

## איך מתמודדים עם הכחשת שינויי אקלים?

### הקדמה למורה:

בעידן של ריבוי מקורות מידע ושל "fake news" קשה מאוד לדעת מהי האמת. מבחישי שינויי האקלים מנצלים זאת כדי ליצור תמונת מצב מוטעה לפיה יש חוסר הסכמה מדעית בנושא שינויי האקלים באופן כללי, וספציפית לגבי הקשר בין העלייה בטמפרטורה העולמית הממוצעת והעלייה בריכוזי הפחמן הד-חמצני באטמוספירה. התנהלות זו דומה להתנהלות של תעשיית הטבק, ששנים רבות גייסה מדענים במטרה להטיל ספק בקשר בין סרטן לעישון סיגריות.

**כיום קיימת הסכמה רחבה בעולם המדעי לגבי השפעת פעילות האדם על אקלים כדה"א.** לתיאוריית זו יש מגוון רחב של תימוכין (IPCC ועוד). התנגדות להשקפה זו יכולה להיעשות על ידי פרסום מאמר מדעי בנושא. הקהילה המדעית תבחן את הטענות בתהליך של ביקורת עמיתים, בדומה לנהוג בשיטה המדעית, אשר מבוססת על הניסיון להפריך היפותזות וכך להתקדם. כמו במקרה של תעשיית הטבק, [מכונת הכחשת האקלים](#) משומנת היטב ומונעת בעיקרה משיקולים כלכליים. תכנים של הכחשת אקלים מופצים ברשתות החברתיות, בעיתונים, ברדיו ובטלוויזיה. מטרת שיעור זה [אינה לתת](#) במה להפצת טענות של הכחשת שינויי האקלים, אלא לתת לתלמידים כלים לחשוב באופן ביקורתי על הטענות שהם עלולים לפגוש בהמשך, תוך כדי שימת דגש על השיטה המדעית.

שיעור זה יעסוק בהיבטים שונים של [השיטה המדעית](#) ומשמעות המדע בהקשר של שינויי האקלים בעידן ה**פוסט-אמת**. נפתח בתרגיל מהימנות מקורות מידע ונדבר על מאמרים מדעיים כמקור מידע. בגוף השיעור פעילויות המתייחסות להכחשת שינויי האקלים ולהבחנה בין עובדה, דעה, תיאוריה מדעית והשערה (היפותזה). בסיכום נדון בשאלה - האם ניתן להפריך תיאוריה מדעית?

**המלצה לצפייה:** הסרט "[Merchants of Doubt](#)" או "סוחרי הספק" עורך מספר כיצד יוצרים רושם של וויכוח מדעי במקום שהוא למעשה אינו קיים: מנושא ההתחממות העולמית ועד הקשר בין עישון לסרטן ריאות, והקשר בין פעילות האדם, גשם חומצי והחור באוזן. פעילות זו מתוך יחידת הוראה [מבוא לשינויי האקלים](#), שיעור 8 (פיתוח: ד"ר נירית לביא אלון, ד"ר הגר ליס, מרכז בידינו)

### משך השיעור: 60-90 דקות

**מושגים:** מידע כוזב (fake news), פוסט-אמת, מקור מידע ראשוני/משני, עובדה (fact), דעה (opinion), תיאוריה מדעית (scientific theory), השערה (היפותזה), תיאוריית האקלים, IPCC, מבחישי אקלים. **מיומנויות בשיעור:** אוריינות דיגיטלית - צריכה ויצירה במדיה הדיגיטלית, אוריינות מדעית - התמצאות מדעית, פרשנות נתונים וראיות, אוריינות מידע - הערכת מידע

### פתיחה לשיעור:

**תרגיל במהימנות מקורות מידע** - בשנת 2016 בחר מילון אוקספורד את המושג 'פוסט-אמת' למילת השנה והגדירו כך: "מושג המצביע על נסיבות שבהן העובדות האובייקטיביות משפיעות פחות על עיצוב דעת הקהל מאשר פניות לרגש ולאמונה אישית".

נדון עם התלמידים מה המשמעות של המילה "פוסט-אמת" עבורם.

\*[קישור](#) למאמר מעניין בנושא (העשרה).

