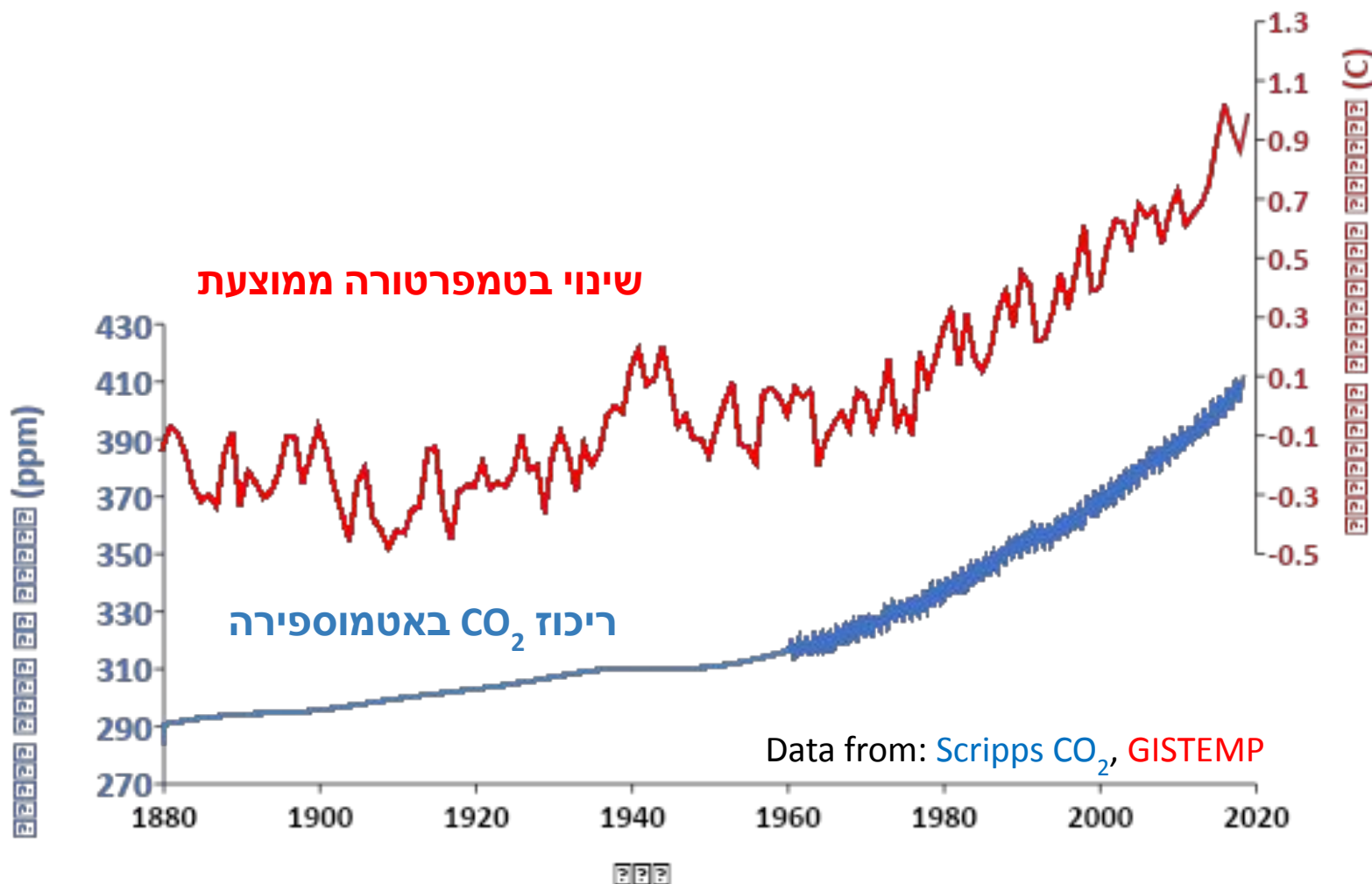


החימום הגלובלי, מעשה ידי אדם

יוני גולדסמית



המכון למדעי כדור
הארץ ע"ש פרדי
ונדין הרמן



משהו מוזר קורה בכדור הארץ

18.8.20

54.4 מעלות בקליפורניה: "טמפרטורות כאלו יהיו גם בארץ בקרוב"

בקליפורניה נמדדה השבוע הטמפרטורה הגבוהה ביותר שנמדדה בכדור הארץ ומומחה מזהיר באולפן ynet כי גל חום קיצוני כזה עלול להיות גם בישראל: "א טמפרטורות

10.7.21

שריפות ושרב כבד בקליפורניה: 54.4 מעלות ב"עמק המוות"

אחרי חודש יוני החם בהיסטוריה, ומזג אוויר קיצוני שגבה את חייהם של מאות, מגיע גל חום נוסף למערב ארה"ב. בקליפורניה נאבקים בשריפות יער, ונערכים לטמפרטורות חסרות תקדים. ב"עמק המוות" השתוו הטמפרטורות לשיא כל הזמנים מהקיץ שעבר. 46.6 מעלות בלאס וגאס, טיסות בוטלו בגלל החום

חדשות // חדשות בעולם // אירופה

25.7.19

שיאי חום בגרמניה, הולנד ובלגיה; בצרפת חוששים שנוטרדאם תקרוס

יותר מ-40 מעלות נמדדו במדינות הקרירות בדרך כלל ובפריז - שבה נרשם חום היסטורי של 42.6 מעלות - פועלים ליצוב הקתדרלה שכמעט שנשרפה כליל ועלולה להתמוטט בשל המים הרבים הספוגים בה. "זה יותר מדי עבורי סביבה ובעלי חיים | משבר האקלים

תבנית: צרפת, בלגיה, הולנד, גל חום, בריטניה

סוכנויות הידיעות

יום חמישי, 25 ביולי 2019, 23:40



8.8.21

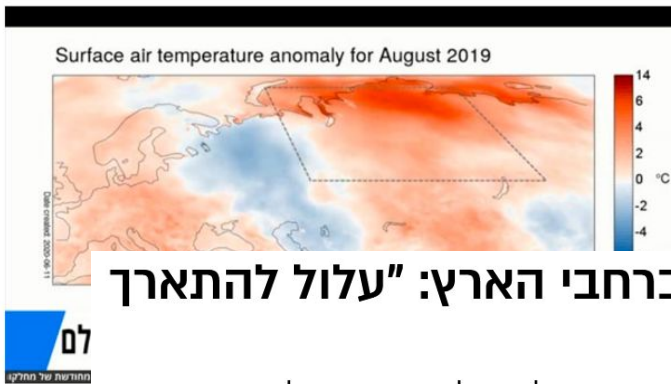
"כל כך חם שהמים מתאדים לפני שהם מגיעים ללהבות"

שריפות הענק ממשיכות לזרות הרס ביוון: מאות פונו מהאי אוויה, שם האש ממשיכה לכלות יערות וכפרים

23.6.20 **38 מעלות בסיביר: "אפקט החממה יחריף"**

מומחה למדעי האטמוספירה הסביר בריאיון באולפן ynet את ההשפעות של גל החום בסיביר והשלכותיו על התחממות כדור הארץ: "קרח העד מפשיר וכתוצאה מכך גזי החממה שהיו כלואים בביצות הקפואות משתחררים גם הם"

אטילה שומפליב ואלכסנדרה לוקש פורסם: 23.06.20, 13:01



גל חום קיצוני ברחבי הארץ: "עלול להתארך באופן חריג"

1.8.21

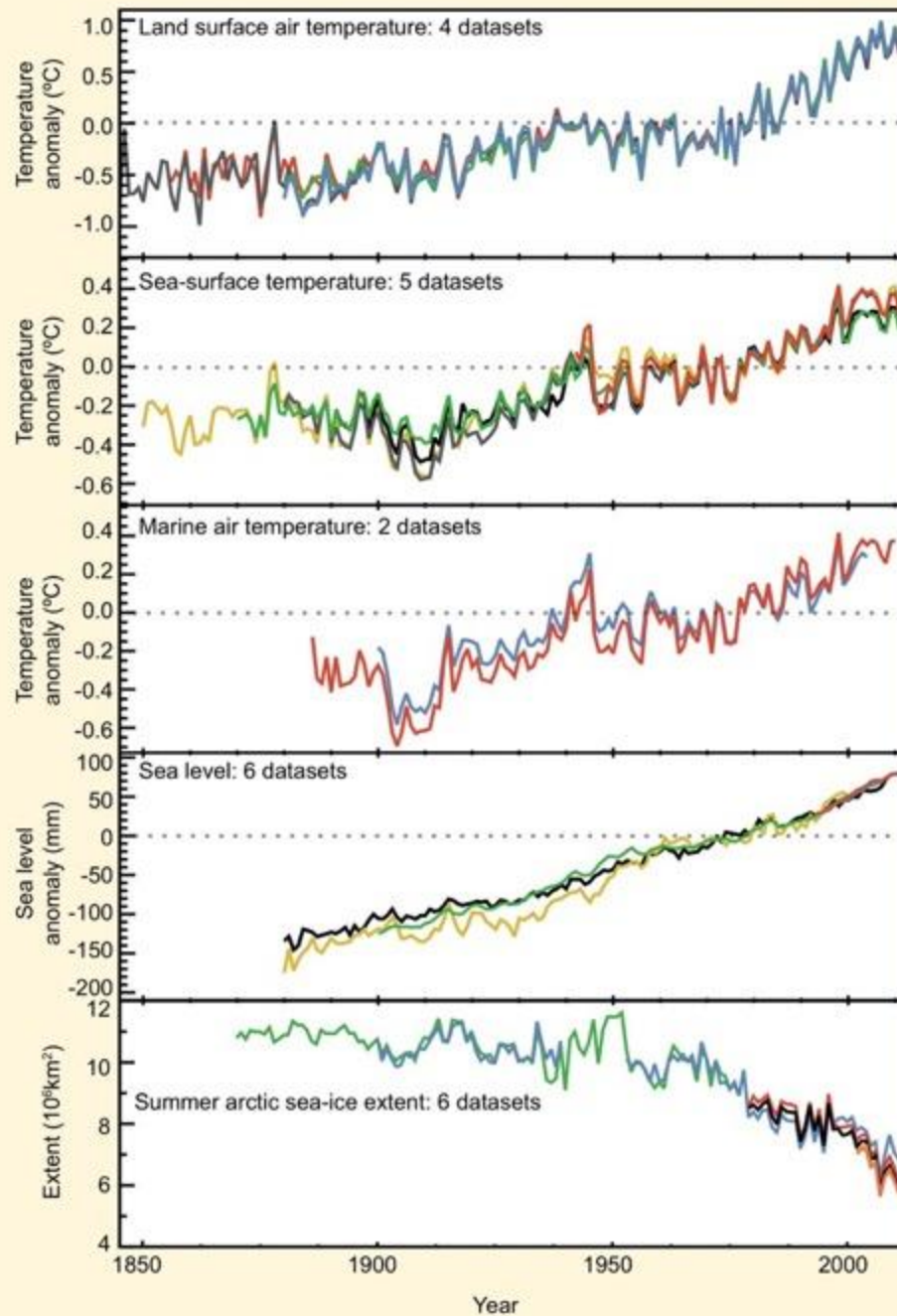
לא רק בישראל: ספטמבר 2020 היה החם ביותר בעולם מאז תחילת המדידות

לפי מדעני האיחוד האירופי, זו השנה השנייה ברצף שבה נשבר ע מערכים ש-2020 היא אחת מחמש השנים החמות ביותר מאז שו

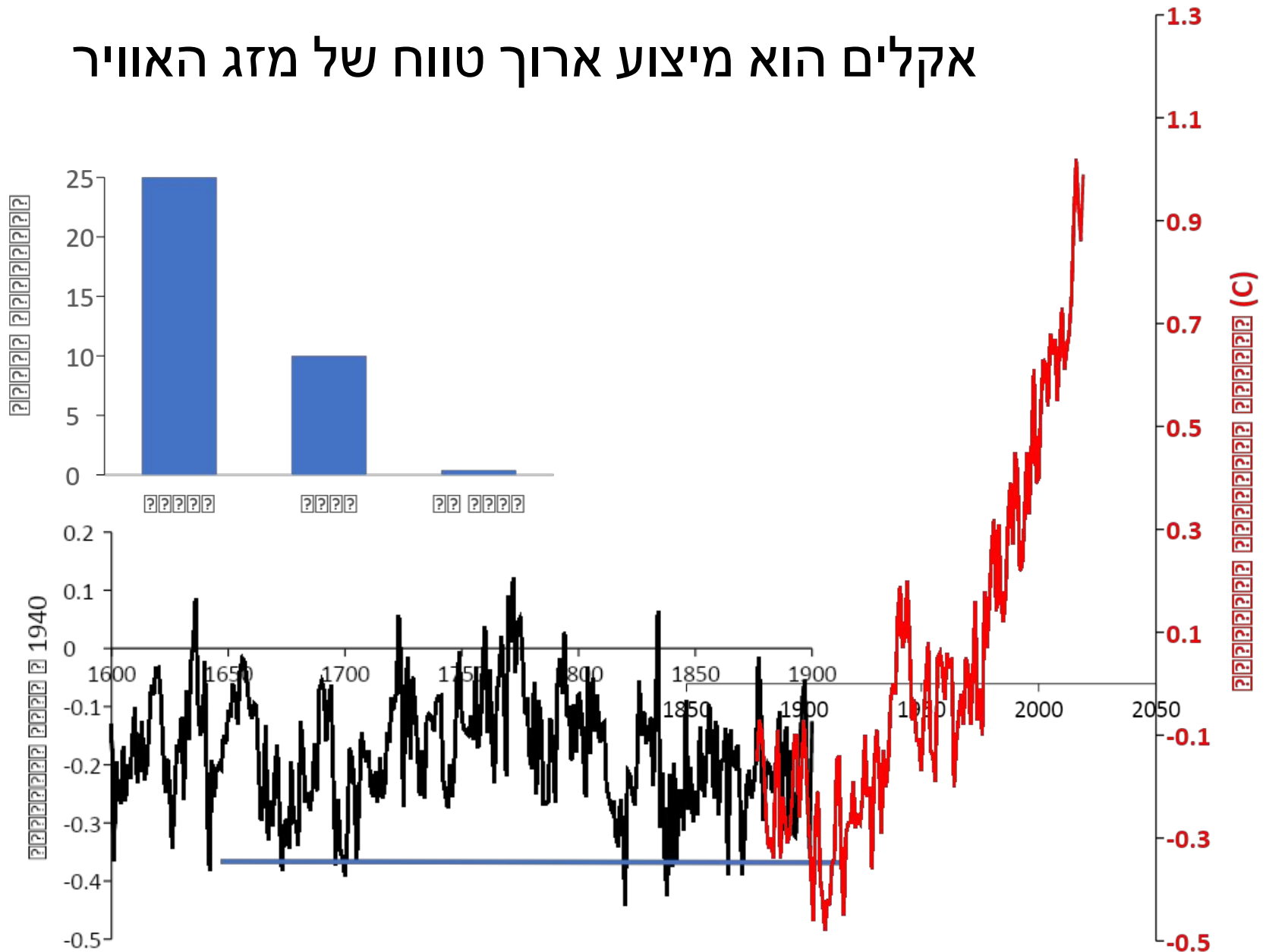


מזג האוויר השתגע בעולם בגלל משבר האקלים

מגוון מדדים
המראים שאקלים
כדור הארץ משתנה



אקלים הוא מיצוע ארוך טווח של מזג האוויר



איך וולי ברוקר ידע שהולכת להיות התחממות?

coefficients

.000

.613

1.000

1.0 -

0.5 -

0.0 -

-0.5 -

-1.0 -



וולי ברוקר
נולד (1931)

exchange routes.

ANNE COLBERG SIGLEO

Department of Geosciences,
University of Arizona,
Tucson 85721

References and Notes



וולי ברוקר
מקבל את פרס
ארה"ב למדע

NASA Goddard Institute for Space Studies

Berkeley Earth

Japanese Meteorological Agency

NOAA National Climatic Data Center

Met Office Hadley Centre/Climatic Research Unit

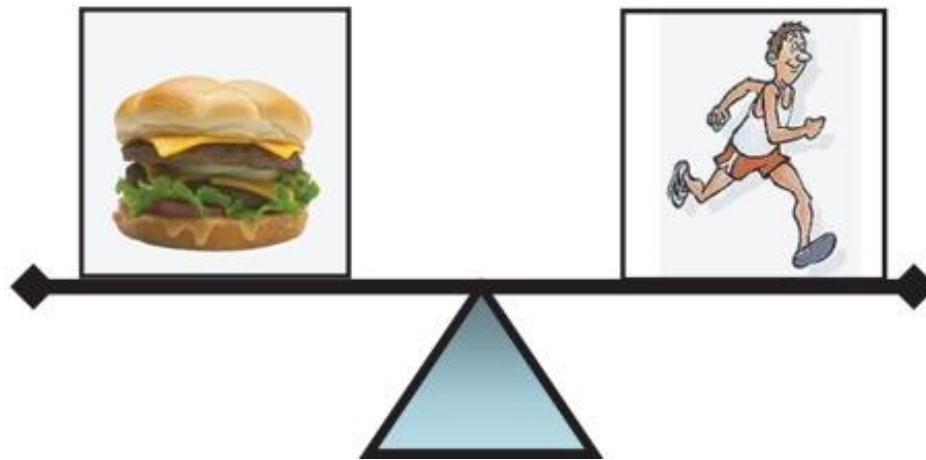
From: Nasa

1880 1890 1900 1910 1920 1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010

מהו מאזן אנרגטי

כמה אנרגיה הכנסנו

כמה אנרגיה הוצאנו



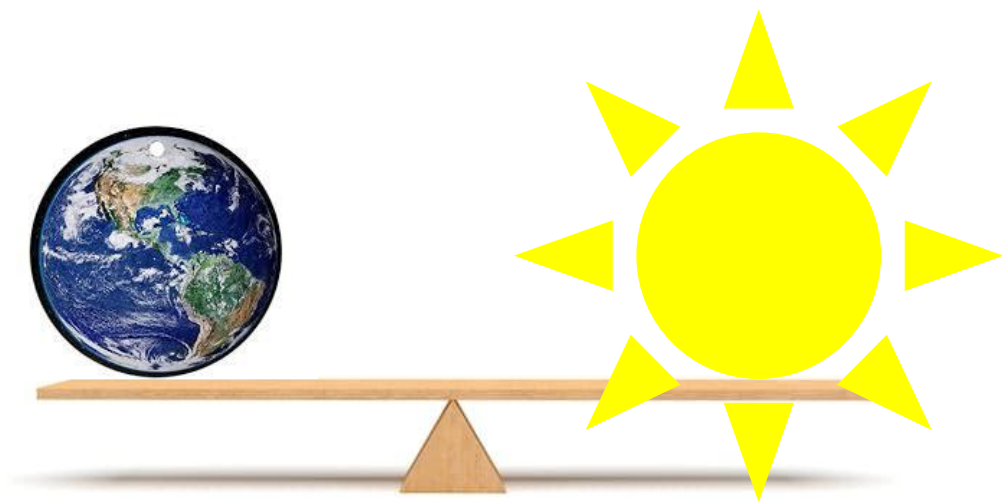
שיווי משקל (מערכת מאוזנת)

כמות האנרגיה שהכנסנו = כמות האנרגיה שהוצאנו

מאזן הקרינה של כדור הארץ



ז'אן בפטיסט ז'וסף פורייר



1824 – ז'אן בפטיסט ז'וסף פורייר חישב את מאזן הקרינה של כדור הארץ

גילה שכדור הארץ היה אומר להיות -18°C אבל בפועל טמפרטורת כדור הארץ היא 15°C איך זה יכול להיות?

