



כיצד אנו עוקבים אחרי שינויים בקרח הים הארקטי?

Olivia Lee*

המרכז הבינלאומי לחקר האזור הארקטי, אוניברסיטת אלסקה פיירבנקס, אלסקה, ארצות הברית

מעקב אחרי שינויים בקרח האוקיינוס הארקטי הוא דרך חשובה להבין כיצד האזור הארקטי משתנה. מאמר זה מסביר כיצד חיישנים על לוויינים יכולים לשמש למעקב אחרי שינויים בקרח הים, בדרך של מדידת האנרגיה שנפלטת על ידי אובייקטים על כדור הארץ. נסביר גם חלק מהמגבלות של השיטה הזו, ונתאר דרכים אחרות לעקוב אחרי קרח ים מרשומות של ספינות ציד לוייתנים עתיקות או מעבודה עם קהילות חוף מקומיות. יחד, כל השיטות האלה יכולות לסייע לנו לקבל תמונה שלמה יותר של שינויים בקרח הארקטי.

מדוע שיהיה לנו אכפת ממדידת שינויים בקרח ים ארקטי?

כמות קרח הים באוקיינוס הארקטי פחתה בשנים האחרונות. אכפת לנו מכך מסיבות רבות, אולם סיבה אחת חשובה היא שקרח משפיע על חיים באזור הארקטי. אם ישנו פחות קרח ים באוקיינוס הארקטי, לסוסי ים ולאריות ים יש פחות מקומות מנוחה במים. פחות קרח ים גם משפיע על הכמות של צמחים זעירים, שנקראים אצות קרח, שחיים בתוך הקרח. הצמחים הזעירים האלה מהווים מזון חשוב עבור חיות אחרות באוקיינוס הארקטי. מדידת קרח הים גם מסייעת לאנשים באזור הארקטי להבין את הסכנות של תנאי קרח ים מועט שעשוי להיות מסוכן עבור טיול של אנשים על גבי קרח דק או בלתי יציב.

סוקר צעיר

ARYAN

גיל: 15



כיצד אנו מודדים שינויים בקרח הארקטי?

קרח ים מכסה אזורים גדולים באוקיינוס הארקטי, והדרך היחידה לראות את כל האוקיינוס הארקטי היא להסתכל עליו מהחלל. כיום מדענים משתמשים בכלים על גבי לוויינים כדי לקבל מבט רחב על קרח הים על גבי האוקיינוס הארקטי. כלי מבוסס לוויין אחד שמדענים משתמשים בו מודד סוג של אנרגיה שנקראת **גלי מיקרו פסיביים**. על ידי מדידת גלי מיקרו פסיביים מהחלל, מדענים יכולים להגיד היכן ישנו קרח, והיכן ישנם אדמה או מים.

מהם גלי מיקרו פסיביים וכיצד אנו משתמשים בהם?

כל האובייקטים על כדור הארץ פולטים אנרגיה כגלי מיקרו. גלי מיקרו הם סוג של קרינה בעלת אנרגיה נמוכה שאינה קשורה לטמפרטורה של האובייקט. מאחר שכל האובייקטים פולטים את האנרגיה הזו באופן טבעי, הם יכולים להיות מאותרים באופן פסיבי על ידי חיישנים על לוויינים, ומשום כך המונח: "גלי מיקרו פסיביים". גלי מיקרו באנרגיה נמוכה יכולים לספק לנו מידע על ההרכב של האובייקטים שהם מגיעים מהם. סוגי האטומים שבאובייקטים והאופן שבו האטומים האלה מסודרים משפיעים על האנרגיה שהם פולטים. לדוגמה, קרח ים מוצק פולט יותר אנרגיית גלי מיקרו בהשוואה לגלי האוקיינוס שסביבו. כאשר נתוני הלוויין מאתרים את האנרגיה הגבוהה יותר הזו, זה אומר לנו שישנו קרח ים באוקיינוס. עננים בשמיים לא פולטים הרבה אנרגיית מיקרו, וזה גורם לכך שקל "לראות דרך" העננים כדי למצוא קרח ים באמצעות ציוד לוויינים שיכול לאתר קרינת מיקרו פסיבית. זהו שיפור ביחס לשימוש בלוויינים כדי לקבל תמונות "רגילות" של כדור הארץ בתחום האור הנראה, מאחר שכאשר עננים מכסים את השמיים, אור נראה, שהוא האנרגיה שאנו יכולים לראות בעין בלתי מזוינת, נחסם.

