שלום לכולם, תודה שבאתם.

שמי יונתן ארז, אני מרצה ותיק
במכון למדעי כדור הארץ

של האוניברסיטה העברית,

ותחום העיסוק העיקרי שלי
הוא מדעי הים,

ובמיוחד ביומינרליזציה,
זאת אומרת, יצורים שמשקיעים שלדים,

ובתוך המחקר הזה אנחנו חוקרים
גם אלמוגים ושוניות אלמוגים

ומה קורה להם כאשר יש לנו
שינויים גלובליים,

ועל זה אנחנו נדבר היום.

שוניות האלמוגים הן מערכות אקולוגיות
מדהימות, אולי היפות ביותר שקיימות בים,

אולי בכלל בכדור הארץ,

הן עשירות בצורה יוצאת דופן
במספר מינים,

מספר פרטים ליחידת שטח,

ומה שמרשים את כולנו זה כמובן
עושר עצום בדגים,

אתם רואים את הלהקות הגדולות
של הדגים,

בכל הצבעים, בכל הגדלים,

אבל מלבד הדגים, העסק הכי חשוב כאן
זה באמת האלמוגים עצמם,

שאתם רואים אותם כאן,

כל השלוחות האלה והקירות הענקיים
האלה של השוניות,

אלה הם מבנים ביולוגיים
שנבנים על ידי האלמוגים עצמם,

וכל המערכת האקולוגית למעשה
תלויה באלמוגים

שבונים את המערכת האקולוגית.

לצערנו הרב, המערכת היפהפייה הזאת,
העשירה במינים ובפרטים,

נמצאת כרגע בסכנה גדולה מאוד,

כתוצאה מהשינויים הגלובליים,

וכיוון שמכל המערכות
האקולוגיות הימיות,

זאת של שונית האלמוגים נפגעת יותר
מכל אחת אחרת,

אנחנו קוראים לה
"הקנרית של השינויים הגלובליים",

אותה ציפור שמתריעה בפני סכנה
לכורים במכרות,

וזאת היא באמת האמת,
אתם תראו במהלך ההרצאה

שזה מה שבאמת קורה.

אז אם נסתכל על השונית
השלמה והפורחת,

זאת מערכת שמקבילה ליערות הגשם
באקולוגיה היבשתית.

אלפי מינים של יצורים
מכל הסוגים והגוונים.

האלמוגים עצמם, שבונים את התשתית,

הדגים, שתמיד מאוד מרשימים את כולם,

אבל הם חלק מאוד חשוב
מהמערכת האקולוגית,

השוניות מייצרות כמות אדירה
של חומר אורגני,

ומאפשרות לכמות גדולה מאוד
של יצורים נלווים לחיות בסביבתן,

אז זה כולל גם שבלולים
וצדפות וקיפודי ים ותולעים,

וכל מה שתרצו,

אבל הבסיס לכל המערכת הזאת
זה כמובן האלמוגים עצמם

שכאן אתם רואים אותם,

שהם בעצם שייכים
לקבוצה של המדוזות,

והם יצורים מאוד פרימיטיביים,

אבל הייחוד הגדול שלהם
זה שהם בונים שלד גירני,

מהמינרל ארגוניט,

וזה מה שמהווה
את התשתית לכל המערכת.

שוניות אלמוגים גדלות כמובן
במים רדודים,

ולכן הם מוגבלים לשולי היבשות
או לאיים באמצע האוקיינוס.

כאן אתם רואים דוגמה יפה מאוד

של שונית שנמצאת באמצע האוקיינוס,

על גבי תשתית שהיא רדודה,
שמתקיימת באמצע האוקיינוס,

כמו למשל איים געשיים,
איי הוואי לדוגמה ואיים אחרים,

והשוניות האלה, באמת אפשר לומר
שהן נאות מדבר

בתוך האוקיינוס העני

בנוטריאנטים, הכחול,

שאתם רואים אותו כאן בצבע הכחול,

זה מייצג ים עני בחומרי דשן.

איך הם עושים את זה?

המערכת בנויה על כך שלאלמוג עצמו

יש אצות שחיות איתו בשיתוף,
אצות סימביונטיות,

והנה כאן, בתמונה הזאת,

אתם רואים את הנקודות האלה שנמצאות כאן,

אלה הן האצות הסימביונטיות

שחיות בתוך כל פוליפ כזה

שאתם רואים אותו כאן,

את הראש של האלמוג,

ובנוסף לכך, הפוליפים של האלמוגים
בעלי זרועות ציד,

אז הנה, כאן אתם רואים את הזרועות,

גם כאן אתם רואים את הזרועות,

והם צדים פלנקטון
שנמצא בים הפתוח, מצד אחד,

ומצד שני, יש להם את האצות הסימביונטיות
שמספקות להם בעיקר סוכרים,

תוצרי פוטוסינתזה.