מדוע הטמפרטורה על כדור הארץ שונה מזו על הירח?

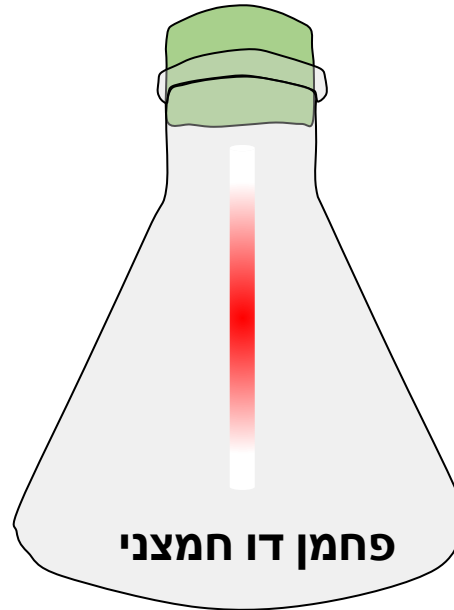
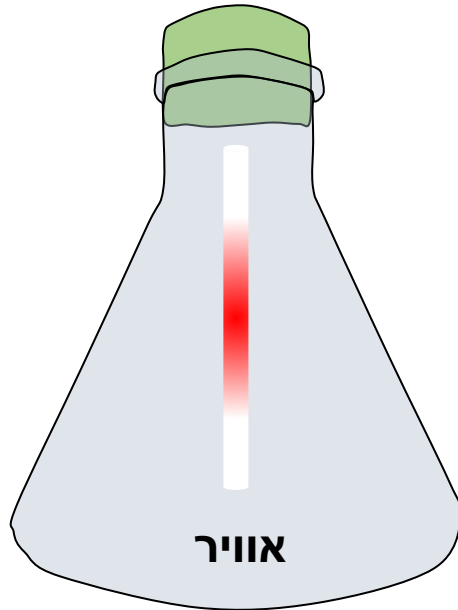
טמפרטורה ממוצעת: -18

במהלך היום	127
מעלות בלילה	-173

טמפרטורה ממוצעת: 15

ART. XXXI.—*Circumstances affecting the Heat of the Sun's Rays;*
by EUNICE FOOTE.

(Read before the American Association, August 23d, 1856.)



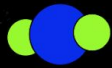
1856 - יונס פוט

מגלה שפחמן דו חמצני כולא חום



In Common Air.		In Carbonic Acid Gas.	
In shade.	In sun.	In shade.	In sun.
80	90	80	90
81	94	84	100
80	99	84	110
81	100	85	120

מה קורה באטמוספירה ?



מים



אוזון



מתאן



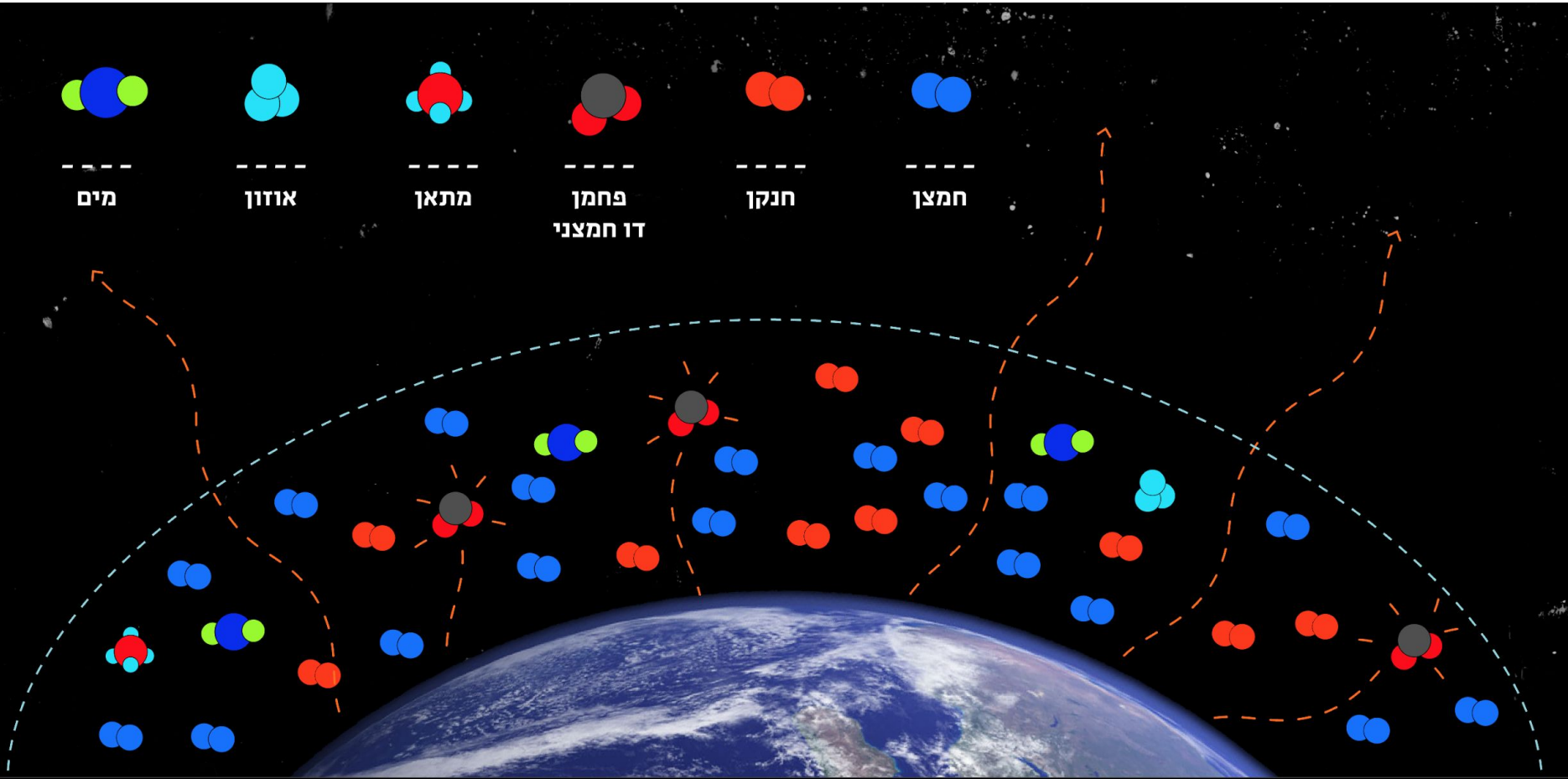
פחמן
דו חמצני



חנקן



חמצן





כמה פחמן דו חמצני
יש באטמוספירה?

חמה



427 C

0%

נוגה



462 C

96%

כדור הארץ



14 C

0.04%

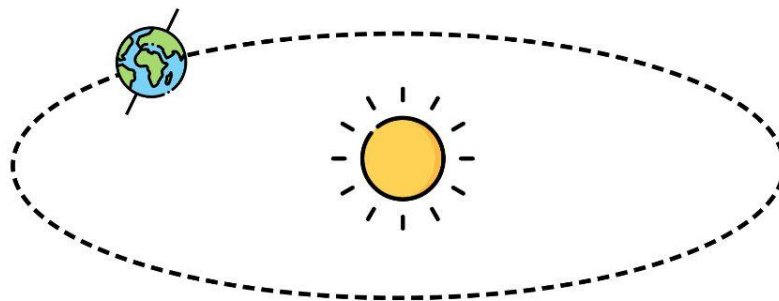
למה חשוב להבין מחזורי אקלים טבעיים?



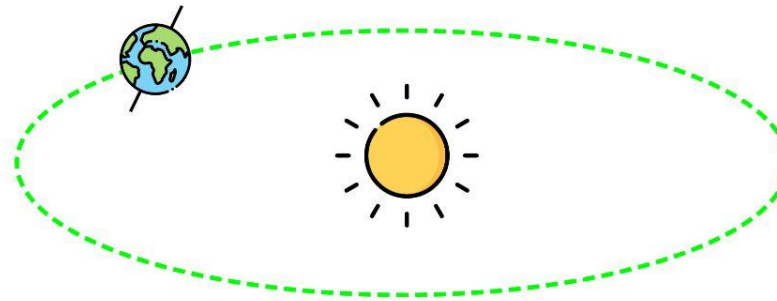
אולי השינוי האקלימי שאנו רואים
הוא בכלל מחזור טבעי של כדור הארץ

לינק

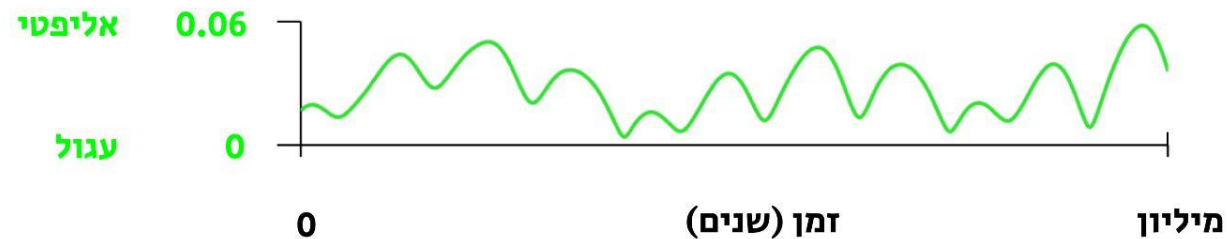
שינויים בכמות הקרינה המגיעה לכדור הארץ משפיעים על מחזורי האקלים הטבעיים



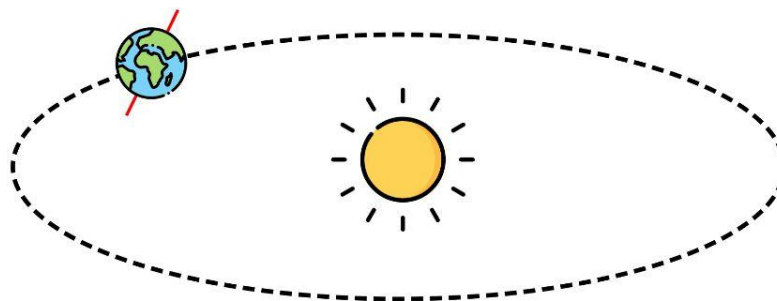
שינויים בצורת המסלול של כדור הארץ סביב השמש (מעגול לאליפטי)



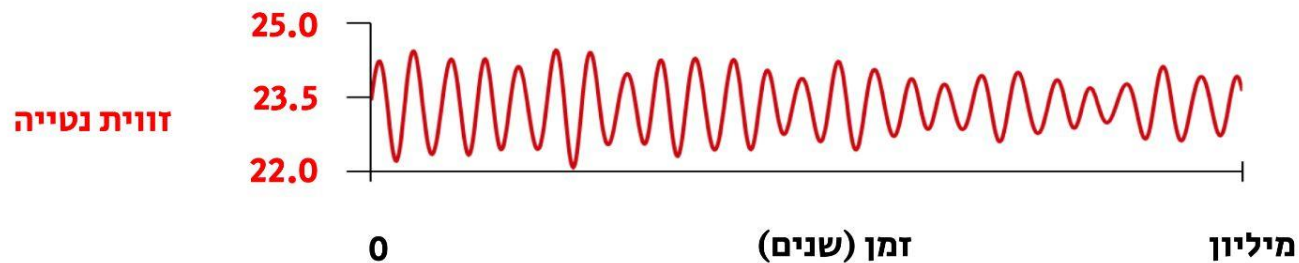
מחזור 100 אלף שנה



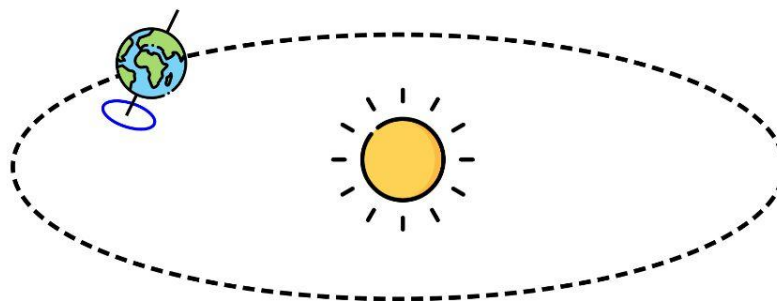
שינוי זווית נטיית כדור הארץ ביחס למישור הסיבוב



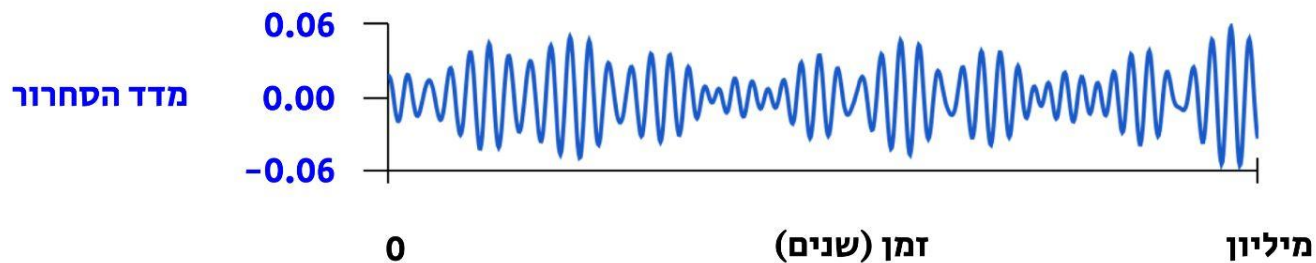
מחזור 41 אלף שנה



שינויים בציר הסחרור

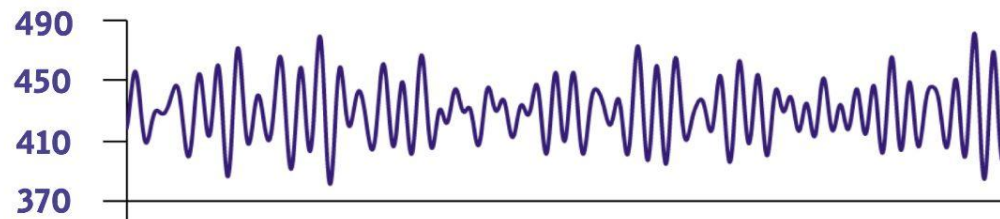


מחזור 20 אלף שנה





קרינת
קיץ
 W/m^2

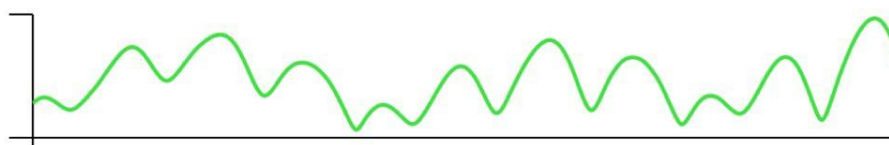


אליפטי

0.06

עגול

0

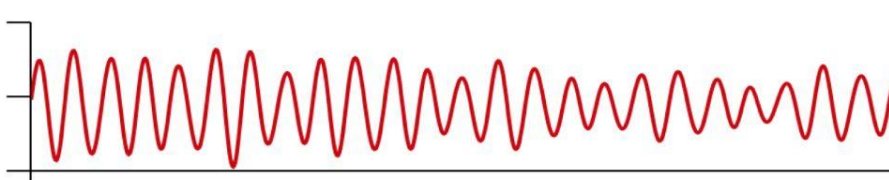


זווית נטייה

25.0

23.5

22.0

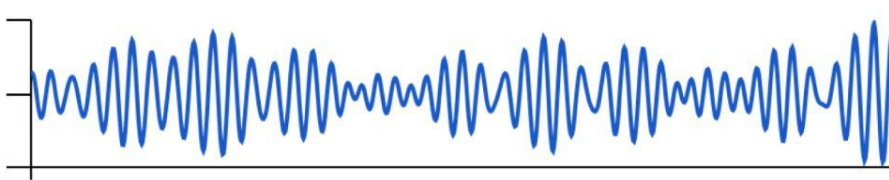


מדד הסחרור

0.06

0.00

-0.06



0

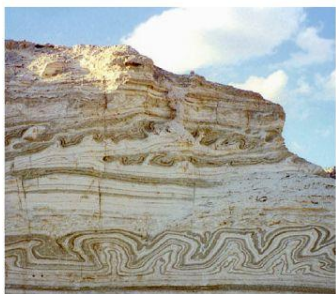
זמן (שנים)

