



עתיד האוקיינוס הארקטי: מהי המשמעות עבור קרח ים ויצורים קטנים?

Hanna M. Kauko*, Mar Fernández-Méndez†, Amelie Meyer†, Anja Rösel†, Polona Itkin†, Robert M. Graham†, Alexey K. Pavlov†

מחלקת מחקר, מכון הקוטב הנורווגי, טרומסֶה, נורווגיה

סוקרים צעירים

ST.
MARGARET'S
CE JUNIOR
SCHOOL
גיל: 9-10



התחממות כדור הארץ משנה באופן קיצוני את האוקיינוס הארקטי, המוכר גם כאוקיינוס הקרח הצפוני. האזור שמכוסה על ידי קרח ים מתכווץ, והקרח הנוצר צעיר יותר ודק יותר. אנו השתתפנו במסע לאוקיינוס הארקטי, במטרה לחקור כיצד השינויים האלה משפיעים על אורגניזמים שחיים בתוך הקרח ומתחתיו. בעקבות המסע הזה, מצאנו כי סופות יכולות לשבור את הקרח הדק בקלות רבה יותר. סופות יוצרות סדקים בקרח הים, דרכם אור השמש חוזר למים שמתחת לקרח. תהליך זה מאפשר גדילתן של אצות, שהן 'צמחים' מיקרוסקופיים הגדלים במים או בקרח ים. סופות הביאו גם שלג עבה וכבד, אשר דחף את פני השטח של הקרח מתחת למים. השלג הוצף ונוצרה נְשִׁלוּגִית (שלולית בשלג), אשר גילינו כי היא סביבת מְחִיָה טובה נוספת עבור אצות. אם קרח ים ארקטי יוסיף להיעשות דק יותר, והסופות תהיינה שכיחות יותר, אנו צופים כי חשיבותן של סביבות מחיה אלה של אצות תִּגְבֵר בעתיד.

הקדמה

קרח ים **ארקטי** הוא שכבה של מים קפואים המכסים את האוקיינוס הצפוני ביותר בכדור הארץ. **קרח ים** נע כל הזמן בתגובה לזרמי אוקיינוס ולרוחות, והוא גם רגיש לשינויים בטמפרטורה. בעבר, עוביו היה כמה מטרים והוא היה נמס באופן חלקי בלבד בקיץ. עם עליית הטמפרטורות כתוצאה משינויי אקלים, יותר ויותר קרח נמס במהלך הקיץ. המשמעות היא שכיום חלק גדול יותר של כיסוי הקרח הוא צעיר ודק, מאחר שהיה לו חורף אחד בלבד לגדול [1]. שינויים אלה משליכים על מערכת האקלים ועל אורגניזמים שחיים באוקיינוס הארקטי (נסקר במאמר [1]). לדוגמה, שינויים בעובי הקרח משפיעים על כמות אור השמש והחום שמגיעים לאוקיינוס. חום רב יותר שנצבר במים שבפני השטח מוביל לגדילה פחותה של קרח, ולהמסה נוספת שלו. אור שמש רב יותר מתחת לקרח מאפשר גדילה רבה יותר של אצות באוקיינוס. מאחר שאצות אחראיות לייצור מזון באוקיינוס באותו האופן שבו צמחים אחראים לייצור מזון ביבשה, חשוב לדעת אילו סוגי אצות יגדלו באוקיינוס הארקטי, וכמה. זה יסייע לנו לחזות כיצד יגיבו לשינויי אורגניזמים אחרים, כמו למשל דגים ועופות ימיים. בשנת 2015, לקחנו חלק במסע מחקר באזור הארקטי במטרה לאסוף נתונים שיסייעו לנו להתמודד עם האתגר הזה.

במהלך מסע המחקר, ספינת מחקר נורווגית בשם Lance עוננה לקרח ים אשר יוצא מהאוקיינוס הארקטי (איורים 1, 2A; [2]). הספינה נסחפה עם קרח הים במשך חצי שנה, בלי להשתמש במנוע. מינואר ועד יוני 2015 השתמשנו בספינה כבסיס לביצוע מדידות של האטמוספירה, הקרח והאוקיינוס, כמו למשל טמפרטורה; עומק השלג; עובי הקרח; סוג האצות שנמצאות באזור וכמותן (איור 2). המדידות שערכנו במסע המחקר לימדו אותנו על מאפיינים חדשים המתהווים באוקיינוס הארקטי כתוצאה משינויי אקלים מתמשכים. כדי ללמוד עוד על הפרויקט, אנו מזמינים אתכם לבקר באתר האינטרנט שלנו, בכתובת www.npolar.no/nice2015, או לאתר את התגית #nice2015arctic במדיה החברתית. במאמר זה נסביר את ממצאינו לגבי האופן שבו שינויים בקרח הים משפיעים על 'גיתן' של האצות, קרח הים ועל **סביבות המחיה** שנמצאות תחתיו.