הסימביוזה המשותפת הזאת
היא זאת שהופכת את כל השונית הזאת

למערכת מוצלחת במיוחד,
שיכולה לשרוד באמצע הים

העני בנוטריאנטים.

שוניות האלמוגים נפוצות
משני צידי קו המשווה,

בעיקר באזורים הטרופיים והסובטרופיים

של כדור הארץ,

אבל מה שמגביל אותן

זה טמפרטורה של 18 מעלות.

לא נמצא שוניות אלמוגים בטמפרטורה
שהיא יותר קרה מ-18 מעלות,

והדבר הזה תמיד הפתיע את החוקרים.

ידעו שזה המצב,
אבל אף אחד לא ידע להסביר למה,

ואתם תראו שהדבר הזה
קשור באופן אינהרנטי

למה שקורה כרגע לשוניות האלמוגים.

אז, כאמור,
18 מעלות ולא יותר קריר מזה,

וזאת בדיוק הבעיה, והבעיה היא
שבימים אלה יש לנו התחממות גלובלית,

שנובעת מעליית ריכוז ה-CO2,
על זה שמעתם ודאי בהרצאות אחרות,

והדבר הזה גורם לאלמוגים עכשיו
להתחיל למות בהמוניהם.

מה קורה לאלמוג כאשר הים מתחמם?

כשהים מתחמם, האצות הסימביונטיות,
אותן נקודות זעירות שאתם רואים כאן,

שקיימות בתוך האלמוג במספרים עצומים,

של מיליונים לסנטימטר מרובע,

אוקיי? זו כמות אדירה,

הן מתות ונפלטות החוצה,

והשונית, שנראית כל כך יפה ופורחת,
כפי שאתם רואים כאן

בשנת 2009 בליזרד איילנד באוסטרליה,
צילומים שלנו,

נראית ככה.

האלמוגים מלבינים,
כיוון שהאצות הסימביונטיות עוזבות אותם,

כל הפיגמנטים נעלמים,

ותראו כאן, בתמונה הזאת,
איזה הרס עצום זה של כל השונית,

ומתי זה קורה?

זה קורה כאשר הטמפרטורה בקיץ
עולה בשתיים, שלוש מעלות

מעל למקסימום השנתי,
למשך כמה ימים,

והיום זה צפוי.

אנחנו יודעים בדיוק שכאשר התנאים כאלה
קורים, השוניות יעברו הלבנה.

אוקיי? למעלה מחמישים אחוז
מכל האלמוגים בעולם

מתו כתוצאה מתהליך ההלבנה הזה
שאתם רואים כאן.

שונית האלמוגים העצומה באוסטרליה,
שאורכה 1,200 קילומטרים,

היא היום חצי ממה שהיא הייתה.

והדבר הזה הולך וממשיך
ביתר שאת, זה התחיל,

הנה, כמו שאתם תראו כאן,

ההלבנות התחילו כאן, ב-1982 בערך,

פעם ראשונה שאנשים ראו הלבנה,

באופן מפתיע, זה דווקא היה בגלפגוס,

וב-1998 אנחנו תיעדנו, ואחרים כמובן,

הלבנה מטורפת באוקיינוס ההודי,

זאת הייתה שנת אל ניניו,

כל האלמוגים היו מתים,

והדבר הזה המשיך ביתר שאת.

2010 - הלבנה עצומה,

2015 - הלבנה כבר
של השוניות באוסטרליה,

ומאז, גם ב-2016, 2018 ו-2019,
הלבנות אלמוגים טוטאליות.

במקביל, כאשר ריכוז ה-CO2
באטמוספרה עולה,

וזה דבר שהוא מוכר היום לכולנו,

כתוצאה משרפת דלקים,

אנחנו רואים את העלייה הדרמטית
בריכוז ה-CO2,

הוא עולה לא רק באוויר, באטמוספרה,

אלא גם בתוך המים,

וכאשר יש לנו יותר CO2 בתוך המים,

ה-pH יורד,

דהיינו, החומציות עולה, של מי הים.

מי הים נעשים הרבה יותר חומציים,

מה שפוגע ביכולת
השקעת השלד של האלמוגים.

אוקיי? זאת שאלה, אוקיי?
אז הנה התשובה.

במשך שנים לא ידענו את זה,

אבל מים קרים, כפי שכולכם יודעים,

מכילים יותר CO2, נכון?

כשמחממים סודה,
ה-CO2 בורח החוצה.

מסתבר שזאת היא הסיבה שאלמוגים
אוהבים לחיות במים החמים,

כי אין שם הרבה CO2.