מיליון

סכום שלושת המחזוריים
והשפעתם על כמות
הקרינה בקו רוחב
65 צפון

_____ איך יודעים מה הייתה טמפרטורת כדור הארץ בעבר ?

מקורות המידע של האקלים הקדום :



משקעי אגמים



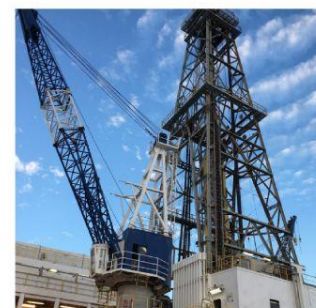
משקעי מערות
(זקיפים)



מאובני צדפות



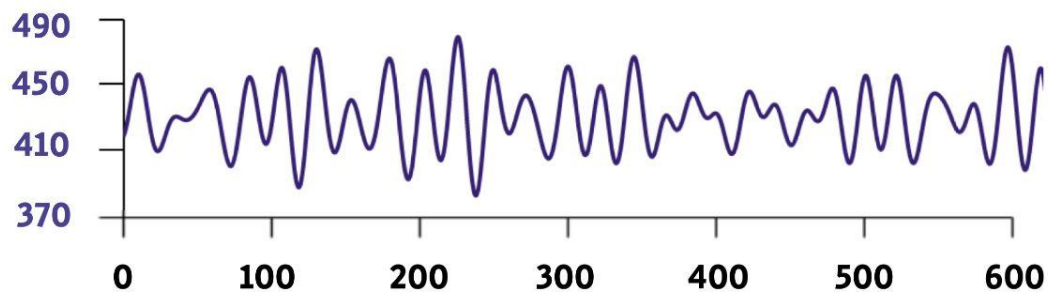
שלדי פורמיניפרה



קידוחים בקרקעית הים



קרינת
קיץ
 W/m^2

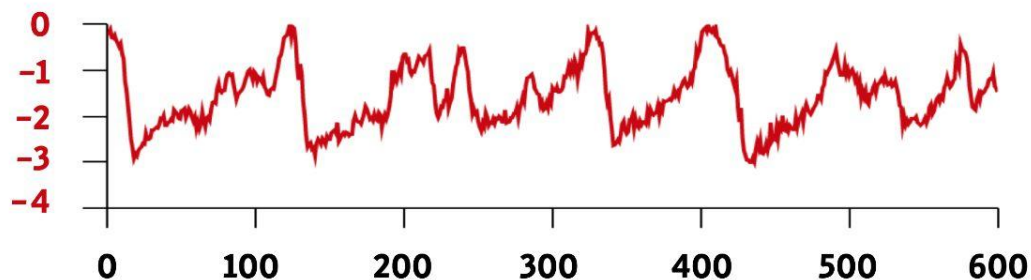


אלפי שנים

Paillard et al., 1996



טמפרטורה
($^{\circ}C$)



אלפי שנים

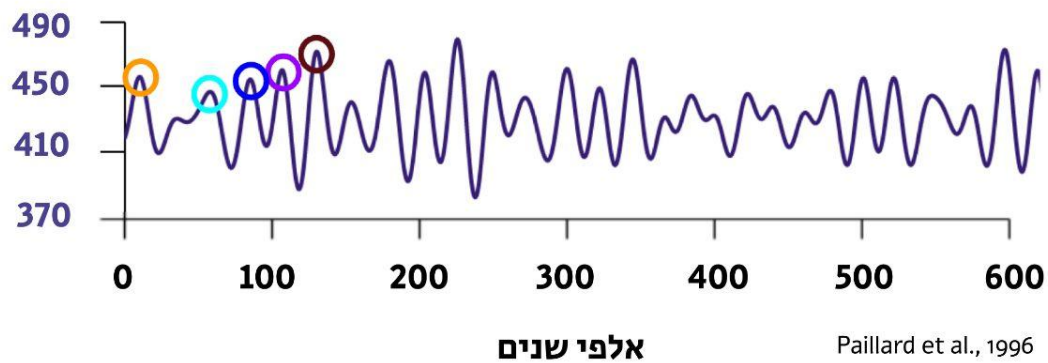
Lisiecki & Raymo 2005

טמפרטורת הים העמוק,
שוחזרה בכלים גיאוכימיים
מגוונים ובמקומות רבים
ברחבי האוקיינוס.
הטמפרטורה מראה
תקופות חמות, תקופות
התקררות ארוכות
ותקופות קרות

Data from: NOAA



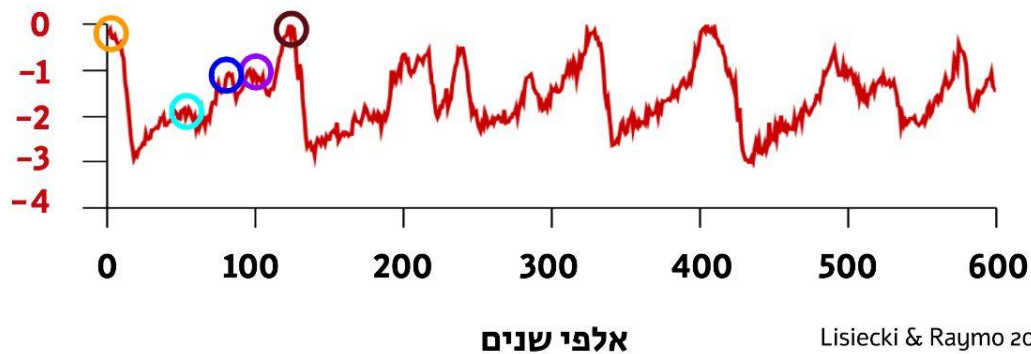
קרינת
קיץ
 W/m^2



האם יש דמיון בין מחזורי
קרינת השמש למחזורי
הטמפרטורה?
כן, התזמון דומה



טמפרטורה
(°C)

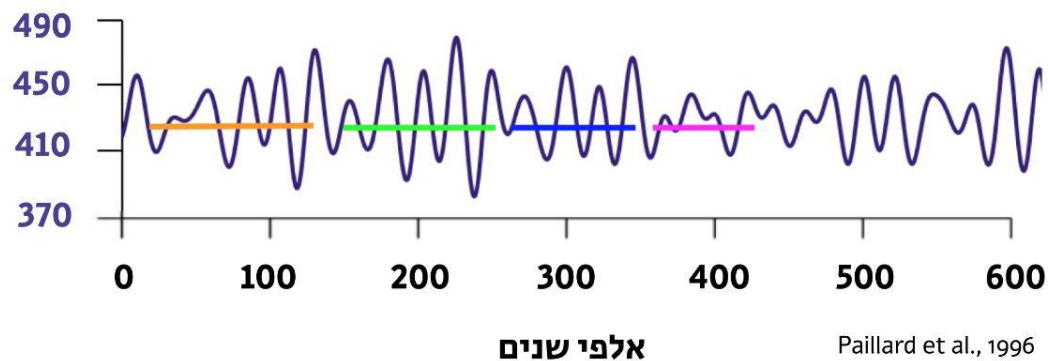


Lisiecki & Raymo 2005

Data from: NOAA



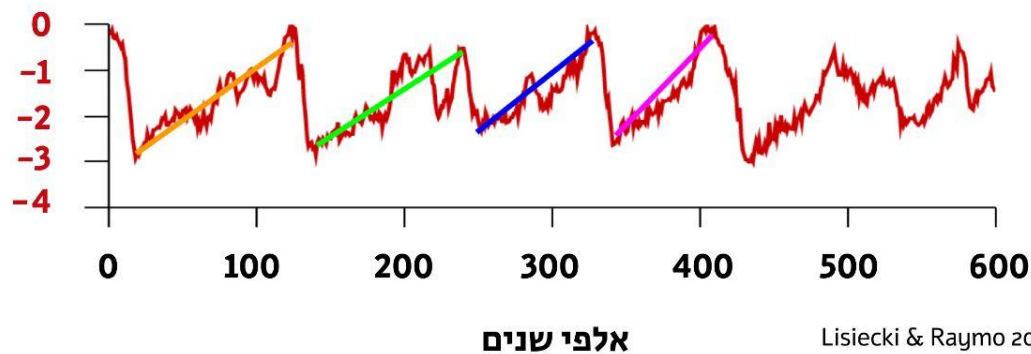
קרינת
קיץ
 W/m^2



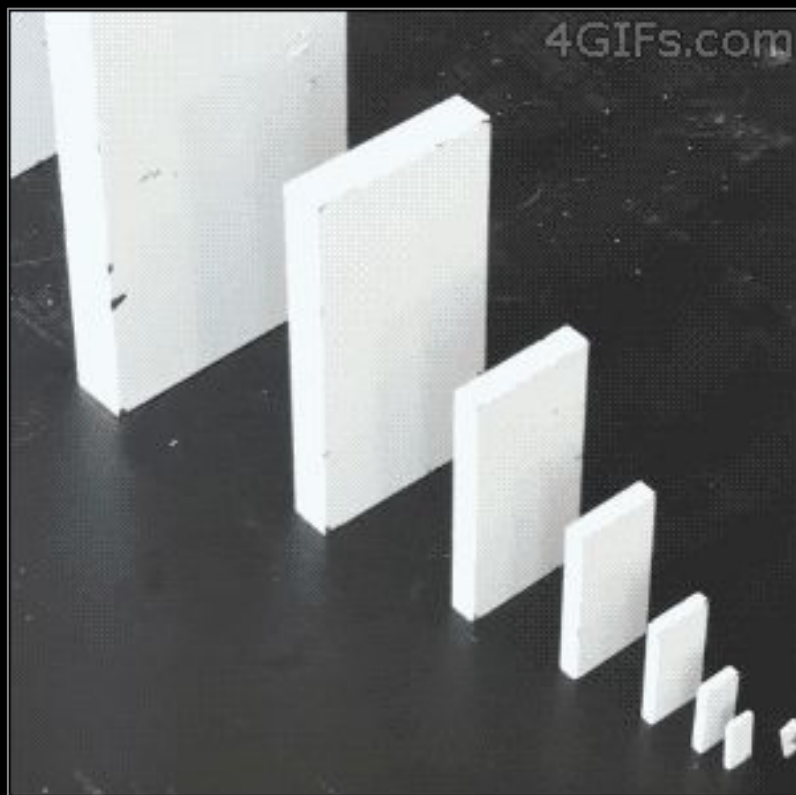
האם יש דמיון בין מחזורי קרינת השמש למחזורי הטמפרטורה?
לא, מחזורי הטמפרטורה מאופיינים במגמת התקררות ארוכה ואילו למחזורי השמש אין מגמה כזו, אלא רק שינויים סביב ממוצע



טמפרטורה
($^{\circ}C$)

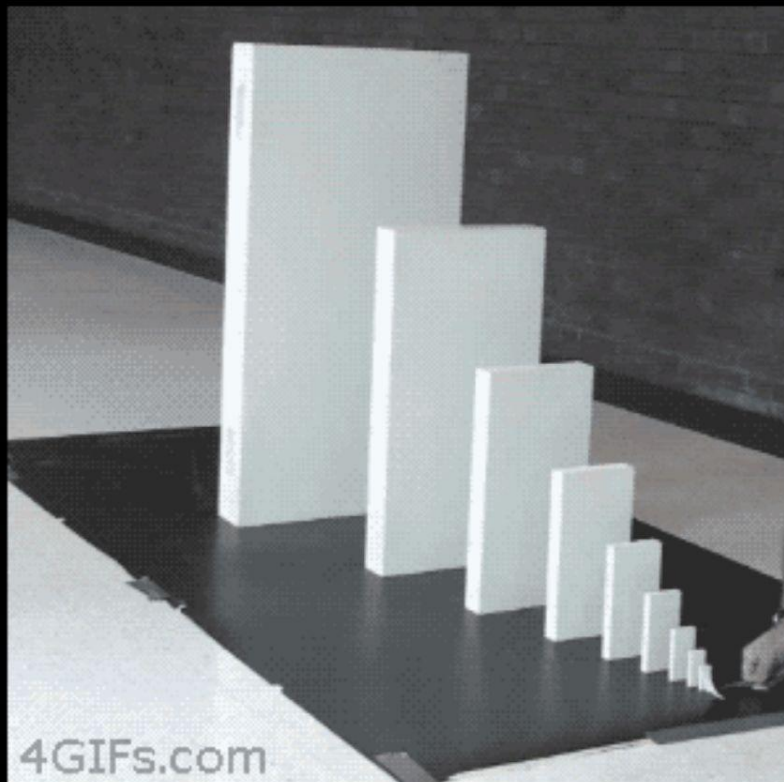


Data from: NOAA

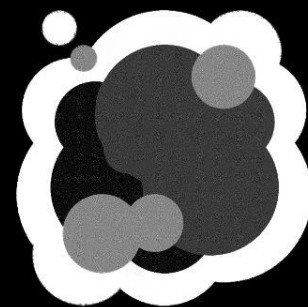


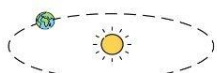
משובים

**הפרות קטנות של המערכת
יכולות ליצור שינויים גדולים
בגלל תהליכי משוב**

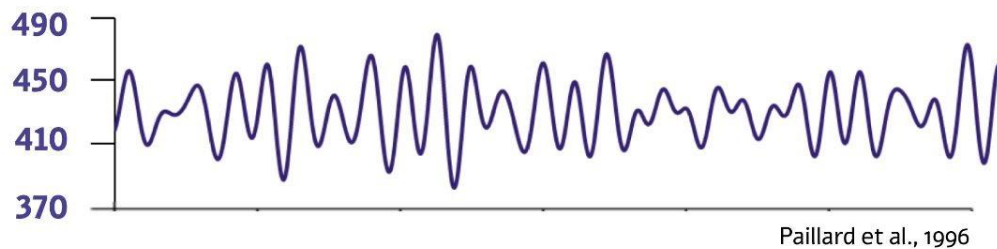


במערכת האקלים של כדור הארץ
המניע של שינויים היא השמש.
משוב הפחמן הדו חמצני ומשוב
הקרח מעצימים את השינוי.

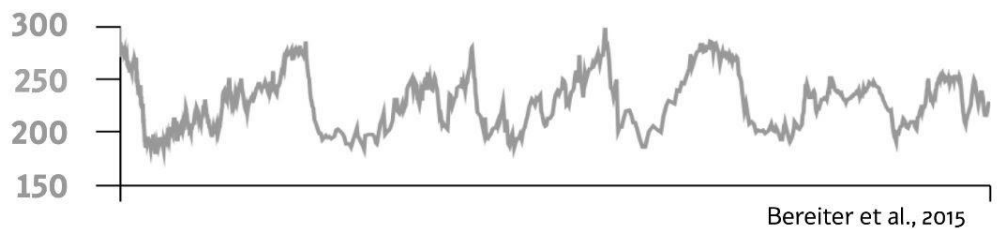




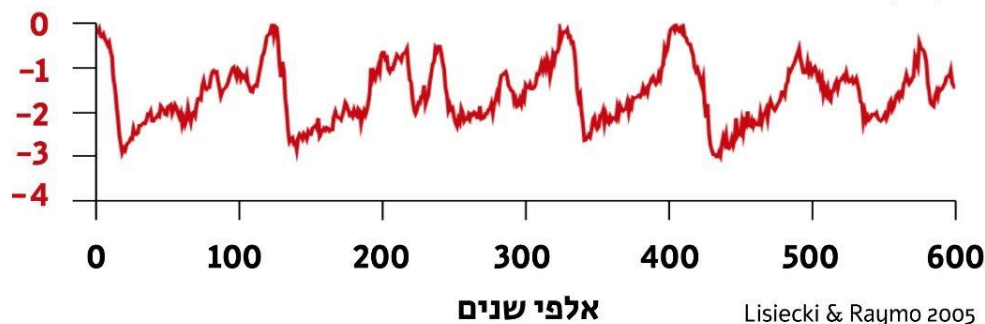
קרינת
קיץ
 W/m^2



ריכוז הפחמן דו
חמצני באוויר
(ppm)

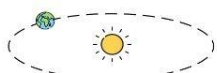


טמפרטורה
(°C)

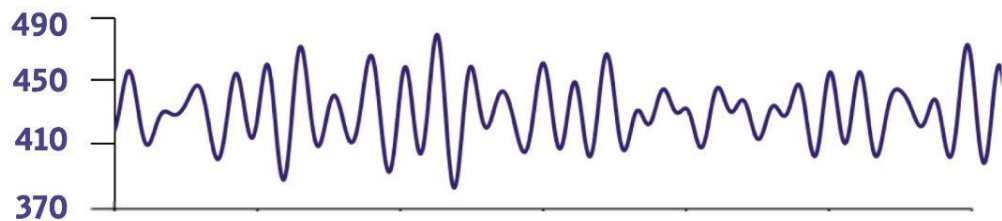


ריכוז הפחמן הדו חמצני
משוחזר מבועות אוויר
המשתמרות בקרח
באנטארקטיקה. בתקופות
חמות ריכוז הפחמן הדו
חמצני גבוה ובתקופות
קרות הוא נמוך