מה גורם לאצות לגדול היכן שהן גדולות?

אנחנו, ביולוגים של קרח ים, התעניינו במיוחד בחקירת אצות. כמעט כל המזון באוקיינוס מיוצר על ידי אצות, שמסוגלות לייצר סוכרים אורגניים באמצעות אור שמש, ממש כפי שצמחי יבשה עושים על האדמה. תהליך זה נקרא **פוטוסינתזה**. בעמודת המים ובתוך קרח הים, האצות קטנות מאוד, גודלן מיקרוסקופי, והן נקראות פיטופלנקטון ואצות קרח, בהתאמה.

באביב, הופתענו למצוא כמויות גדולות של פיטופלנקטון הגדל במים מתחת לקרח הים [3]. באופן טיפוסי, מעט מאוד אור שמש מגיע למים מתחת לקרח הים, מאחר שהאור מוחזר חזרה על ידי הקרח והשלג הלבנים. מרבית הפיטופלנקטון שמצאנו שם היו ממין *Phaeocystis pouchetii* (איור 2D). מין זה של אצות הוא חד-תאי, אך התאים יכולים להתחבר יחד ליצירת מושבות שקוטרו עד 0.2 מילימטרים, וניתן לראותן בעינינו.

מאוחר יותר באביב, לקראת סוף מסענו, מצאנו כמויות גדולות של אצות על גבי קרח הים, בשכבה שבין השלג העבה לכיסוי הקרח הדק יחסית (איור 2E; [4]). באופן טיפוסי, סביבת

האזור הארקטי

(Arctic)

אזור קוטב הממוקם בחלק הצפוני ביותר של כדור הארץ, ולעיתים קרובות מוגדר בתוך האזור שמצפון למעגל הארקטי (N 33° 66'). כ-60% מהאזור הארקטי הוא ים, וחלק גדול ממנו מכוסה בקרח ים לאורך כל השנה.

קרח ים

(Sea Ice)

מי אוקיינוס קפואים. קרח ים נוצר באוקיינוס, גדל בו ונמס בו. בניגוד לכך, קרחונים ימיים, קרחונים יבשתיים ומדפי קרח נוצרים ביבשה ומורכבים ממים מתוקים שמקורם בשלג דחוס.

זרמי אוקיינוס

(Ocean Currents)

מתארים את תנועת המים ממיקום אחד לאחר, בדומה לרוח באטמוספירה. זרמי אוקיינוס מונעים על ידי רוח, הבדלים בצפיפות מים וכן גאות ושפל. זרמים אלה משפיעים על אקלים כדור הארץ על ידי כך שהם מניעים מים חמים מקו המשווה ומים קרים מהקטבים סביב כדור הארץ.

אצות

(Algae)

אורגניזמים שגדלים במים ויכולים לקבץ פחמן מהאטמוספירה כפי שצמחים עושים ביבשה. האצות שנמצאות באוקיינוס הארקטי הגבוה, הן אורגניזמים זעירים וחד-תאיים.

סביבת מחיה

(Habitat)

מקום או אזור בעל תנאים סביבתיים מסוימים, שבו חי סוג מסוים של אורגניזמים.