אולם ישנן בעיות מסוימות עם שימוש בגלי מיקרו פסיביים במטרה למדוד קרח ים. מאחר שאנרגיית גלי מיקרו שנפלטת מקרח ים כל כך נמוכה, הכלי הזה הכי מתאים עבור מדידת קרח על פני אזורים גדולים. משמעות הדבר היא שאנו יכולים להשתמש בגלי מיקרו פסיביים כדי למדוד קרח ים ברחבי כל האוקיינוס הארקטי (איור 1), אולם קשה לנו יותר למצוא פרטים קטנים יותר בקרח באמצעות הכלי הזה. לדוגמה, לא קל למצוא מה שנקרא "leads", שהם שברים צרים בקרח הים שבהם ישנם מים פתוחים. יכול להיות קשה למדוד קרח ים עם גלי מיקרו פסיביים כשיש מעט קרח. לדוגמה, כאשר יש פחות מ-10% קרח ים באוקיינוס, עלולות להיות טעויות במדידת הקרח.

לוויינים סייעו לנו למדוד גלי מיקרו פסיביים מקרח ים מאז 1972. אולם מרבית המדענים משתמשים במדידות לוויינים משנת 1978. זו הייתה השנה שבה **נאס"א** הפעילה חיישן מיוחד בשם **SMMR** כדי למצוא קרח בים.

כיצד אנו יכולים למדוד שינויים בקרח ים בדרכים אחרות?

מאחר שישנן בעיות במדידת קרח ים על ידי גלי מיקרו פסיביים, מדענים גם חוקרים קרח ים באמצעות מידע אחר. ישנם כלים לווייניים נוספים שיכולים לשמש למדידת קרח ים, אולם אנו נתמקד בכמה דוגמאות שאינן קשורות ללוויינים.

גלי מיקרו פסיביים (Passive Microwaves)

גלי מיקרו באנרגיה נמוכה שנפלטים באופן טבעי על ידי אובייקטים, וניתנים לאיתור פסיבי על ידי חיישנים.

נאס"א (NASA)