Data from: NOAA



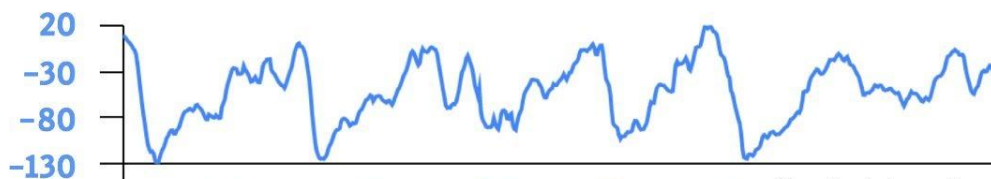
קרינת
קיץ
 W/m^2



Paillard et al., 1996



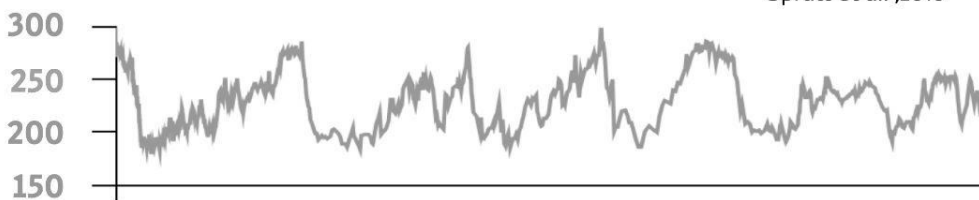
מפלס הים
(מטר)



Spratt et al., 2016



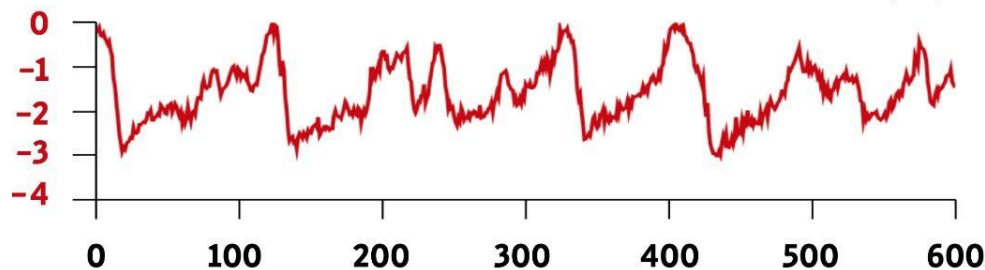
ריכוז הפחמן דו
חמצני באוויר
(ppm)



Bereiter et al., 2015



טמפרטורה
(°C)



אלפי שנים

Lisiecki & Raymo 2005

כמות הקרח ומפלס הים
משוחזרים על ידי מאזן מים.
בתקופות חמות יש פחות
קרח ומפלס הים גבוה,
בתקופות קרות יש יותר קרח
ומפלס הים נמוך

Data from: NOAA



קרינת
קיץ
 W/m^2



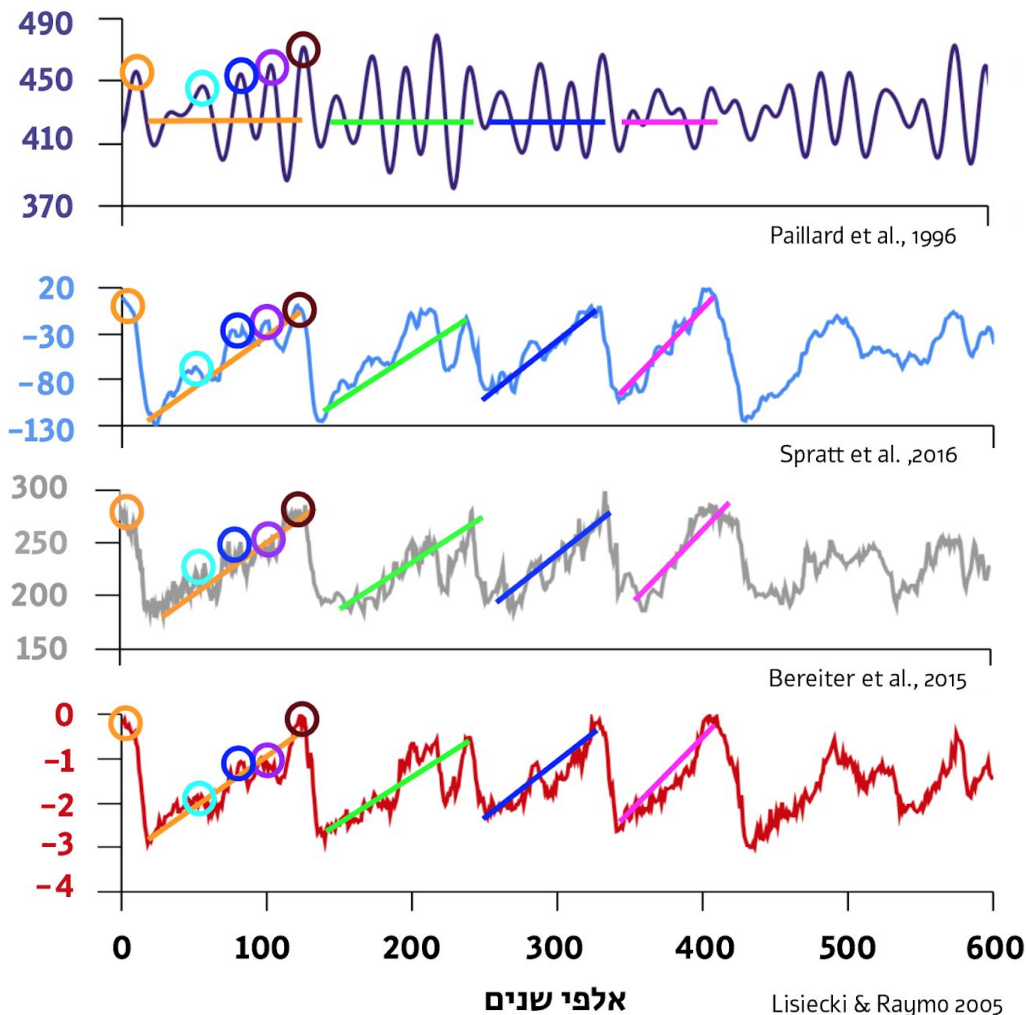
מפלס הים
(מטר)



ריכוז הפחמן דו
חמצני באוויר
(ppm)

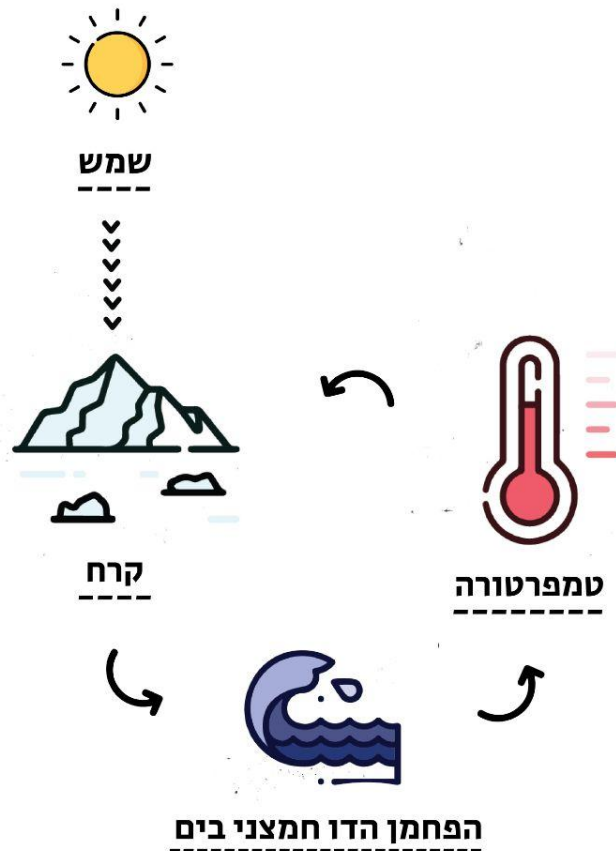


טמפרטורה
(°C)



האם משוב הפחמן הדו
חמצני ומשוב הקרח
דומים לטמפרטורה?
כן, התזמון של השינויים
דומה ובשלושתם מופיעה
מגמה ברורה

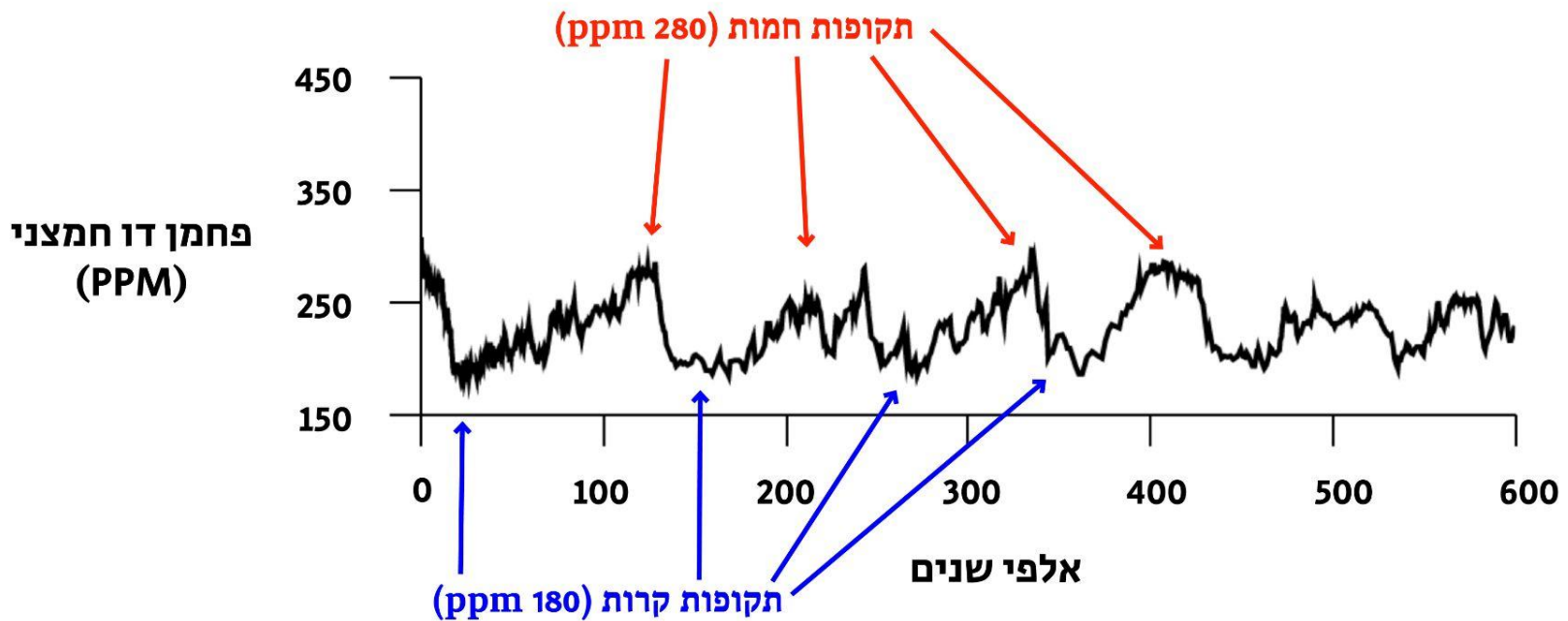
Data from: NOAA



איך קורים מחזורי אקלים טבעיים?

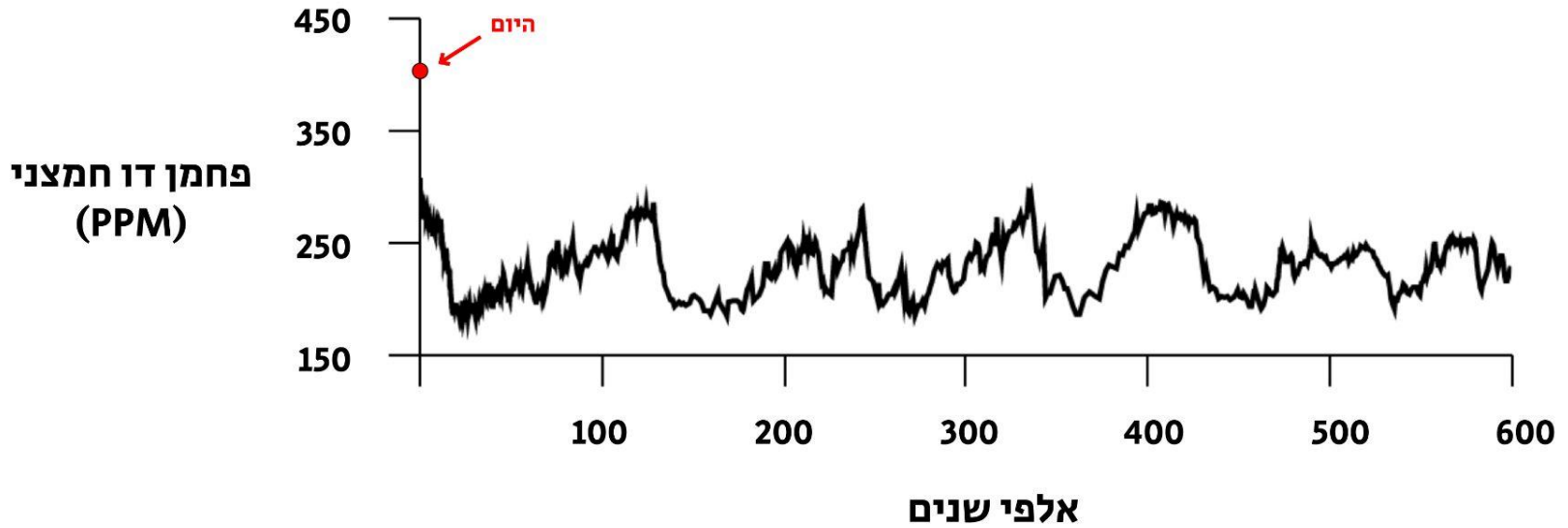
בתקופות בהן מגיעה יותר קרינת שמש לקווי רוחב גבוהים יותר קרח נמס, הזרמים בים מתחזקים, ופחמן דו חמצני עולה מעומק הים ומשתחרר לאוויר. פחות קרח ויותר פחמן דו חמצני באוויר גורמים לעליית הטמפרטורה וכך נוצר משוב חיובי שמעצים את השינוי שהותחל על ידי שינויים במחזור השמש.

מחזור טבעי של פחמן דו חמצני נע בין 180ppm בתקופות קרות ל-280ppm בתקופות חמות



Bereiter et al., 2015 (Data from: NOAA)

ריכוז הפחמן הדו חמצני כיום גבוה ב-45% מריכוזו במיליון השנים האחרונות



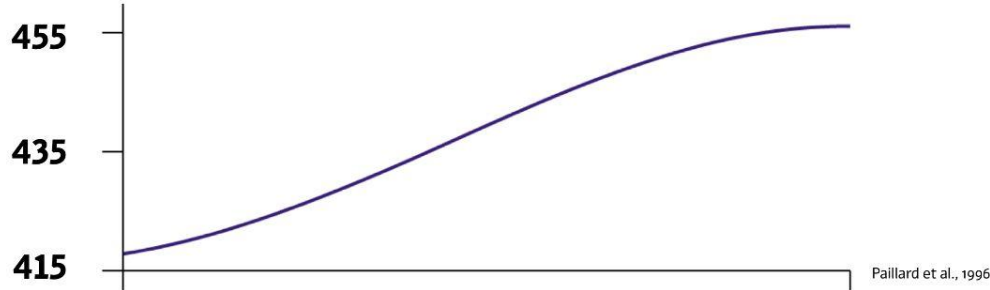
Bereiter et al., 2015 (Data from: NOAA)

שינויים בטמפרטורה דומים בצורתם לשינויים בכמות השמש בחצי הכדור הצפוני

עוצמת השמש בהמיספירה הצפונית



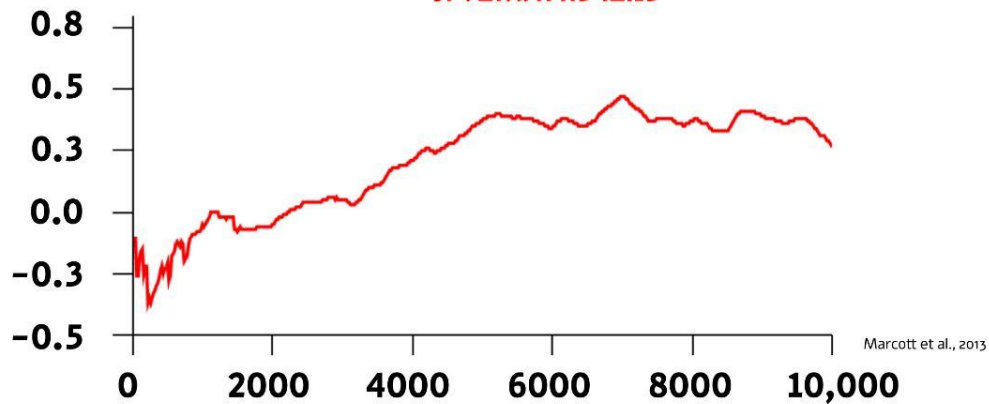
קרינת
קיץ
 W/m^2



טמפרטורה גלובלית



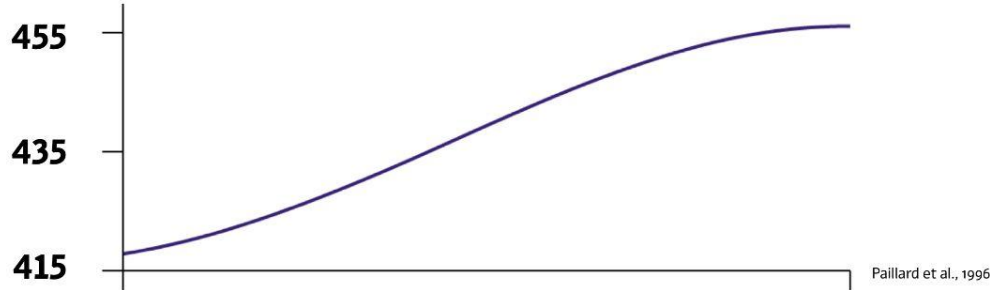
טמפרטורה
(°C)