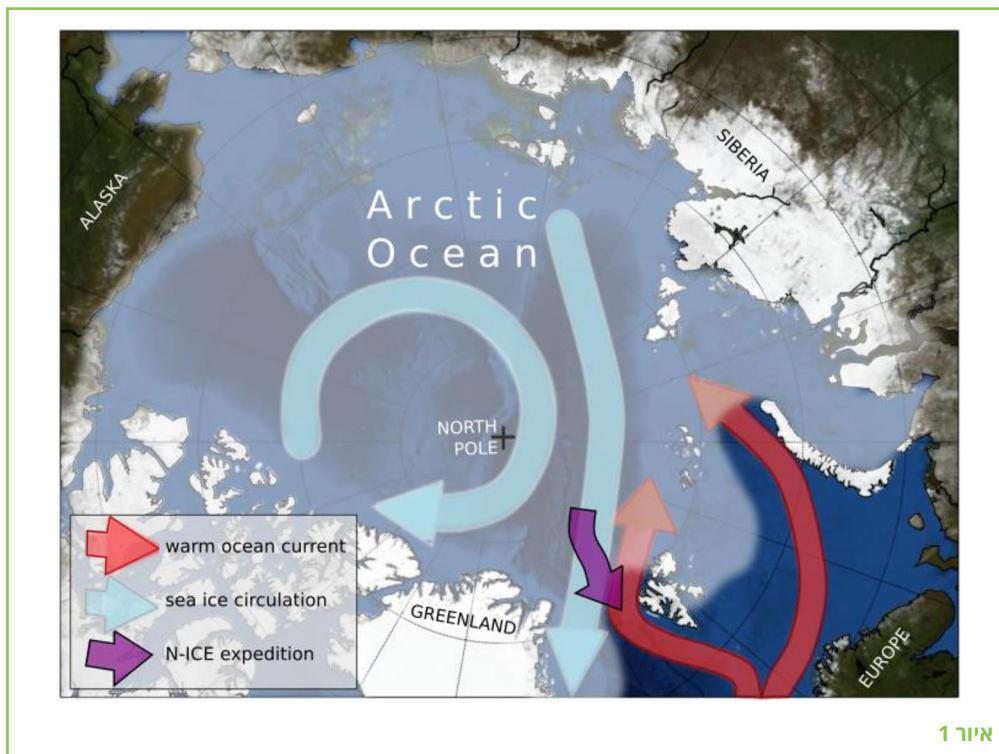
פוטוסינתזה

(Photosynthesis)

התהליך שבו אצות וצמחים ממירים, בסיוע אור השמש, פחמן אי-אורגני מהאטמוספירה או מהמים לתרכובות אורגניות. עם תרכובות אלה נמנים למשל סוכרים, ובהן הצמחים והאצות משתמשים לגדילה. אורגניזמים אחרים נסמכים על הסוכרים האלה ועל תרכובות אחרות בתוך המזון שלהם. במסגרת תהליך הפוטוסינתזה משוחרר חמצן.

איור 1

מפה של אזור המחקר.
 המפה מציגה את מסלול הסחיפה של ספינת המחקר Lance (חיצים בסגול); תבניות תנועה של קרח ים (חיצים בתכלת) וזרמי אוקיינוס חמים (חיצים באדום). האזור המוצל מציין את ההיקף הרגיל של כיסוי קרח ים. תמונת הרקע נלקחה מ-Blue Marble Next Generation (NASA).



איור 1

צורנית (Diatom)

סוג של אצה חד-תאית שהדופן שלה עשויה מינרל בשם סיליקט, הדומה לזכוכית. צורניות שכיחות מאוד בים וחשובות במסגרת שרשראות המזון הארקטיות. ישנם מינים רבים שונים של צורניות, וניתן לזהותם באמצעות מיקרוסקופ.

המחיה העיקרית עבור אצות קרח היא קרקעית הקרח, אשר לה אינטראקציה עם מי הים. כאשר ניתחנו את קהילות האצות מתחת למיקרוסקופ, גילינו כי הן מכילות מינים שמצויים בדרך כלל בעמודת המים, כמו למשל **צורניות** שיוצרות שרשראות (איור 2F). מינים אלה אינם טיפוסיים לקרח הים.

כדי לגלות כיצד האצות הללו הגיעו למקום שבין השלג לקרח, ומה אפשר את גדילתן בסביבות המחיה האלה, כלומר, סוגי ה'בתים' השונים, פנינו אל עמיתינו מתחומי האוקיינוגרפיה ופזיקה של קרח ים. ביקשנו לשמוע מהם מה התרחש לכיסוי הקרח בחודשים הקודמים (איור 3).

השפעת סופות על שבירת שכבות הקרח

חלק מהתהליכים המרגשים ביותר שצפינו בהם במסע המחקר שלנו התרחשו במהלך כמה סופות חורף חזקות שפקדו את האזור. סופות אלה הגיעו מהדרום והביאו עימן רוחות חזקות, שינויים מהירים בטמפרטורת האוויר ושלג כבד [5].

הרוחות החזקות הללו דחפו את הקרח סביב, ושברו אותו לחתיכות. עקב כך הקרח נעשה שברירי יותר וצורתו השתנתה, למראה המזכיר שדה סלעים [5]. תהליך זה פתח אזורי מים פתוחים, שמוכרים בשם 'leads'. בסופו של דבר, אזורי המים הפתוחים כוסו על ידי קרח דק, אך כמויות גדולות של אור שמש עדיין יכלו לחדור דרכם, בהשוואה לקרח העבה יותר שכוסה בשלג [6].

