות גדלות במים. לא סתם כל אצה אלא סוג רעיל במיוחד של אצה. אצות הן צמחים מיקרוסקופיים שחיים במים. כל טיפת מים מכילה באופן רגיל מאות ואלפים מהצמחים הקטנטנים האלה. אצות הן טבעיות וחשובות מאחר שהן הירקות עבור רשת המזון של הים. ישנם אלפי סוגים שונים של אצות. אצות משתמשות באור השמש ובפחמן דו-חמצני כדי לגדול והן, בתורן, מזינות את הדגים, הסרטנים, הצדפות ואורגניזמים אחרים. אולם חלק מזני האצות יכולים להיות מזיקים או רעילים. ממש כמו חלק מהצמחים על היבשה, כמו למשל קיסוס, אצות מסוימות יכולות לייצר כימיקלים שפוגעים גם בדגים וגם באנשים. כשכמות האצות גדלה באופן משמעותי אנו אומרים שהן פורחות (כמו פרחים), והפריחות המזיקות יוצרות **פריחת אצות מזיקה** [1]. חלק מהאנשים קוראים לסוג הזה של פריחה "נאות אדומה", מאחר שהאצות עשויות להיות בצבע אדמדם, כך שכאשר

מספרן גדול מספיק, צבע הים הוא אדום (איור 1b). מרבית האורגניזמים של גאות אדומה בפלורידה נקראים *Karenia brevis* (איור 1c). זה סוג אצה שנקרא **דינופלגלטים**.

דינופלגלטים (Dinoflagellates)

מחלקה של אצות שרבות מהן מייצרות פריחות אצות מזיקות ו/או רעילות.

מדוע גאות אדומה מתרחשת ומדוע היא הייתה כל כך גרועה במהלך קיץ 2018?

אצות *Karenia brevis* נמצאות באופן טבעי במפרץ מקסיקו. הן היו בסביבה לפחות מאז שמגלי הארצות הספרדים שמו לב לגאות האדומה, במאה השש-עשרה [2]. התאים הקטנטנים האלה גדלים באופן רגיל כאשר המים נעשים חמים במעמקי המים של מפרץ מקסיקו. ממש כמו בצמחים של יבשה, גם אצות זקוקות לחומרי מזון, חנקן וזרחן כדי לגדול ולהתרבות. חומרי מזון הם המזון הנוזלי או הדשנים הטבעיים במים.

ישנם מקורות טבעיים של חומרי מזון בים, אולם זיהום חומרי מזון יכול להתרחש כאשר חומרי מזון מהיבשה נכנסים לתוך המים המקומיים. זיהום של חומרי מזון יכול להיחשב כדלק טילים שעשויו לגרום לאצות לגדול מהר. זה מעניק להן מעין מזון של חומרי מזון שאפשר לחיות עליהם [3]. המושג של העֶשֶׂרֶת המים עם חומרי מזון עודפים, שמובילה לפריחת אצות ולבעיות שהיא גורמת, הוא **איטרופיקציה** (או העֶתֶרה). ישנם מקורות רבים של חומרי מזון שעושים את דרכם מהיבשה לים. אנו משתמשים בהרבה מחומרי המזון (דשנים) ביבשה כדי לגרום לדשאים ולמגרשי גולף להיראות ירוקים. המקור הגדול ביותר של חומרי מזון מגיע מחקלאות, ולפלורידה יש הרבה אדמות חקלאיות. מרבית חומרי המזון שמשמשים בחקלאות נשארים באדמה ותומכים בגדילת היבולים. אולם חלק יכולים להישטף לתוך נהרות ונחלים כשיוורד גשם, וגם יכולים לחלחל לתוך האדמה. חומרי מזון רבים עוד יותר נשטפים לתוך הנהרות והנחלים כשיוורד גשם חזק (איור 2). חומרי מזון גם עושים את דרכם לנתיבים מימיים כשאנו מורידים את המים בשירותים. כשאין מספיק חומרי גלם, פריחות של גאות אדומה אינן מתרחשות, וזה מה שקורה במרבית הקיצים. תאים של *Karenia brevis* עשויים להתחיל לגדול, אולם הם מתים מאחר שאין הרבה חומרי מזון טבעיים במפרץ מקסיקו.