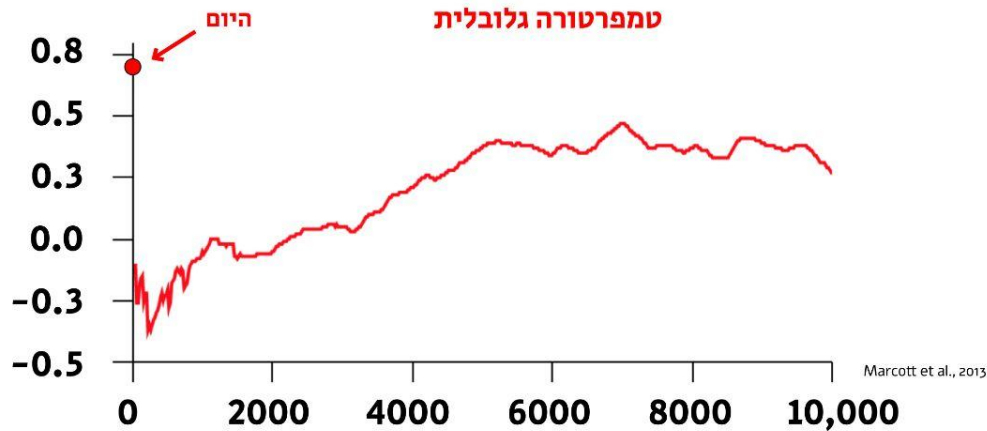
Data from: NOAA

שינויים בקרינת השמש לא יכולים להסביר את עליית הטמפרטורה ב-100 השנים האחרונות

עוצמת השמש בהמיספירה הצפונית

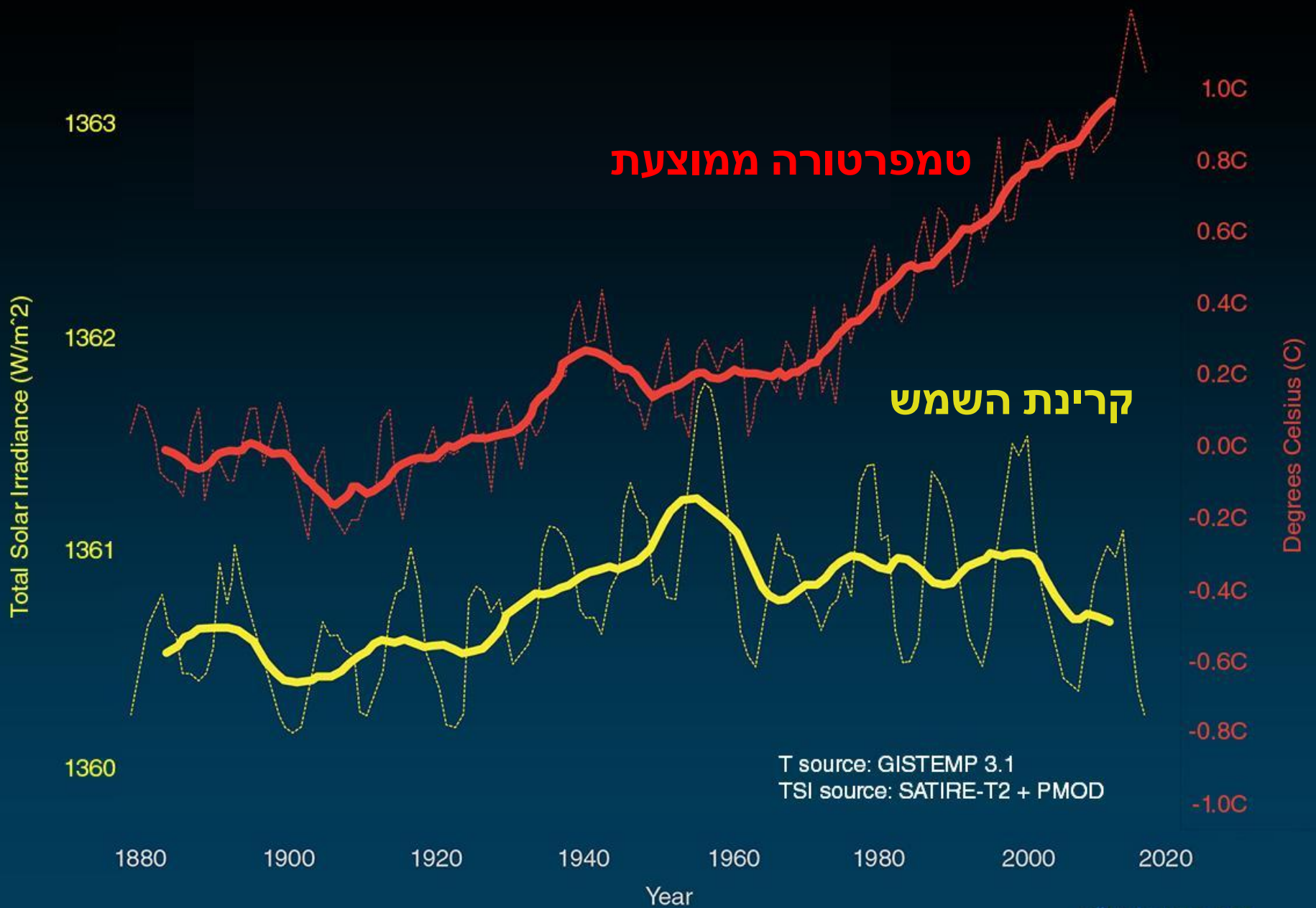


טמפרטורה גלובלית

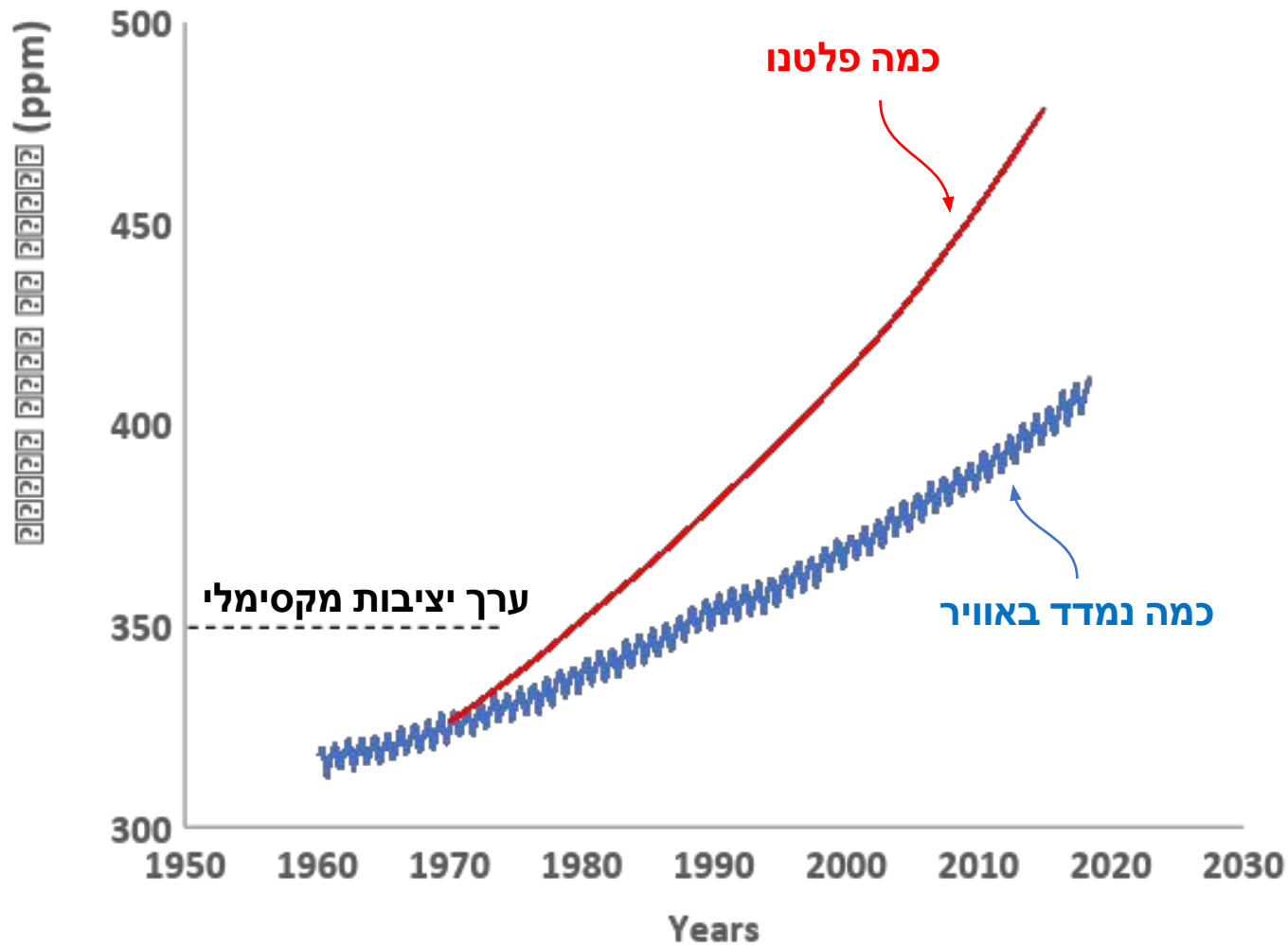


Data from: NOAA

שינויים בקרינת השמש לא יכולים להסביר את ההתחממות המהירה משנות ה-60



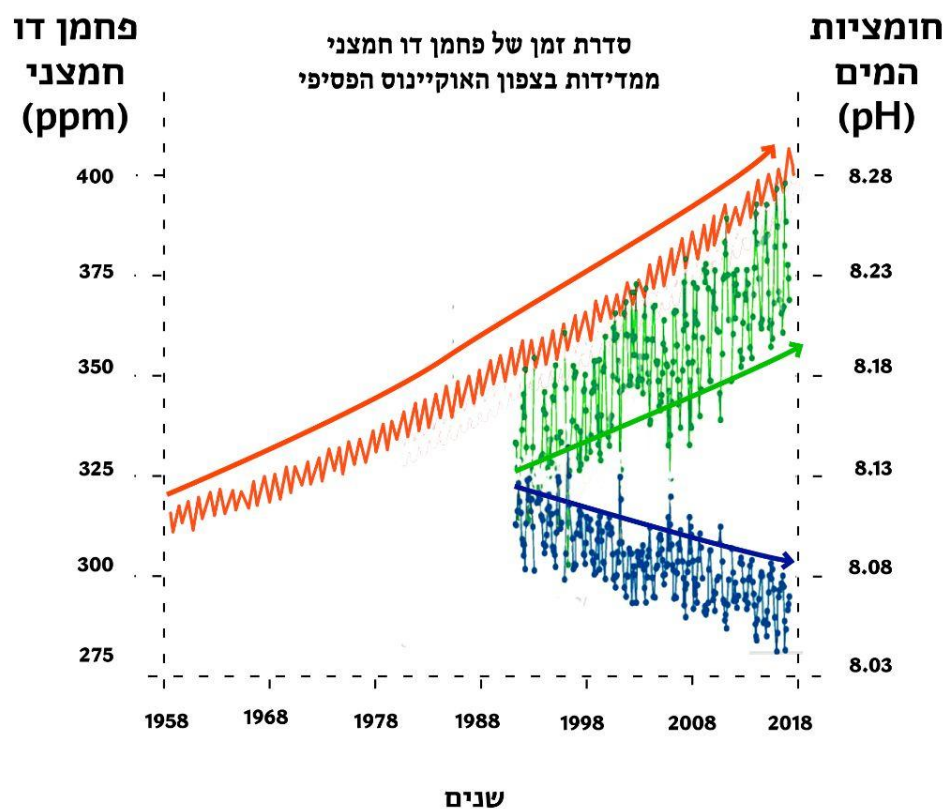
? האם האדם גורם לעליית הפחמן הדו חמצני



Data from: [Scripps CO₂](#), [Netherlands EAA](#)

אז לאן כל שאר הפחמן דו חמצני הולך?

52% הולך לים
25% הולך לצמחים ביבשה



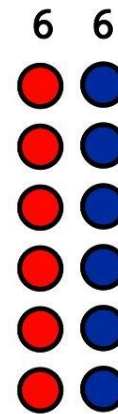
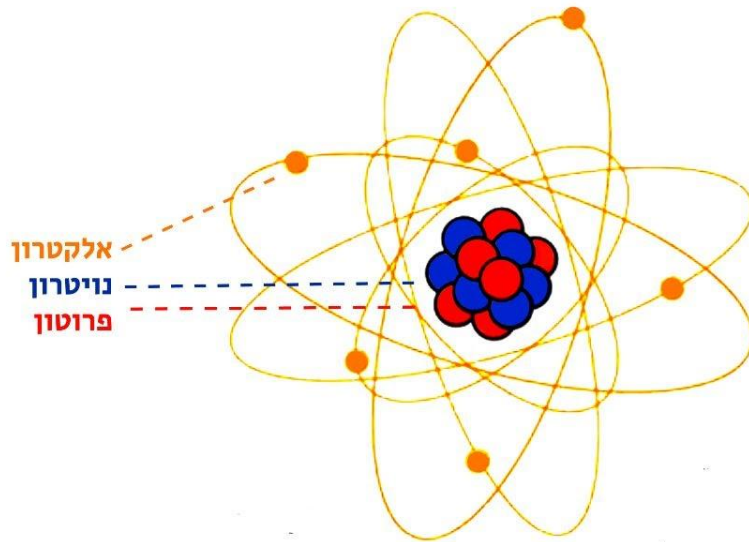
ריכוז הפחמן הדו חמצני באטמוספירה עולה

ריכוזי הפחמן דו חמצני במים עליה.

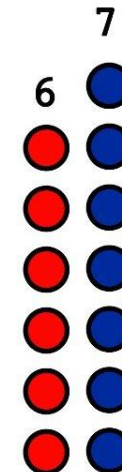
הpH יורד, כלומר חומציות הים עולה

החותמת של הפחמן נמצאת בתוך הגרעין שלו!

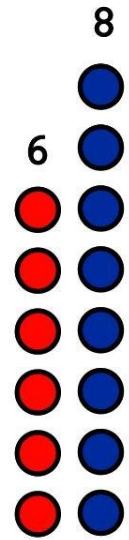
בעזרת החותמת יודעים להבדיל בין שלושה סוגי אטומי פחמן



פחמן 12

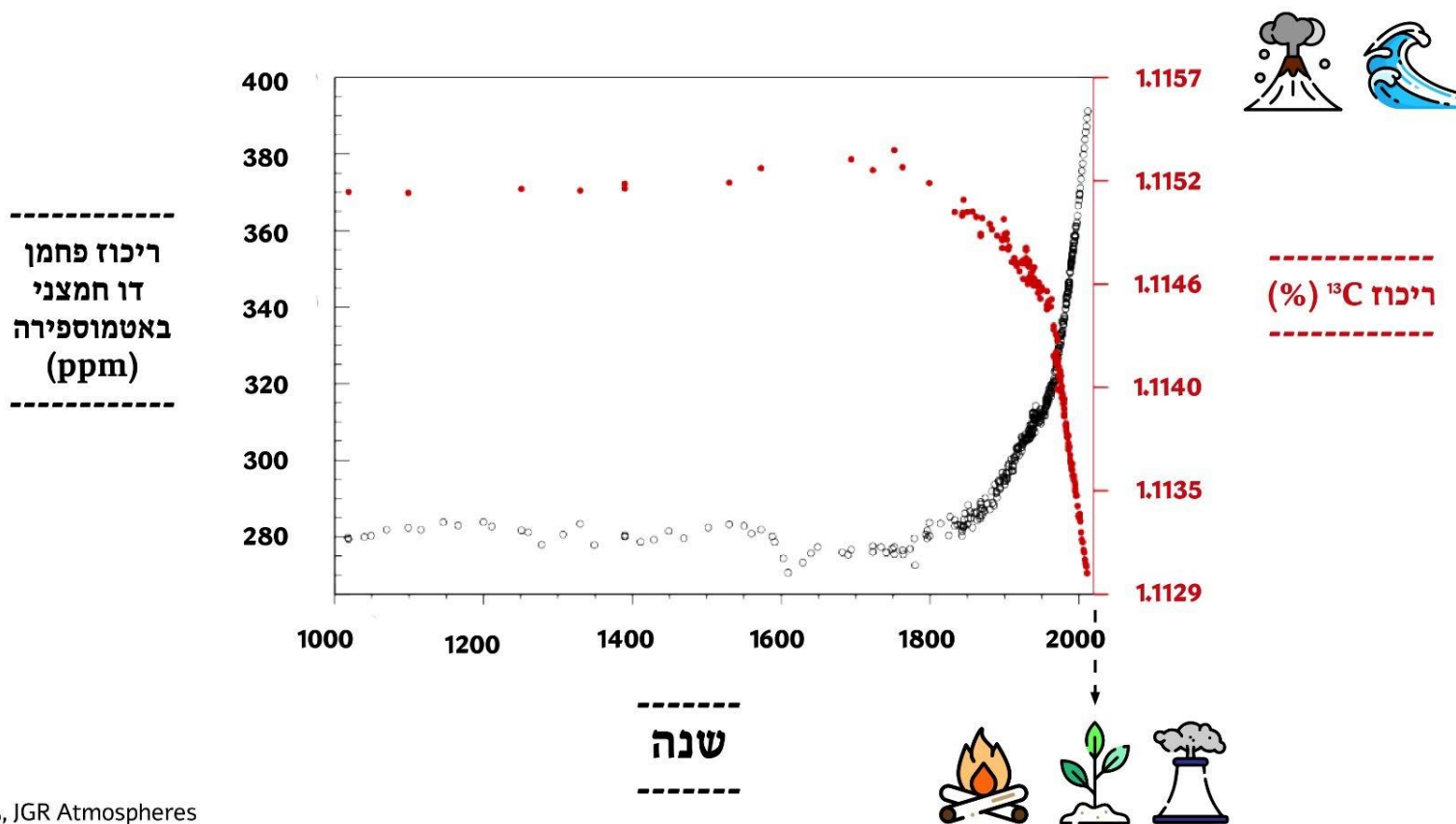


פחמן 13



פחמן 14

צניחת ריכוז פחמן 13 מהמהפכה התעשייתית מעידה על מקור אורגני לפחמן הדו חמצני



סיכום המדע:

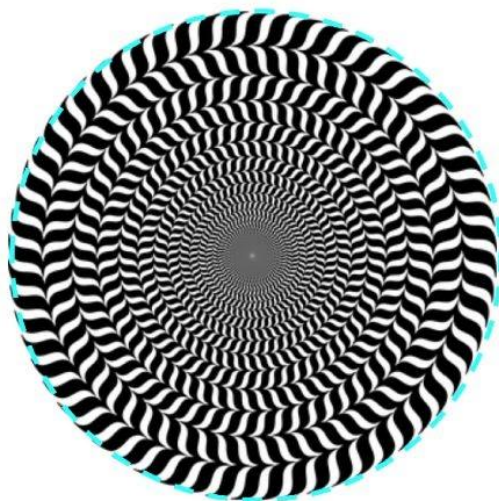
- פחמן דו חמצני הוא גז חממה קריטי לקיום חיים על פני כדור הארץ
- אקלים כדור הארץ משתנה במחזוריות קבועה כבר מיליוני שנים (לפחות)
- במיליון השנים האחרונות יש קשר קבוע בין טמפרטורת כדור הארץ וכמות הפחמן הדו חמצני
- האנושות פלטה כמות פחמן דו חמצני שהיא ללא תקדים בלפחות 3 מיליון השנים האחרונות
- התוצאה היא חימום מואץ של כדור הארץ
- ככל שנמשיך לפלוט נמשיך לחמם

..ועכשיו לעתיד

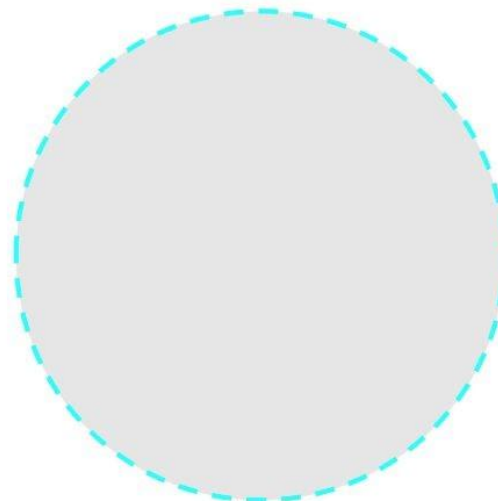
אז מה זה מודל מדעי?

אוסף חוקים והנחות, הבאים לתאר תופעה או תהליך

בשפה מתמטית



מודלים יכולים להיות מורכבים
הרבה יותר כמו מודלים אקלימי



מודלים יכולים להיות פשוטים,

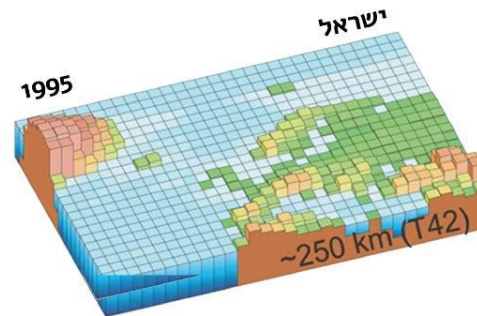
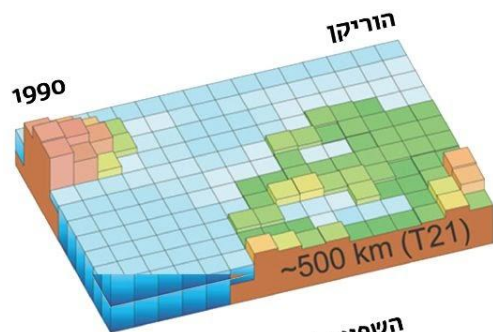


מרכיבי מערכת האקלים

בכדי ליצור מודל אקלימי
צריך לתאר בשפה מתמטית
את מערכת האקלים.

אבל איך עושים את זה?

עכשיו צריך לתאר את כל זה במתמטיקה ??

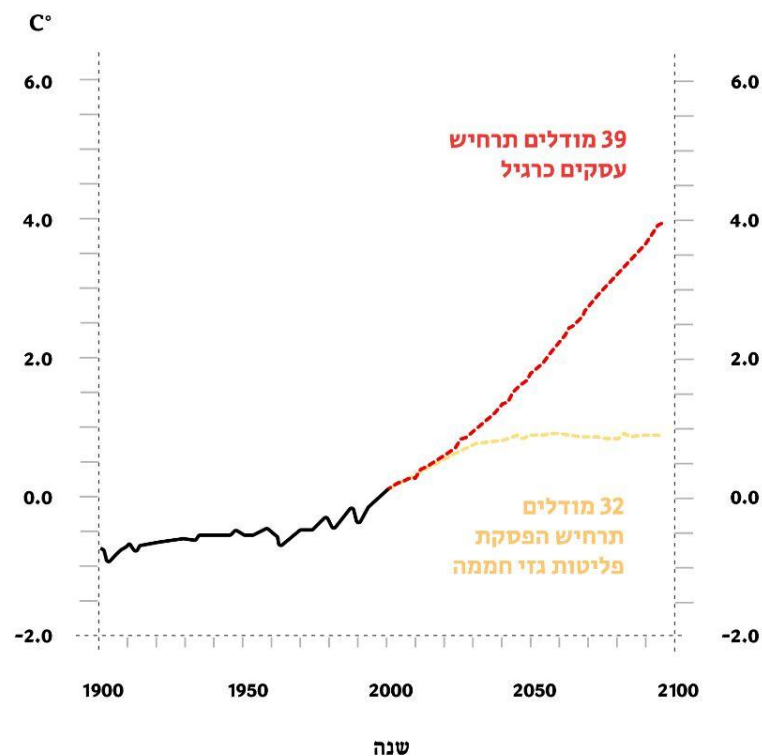


**פיתוח מחשבים בעלי כוח
חישוב גדול יותר אפשרו
פיתוח של מודלים בעלי
מורכבות ורזולוציה
גדולים יותר**

בשנת 1988 הארגון המטאורולוגי העולמי והאו"ם יצרו יחד את ה-IPCC הפאנל הבין ממשלתי לשינוי האקלים

מושב ראשון של ה-IPCC בשנת 1988. צילום: IPCC

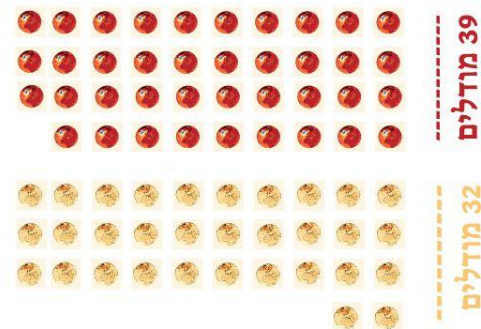




על בסיס איור 1 מ- IPCC FAQ 12.1 של הדו"ח החמישי של ה-IPCC

ה-IPCC בוחן ומסכם את תוצאות המודלים השונים

לחישובי מודלים אקלימיים
למידת התחממות עד שנת 2100
יש מגוון תוצאות



לכל תחזית יש אי ודאות..

יש המון תהליכים המשפיעים על עוצמת החימום והקירור של כדור הארץ.

בליעת קרינת חום על ידי עננים



החזרת אור שמש מעננים



פליטת החום הטבעית של כדור הארץ



התאדות והתעבות של אדי מים, שהם גז חממה חזק ומרכזי.



החזרת אור שמש מקרחונים

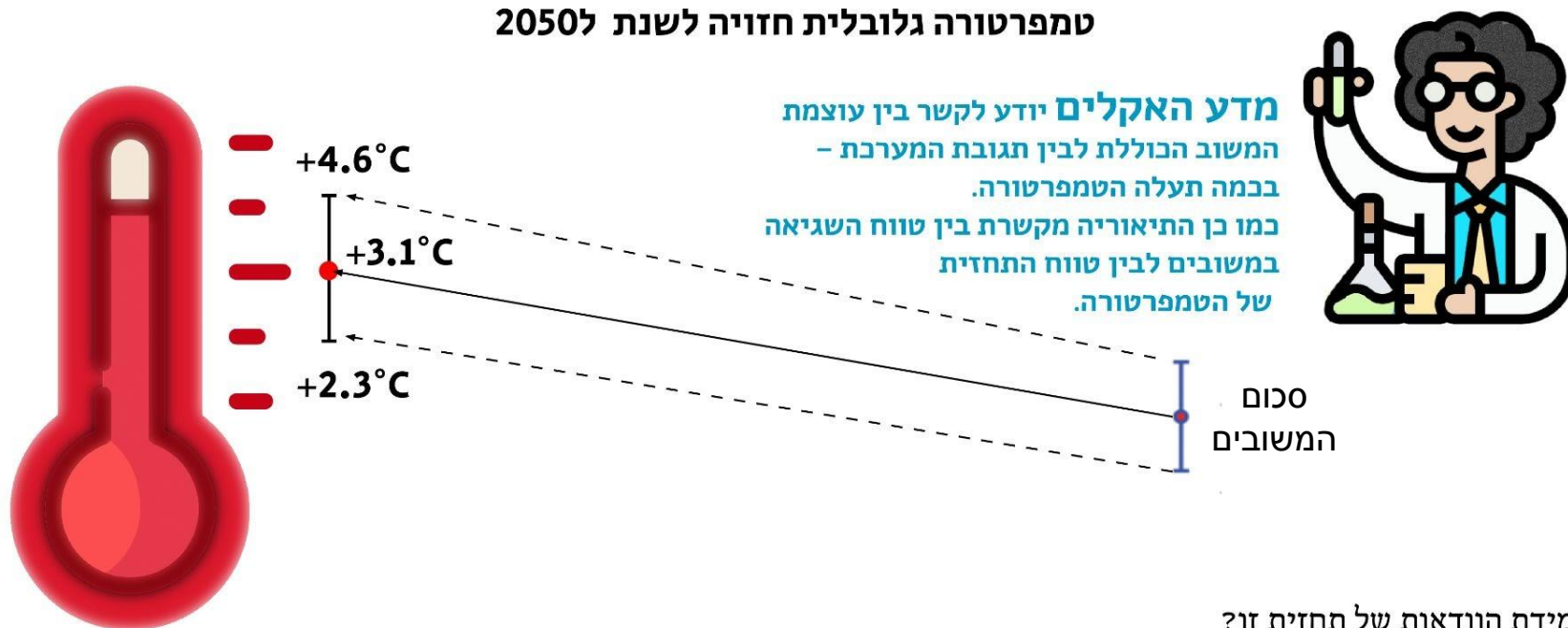


חלק מהתהליכים תלויים בטמפרטורה והם מהווים משוב טבעי.

חלק מהמשובים מאזנים את השינוי וחלק מגבירים אותו

ה – IPCC משקלל את כל אי הוודאויות השונות, ונותן את הודאות (ואת אי הודאות) של התחזית

טמפרטורה גלובלית חזויה לשנת 2050



תחזית זו התקבלה מהערכה עדכנית המבוססת על סינתזה רחבה של מחקרים ושיטות חישוב מגוונות. סינתזה זו מצביעה על מידת וודאות של 66%-90%, עם מידת ודאות גדולה יותר לגבי הגבול התחתון מאשר לגבי הגבול העליון

מודלים אקלימיים שנוצרו בין 1970 – 2000 חזו במדויק את ההתחממות

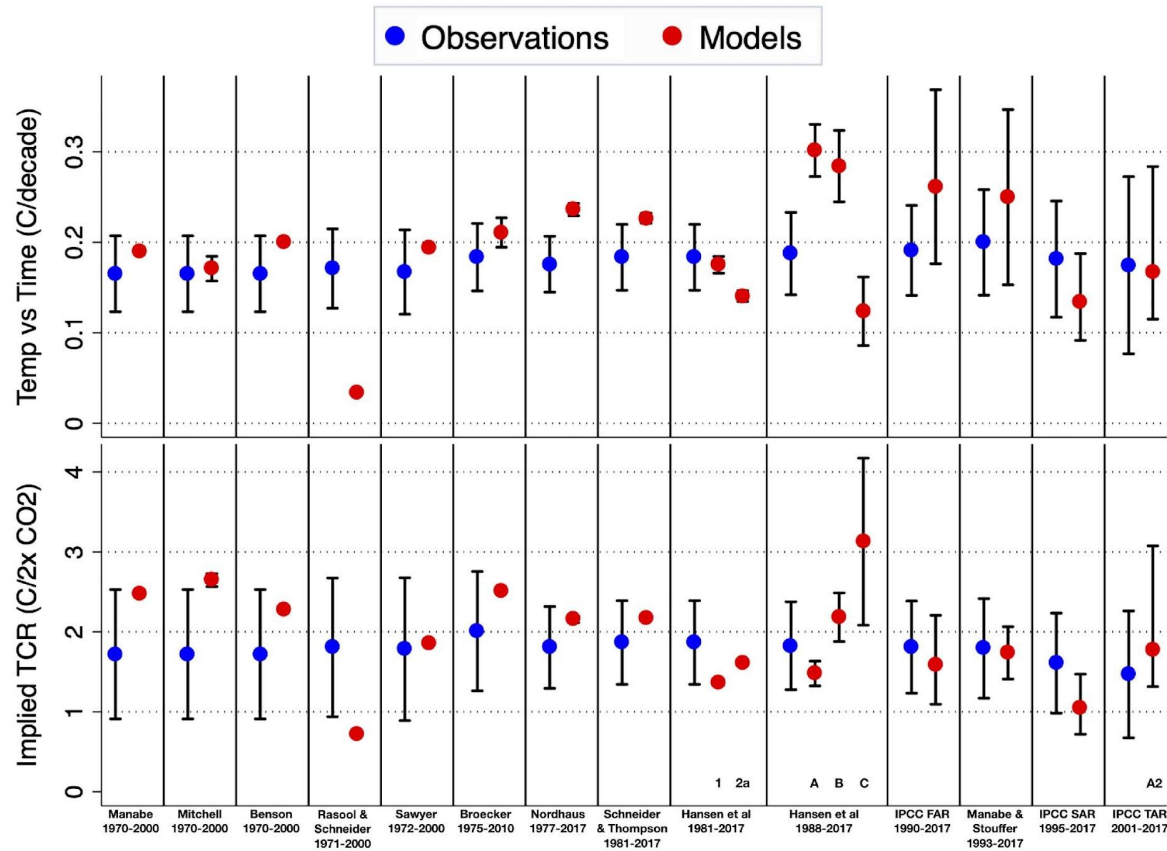
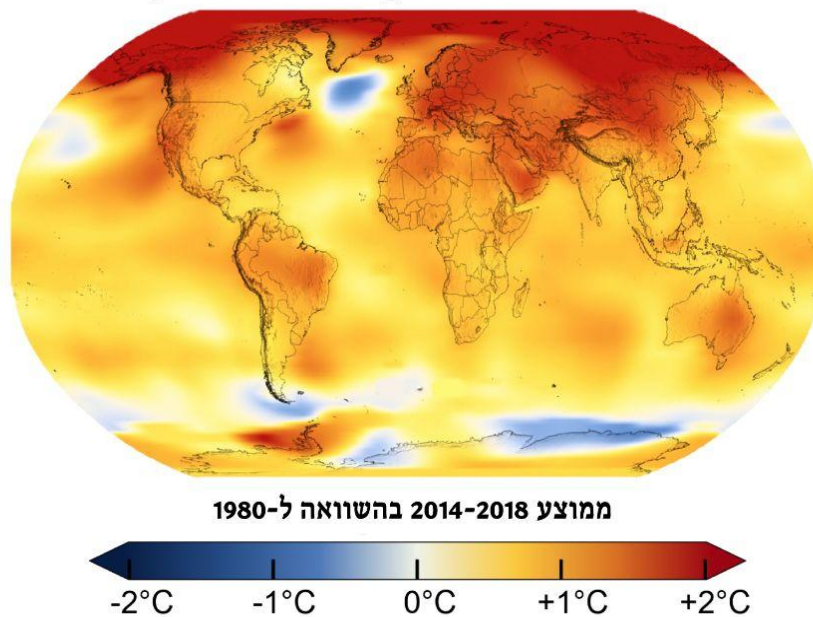


Figure 2. Comparison of trends in temperature versus time (top panel) and implied TCR (bottom panel) between observations and models over the model projection periods displayed at the bottom of the figure. Figure S1 shows a variant of this figure with the AR4 projections included

