



## קרח הים בקוטב נמס: מה קורה לדגים שמתחת לקרח?

Leif Christian Stige\*

המחלקה למדעי הביולוגיה, המרכז לסינתזה אקולוגית ואבולוציונית, אוניברסיטת אוסלו, אוסלו, נורווגיה

### סוקר צעיר

VARDHAN

גיל: 9



### בקלה מהקוטב (Polar Cod)

מין דג קטן שחי בים סביב  
לאזור הארקטי.

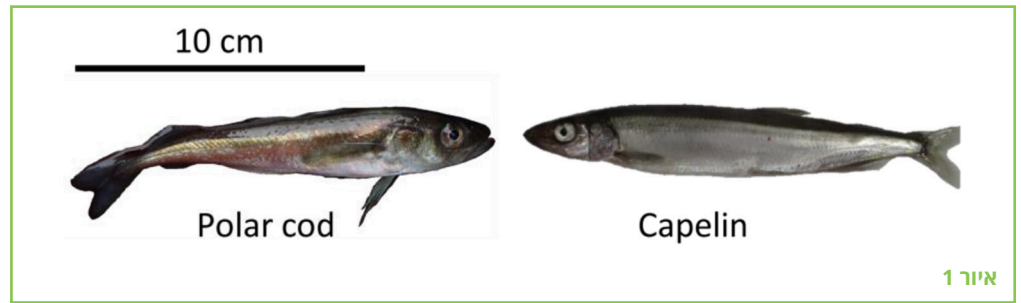
דמיינו שאתם דג, בקלה מהקוטב, שחי באוקיינוס בערך במחצית הדרך בין נורווגיה לבין הקוטב הצפוני. בימים עברו, היה קרח בים כל החורף. בקיץ, הקרח נמס. הימסות הקרח ציינה התחלה של תקופה קדחתנית עם 24 שעות של אור יום, הרבה מזון, ותנאים טובים לבניית מאגרי השומן בגוף. בסתיו המאוחר פני השטח של הים קפאו שוב, מעט מאוד אור הגיע לים, והגיע הזמן לנוח ולחיות על מאגרי השומן שנצברו במהלך הקיץ. בשנים האחרונות טמפרטורות מי הים עלו, והרבה מקרח הים נמס. כיצד השינויים האלה השפיעו על בקלה מהקוטב ועל יצורים אחרים שחיים באוקיינוסים בצפון הרחוק?

### הבקלה מהקוטב - מתרחץ קרח אמיתי

האם ידעתם שמי ים יכולים להיות קרים יותר מ-0 מעלות צלזיוס בלי לקפוא? בעוד שמים מתוקים קופאים ב-0 מעלות צלזיוס, מלח במי ים מונע ממי הים לקפוא עד שהם מגיעים למינוס שתי מעלות צלזיוס. אולם דגים ששוחים במים קרים כאלה יכולים לקפוא ולמות. רק מיני דגים איתנים מאוד יכולים לחיות בסביבה הזו. **בקלה מהקוטב** (שנקרא באמריקה בקלה ארקטי) הוא מין איתן שכזה (איור 1). בקלה מהקוטב הוא קרוב משפחה של בקלה מוכר יותר שאולי שמעתם עליו או אפילו אכלתם, אולם הוא מין שונה. כדי להסתדר עם הקור, לבקלות מהקוטב

**איור 1**

בקלה מהקוטב והמתחרה שלו, טרוטנית. הקו מראה את הסקאלה. תמונה: Leif Chr. Stige



איור 1

**איור 2**

המיקום של ים ברנץ.