במהלך קיץ 2018 אנו חושבים שהיו הרבה חומרי גלם שתומכים בגדילה של *Karenia brevis*. מדענים רבים סבורים שהפריחה הזו התחילה למעשה בספטמבר 2017, אחרי שהוריקן אירמה פגע בפלורידה. זו הייתה סופה עוצמתית, עם גשמים שוטפים ורוחות מספיק חזקות כדי להפיל עצים ולגרום להפסקות חשמל. עם כל המים האלה ששוטפים חומרי מזון מהאדמה, לאצות היו חומרי מזון רבים והן התחילו לגדול במהלך הסתיו והחורף של 2017. כשהקיץ הגיע, הפריחה גדלה אפילו יותר. גשמים נוספים הגיעו בקיץ 2018 שהיה רטוב מאוד, כך שגם חומרי המזון המשכו לבוא. זה היה גם המקרה ב-2005-2006 כאשר גאות אדומה גדולה התרחשה אחרי הוריקנים נוספים (קתרין, ריטה, ווילמה).

מדוע היו דגים מתים על החוף ומדוע כולם השתעלו?

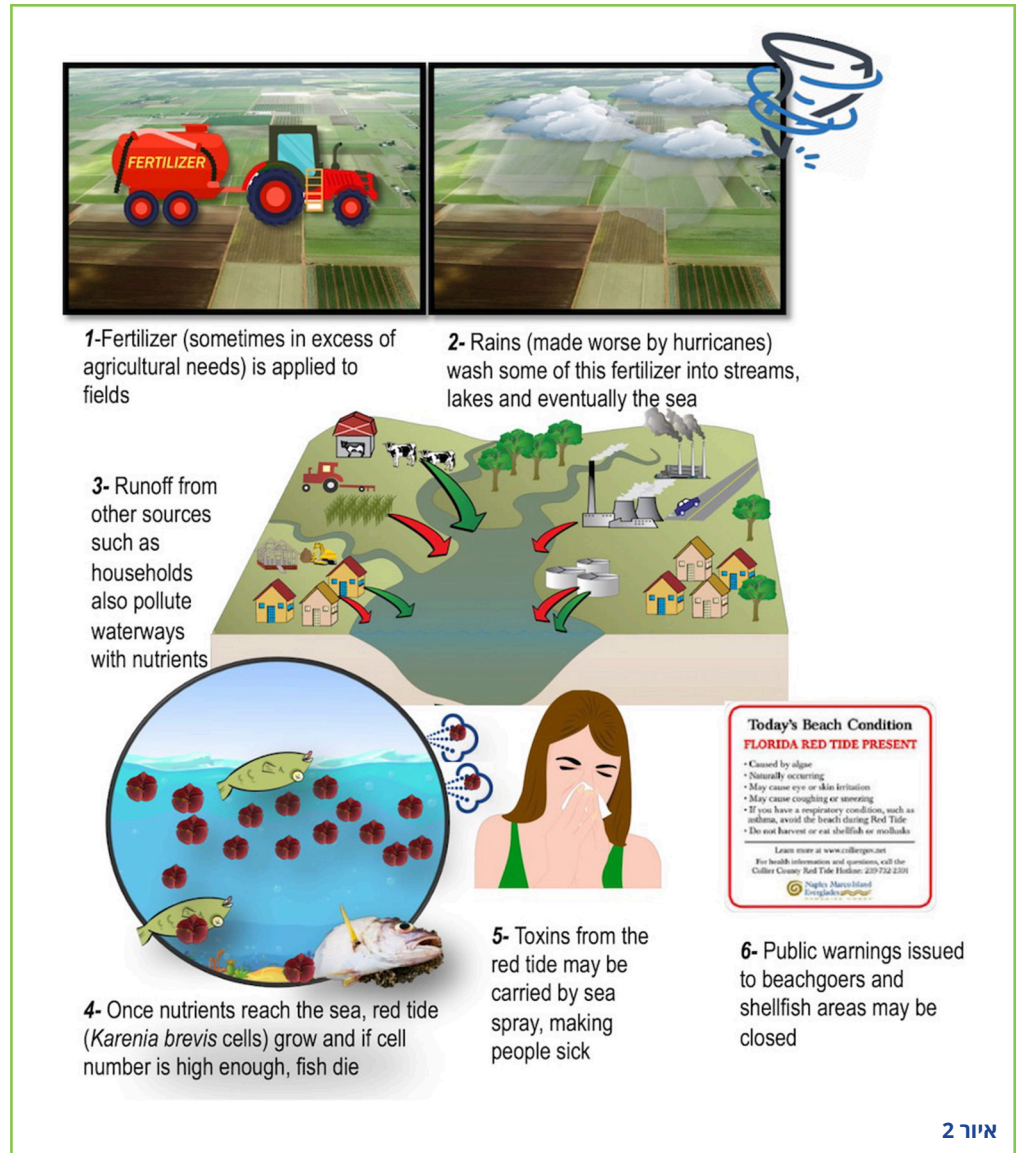
כמות של 100 פירות ים, כריש צעיר שאורכו כ-8 מטרים, 200 צבי ים (כולל זנים בסכנת הכחדה) ולפחות 100 טונות של דגים מתו בעקבות הגאות האדומה הזו [4]. כאשר החיות המתות נשטפו לחופים זה היה מסריח, ובמקומות מסוימים זה היה כל כך גרוע שאנשים התחילו