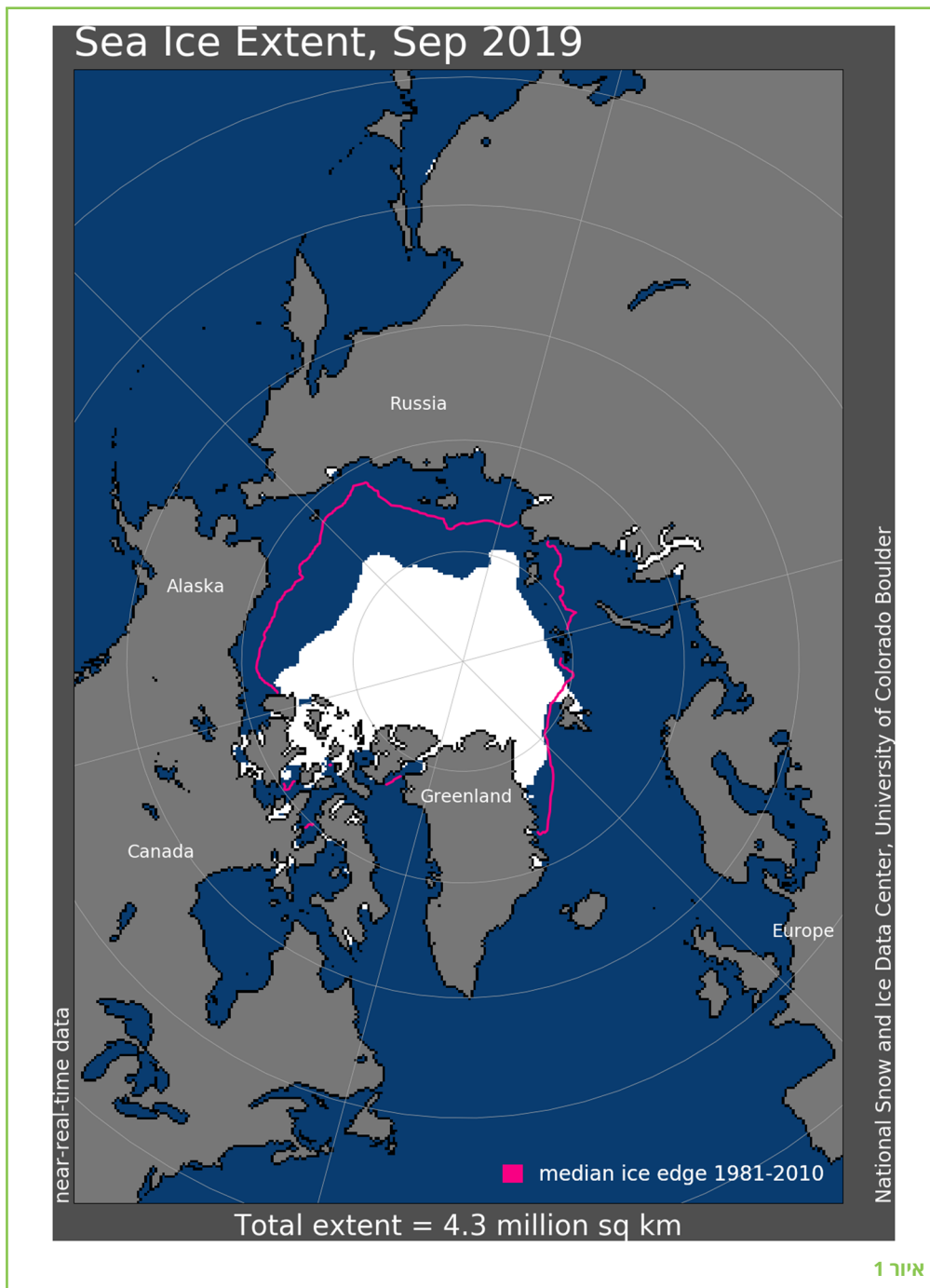
ראשי תיבות של National Aeronautics and Space Administration, מנהל האווירונאוטיקה והחלל הלאומי.

SMMR

ראשי תיבות של Scanning Microwave Multichannel Radiometer, או בתרגום חופשי רדיומטר מיקרוגל רב-ערוצי סורק. זהו סוג של חיישן המשמש באיתור גלי מיקרו פסיביים של קרח ים מלוויינים.

איור 1

קרח ים ארקטי שנמדד מגלי מיקרו פסיביים בספטמבר 2019 (האזור הלבן). הקו הוורוד מראה היכן נמדד קצה קרח תיכוני בין השנים 1981 ל-2010. מקור: National Snow and Ice Data Center.