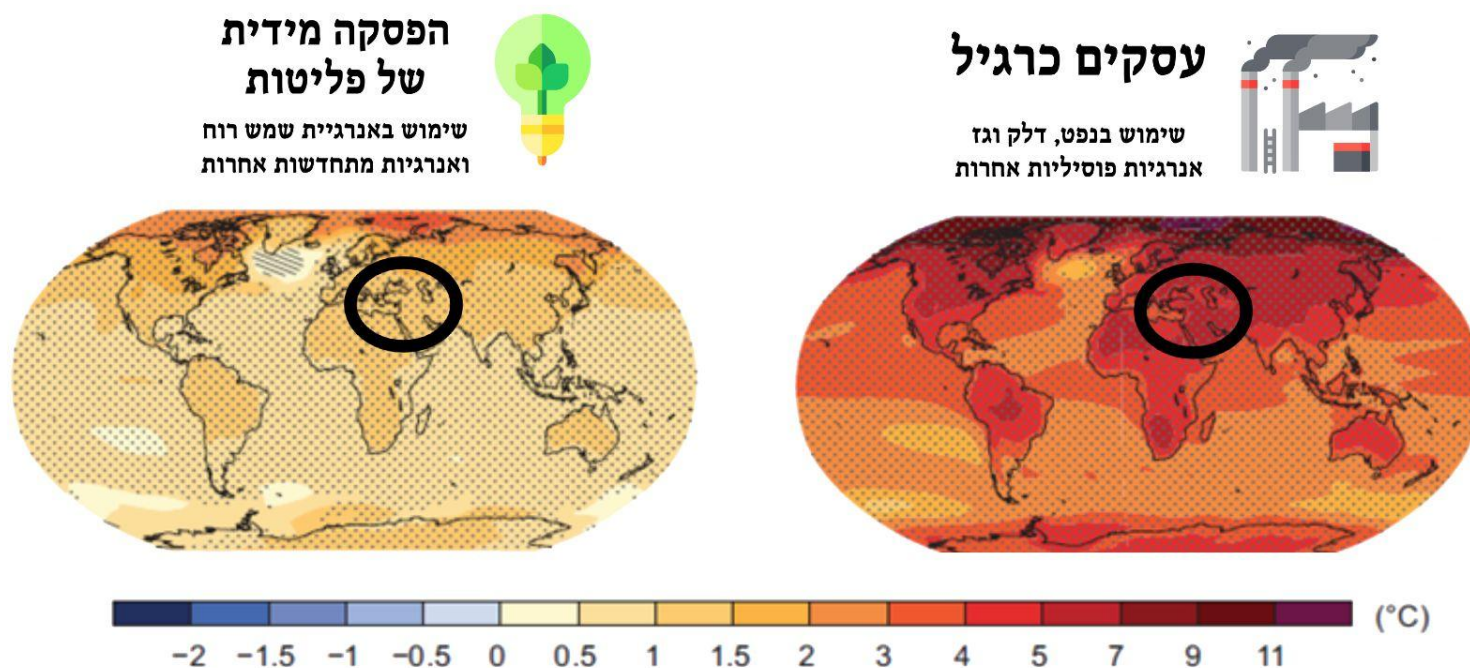
*We found that climate models – even those published back in the 1970s – did remarkably well, with 14 out of the 17 projections **statistically indistinguishable from what actually occurred.*** Hausfather et al., 2019

שינויי הטמפרטורה ב- 40 השנים האחרונות



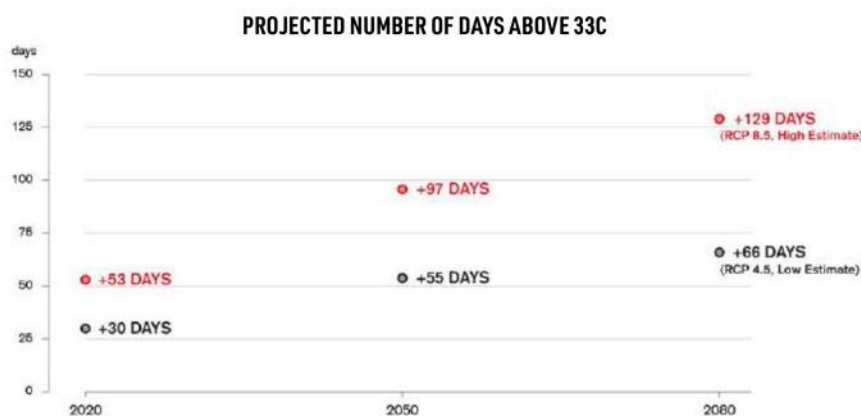
ישראל התחממה כבר מעבר לממוצע
ההתחממות העולמי, בעיקר בקיץ

שינוי האקלים העתידי בישראל צפוי להיות 3-5 מעלות בתרחיש 'עסקים כרגיל'

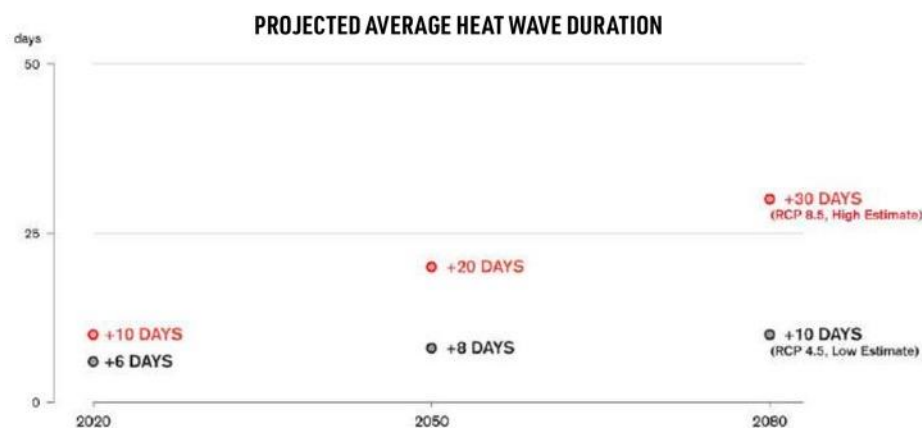


שינוי הטמפרטורה החזוי ב- 2081-2100 ביחס ל- 1986-2005

המזרח התיכון מתחמם בקצב כפול מהממוצע העולמי ומגמת ההתחממות תמשיך

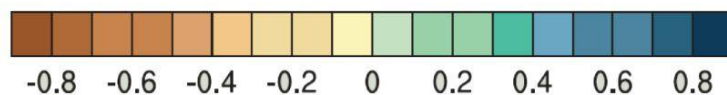
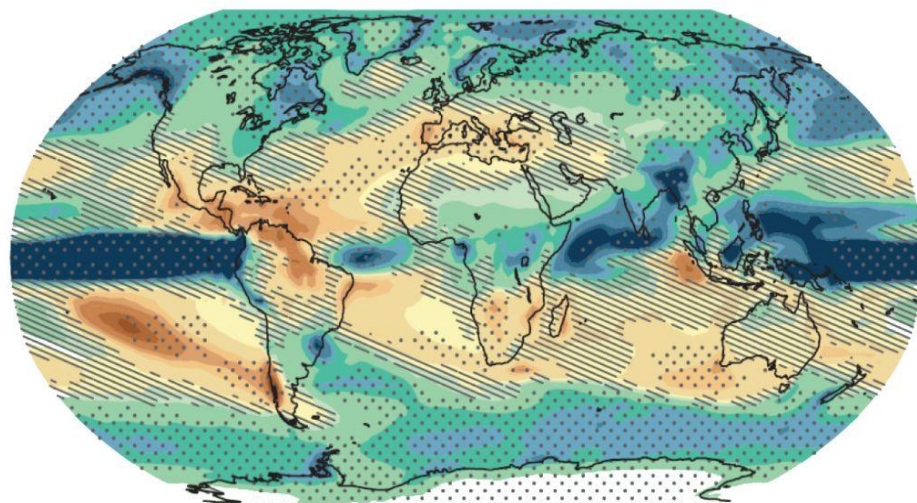


Projected Number of Days Above 33°C
Center for Climate Systems Research Columbia University, NASA Goddard Institute for Space Studies

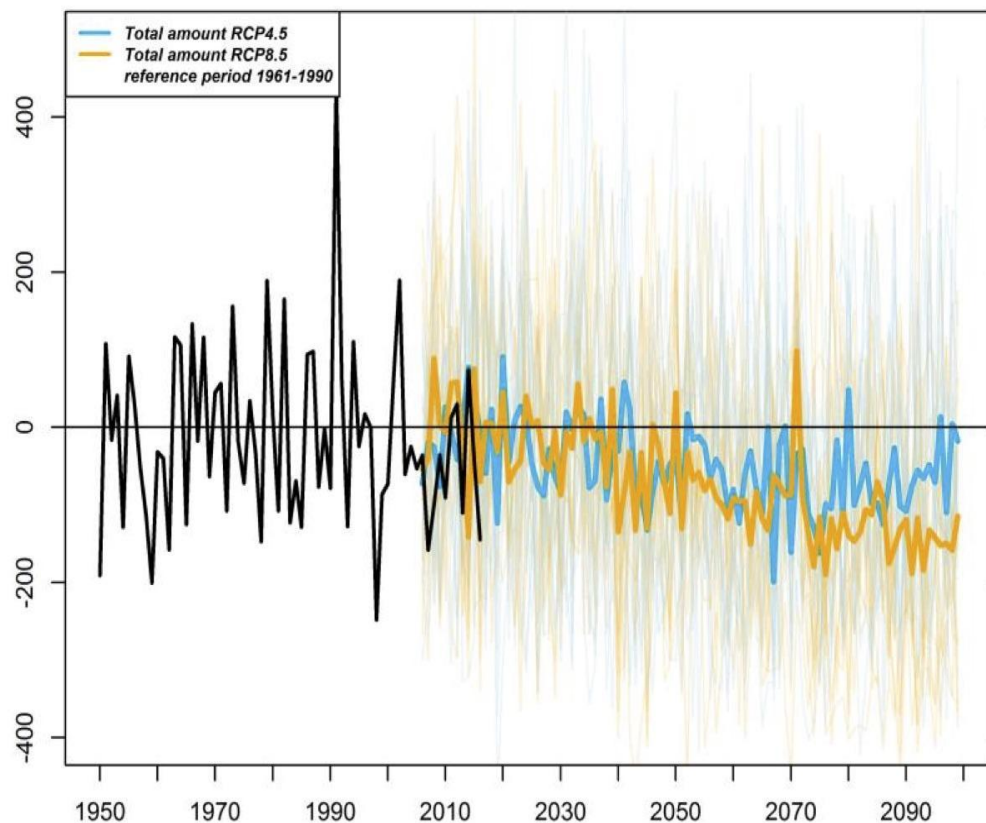


Projected Average Heat Wave Duration
Center for Climate Systems Research Columbia University, NASA Goddard Institute for Space Studies

**שינויים בכמות המשקעים
בסוף המאה ה- 21 בתרחיש
של "עסקים כרגיל"**



שינוי במ"מ ליום



השינוי בממוצע הגשם בישראל (מ"מ לשנה) ביחס לממוצע 1961-1990

אנרגיה מתחדשת
 עסקים כרגיל

כבר היום מפלס הים בעולם עולה בכ-3.4 מ"מ בשנה

הסיבות לעליית מפלס הים הן:

- 1. המסת קרחוני הקוטב**
- 2. התפשטות של מי הים עם התחממותם.**



עליית מפלס הים בערים מרכזיות במזרח התיכון עד שנת 2100

אזורי הצפה של הים

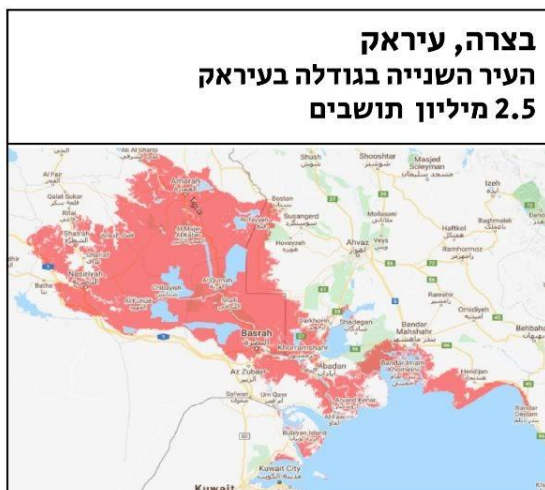


תרשיש עסקים כרגיל

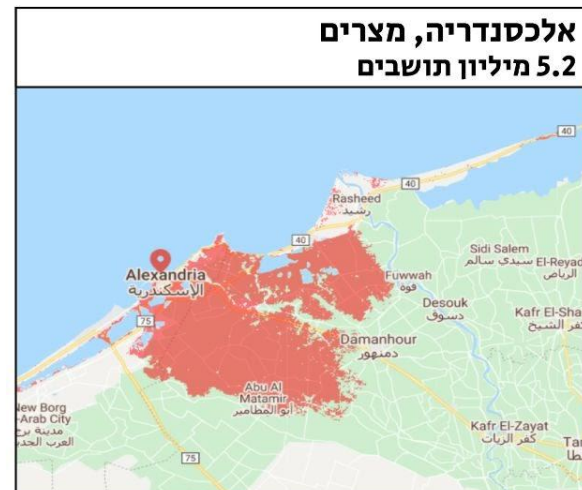
עדן, תימן
0.8 מיליון תושבים



בצרה, עיראק
העיר השנייה בגודלה בעיראק
2.5 מיליון תושבים



אלכסנדריה, מצרים
5.2 מיליון תושבים

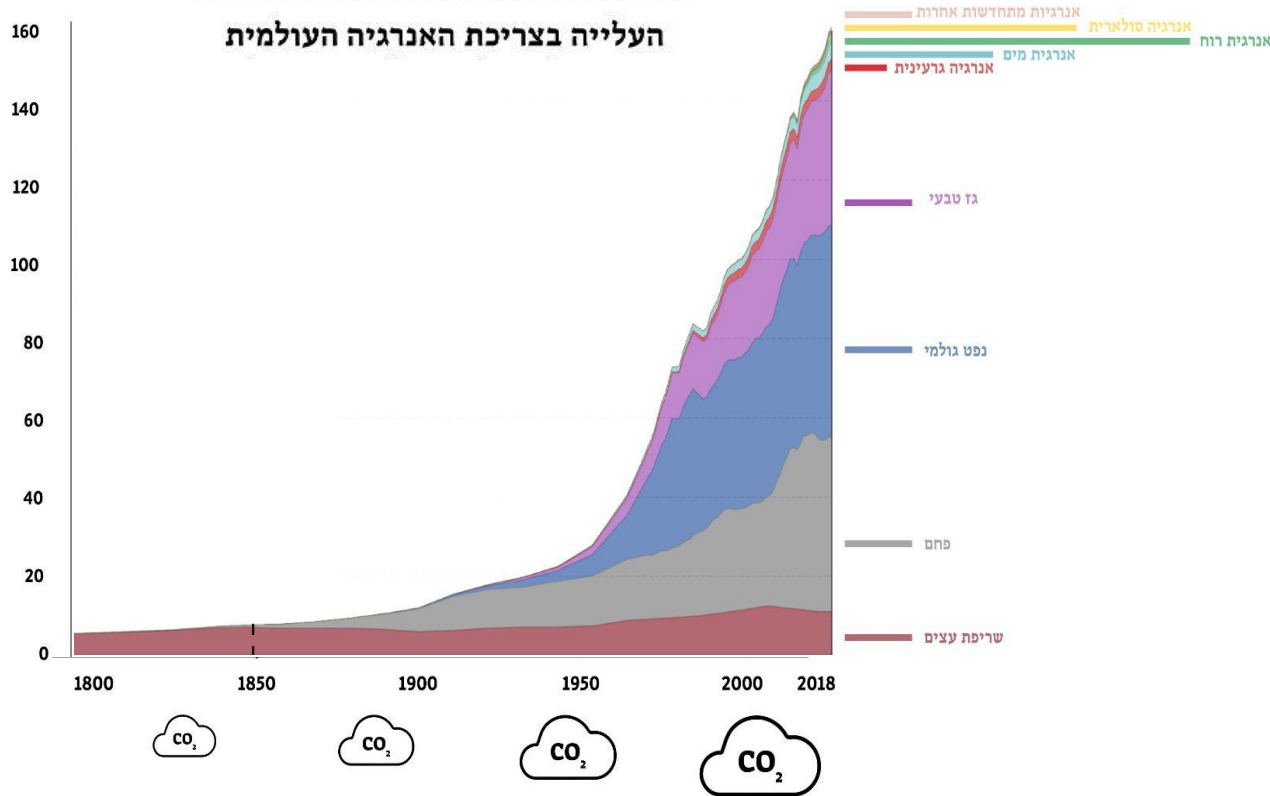


?אז מה עושים

!אנרגיה כבעייה ואנרגיה כפתרון

האנושות צורכת אנרגיה בקצב הולך וגובר, 84% מאנרגיה זו עדיין מגיעה מדלקים מאובנים. שריפת דלקים מאובנים אחראית למרבית העלייה בריכוז הפחמן הדו-חמצני באטמוספירה.

העלייה בצריכת האנרגיה העולמית



פחמן דו חמצני



חימום

אז מה עושות ?

איך נפתור את בעיית פליטת הפחמן הדו חמצני בייצור האנרגיה ?