וכאשר ה-CO2 באטמוספרה עולה,
והוא עולה בצורה כל כך דרמטית,

כמו שקורה כרגע כתוצאה מהשרפה
של הדלקים המאובנים,

אז ריכוז ה-CO2 עולה גם במים החמים,

ואז האלמוגים לא מסוגלים יותר
לבנות את השלדים שלהם,

השלדים הולכים ומתמוססים.

את הדבר הזה אנחנו תיעדנו

על ידי זה שחקרנו את הקשר בין ריכוז

ה-CO2 לבין קצב השקעת השלד באלמוגים,

והצלחנו עם קבוצה מארצות הברית

להסתכל על,

וזה היה כשריכוז ה-CO2 היה 380,

כבר אז תיעדנו שהאלמוגים

משקיעים שלד

שהוא רק שישים עד שמונים אחוז

מהיכולת שלהם,

ועכשיו אנחנו יכולים לעשות תחזית קדימה

כאשר ריכוז ה-CO2 יגיע ל-450
חלקים למיליון,

כרגע אנחנו ב-420 כמעט, אוקיי?

כאשר זה יגיע ל-450,

אז האלמוגים יהיו במצב שרובם כבר יהיו

רק ביכולת של עשרים עד ארבעים אחוז

מיכולתם המקורית,

והסיפור העצוב ביותר,

שכאשר ריכוז ה-CO2 באטמוספרה יוכפל,

יחסית לתקופה שלפני המהפכה התעשייתית,

כל שוניות האלמוגים בעולם, שממופות כאן,

יגיעו למצב שהן לא משקיעות יותר
קלציום קרבונט, והן מתחילות להתמוסס,

וכאשר הן מתמוססות,

כל המערכת האקולוגית מתפרקת,

ולצערי הרב, ככה נראות אותן שוניות

בליזרד איילנד, שהראיתי לכם

באחת השקופיות הקודמות,

אלה צילומים מליזרד איילנד

אחרי הבליצ'ינג של 2018.

אוקיי? אז גם האלמוגים מתים,

וגם הם מפסיקים להשקיע שלד
והמערכת נהרסת,

אז מה אפשר לעשות?

קודם כול,
תלכו לראות שוניות אלמוגים,

כל זמן שאתם יכולים,
כל זמן שהן קיימות,

אבל באמת לא נותר הרבה לעשות,

והפתרון היחידי
שאפשר להציע אותו כרגע,

זה להתחיל להכניס אלמוגים לגני חיות,

לדוגמה, המצפה התת-ימי באילת,

ששם מגדלים אלמוגים, והם גדלים
גם בתנאים, אפשר לשלוט עליהם,

שלא יתחממו, אוקיי?

אפשרויות אחרות זה כמובן
להתחיל לגנן אלמוגים,

לשתול אותם באזורים קרים יותר,

אוקיי? ששם הם היו מגיעים לשם

אם התהליך היה קורה בקצב איטי,
אבולוציוני,

אבל כיוון שהקצב הוא כל כך מהיר,
של עליית ה-CO2 וההתחממות,

הם לא מצליחים להסיע את עצמם
אל האזורים היותר קרירים,

אז צריך לעזור להם,
וזה כמעט הדבר היחידי שאפשר לעשות.

תודה רבה, אם יש לכם שאלות...

לי יש שאלה.

רציתי לשאול, אם נצמצם
את הפליטות של ה-CO2,

ובאמת הריכוז של ה-CO2 במים ירד,

אם שוניות שכבר הלבינו יוכלו להשתקם.

אוקיי, אז שוניות שכבר הלבינו,

זה קורה בדרך כלל בשני שלבים.

אם זה במים יחסית קרים,
אז לפעמים האלמוגים יכולים להתאושש,

כמה חודשים אחר כך,

אם זה במים הרבה יותר חמים,

אז הם פשוט מתים,

ולא יעזור כבר שום דבר,

אבל כדי שזה, התהליך הזה ייפסק,

לא מספיק להוריד את ריכוז
ה-CO2 באטמוספרה,

צריך להוריד את הטמפרטורה,

והטמפרטורה כרגע, אפילו אם
נפסיק לשרוף דלקים מהיום למחר,

עדיין הטמפרטורה תמשיך לעלות,

ככה שמבחינת הטמפרטורה,
זה נזק שלא ניתן לטפל בו,

ורק אם יתחילו לסלק CO2
מהאטמוספרה בצורה מאסיבית,

רק אז באמת יש סיכוי להחלמה.

מישהו עוד רוצה לשאול שאלה?

גם לי יש שאלה.