כשחיברנו בין כל הממצאים, גילינו כי האצות יכלו לגדול מתחת לקרח הים באזורי המים הפתוחים הודות לחדירת אור השמש החיוני, אשר אפשר לאצות לבצע פוטוסינתזה [3]. האצות

איור 2

תמונות ממסע המחקר

שערכנו. (A) ספינת המחקר Lance קפואה בקרח הים במהלך המסע. סביב לספינה ניתן לראות חלק מצויד המחקר שלנו, כמו למשל אוהלים ומזחלות. קרדיט לתמונה: Seb Sikora. **(B)** במהלך החורף, השמש אינה זורחת באזור הארקטי. הלילה נמשך 24 שעות ביממה, והעבודה צריכה להתבצע בחושך. לדוגמה, קשה לראות את דובי הקוטב! קרדיט לתמונה: Jago. **(C)** דגימה של מי ים דרך חור שקדחנו בקרח הים. קרדיט לתמונה: Marcel Nicolaus. **(D)** התמונה שצולמה באמצעות מיקרוסקופ מציגה מושבה של *Phaeocystis pouchetii* שצפתה יצרת פריחה במים מתחת לקרח. קרדיט לתמונה: Jozef Wiktor. **(E)** שלוגית ירוקה וחומה על הקרח מתחת לשלג: זו אצה! קרדיט לתמונה: Hanna Kauko. **(F)** תמונת מיקרוסקופ של שרשרת צורניית: סוג של אצה שמצאנו בשלוגית. קרדיט לתמונה: N-ICE2015 biology team



איור 2

שמצאנו, ממין *Phaeocystis pouchetii*, יכולות להתמודד עם שינויים בין עוצמת אור נמוכה מתחת לקרח העבה לבין עוצמת אור גבוהה מתחת לאזורי המים הפתוחים, טוב יותר ממיני אצות אחרים. הדבר עשוי להסביר את הצלחת גדילתן מתחת לסוג הקרח הזה [3].

שלג כבד דוחף את פני השטח של הקרח מתחת למים ומציף אותם

במהלך מסע המחקר שלנו, עמיתינו, פיזיקאים של קרח ים, מצאו באופן בלתי צפוי שכבה עמוקה של שלג על גבי קרח הים. שכבת השלג הזו הייתה בעובי של כחצי מטר בקירוב. השלג הצטבר על גבי קרח הים במהלך כמה סופות שאירעו מוקדם יותר בחורף [5].

מצאנו כי קרח הים היה דק מאוד בהשוואה לשכבת השלג העמוק. המרקם האווירי של השלג גורם לו להיות שמיכה מבודדת יעילה ביותר על גבי הקרח. מאפיין זה שומר על הקרח חם, בהשוואה לאטמוספירה הקרה, ומונע מהקרח לגדול לעובי רב יותר במהלך החורף הקר.

איור 3

מסע המחקר הניב תגליות ביולוגיות מעניינות רבות.

תצפיות שערכנו במהלך החורף על התהליכים הפיזיקליים באטמוספירה; על השלג; על הקרח ועל האוקיינוס סייעו לנו להסביר מדוע האצות גדלות בסביבות מחיה מסוימות. קרדיטים לתמונות המופיעות בקומיקס (בסדר עולה מ-1 עד 8):

Polona Itkin, Paul Dodd, Seb Sikora, Paul Dodd, Mar Fernández-Méndez, Marcel Nicolaus, Mar Fernández-Méndez, Amelie Meyer



איור 3

בכמה מקרים, ראינו כי משקל השלג הכבד דחף את פני השטח של הקרח מתחת לגובה המים. הדבר דומה למה שקורה כאשר אתם יושבים על מצוף שחייה בבריכה. זה גרם לשלג ולקרח להיות מוצפים בְּמִי ים, מה שיצר שכבה של שלוגית. עם המים, כמויות קטנות של אצות הובאו אל החלק העליון של הקרח. אצות אלה פעלו בדומה לאופן שבו זרעים היו פועלים, והחלו לבנות קהילה של אצות בתוך שכבת השלוגית. זה הסביר את ממצאינו לגבי המינים שאיתרנו בעמודת המים. השלוגית יצרה מקום טוב לגדילת אצות ולהתרבותן, מאחר שאור שמש רב יותר זמין בה מאשר מתחת לקרח, וישנן פחות חיות (זואופלַנְקְטון) שאוכלות את האצות [4].