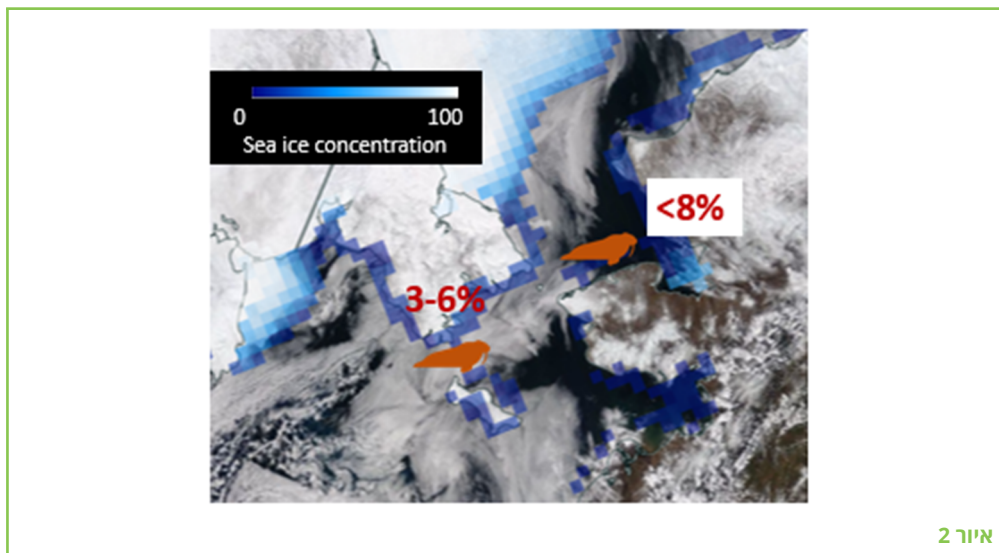


אטלס קרח הים ההיסטורי מחבר מידע ממקורות שונים על המיקום שבו נמצא קרח הים. חלק מהמידע לגבי קרח הים מתוארך כבר משנת 1850. מאחר שזה קרה הרבה לפני התפתחות הלוווינים המודרניים, מדענים השתמשו בספרי רשומות ישנים מספינות ציד לווייתנים שדיווחו על תנאי קרח בים, ומפות עתיקות שסייעו לספינות לטייל בבטחה ברחבי האוקיינוס.

מדענים גם עובדים יחד עם מומחי קרח ים מקומיים בקהילות חוף במטרה למדוד שינויים בקרח הים. בעובדם עם מומחים מקומיים, מדענים יכולים לרשום כאשר קרח הים מתחיל לקפוא או להימס ליד החוף, והם יכולים לשלב מידע ממומחים מקומיים עם מה שהם יודעים

איור 2

אפשר לשלב נתונים מכמה מקורות מידע ולקבל תמונה שלמה יותר על קרח היום. הכמות הממוצעת של קרח ים שנמדד מגלי מיקרו פסיביים מדווחת במספרים אדומים. ריכוז של קרח ים משתנה ממעט מעל 0% בריבועים הכחולים ועד ל-100% בריבועים הלבנים. תמונת הלוויין מראה כיסוי עננים מסוים, אשר מקשה לראות אזורים של קרח ים. דיווחים של קהילות חוף מספקים מיקומים של סוסי ים שנראו מטיילים עם קרח ים (אייקונים של סוסי ים כתומים).



איור 2

מלוויינים [1]. זה חשוב מאחר שמומחים מקומיים יכולים לספק מידע מפורט על קרח הים, שקשה לקבל מנתוני לוויינים. לדוגמה, מומחים מקומיים יכולים לספר לנו מתי והיכן מתרחשים שברים בקרח, הם יכולים לתאר את הגורמים לערימות גדולות של קרח (שנקראות רכסי קרח, או ice ridges), והם גם יכולים לתאר מתי חיות, כמו למשל סוסי ים, נראות בזמן שהן מטיילות צפונה עם הקרח במהלך האביב (איור 2).

אלה דוגמאות אחרות יש לטכנולוגיות לוויין למדידת שינויים בקרח הים?

לידאר

(LIDAR - Light Detection and Ranging)

מכשיר זה משתמש בפולסים של לייזר כמקור אנרגיה פעיל, ובחיישן שקולט את האור החוזר כדי למדוד מרחקים.

מכ"ם

(RADAR - Radio Detection and Ranging)

מגלה מיקום ומרחק. מכשיר זה משתמש במקור אנרגיה פעיל כדי לפלוט גלי רדיו, ובחיישן שקולט את גלי הרדיו החוזרים במטרה לאתר אובייקטים.