איטרופיקציה (Eutrophication)

גדילה בלתי טבעית של חומרי מזון בגוף המים. התוצאות יכולות להיות פריחת אצות מזיקה; הרג של דגים, או אפקטים אחרים שמשפיעים באופן שלילי על המערכת האקולוגית.

איור 2

התפתחות האירועים שחושבים שגרמו לנאות האדומה. חומרי מזון (דשנים) מהיבשה יכולים להישטף לתוך נחלים, אגמים ונהרות, ולים בעקבות אירועי גשם, וחומרי המזון האלה מספקים את הדלק עבור גדילת אצות האצות האדומה. כאשר מספר האצות עולה, הרעלנים שלהן הורגים דגים שגם יכולים להיסחף בקצף הים, מה שגורם לאנשים לחלות. אנשים שהולכים לים מקבלים אזהרות, ואזורים של דיג רכיכות עשויים להיסגר אם מספר האצות גדול מדי. החלק המרכזי באיור (3) לקוח ממרכז אוניברסיטת מרילנד לשילוב בין מדעי הסביבה לבין רשת יישומים.



איור 2

להשתעל ברגע שהם התקרבו אל חוף הים. חלק מהאנשים היו צריכים להילקח לבית חולים. הייתה זו *Karenia brevis* שהרגה את הדגים וגרמה לאנשים לחלות.

Karenia brevis גורמת לדגים ולאנשים לחלות מהרעלנים (רעל) שלה, שנקראים Brevetoxin. הרעלן הוא חסר טעם וחסר ריח. כאשר דגים באים במגע עם הרעלן הזה, הם מתים. כשאנשים באים במגע עם *Karenia brevis* או עם הרעלנים שלו, הם משתעלים. אנשים יכולים להיחשף לרעל הזה מאחר שתאי האצות נפתחים בגלים ומשחררים את הרעל, שנישא על-ידי קצף הים שאנשים נושמים כשהם הולכים על חוף הים.