קרח ים יכול להימס גם מלמטה

המסקה של קרח עשויה גם לגרום לו להיות דק יותר וקל יותר בהשוואה לכיסוי השלג, ולהוביל להצפה של פני השטח. נוסף על כך שהוא מומס על ידי אור השמש באביב ובקיץ, קרח ים יכול להימס מלמטה אפילו אם טמפרטורת המים היא כמה מעלות בלבד. במהלך סופות, הרוחות החזקות מערבלות את הקרח ואת האוקיינוס שמתחת לקרח, ומערבבות מים חמים יותר מהשכבות העמוקות יותר אל פני השטח, שם הם ממיסים את הקרח [7]. זהו תהליך מיוחד שמתרחש באזורים מסוימים של האוקיינוס הארקטי, שבו זרמי אוקיינוס חמים מצפון האוקיינוס האטלנטי זורמים לתוך האוקיינוס הארקטי מתחת לכיסוי הקרח (איור 1). טמפרטורת המים האטלנטיים החמים הללו היא בדרך כלל 2 מעלות צלזיוס – כמה מעלות יותר מהמים הארקטיים הקפואים, שהטמפרטורה שלהם היא 2- מעלות צלזיוס. עם התחממות האוקיינוס הגלובלית, ניתן לצפות כי בשלב מסוים בעתיד, האוקיינוס יהיה מסוגל להמיס את קרח הים מלמטה אפילו ללא סיוען של סופות: טמפרטורת המים האטלנטיים החמים מתחת לפני השטח של האוקיינוס צריכה להיות 5 מעלות צלזיוס בלבד כדי להמיס קרח ים ביעילות רבה מאוד, ללא הערבול הנוסף שנגרם על ידי סופות [8].

מסקנות – כיצד האוקיינוס הארקטי העתידי יראה עבור אצות?

במהלך מסע המחקר שערכנו נוכחנו במה צופן העתיד בפני חייהן החדשים של האצות באוקיינוס הארקטי. אנו יודעים כי קרח נהיה דק יותר, ולכן כיסוי שלג יכול להיעשות עבה יותר בהשוואה לקרח. תהליך זה יגרום להתרחשויות שכיחות יותר של היווצרות שכבות שלוגית, ויהפוך אותן לסביבת מחיה חשובה עבור אצות בעתיד. כיסויי שלג עמוקים יותר הנובעים מסופות תכופות יותר, עשויים אף הם להגביר את שכיחות שכבות השלוגית.

תדירותן של סופות חורף עולה, ככל הנראה כתוצאה משינויי אקלים. ככל שקרח הים הארקטי ממשיך להיעשות דק יותר, הוא נעשה רגיש יותר לסופות החורף הללו. אנו צופים כי בעתיד הקרח יישר בקלות רבה יותר ויאפשר לאור שמש רב יותר לעבור דרכו, מה שעשוי לגרום לגדילת אצות מתחת לקרח להתרחש לעיתים קרובות יותר.

המחקר שלנו מסייע לנו לחזות כיצד האזורים השונים של כיסוי קרח הים הארקטי יגיבו לשינויי אקלים, ובאיזה אופן המערכות האקולוגיות עשויות להשתנות כתוצאה מכך. בכל זאת, עדיין ישנן כמה שאלות שאין לנו תשובה עליהן: לדוגמה, האם התהליך כבר מתרחש בכל רחבי האזור הארקטי, וכיצד הוא יתקדם אל עבר הקוטב הצפוני? כיצד האוקיינוס יהיה כאשר כל הקרח יימס בקיץ? איזה סוג אצות יחיה באוקיינוס הארקטי בעתיד? יש עוד כל כך הרבה מה לגלות!

תודות

קמפיין ה-N-ICE2015 הובל ונתמך על ידי המרכז הקודם לקרח, אקלים ומערכות אקולוגיות במכון הקוטב הנורווגי. פרויקט המחקר Boom or Bust (מספר 244646) של מועצת המחקר הנורווגית היה מרכזי עבור החלק הביולוגי של הקמפיין, לרבות תמיכה ב-HK במהלך הקמפיין. MF-M נתמכה על ידי תוכנית Arktis 2030 במימון המשרד לענייני חוץ והמשרד לאקלים

מערכת אקולוגית (Ecosystem)

קבוצה או קהילה של אורגניזמים חיים מקושרים, וסביבתם. דוגמאות למערכות אקולוגיות ימיות כוללות שוניית אלמוגים; עומק הים וכמובן מערכות אקולוגיות ארקטיות.