איור 2

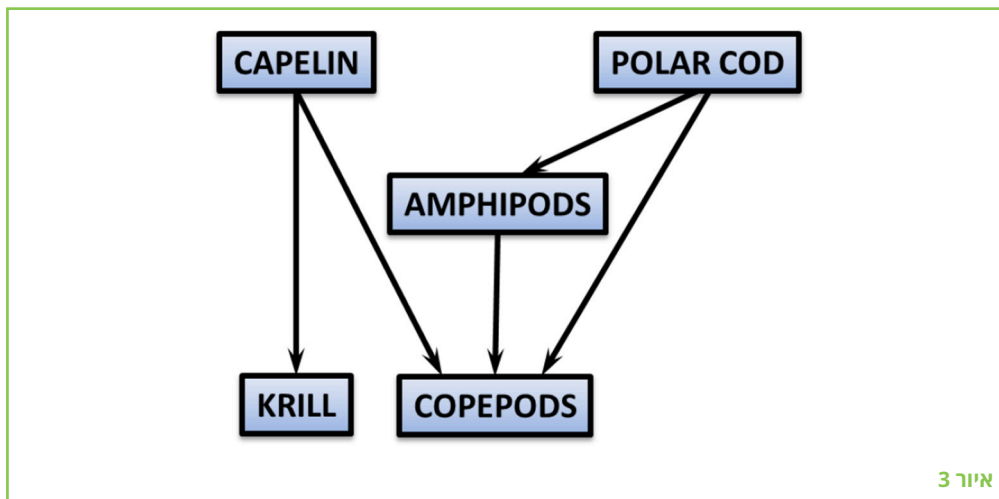
יש כימיקלים נוגדי קפיאה בדם שלהם, בדומה לאופן שבו אנשים במדינות קרות שופכים חומר שנוגד קפיאה אל תוך מנועי המכוניות שלהם בחורף. לקרובי המשפחה במים החמים יותר של דג הבקלה מהקוטב אין כימיקלים נוגדי קפיאה כאלה, ולכן הם פועלים בחוכמה ונמנעים ממים קרים מאוד.

**על אלה אזורים באוקיינוס אנו מדברים?**

בקלה מהקוטב הוא אחד ממיני הדגים הרבים בים הברנץ הצפוני [1]. ים הברנץ הוא חלק מהאוקיינוס הארקטי, שהוא אזור הים הצפוני של אירופה, אסיה ואמריקה, עם הקוטב הצפוני במרכזו (איור 2). קרח ים מכסה את האזורים המרכזיים של האוקיינוס הארקטי במהלך כל השנה. באזורים רחוקים יותר בדרום, קרח הים נמס בקיץ וקופא שוב בסתיו. דרומה יותר, אין בכלל קרח ים. בעשורים האחרונים, הטמפרטורות על כדור הארץ עלו כתוצאה מפעילויות אנושיות. כתוצאה מכך, הרבה מקרח הים באוקיינוס הארקטי נמס. הרבה אזורים שקודם לכן היו מכוסים בקרח כל השנה, כעת אינם מכילים קרח בקיץ, והרבה אזורים שקודם לכן היו מכוסים בקרח בחורף וחסרי קרח בקיץ הם כעת חסרי קרח כל השנה [2]. אזור אחד שבו השינויים האלה מתרחשים הוא ים ברנץ.

**איור 3**

מי אוכל את מי בים ברנץ? שרשרת מזון מופשטת של ים ברנץ, עם חיצים שמצביעים מהטורפים העיקריים (אלה שאוכלים), במקרה הזה טרוטנית ובקלה מהקוטב, על הטורף שלהם (אלה שנאכלים).



איור 3

**מה חקרנו?**

ים ברנץ הוא ביתם של אוכלוסיות גדולות של דגים, אריות ים וחיות אחרות. הרבה ספינות דיג דגות בים ברנץ. נוסף על כך מדענים נכנסים לים ברנץ בספינות מחקר באופן קבוע כדי למצוא כמה דגים ישנם, וכמה דגים דייגים יכולים לדוג בלי להקטין את האוכלוסיות. ספינות המחקר שטות במסלולי זיגזג ברחבי האוקיינוס, וסופרות את הדגים לאורך הדרך באמצעות סוגים שונים של ציוד לתפיסת דגים ולחישת דגים. המדענים מחשבים את מספר הדגים הכולל על ידי כך שהם מניחים כי דגים מופיעים במספרים דומים בין נתיבי הזיגזג ובתוך הנתיבים. מדענים גם מעריכים את התנאים החיים של דגים: טמפרטורת המים, כמה קרח ישנו וכמה חיות ישנן שהדגים יכולים לאכול (הטורף של הדגים).

**טורף (Prey)**

אורגניזם שנהרג ונאכל על ידי טורף.

במחקר שנעשה לאחרונה ניתחנו חלק מהנתונים האלה, משנות 1980 ועד היום, במטרה לחקור כיצד שינויים בקרח הים השפיעו על דגים ועל הטורף שלהם. במהלך הזמן הזה, היו שנים רבות עם מעט קרח ים, הרבה שנים עם הרבה קרח ים, והרבה שנים עם כמויות בינוניות של קרח ים. במחקר שלנו, השווינו כיצד המספרים של פרטים ממיני דגים שונים והטורף שלהם משתנים משנה אחת לאחרת, כתלות במצב קרח הים ובמספרים של פרטים של כל אחד מהמינים (איור 3 מראה את שרשרת המזון של האורגניזמים שחקרנו).