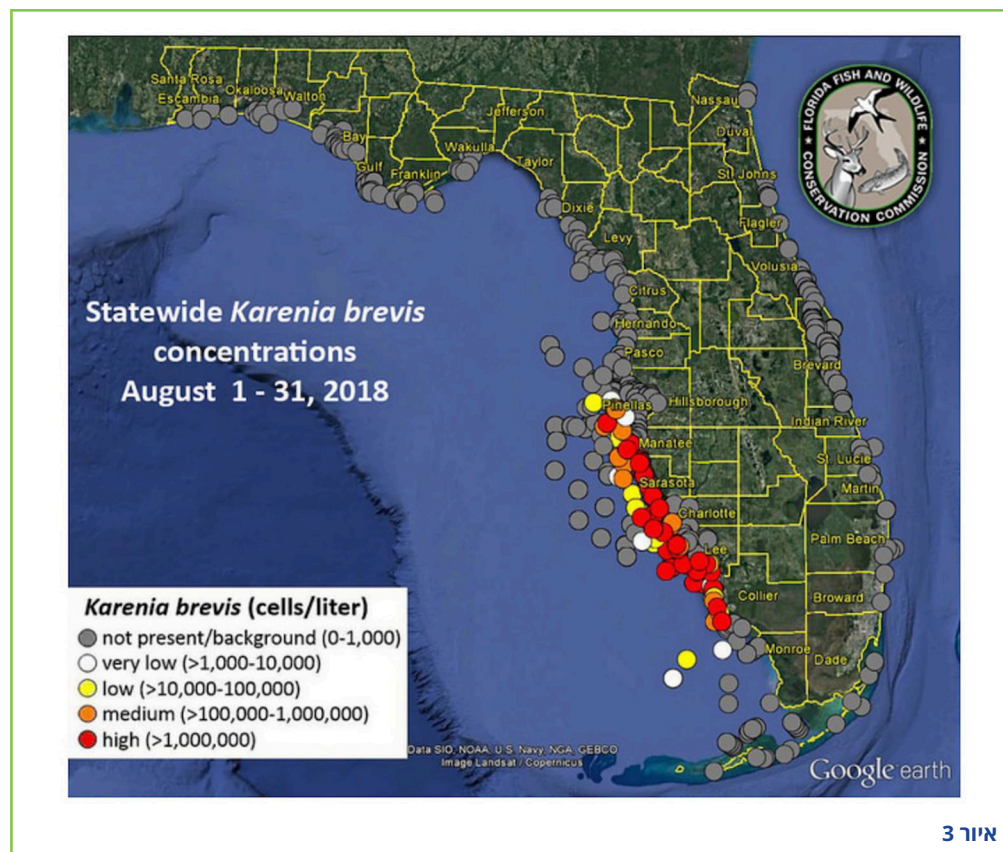
אנשים גם יכולים לחלות מאוד מפריחות האצות האלה כשהם אוכלים רכיכות כמו צדפות, שנאכלו על-ידי אצות. צדפות נקראות **אוכלי פלנקטון**, מאחר שהם משיגים את המזון שלהם על-ידי סינון אצות קטנטנות מהמים. צדפות שואבות פנימה את המים ולוקחות כל סוג של אצות שנוכח, טוב או רע. רכיכות לא נעשות חולות או מתות מהאצות הרעילות, אולם אנשים שאוכלים צדפות שסיננו את האצות האלה כן נעשים חולים. הרעל משפיע על מערכת העצבים. לצדפות

אוכלי פלנקטון (Filter feeders)

קבוצת חיות, כמו רכיכות, שאוכלות על-ידי סינון חלקיקי אוכל מהמים בלי לבחור חלקיקי אוכל יחידים.

איור 3

דוגמה למפה שבועית של התפלגות האצות שגורמות לנאות האדומה, ולמספר תאי האצות שנמצאו בכל ליטר מים בפלורידה. במפה זו, הנקודות האדומות והכתומות מראות היכן תאי אצות יצרו את הבעיות הגדולות ביותר עבור מבקרים בחוף הים ועבור דגים.