ולסביבה, נורווגיה (שם מזהה Arctic). אנו מבקשים להודות גם למובילי הפרויקט ולמדענים שותפים ב-N-ICE2015, וכן לקברניטים של RV Lance ולצוות הספינה על תמיכתם. AM מודה לתמיכה ממרכז ARC למצוינות עבור קיצונויות אקלים (CE170100023). PI נתמכה על ידי פרויקט מועצת המחקר הנורווגית מספר 287871.

מקורות

1. Meier, W. N., Hovelsrud, G. K., van Oort, B. E. H., Key, J. R., Kovacs, K. M., Michel, C., et al. 2014. Arctic sea ice in transformation: a review of recent observed changes and impacts on biology and human activity. *Rev. Geophys.* 51:185–217. doi: 10.1002/2013RG000431
2. Granskog, M. A., Assmy, P., Gerland, S., Spreen, G., Steen, H., and Smedsrud, L. H. 2016. Arctic research on thin ice: consequences of Arctic sea ice loss. *Eos Trans. AGU.* 97:22–6. doi: 10.1029/2016EO044097
3. Assmy, P., Fernández-Méndez, M., Duarte, P., Meyer, A., Randelhoff, A., Mundy, C. J., et al. 2017. Leads in Arctic pack ice enable early phytoplankton blooms below snow-covered sea ice. *Sci. Rep.* 7:40850. doi: 10.1038/srep40850
4. Fernández-Méndez, M., Olsen, L. M., Kauko, H. M., Meyer, A., Rösel, A., Merkouriadi, I., et al. 2018. Algal hot spots in a changing Arctic Ocean: sea-ice ridges and the snow-ice interface. *Front. Mar. Sci.* 5:75. doi: 10.3389/fmars.2018.00075
5. Graham, R. M., Itkin, P., Meyer, A., Sundfjord, A., Spreen, G., Smedsrud, L. H., et al. 2019. Winter storms accelerate the demise of sea ice in the Atlantic sector of the Arctic Ocean. *Sci. Rep.* 9:9222. doi: 10.1038/s41598-019-45574-5
6. Kauko, H. M., Taskjelle, T., Assmy, P., Pavlov, A. K., Mundy, C. J., Duarte, P., et al. 2017. Windows in Arctic sea ice: light transmission and ice algae in a refrozen lead. *J. Geophys. Res. Biogeosci.* 122:1486–505. doi: 10.1002/2016JG003626
7. Meyer A., Fer I., and Sundfjord A. 2017. Mixing rates and vertical heat fluxes north of Svalbard from Arctic winter to spring. *J. Geophys. Res. Oceans.* 122:4569–86. doi: 10.1002/2016JC012441
8. Duarte, P., Sundfjord, A., Meyer, A., Hudson, S. R., Spreen, G., and Smedsrud, L. H. 2020. Warm Atlantic Water explains observed sea ice melt rates north of Svalbard. *J. Geophys. Res. Oceans.* 125e2019JC015662. doi: 10.1029/2019JC015662

פורסם אונליין: 29 בספטמבר 2022

נערך על ידי: Penelope Kate Lindeque

מנחה מדעי: Rebecca Ellen Ellis

ציטוט: Kauko HM, Fernández-Méndez M, Meyer A, Rösel A, Itkin P, Graham RM and Pavlov AK (2022) עתיד האוקיינוס הארקטי: מהי המשמעות עבור קרח ים ויצורים קטנים? *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00097-he

Kauko HM, Fernández-Méndez M, Meyer A, Rösel A, Itkin P, Graham RM and Pavlov AK (2020) The Future of the Arctic: What Does It Mean for Sea Ice and Small Creatures? *Front. Young Minds* 8:97. doi: 10.3389/frym.2020.00097

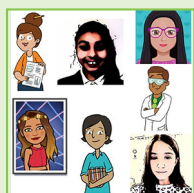
הצהרת ניגוד אינטרסים: המחברים מצהירים כי המחקר נערך בהעדר כל קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

Kauko, Fernández-Méndez, Meyer, Rösel, 2022 © 2020 © **COPYRIGHT** Itkin, Graham and Pavlov. 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.

סוקרים צעירים

ST. MARGARET'S CE JUNIOR SCHOOL, גיל: 9-10

אנחנו ג'יימי, לורן, ויישלי, חנה, יסמין, שריאן ואוולין. כולנו מדענים נלהבים ונהנינו מאוד מתהליך סקירת המאמר. גאים בכך שאנו משפיעים על האופן שבו ילדים אחרים ילמדו, והמורים שלנו אמרו שחזרנו שוקקי חיים לכיתתנו.