אמרנו שהבעיה, אם הבנתי נכון,
זו לא רק הטמפרטורה של המים,

אלא גם הריכוז
של פחמן דו-חמצני במים,

אז אם עכשיו, במים
שהם כביכול נוחים לאלמוגים,

יש יותר מדי פחמן דו-חמצני,

אז גם אם נעתיק אותם למקומות
יותר קרים,

אז גם שם כמות הפחמן כבר עלתה,

אז האם ההעתקה הזאת בכלל
יכולה לעבוד?

כי פשוט בכל האוקיינוס
הפחמן הדו-חמצני עלה.

נכון, אז קודם כול זה נכון,

והיו אפילו תקוות של חלק מהאנשים

שבגלל שהאוקיינוס מתחמם,
אז יהיה פחות CO2 במים,

ואז זה לא יפריע לאלמוגים,

אלא מה, שאם אתה מת,
אז זה כבר לא עוזר לך

אם התנאים יותר נוחים
ליצירת שלד, אוקיי?

ולכן האזורים שקודם לכן
היו קרים,

כי היה בהם עודף CO2
והאלמוגים לא גדלו שם,

הם היום מתחממים,

והם כבר מגיעים לטמפרטורה
שהיא מעל 18 מעלות צלזיוס,

ואז האלמוגים כן יכולים לגדול,

אבל זה נכון שהם יגדלו יותר לאט,
כי יש במים יותר CO2.

זה נכון.

צריך להגיד אולי משהו
לגבי שוניות האלמוגים,

אנחנו עד עכשיו לא הזכרנו
את בני האדם המסכנים,

אבל ישנם מאות מיליונים של בני אדם

שחיים ומתגוררים על יד שוניות אלמוגים,

הפרנסה שלהם והאוכל שלהם
מגיע משוניות האלמוגים.

אחת הבעיות הכי גדולות היא
שכשהשונית נהרסת ונראית ככה,

הדגים, אין להם איפה להסתתר,

כל אותו ים ענק של דגים
שראיתם קודם,

שמשמש את האנשים האלה למזון,

הם פשוט, הדגים הקטנים נטרפים
על ידי הדגים הגדולים,

את הדגים הגדולים טורפים היפנים,

ובזה נגמר הסיפור,

אז למעשה אנחנו הורסים
מערכת אקולוגית שלמה,

כולל גם לא רק האלמוגים עצמם,

אלא גם כל היצורים האחרים,
עכשיו,

איך זה משפיע על מערכות אחרות?

כן, לדגים הגדולים, לכרישים, לטונות
יהיה יותר מה לאכול,

אבל זה כמובן רגעי,

ואחרי שהדגים הקטנים ייעלמו,
זה ייגמר.

גם אני אשמח לשאול, אם אפשר.

למרות שמדובר בטווח זמן מאוד קצר,

האם במחקרים שלכם,
או חוקרים אחרים בעולם,

בכל זאת ראו אלמוגים שיש להם אדפטציה
לחיות בתנאים של CO2 קצת יותר גבוה?

אוקיי, אז לגבי ה-CO2,
כן, יש אינפורמציה על הדברים האלה,

ויש אדפטציה מסוימת,

הדבר הזה מגיע ממקומות
שיש וולקנים תת-ימיים,

למשל בים התיכון,
שיש שם מינים מסוימים של אלמוגים,

או במקומות אחרים בכדור הארץ,
שיש בהם נביעות של CO2 מקרקעית הים,

והם קרובים לשוניות אלמוגים,

אז מה שאנחנו רואים במקומות האלה
זה באמת שיש מינים בודדים

שמצליחים לשרוד בריכוזים
יותר גבוהים של CO2,

אבל הם לא בונים שונית יותר,

הם הופכים להיות מושבות
אלמוגים בודדים,

די מסכנים, שלא יוצרים מערכת,
לא יוצרים שונית,

אלא חיים כל אחד בנפרד,

אז יש מידה מסוימת של אדפטציה,
כי מצבים כאלה קרו, שאלה טובה,

אבל זה לא עוזר לאלמוגים הנפוצים,
מכיוון שהם קיבלו

את העלייה הזאת
של ה-CO2 בבת אחת,

ורק אני רוצה עוד לציין
שקיוו במיוחד במה שנוגע להלבנה

שהאלמוגים יסתגלו,

הייתה קבוצה שלמה של חוקרים
שאמרה: זה לא נורא,

חלק ימותו, והטובים,
כמו שאנחנו מכירים באבולוציה,

אלה המוצלחים יותר ישרדו,
זה פשוט לא קרה.

אז תודה רבה על ההקשבה,

ואני מציע לכם לרוץ לראות אלמוגים.

תודה. -תודה רבה.

תודה רבה.