איור 3

אין מערכת עצבים, כך שהן לא נעשות חולות. אנשים שאוכלים צדפות עם הרעלנים האלה עשויים להקיא או לשלשל. למרבה המזל, הם מרגישים טוב יותר כעבור כמה ימים. מחלה זו ידועה כהרעלת רכיכות נירוטוקסיות (Neurotoxin Shellfish Poisoning), או NSP [5]. אנשים נעשים חולים מצדפות כאשר ישנם בערך 5,000 תאי *Karenia brevis* בכל ליטר של מים. כדי להגן על אנשים מלחלות, ממשלת פלורידה אינה מאפשרת למוכרי צדפות לאסוף צדפות או למכור אותן כשישנם 5,000 או יותר תאי *Karenia brevis* בכל ליטר של מים. קיץ הגאות האדומה ב-2018 היה כל כך גרוע שהיו מקומות עם פי 200 יותר *Karenia brevis* מזה (איור 3)! המושל היה צריך להכריז על מצב חירום!

באיזה מקום אחר בעולם מתרחשת פריחת אצות?

ישנם הרבה זנים של פריחות אצות מזיקות שנמצאים ברחבי העולם, כל אחד עם סוג רעל אחר. כתוצאה מאיטרופיקציה פריחות אצות מזיקות גדלות בתדירות, בגודל ובמשך הזמן, וכן בבעיות הבריאותיות והאקולוגיות שהן מייצרות. חלק מהאצות המזיקות חיות רק במים, בעוד שאחרות חיות במשקעים או מחוברות למשטחים במים, בחלק או בכל מחזור החיים שלהן. ישנן גם אצות מזיקות שחיות במים מתוקים, והרבה מהן גם כן רעילות מאוד. בקיץ המוקדם פלורידה חוותה פריחה מזיקה במים מתוקים בחלק המזרחי של המדינה, מה שהפך חלקים מאגם Okeechobee ולגונות החוף להיות בלאגן דביק ומרופש. גם פריחת מזרח-פלורידה וגם הגאות האדומה המערבית ככל הנראה קשורות לזיהום חומרי המזון ולמזג האוויר הרטוב שגרים לחומרי המזון מהיבשה לברוח לתוך האגם והים.

הרעלת רכיכות נירוטוקסיות (Neurotoxin shellfish poisoning, NSP)

בעיה בריאותית אנושית שנובעת מאכילת רכיכות שזוהמו על-ידי רעל של אצות אשר נקרא brevetoxin. רעל זה מגיע מזון פריחת אצות מזיקה בשם *Karenia brevis*. התסמינים העיקריים הם בחילה, שלשול וכאבי ראש.

מה נעשה כדי להפסיק פריחות אצות מזיקות?

מדענים ופוליטיקאים מתווכחים מה אפשר לעשות כדי להפסיק פריחות אצות מזיקות. אין דרך קלה להפסיק את הפריחה ברגע שהיא התחילה. מה שאנו יכולים לעשות הוא להפחית את זיהום חומרי המזון. זה ידרוש פעולות פוליטיות כדי לאכוף את החוקים, אולם יש גם הרבה שנוכל לעשות בעצמנו: עלינו להימנע מלדשן את הדשנים שלנו יתר על המידה; אנו יכולים לדבר עם הרשויות המקומיות שלנו כדי לוודא שהן מבצעות את כל הפעולות שניתן במטרה להפחית את זיהום חומרי המזון. כמו כן אם אתם בחוף הים ואתם רואים חיות שנותרו על החוף כמו פירות ים, דולפינים או צבי ים, התקשרו לרשויות. שימו לב לאזהרות מקומיות על סגירת חופים ועל סגירת של שטחי דיג (איסור מכירת מאכלי ים)! אף על פי שהמדע של הבנת האופן והסיבות לכך שמתרחשות פריחות אצות התקדם במהירות, הסיכויים של הפחתת האירועים האלה והשפעותיהם הם, לרוע המזל, נמוכים. כשמביאים בחשבון גם את שינויי האקלים ועליית הטמפרטורות, הצפי אפילו פחות טוב. גדילת זני אצות רבים שיוצרים את הפריחות האלה מתרבה בתנאים חמים יותר. יש הרבה עבודה לעשות כדי לגרום למים שלנו להיות נקיים ובטוחים. המים שלנו זקוקים לעזרתכם!