הכותבים

HANNA M. KAUKO

דוקטור חנה קאוקו מתעניינת בקשר שבין אור לאצות, ובאופן שבו הוא משפיע על תנאי אור באוקיינוס ועל ייצור ראשוני (ייצור תרכובות אורגניות מפחמן דו-חמצני אי-אורגני אשר מקורו בים או באטמוספירה). חנה השלימה את לימודי הדוקטורט שלה בנושא זה, והצטרפה לקמפיין N-ICE2015 במכון הקוטב הנורווגי. באמצעות שימוש בתצפיות, היא מנסה להבין אקולוגיה של מיקרו-אצות באוקיינוסים בקוטב, ולספק ידע למטרות מידול וניהול. כיום, היא פוסט-דוקטורנטית במכון הקוטב הנורווגי, עוסקת במחקר פיטופלנקטון של האוקיינוס הדרומי. *hanna.kauko@alumni.helsinki.fi; hanna.kauko@npolar.no



MAR FERNÁNDEZ-MÉNDEZ

דוקטור מר פֶרנַנְדֶז-מֶנְדֶז היא מיקרוביולוגית ימית נלהבת שנהנית לחקור את תפקידן של אצות באוקיינוסים בעולם. היא עבדה באוקיינוס הארקטי במשך שבע שנים, לרבות בקמפיין הקוטב הנורווגי, וחקרה את ההשפעות של שינויי אקלים על ייצור ראשוני במים קרים. כיום, עברה לחקר מים חמים יותר במטרה לחקור את הפוטנציאל של פיטופלנקטון בהסרת פחמן מהאטמוספירה, ובכך לסייע למתן את ההתחממות הגלובלית. המשורה הנוכחית שלה ממוקמת ב-GEOMAR, מרכז הלמהולץ לחקר אוקיינוסים בקיל, גרמניה, ועבודת השדה שלה מתרחשת בגראן קנריה שבאיים הקנריים, ובפרו.



†כתובת נוכחית: מר פֶרנַנְדֶז-מֶנְדֶז, המחלקה לאוקיינוגרפיה ביולוגית, GEOMAR, מרכז הלמהולץ לחקר אוקיינוסים קיל, קיל, גרמניה.

AMELIE MEYER

דוקטור אמלי מיייר היא בעלת תשוקה לגבי השתנות אקלימית; מדעי הקוטב וסירקולציה של האוקיינוס. עבודתה בוחנת כיצד ומדוע האוקיינוסים בקוטב משתנים, בשילוב עם תצפיות, תוצרים של ניתוחים מחודשים



ומודלים של אקלים. אֶמְלִי בילתה כמה חודשים באוקיינוס הארקטי ובאוקיינוס הדרומי באיסוף נתונים במטרה לענות על שאלות אלה, לרבות השתתפות במסע בן שישה חודשים מטעם N-ICE2015, בזמן שעבדה במכון הקוטב הנורווגי. כיום היא עובדת במרכז ARC למצוינות עבור קיצונויות אקלים שממוקם ב-IMAS, אוניברסיטת סזמניה, אוסטרליה.

†כתובת נוכחית: אֶמְלִי מֵיִר, המכון לחקר אנטרקטיקה ולמחקר ימי, אוניברסיטת סזמניה, הוֹבְּרֵט, סזמניה, אוסטרליה.

†כתובת נוכחית נוספת: מועצת המחקר האוסטרלית, המרכז למצוינות עבור קיצונויות אקלים, אוניברסיטת סזמניה, הוֹבְּרֵט, סזמניה, אוסטרליה.



ANJA RÖSEL

דוקטור אֶנְגֵּה רוֹזֵל עשתה את הדוקטורט שלה בנושא חישה מרחוק בקוטב, וחקרה קרח ים מתמונות לוויין. כדי ללמוד עוד על תהליכים במציאות, היא החליטה להגיש מועמדות למשרה המשלבת עבודת שטח רבה יותר, במכון הקוטב הנורווגי. שם, היא קיבלה הזדמנות להצטרף למשלחת N-ICE2015. כיום אֶנְגֵּה עובדת במרכז הגרמני לחקר חלל ותעופה (DLR) באוֹבֶרְפֶּנְהוֹפֶן, גרמניה, ומנתחת תמונות לוויין באמצעות בינה מלאכותית.