**מה עשוי לקרות לבקלה מהקוטב אם קרח הים ייעלם?**

**טורף (Predator)**

חיה שהורגת פרטים ממינים אחרים ואוכלת אותם.

בקלות הקוטב הצעירים אוהבים לשחות ממש מתחת לקרח ולהתחבא בחרכים בקרח אם הטורפים שלהם מגיעים. הטורפים הם חיות שאוהבות לאכול דג בקלה מהקוטב, וכוללים מיני דגים אחרים, אריות ים וציפורי ים. בקלות מהקוטב, בתורם, הם טורפים של חיות קטנות יותר, ונחזור אליהם בקרוב. מה קורה כאשר הקרח נעלם? לבקלות הקוטב הצעירים לא יהיה מקום להתחבא מפני טורפים. עשויים גם להיות יותר טורפים בסביבה, כי הטמפרטורות הגבוהות יותר יאפשרו לפחות מיני דגים איתנים לנוע מהדרום – אלו מיני דגים שאוהבים לאכול בקלה מהקוטב. מצד שני, כמויות מופחתות של קרח ים יכולות להיות גם טובות לבקלות מהקוטב, מאחר שהאביב מגיע מוקדם יותר ולבקלות הקוטב יש יותר זמן לשחות, לאכול ולבנות מאגרי שומן גוף לחורף. לא ברור מי מההשפעות הטובות או מהרעות של קרח ים מופחת הן החזקות

ביותר. לכן, היינו סקרנים לגבי השאלה אם המספרים של בקלות מהקוטב נטו לעלות או לרדת בשנים עם מעט קרח ים. אולם לפני שנחשוף בפניכם את הממצאים שלנו עבור בקלות הקוטב, בואו נסתכל על חלק מהמתחרים ומהטרף שלו.

## הטרוטנית – מהגר למרחק גדול

דג אחר שמבקר בים ברנץ הצפוני בכל קיץ הוא **טרוטנית** [1, 3]. בחורף, הטרוטנית שוחה לאזורים קצת יותר דרומיים, היכן שהמים לא קרים כל כך כמו בים ברנץ הצפוני לפני השטח של הים לא קופאים. בקיץ, הטרוטניות עוקבים אחרי קצה הקרח הנסוג צפונה, וניזונים מאורגניזמים רבים של טרף שנמצאים במים במקומות שבהם קרח הים נסוג זה עתה. דגי טרוטנית אוכלים הרבה מאותם אורגניזמי טרף שבקלות מהקוטב אוכלים; לכן, טרוטניות ובקלות מהקוטב הם מתחרים [4].

מצאנו שאוכלוסיית הטרוטניות נטתה לגדול בשנים החמות עם מעט קרח ים, ייתכן שבגלל שאזורי ההזנה שלהם היו גדולים יותר במהלך השנים האלה. העליות והמורדות של אוכלוסיות הטרוטניות לא תלויות רק בקרח הים. הן גם תלויות במספרים של טורפים ונטרפים: באופן לא מפתיע, אוכלוסיית הטרוטניות גדלה הכי הרבה בשנים עם מעט טורפים והרבה טרף. הטרף העיקרי שמשפיע על הטרוטניות היה הבקלה (לא בקלה מהקוטב אלא קרוב משפחה ללא כימיקלים נוגדי קפיאה). הטרף העיקרי שמשפיע על טרוטנית היה **קריל**.

## קריל – "מיני שרימפס"

קריל נראה כמו שרימפס מינאטורי. גם קריל וגם שרימפס שייכים לקבוצת אורגניזמים שנקראים סרטנאים, שלהם קליפה קשה והרבה רגליים. לקריל יש עשר רגליים, שהם משתמשים בהן עבור שחייה. מרבית מיני הקריל לא אוהבים טמפרטורות קרות מאוד, וישנם פחות דגי קריל בים הברנץ הצפוני מאשר במים החמים יותר של הדרום. בשנים עם מעט קרח ים מצאנו שכמות דגי הקריל נטתה לגדול בצפון ים ברנץ, ככל הנראה מאחר שהם נסחפו עם הזרמים מאזורים אחרים דרומיים יותר.