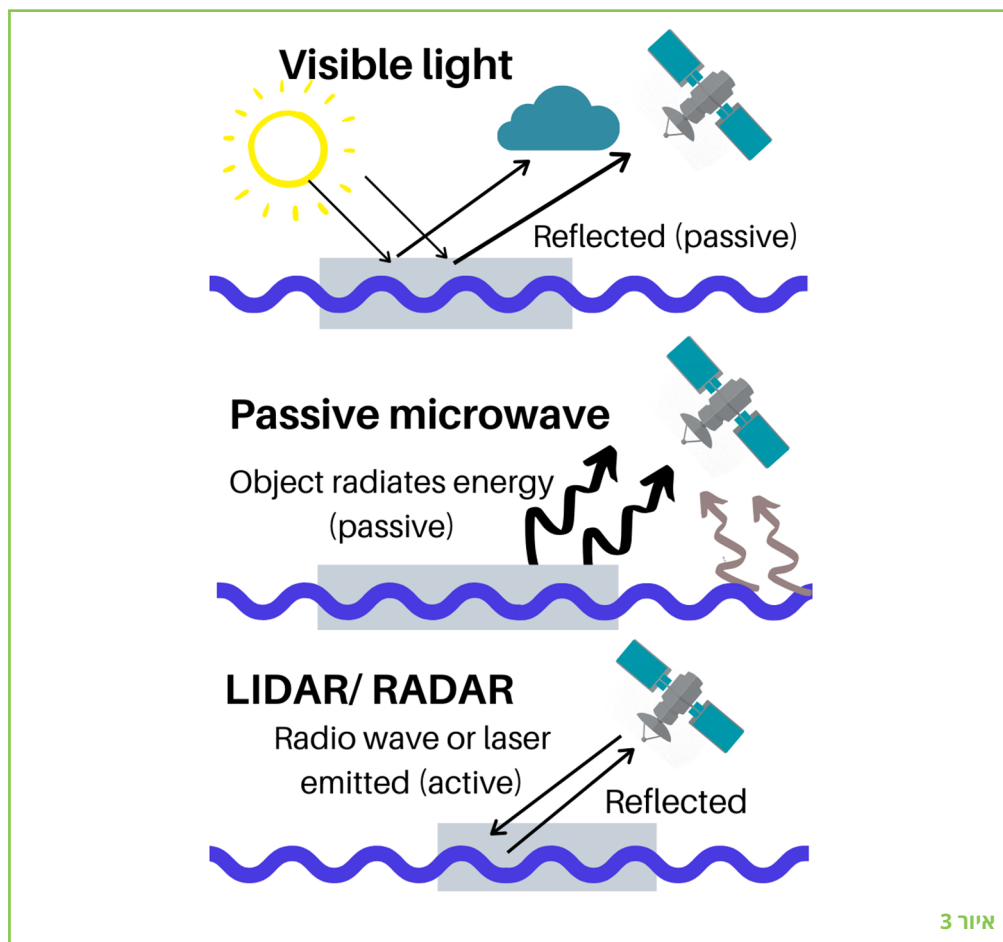
ICESat2

לוויין גובה של קרח, עננים, ואדמה 2 (ראשי תיבות של Ice, Cloud, and Land Elevation Satellite 2).

השוואה של טכנולוגיות לוויין שונות שמשמשות כדי לאתר קרח ים, מוצגות באיור 3. חלק מהשיטות משתמשות באנרגיה פסיבית שמוחזרת מאובייקטים על כדור הארץ, והשיטות האלה כוללות שימוש באור נראה או בגלי מיקרו פסיביים, כפי שתואר קודם לכן. שיטות אחרות, כמו **לידאר ומכ"ם**, משתמשות בפולסי אנרגיה פעילים כדי לאתר מאפיינים של קרח ים. לידאר משתמשת בלייזרים כמקור אנרגיה אקטיבי, בעוד שמכ"ם משתמש באנרגיית גלי רדיו. "אקטיבי" משמעותו שהאנרגיה נשלחת החוצה מהפלטפורמה – מה שיכול להיות מטוס או לוויין, במטרה להיהדף מאובייקטים על פני כדור הארץ. לאחר מכן, האנרגיה שמוחזרת חזרה לפלטפורמה מאותרת על ידי חיישנים. לוויין נאס"א ICESat2 ששוגר לאחרונה הוא דוגמה לשיטה אקטיבית לאיתור קרח באמצעות לידאר, שבה גלי לייזר מהלוויין משמשים כדי להסתכל על עובי של קרח ים (כאן תוכלו למצוא מידע נוסף של נאס"א על טכנולוגיית לייזר). בזמן שפולסים של לייזר שנפלטו מלוויין ICE-Sat2 פוגעים בפני השטח של כדור הארץ, מספר הפוטונים (חלקיקי אור) המוחזרים, וכמות הזמן שלוקח לפוטונים האלה "לטייל" חזרה ללוויין, משמשים כדי לחשב את המרחק שבין הלוויין לבין פני השטח של כדור הארץ. ידיעת המרחקים שבין הלוויין ופני השטח של קרח הים או המים הפתוחים, מאפשרת לחשב את גובה הקרח מעל לגובה פני הים. פיתוחים טכנולוגיים כאלה מסייעים לנו להסתכל על עובי קרח הים, ולא רק על כיסוי קרח הים. אולם האלומות הצרות של הלייזרים מסוגלות רק לתפוס תמונות בודדות של אזורים קטנים יחסית של קרח ים בכל זמן נתון, ממש כמו שאלומת אור מפנס יכולה להאיר רק אזורים קטנים בחושך שאתם מכוונים אליהם את האור.