†כתובת נוכחית: אֶנְגֵּה רוֹזֵל, המרכז הגרמני לחקר חלל ותעופה (DLR), המכון לטכנולוגיית חישה מרחוק, Weßling, גרמניה.



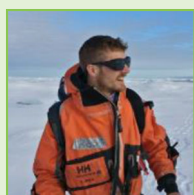
POLONA ITKIN

דוקטור פּוֹלוֹנָה אִיטְקִין סקרנית לגבי השינויים האחרונים באופן שבו קרח ים ארקטי נע. אומנם הסיבות לשינויים אלה נעוצות באטמוספירה, באוקיינוס ובקרח הדק יותר עצמו, אך תבניות תנועה חדשות משפיעות אף הן על כל שכבות הגבול (מונח בפיזיקה ובמכניקת זורמים). עבודת הצוות ב-N-ICE2015, הישגי הקמפיין ואתגרי המחקר הנותרים, עוררו בה השראה להצטרף לפרויקט המחקר הנדול הבא באוקיינוס הארקטי – Itkin PolonaMOSAic –

כחלק מהמשלחת הזו, פּוֹלוֹנָה תחקור את תפקידו של קרח מעוקם (רכסי לחץ ואזורי מים פתוחים) בהצטברות של שלג. כיום היא מדענית חוקרת האוניברסיטה הארקטית של נורווגיה, הממוקמת בְּטְרוֹמְסְהָ, וחברה באוניברסיטת מדינת קולורדו, פּוֹרְט קוֹלִינְס, קולורדו, ארצות הברית.

†כתובת נוכחית: פּוֹלוֹנָה אִיטְקִין, המעבדה לתצפית כדור הארץ, המחלקה לפיזיקה ולטכנולוגיה, האוניברסיטה הארקטית של נורווגיה (UiT), טְרוֹמְסְהָ, נורווגיה.

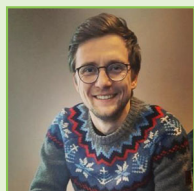
†כתובת נוכחית נוספת: המכון השיתופי לחקר האטמוספירה, אוניברסיטת מדינת קולורדו, פּוֹרְט קוֹלִינְס, קולורדו, ארצות הברית.



ROBERT M. GRAHAM

דוקטור רוברט גרהאם הוא מדען אקלים עם תשוקה לקרח. המחקר שלו מתמקד באוקיינוס הארקטי וכן באוקיינוס הדרומי סביב אנטרקטיקה. הוא השתמש בתצפיות ובמודלים של אקלים, כדי לחקור את שינויי האקלים המתמשכים באזורים אלה, כמו גם שינויים בעבר ובעתיד בקנה מידה של עשרות עד אלפי שנים. בין השנים 2015-2019 רוברט עבד כפוסט-דוקטורנט במכון הקוטב הנורווגי, במסגרת פרויקט N-ICE2015. כיום הוא חוקר כיצד ניתן להשתמש בתחזיות אקלים ארוכות טווח לניהול מקורות של כוח הידרואלקטרי בסקוטלנד, באוניברסיטת Strathclyde, גלז'ו.

†כתובת נוכחית: רוברט מ. גרהאם, המחלקה להנדסה אזרחית וסביבתית, אוניברסיטת Strathclyde, גלזגו, הממלכה המאוחדת.



ALEXEY K. PAVLOV

דוקטור אלכסיי ק. פבלוב הוא חוקר בין-תחומי שמנסה להבין את השינויים הגדולים שמתרחשים באוקיינוס הארקטי ובמערכתיו האקולוגיות. הוא מתעניין במיוחד בגורל של אור שמש באוקיינוס הארקטי ובקרח הים, ובקשרים הרבים שיש לאור עם תהליכים פיזיקליים, ביוכימיים וביולוגיים, ועם אורגניזמים חיים באוקיינוס הארקטי. כפוסט-דוקטורנט במכון הקוטב הנורווגי, לאלכסיי היה מזל והוא הצטרף למשלחת N-ICE2015. כיום הוא מדען במכון לאוקיינוגרפיה של האקדמיה הפולנית למדעים, סופוט, פולין, וב-Akvaplan-niva, טרומֶסֶה, נורווגיה.

†כתובת נוכחית: אלכסיי ק. פבלוב, המכון לאוקיינוגרפיה, האקדמיה הפולנית למדעים, סופוט, פולין.

†כתובת נוכחית נוספת: , טרומֶסֶה, נורווגיה. Akvaplan-niva

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