עבור הקריל, התועלת של שנה חמה יותר עם מעט קרח ים נראתה קצרת-טווח בלבד. כפי שאתם עשויים לזכור, מספר דגי הטרוטנית גם גדל בשנים חמות עם מעט קרח ים, וטרוטניות אוכלים קריל. לכן, יותר דגי קריל נאכלו על ידי טרוטניות במשך כמה שנים אחרי שנה עם מעט קרח ים, מאחר שהיו יותר טרוטניות בסביבה. במילים אחרות, ההשפעות קצרות-הטווח של מעט קרח ים על קריל בצפון ים ברנץ היו טובות, אולם ההשפעות ארוכות-הטווח היו רעות.

## מה קרה לאורגניזמי טרף אחרים?

הסתכלנו גם על מה קרה לסרטנאים קטנים אחרים שהיו טרף של דגי בקלה מהקוטב ושל טרוטנית. בקיצור, הטרף העיקרי של דגי בקלה מהקוטב קטנו במספרם במהלך שנים חמות עם מעט קרח ים.

### טרוטנית (Capelin)

מין קטן אחר של דג שמתחרה עם בקלה מהקוטב על מזון.

### קריל (Krill)

חיות קטנות דמויות-שרימפס עם הרבה רגליים. טרף עיקרי של טרוטנית.

## בחזרה לבקלה מהקוטב

להפתעתנו, לא מצאנו קשר בין העלויות והמורדות באוכלוסיית הבקלה מהקוטב לבין תנאי קרח הים. השינויים באוכלוסיית הבקלה מהקוטב גם לא הראו קשר למספרים של הטרף והטורפים של הבקלה מהקוטב. לכן, לא מצאנו ראיות להשפעות של קרח ים על בקלה מהקוטב. חוסר הקשר הזה עשוי לומר שעד כה הבקלה מהקוטב היה עמיד מספיק כדי להתמודד עם השינויים בקרח הים, ושגורמים אחרים חוץ מכמות קרח הים היו חשובים יותר להנעת שינויים באוכלוסיית הבקלה מהקוטב. אולי, עד כה, ההשפעות הטובות והרעות של הפחתת קרח הים ביטלו אחת את השנייה? איננו יודעים, ואנו מתכננים לחקור את השאלה הזו ביתר פירוט במחקרים עתידיים.

## מדוע הממצאים האלה חשובים?

הבנת האופן שבו אקלים משפיע על מערכות אקולוגיות חשובה עבור הגנה על מינים שמאוימים על ידי שינויי אקלים לכוונן פעילויות אנושיות, כמו למשל דיג. לדוגמה, אוכלוסיות דגים שגדלות ושורדות טוב יותר באקלים חמים עשויות להיות מסוגלות לספוג יותר דיג בעתיד מאשר היום. אוכלוסיות דגים אחרות עשויות לסבול פחות דיג ולקטון אלא אם נפחית את לחץ הדיג.

על ידי חקירת שינויים בכל המינים האלה, הפרדנו את ההשפעות הישירות והעקיפות של שינויי קרח הים על כל מין. בהשפעות ישירות אנו מתכוונים להשפעות קצרות-טווח, כמו למשל כיצד כמות קטנה יותר של קרח ים הייתה טובה לדגי קריל בטווח הקצר מאחר שיותר דגי קריל נסחפו מהדרום. בהשפעות לא ישירות אנו מתכוונים להשפעות ארוכות-טווח שמתרחשות דרך מינים אחרים, כמו למשל כיצד כמות מופחתת של קרח ים הייתה רעה לדגי קריל בטווח הארוך, משום שכמות הטרוטניות גדלה. מצאנו שהשפעות לא ישירות היו חשובות באותה המידה כמו השפעות ישירות. תובנה אחת מהמחקר שלנו היא שהשפעות לא ישירות של שינויי אקלים דרך מינים אחרים עשויות להיות חשובות באותה מידה, או אפילו יותר, מהשפעות ישירות על מינים, כמו למשל בקלה מהקוטב.