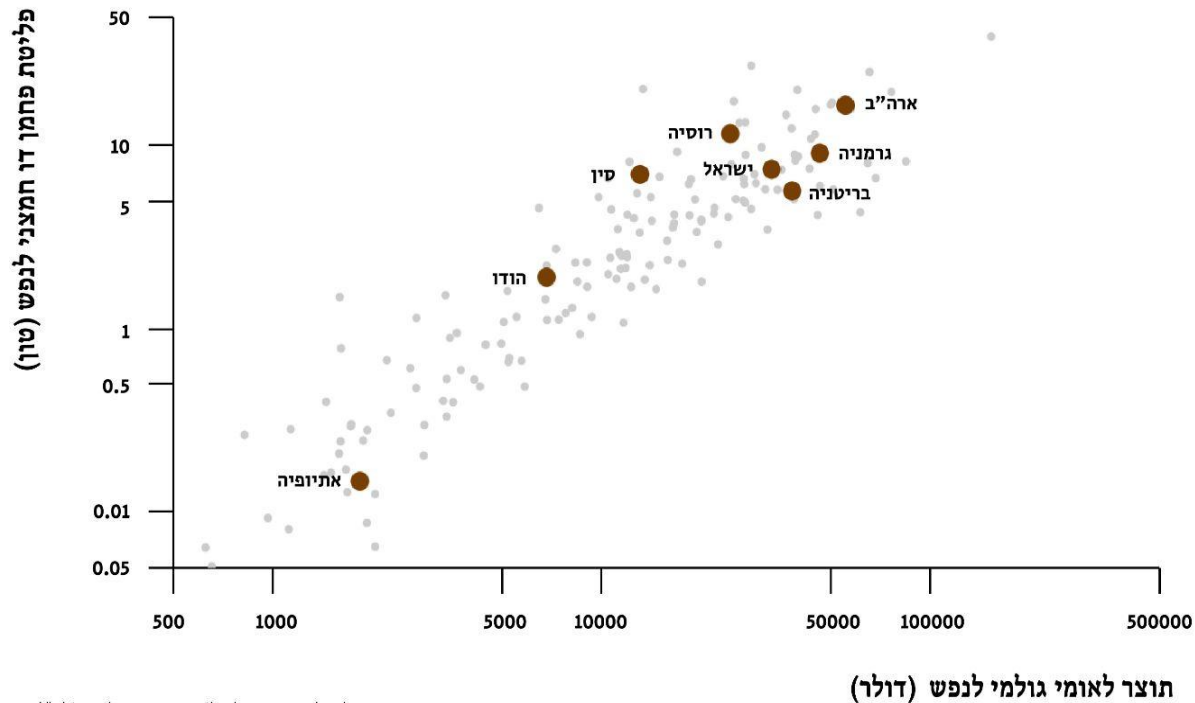
$$\begin{aligned} \text{מספר האנשים} \times \text{פליטה לנפש} &= \text{פליטה כוללת} \\ \text{אנרגיה נצרכת לנפש} \times \text{פליטה בייצור אנרגיה זו} &= \text{פליטה לנפש} \end{aligned}$$

אם רוצים להפחית פליטות צריך לעשות לפחות אחת מן הפעולות הבאות ועדיף את כולן :

1. צמצום ילודה
2. להוריד אנרגיה נצרכת לנפש
3. להוריד פליטה בייצור אנרגיה

פליטה לנפש

קשר מובהק בין עושר לפליטת פחמן דו חמצני

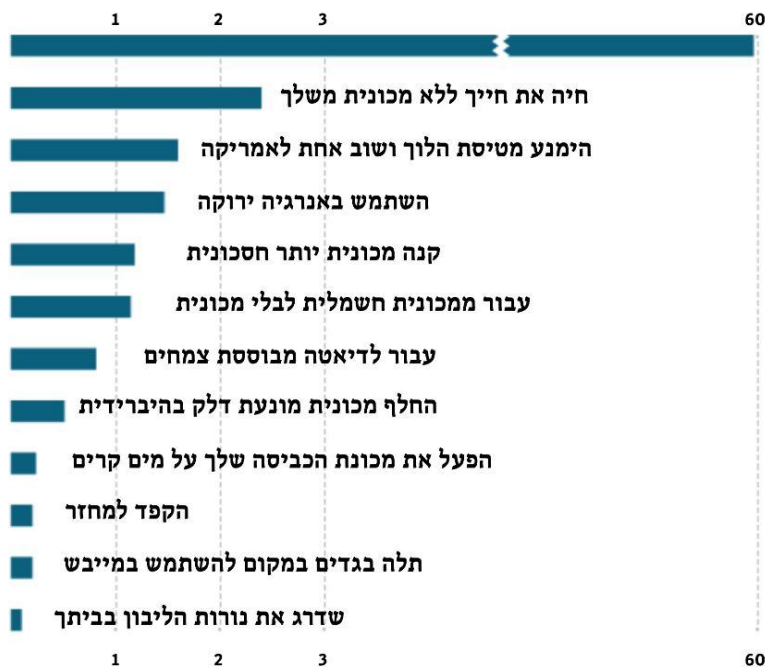


ככל שהמדינה ואזרחיה עשירים יותר (התל"ג גבוה יותר) כך צריכת האנרגיה שלהם תהיה גבוהה יותר, ופליטות גזי החממה יהיו גבוהות יותר. אדם בארץ ענייה כמו אתיופיה יפלוט מאית מאדם בארץ עשירה כמו ארצות הברית



פליטה לנפש

12 פעולות משמעותיות שאת יכולה לעשות בכדי להקטין את טביעת הרגל הפחמנית שלך



עשה ילד אחד פחות

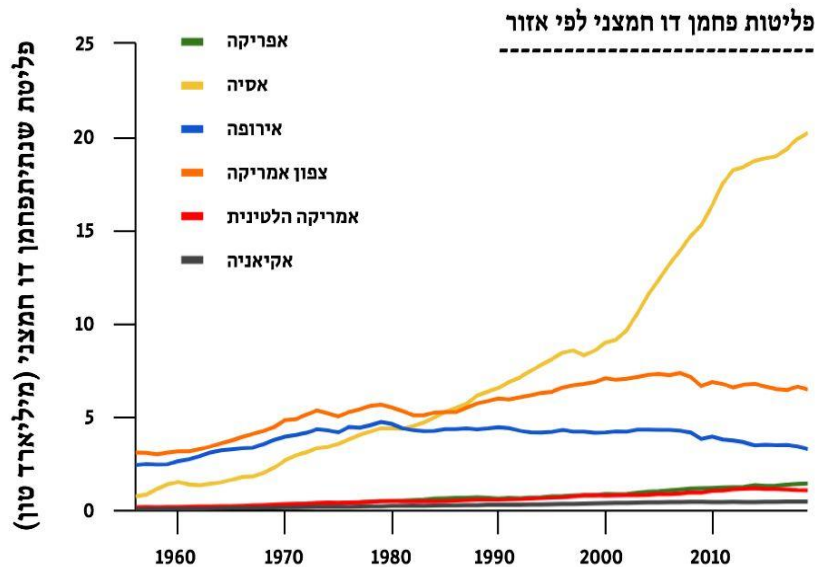
לכל הורה משויכת מחצית מהפליטות של ילדו, כמו גם 1/4 מהפליטות של נכדו וכו'

אז אולי אם כל אחד מאיתנו במדינות המתקדמות יחסוך אנרגיה בפעילות היום-יומית, נצליח יחד לצמצם פליטות גזי חממה באופן משמעותי?

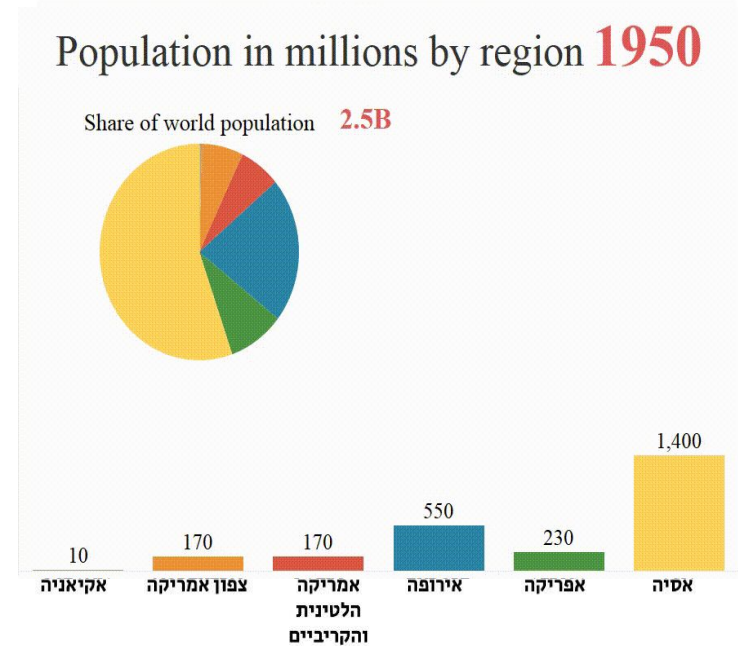
טון פחמן דו חמצני

פליטת פד"ח כוללת - מספר האנשים

1. בפועל זה לא קורה - באירופה וארה"ב צריכת האנרגיה לנפש כמעט קבועה כ - 30 שנה. רעיון נהדר לצמצם פליטה לנפש, אך...
2. לעומת זאת, בארצות מתפתחות עולה בעקביות רמת החיים ואיתה צריכת האנרגיה לנפש. רוב האוכלוסיה העולמית חיה בארצות אלה ושם גם חזוי רוב הגידול העתידי באוכלוסיית העולם.



From: ourworldindata.org



אנרגיה מתחדשת - מופקת ממקורות המתחדשים באופן טבעי, בסקאלת זמן אנושית. מקורות בעלי אפס פליטות פחמן דו חמצני



מים



גיאותרמית



רוח



סולארית



ביו דלקים



מימן כחול

הפקת מימן מדלק מאובן,
תוך לכידת הפד"ח שנפלט.

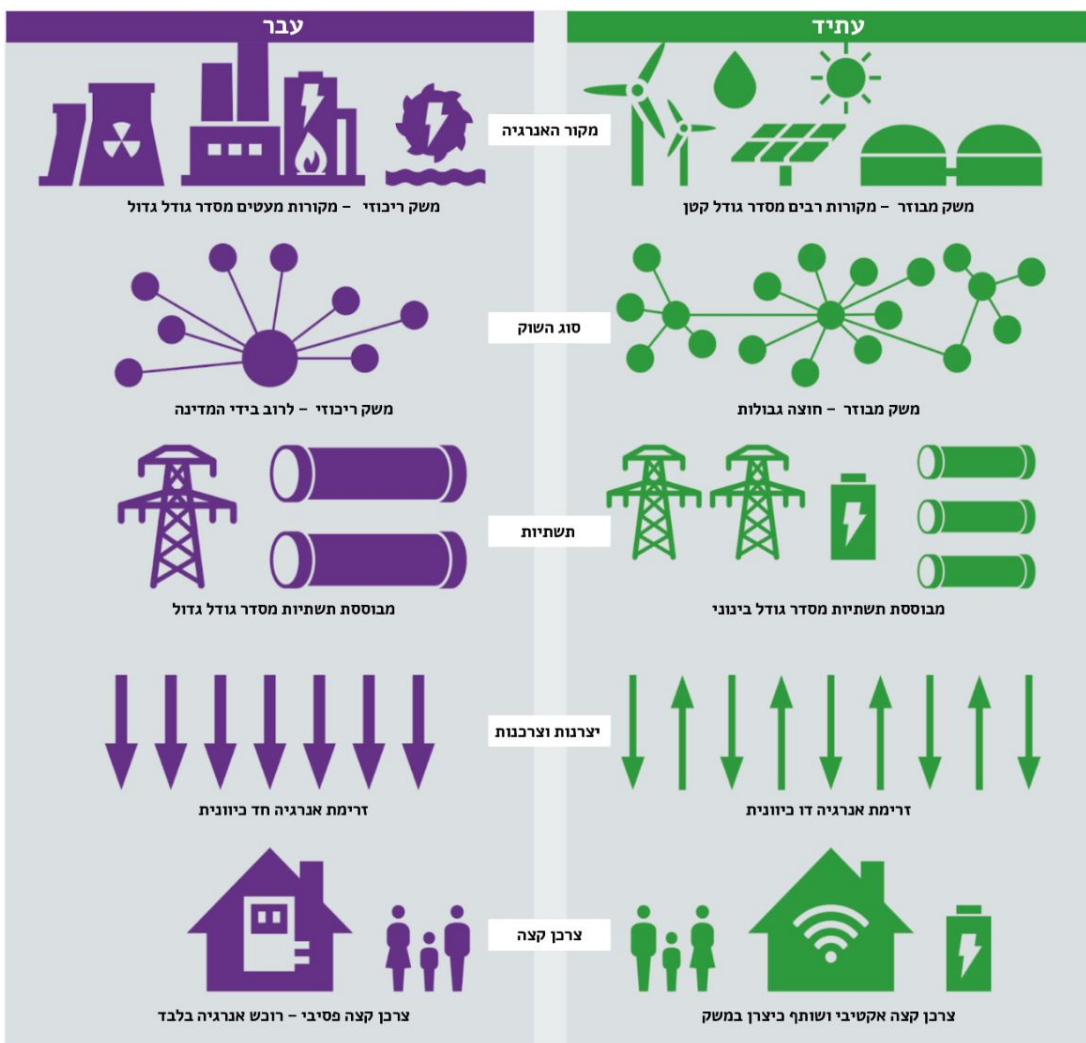


מימן ירוק

הפקת מימן בתהליך אלקטרוליזה
שמונע עי אנרגיה מתחדשת



גרעינית



מעבר לאנרגיה מתחדשת

עבור ישראל פתרון לטווח ארוך המקיים ביטחון אנרגטי מרבי הוא במערכת מבוזרת של אנרגיה מתחדשת משמש ורוח.

- מסמך פנימי -

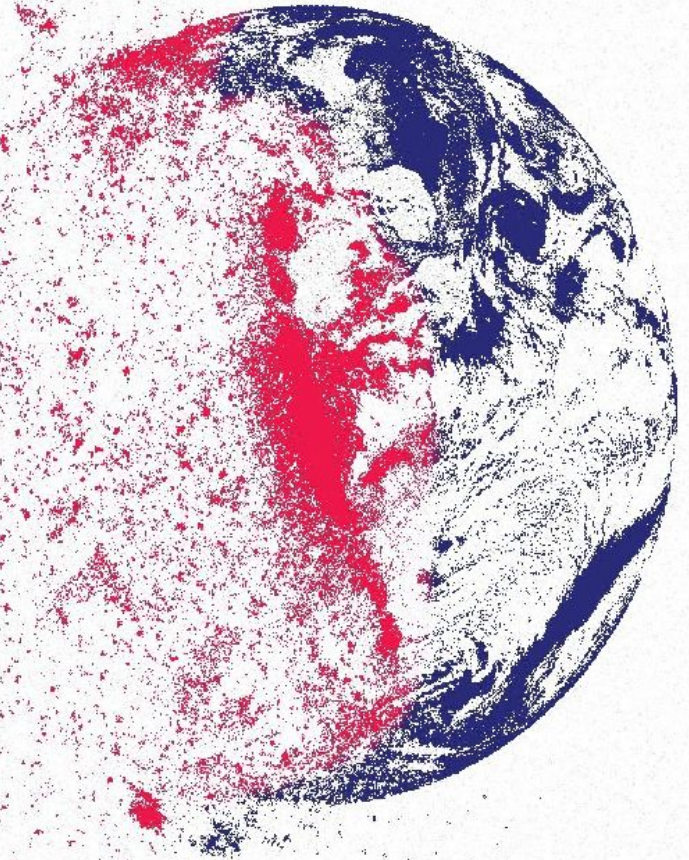
0 מעלה וחצי

פרויקט הנגשת המדע
של שינויי האקלים

האוניברסיטה העברית בירושלים
THE HEBREW UNIVERSITY OF JERUSALEM



למרכז כדור הארץ
Friedy & Nadine Herrmann
מכון ללימודי כדור הארץ
Institute of Earth Sciences
האוניברסיטה העברית בירושלים
The Hebrew University of Jerusalem



°מעלה וחצי – תיאור הפרוייקט

בעשורים האחרונים החימום הגלובלי ושינוי האקלים מקבלים תהודה ציבורית רחבה. בארץ, קיים מחסור במידע אמין המונגש על ידי מדענים בכירים, חוסר זה מתמלא במידע לא אמין ומטעה. בכדי למלא את החוסר הזה, אנו, פורום האקלים, כ-25 חוקרים המומחים באספקטים שונים של מערכת האקלים והאנרגיה מהאוניברסיטה העברית, מכון ויצמן, אוניברסיטת תל אביב, האוניברסיטה הפתוחה ואוניברסיטת קולומביה, יצרנו סדרת רשת בת 28 פרקים הסוקרת את המדע שעומד בבסיס ההבנה של שינוי האקלים. ההרצאות, בנות כ- 10 דקות כל אחת, בנויות בצורת קורס בעל קו לוגי רציף. ההרצאות מיועדות לרמה של תלמידי תיכון ומעלה.

הסדרה תשב באתר האינטרנט של מרכז הקיימות של האוניברסיטה העברית ותהיה נגישה לארגונים חינוכיים, למשרד החינוך ולציבור הרחב אשר מעוניין להבין את המדע וההשלכות של החימום הגלובלי ושינוי האקלים.

מעלה וחצי - מבנה הסדרה

אנרגיה היא הבעיה

אנרגיה היא הפתרון

אסטרטגיות מדיניות

מה אפשר לעשות בישראל?

אז מה עושים?

המדע של המדע

איך עושים מדע?

על תחזיות מדעיות

אחריות המדען

איך יראה העתיד?

מכונת האקלים

מהו מודל אקלימי?

הפאנל לחקר האקלים

איך יודעים מה יהיה?

אי ודאות במודלים

הבסיס הפיזיקלי

מאזן הקרינה של כדור"א

מגנון אפקט החממה

משובים ותאוריית גאיה

מעלה וחצי התחממות

משקעים ושינוי האקלים

אירועי קיצון ושינוי האקלים

האוקיאנוס ושינוי האקלים

מה יקרה בעולם?

עליית מפלס הים

אלמוגים ושינוי האקלים

ההכחדה השישית

שינויי אקלים טבעיים

אקלים בעבר במפתח לעתיד

מחזורי אקלים טבעיים

מחזור הפחמן הארוך

מחזור הפחמן קטן

מי אחראי לעליית הפחמן?

מחזור הפחמן

שינוי האקלים בישראל

מה יקרה בישראל?

שינוי המשקעים בישראל



מעלה וחצי

המדע מאחורי שינוי האקלים

סדרת הרצאות וחומרי לימוד
פתוחים לציבור

לינק לטריילר מעלה וחצי