למידע נוסף על גאות אדומה ואצות מזיקות:

<https://oceanservice.noaa.gov/facts/redtide.html>

<https://myfwc.com/redtidestatus>

<https://www.whoi.edu/redtide/>

תודות

עבודה זו נתמכה על-ידי פרס מטעם המִנְהָל האוקיאני האטמוספרי הלאומי (מספר NA17NOS4780180). המִחְבֵּרֵת רוצה להודות ל- Todd Kana, Emily Rogowski ו- Amy Glibert עבור הערות תורמות לכתב היד. מספר מאמר זה הוא 5529 מהמרכז למדעי הסביבה באוניברסיטת מרילנד, ומספר 924 מטעם תוכנית NOAA ECOHAB.

מקורות

- Glibert, P. M., Anderson, D. M., Gentien, P., Granéli, E., and Sellner, K. G. 2005. The global, complex phenomena of harmful algal blooms. *Oceanogr.* 18:136–47. doi: 10.5670/oceanog.2005.49
- Steidinger, K. A. 2009. Historical perspective on *Karenia brevis* red tide research in the Gulf of Mexico. *Harmful Algae* 8:549–61. doi: 10.1016/j.hal.2008.11.009
- Heisler, J., Glibert, P. M., Burkholder, J. M., Anderson, D. M., Cochlan, W., Dennison, W. C., et al. 2008. Eutrophication and harmful algal blooms: a scientific consensus. *Harmful Algae* 8:3–13. doi: 10.1016/j.hal.2008.08.006
- Wei Haas, M. 2018. *Red Tide is Devastating Florida's Sea Life. Are Humans to Blame?* National Geographic. Available online at: <https://www.nationalgeographic.com/environment/2018/08/news-longest-red-tide-wildlife-deaths-marine-life-toxins/>

5. Backer, L. C., and McGillicuddy, D. J. 2006. Harmful algal blooms at the interface between coastal oceanography and human health. *Oceanogr.* 19:94-106. doi: 10.5670/oceanog.2006.72

פורסם אונליין: 09 ביולי 2020

נערך על ידי: Francisco Barona-Gomez, Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Mexico

ציטוט: Glibert PM (2020) מדוע המים והחופים במערב פלורידה היו כל כך מנעילים בקיץ 2018? גאות אדומה! *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2019.00010-he

תורגם והותאם:

Glibert PM (2019) Why Were the Water and Beaches in West Florida so Gross in Summer 2018? Red Tides! *Front. Young Minds* 7:10. doi: 10.3389/frym.2019.00010

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

COPYRIGHT © 2019 © 2020 Glibert. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution License (CC BY). 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.

סוקר צעיר

SEBASTIAN, גיל: 9

אני אוהב לשחק הוקי קרח, כדורגל, טניס, בייסבול ולקרוא. אני מאוד אוהב חיות. אני אוהב לעשות קמפינג, לעשות סקי ולשחק בשלג, לשחות, לטפס על עצים ולרכוב על האופניים שלי.

הכותבת

PATRICIA M. GLIBERT

אני חוקרת אצות מאחר שאני מקווה שמה שאנו עושים יגרום שינוי. אלה בהחלט זמנים מעניינים להיות אקולוגית שחוקרת את איכות המים. פריחות של אצות מזיקות מתגברות בכל מקום, וזיהומי חומרי הזנה ואיטרופיקציה גדלים. פעם היה קשה להסביר מה אני חוקרת לחברים הלא מדענים ולקרובים שלי; היום הם קוראים את הכותרות על בעיות באיכות המים ופריחות אצות באופן תדיר. אני חוקרת אצות בכל רחבי העולם, ממפרץ Chesapeake ועד לפלורידה, מאירופה ועד סין! *glibert@umces.edu



Hebrew version provided by

מזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים (ע"ר)
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس
Bloomfield Science Museum Jerusalem