איור 3

דרכים שבהן חיישנים על לוויינים יכולים לאתר קרח ים. למעלה: אור נראה מהשמש מוחזר מאובייקטים על כדור הארץ, ויכול להיות מאותר על ידי לוויינים, בצורה של תמונות, אולם זה מושפע מכיסוי הענן. באמצע: אנרגיה מיקרו פסיבית נפלטת באופן טבעי על ידי אובייקטים על כדור הארץ וניתנת לאיתור על ידי לוויינים. רמת האנרגיה המאותרת מספרת למדענים על סוג האובייקט שפולט אותה. למטה: לוויין יכול לפלוט פולסים אקטיביים של לייזרים (לידאר), או גלי רדיו (רדאר) שאז נפלטים חזרה על ידי משטחים על כדור הארץ ונקלטים על ידי חיישני הלוויינים.



חשיבות של צפייה בקרח ים

קרח הים הוא רכיב ליבה באזורי קוטב שהשתנו במהרה לאורך העשור האחרון. אנו משתמשים במגוון כלי הי טק, כמו למשל איתורי לוויין של גלי מיקרו פסיביים, אולם גם בשיתופי פעולה עם קהילות מקומיות במטרה לצפות במהירות שבה האוקיינוס הארקטי משתנה ולעקוב אחריה. המידע הזה יכול לשמש כדי לסייע לאנשים לתכנן כיצד להסתגל ולהגיב לשינויים מהירים באזור הארקטי.

מקורות

1. Johnson, M., and Eicken, H. 2016. Estimating Arctic sea-ice freeze-up and break-up from the satellite record: a comparison of different approaches in the Chukchi and Beaufort Seas. *Elem. Sci. Anth.* 4:000124. doi: 10.12952/journal.elementa.000124

פורסם אונליין: 20 באפריל 2022

נערך על ידי: Christian März

מנחה מדעי: Dhruv Suri

ציטוט: Lee O (2022) כיצד אנו עוקבים אחרי שינויים בקרחים הארקטיים? Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2020.00068-he

תורגם והותאם: Lee O (2020) How Do We Track Changing Arctic Sea Ice? Front. Young Minds 8:68. doi: 10.3389/frym.2020.00068

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

COPYRIGHT © 2020 © Lee 2022. 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 (ים) 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

ARYAN, גיל: 15

Aryan הוא תלמיד נלהב שנהנה לקרוא על פיתוחים מדעיים, במיוחד בתחום של שינויי אקלים ואנרגיה. מחוץ לכיתה, Aryan הוא שחקן כדורגל נהדר, מלא באנרגיה ובחן. יום אחד, הוא מקווה שמנצ'סטר יונייטד תצליח לזכות בליגה האנגלית, אף על פי שאם הם ימשיכו להפסיד לניוקסל, היום הזה יהיה רחוק!



הכותבת

OLIVIA LEE

Olivia היא חוקרת במכון הבינלאומי לחקר האזור הארקטי באוניברסיטת אלסקה פייבנקס. היא מתעניינת בחקר שינויים במערכות אקולוגיות ארקטיות, ולעיתים קרובות היא משתפת פעולה עם מומחים מקומיים באלסקה שחיים לאורך החוף במטרה להבין כיצד שינויים בקרחים הים משפיעים על התפלגות יונקים ימיים בצפון אלסקה. עבודתה היא אינטרדיסציפלינרית, והיא כוללת חקר תרחישים על האופן שבו הסביבה הפיזית, פעילויות של פיתוח באזור הארקטי ושינויים של מערכות אקולוגיות משתנים יחד בדרכים שקשה לחזות. *oalee@alaska.edu



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