הגורל ארוך-הטווח של בקלה מהקוטב באקלים חם יותר נותר לא ברור. בקלות מהקוטב ככל הנראה צריכים קרח ים כדי להגן על האוכלוסייה הצעירה שלהם, מה שעשוי להכריח אותם לזוז צפונה כשטמפרטורות האוקיינוס עולות [5]. האם בקלות מהקוטב ישגשגו באזורים רחוקים יותר מהקוטב הצפוני יותר תלוי לא רק בקרח הים, אלא גם במה קורה לטרף, למתחרים ולטורפים שלהם. על ידי הבנת הקשרים האלה, המחקר שלנו יכול לסייע להגן על בקלה מהקוטב, וייתכן שעל מיני דגים אחרים, בזמן שהאקלים של כדור הארץ ממשיך להשתנות.

## תודות

אני מודה לוועדת המחקר של נורווגיה על מימון דרך פרויקט *Nansen Legacy project* (RCN # 276730) ול-Susan Debad, Yngvar Stige, Lena Seuthe והסוקר צעיר עבור הערותיהם המועילות על כתב היד הזה.

## מאמר המקור

Stige, L. C., Eriksen, E., Dalpadado, D., and Ono, K. 2019. Direct and indirect effects of sea ice cover on major zooplankton groups and planktivorous fishes in the Barents Sea. *ICES J. Mar. Sci.* 76:i24–36. doi: 10.1093/icesjms/fsz063

## מקורות

1. Hop, H., and Gjøsæter, H. 2013. Polar cod (*Boreogadus saida*) and capelin (*Mallotus villosus*) as key species in marine food webs of the Arctic and the Barents Sea. *Mar. Biol. Res.* 9:878–94. doi: 10.1080/17451000.2013.775458
2. Comiso, J. C., Meier, W. N., and Gersten, R. 2017. Variability and trends in the Arctic Sea ice cover: results from different techniques. *J. Geophys. Res. Oceans* 122:6883–900. doi: 10.1002/2017JC012768
3. Gjøsæter, H. 1998. The population biology and exploitation of capelin (*Mallotus villosus*) in the Barents Sea. *Sarsia* 83:453–96. doi: 10.1080/00364827.1998.10420445
4. Orlova, E. L., Dolgov, A. V., Rudneva, G. B., Oganin, I. A., and Konstantinova, L. L. 2009. Trophic relations of capelin *Mallotus villosus* and polar cod *Boreogadus saida* in the Barents Sea as a factor of impact on the ecosystem. *Deep Sea Res. II* 56:2054–67. doi: 10.1016/j.dsr2.2008.11.016
5. Hollowed, A. B., Planque, B., and Loeng, H. 2013. Potential movement of fish and shellfish stocks from the sub-Arctic to the Arctic Ocean. *Fish. Oceanogr.* 22:355–70. doi: 10.1111/fog.12027

פורסם אונליין: 10 ביוני 2022

נערך על ידי: Christian März

מנחה מדעי: Gaurav Jain

ציטוט: Stige LC (2022) קרח הים בקוטב נמס: מה קורה לדגים שמתחת לקרח? *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00091-he

תורגם והותאם: Stige LC (2020) The Polar Sea Ice Melts: What Happens to the Fish Under the Ice? *Front. Young Minds* 8:91. doi: 10.3389/frym.2020.00091

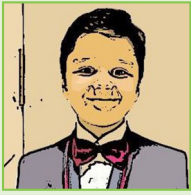
הצהרת ניגוד אינטרסים: המחברים מצהירים כי המחקר נערך בהעדר כל קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

**COPYRIGHT** © 2020 © Stige 2022. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution License (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתיקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים (ים) המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעתיקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

## סוקר צעיר

### VARDHAN, גיל: 9

קוראים לי Vardhan ואני בן 9. אני נהנה מקריקט ומקריאת ספרים על החלל החיצון. הנושאים האהובים עליי הם מתמטיקה ואנגלית.



## הכותב

### LEIF CHRISTIAN STIGE

Leif Christian Stige עבד כחוקר באוניברסיטת אוסלו בנורווגיה במשך יותר מעשר שנים. הוא חוקר כיצד שינויים באקלים ופעילויות אנושיות, כמו למשל דג, משפיעים על מינים ימיים. כדי לעשות זאת, הוא מנתח נתונים שנאספו במשך שנים רבות, במטרה לחקור קשרים בין השינויים באוכלוסיות הדגים לבין גורמים כמו למשל תנאי אקלים, מינים אחרים ודיג. הוא גם מתעניין באופן שבו דליפות שמן משפיעות על מינים באוקיינוס. מרבית המחקר שלו עסק במערכת האקולוגית של ים ברנץ. \*l.c.stige@ibv.uio.no



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