בהקשר של שינוי האקלים קשה לדעת מה "האמת" ומה "fake news" ולמי להאמין. נסתכל על מספר כותרות ממקורות מידע שונים ונדון ב"אמת" בתקשורת. בתרגיל (נספח 1) ניתן לתלמידים כותרות ממקורות מידע שונים ונבקש מהם למיין את המקורות לפי מידת המהימנות שלהם. רצוי להשתמש באינטרנט כדי לברר מי הם מקורות המידע השונים.

מקורות המידע בתרגיל:

# 1 - פייסבוק

# 2 - אתר Natural News (זהו ארגון המזוהה עם הימין הקיצוני בארצות הברית. בין השאר עוסקים בתיאוריות קונספירציה, מפיצים מידע נגד חיסונים, הכחשת אקלים ועוד...) ( בשנת 2019 פייסבוק הורידה את הפרופיל שלהם בעקבות הפצת מידע כוזב)

# 3 - אתר חדשות מקור ראשון (שבועון ישראלי שנוסד ב-1997 ומאז 2014 נמצא בבעלות קבוצת ישראל היום)

# 4 - אתר חדשות Ynet

# 5 כתב עת מדעי "Science" (אחד מכתבי עת המדעיים היוקרתיים ביותר בעולם)

נקודות לדיון :

**מקור מידע ראשוני** הוא יוצר או חוזה המידע, שממנו נובע המידע; הוא החולייה הראשונה בשרשרת של העברת המידע. לעומתו, **מקור מידע משני** הוא מי שמעביר מידע שדווח לו או שהוא שמע או קרא עליו, וכדומה. כלומר, הוא חוליה שנייה (לפחות) בשרשרת העברת המידע. ככל שהמקור קרוב יותר לאירוע, לחוויה עצמה או למידע עצמו, אנו נוטים לסמוך עליו יותר. מאמרים מדעיים הינם מקור מידע ראשוני.

מידע על שינוי האקלים מגיע במידה מאוד גדולה ממקורות מדעיים, כלומר ממחקרים. פרסום של מחקרים מדעיים נעשה בכתבי עת מדעיים, שם משתמשים בתהליך של **ביקורת עמיתים**. בתהליך זה העיתון מעביר מאמרים אנונימיים למדענים בתחום (בד"כ לשניים או שלושה מדענים) שקוראים את המאמר באופן ביקורתי, בדרך כלל באופן אנונימי. מדענים אלה יכולים להמליץ על פרסום המאמר תוך כדי מתן הערות ובקשות להסברים או ניסויים נוספים, או להמליץ על דחיית המאמר. שיטה זו משמשת לשמירה על איכות המדע, צמצום שגיאות והרחקה של עבודה לא מדעית והונאות למיניהן. ראוי לציין, שרובם הגדול של המאמרים שמוגשים לפרסום, אינם עוברים את שלב ביקורת העמיתים ונדחים.

- יש חשיבות רבה למקור המידע. האם קיים ניגוד אינטרסים? למשל, חוקר בתחום מדעי החיים טוען כי לא ניתן להוכיח קשר סיבתי בין עישון סיגריות לסרטן. האם הייתם מתייחסים שונה לטענתו אם הייתם יודעים כי חברות הטבק ממנות את המחקרים של אותו החוקר?

## גוף השיעור:

**חלק א - הבחנה בין עובדה (fact), דעה (opinion), השערה (hypothesis) ותיאוריה מדעית (scientific theory) בנוגע לשינוי האקלים**

בים המידע שקיים בנוגע לשינוי אקלים, קשה מאוד לדעת מה ה"אמת". גורמים בעלי אינטרסים מכל קשת הדעות ממכחישי אקלים ועד לפעילי אקלים מנצלים זאת על מנת ליצור תמונת עולם שעלולה להטעות. דיון ביקורתי ומעמיק בנושא שינוי האקלים יכול להתקיים רק לאור הבנה של תהליך המדעי אשר עומד בבסיס תיאוריית האקלים. בפעילות זו נעסוק בהבדל בין עובדה, דעה, השערה (היפותזה) ותיאוריה מדעית. חלק מאי ההבנות בתחום נוצרות בגלל הפער בין המשמעות היומיומית במילים ה"ל לבין משמעותן במובן המדעי. נראה כיצד ניתן לנצל את הבלבול הזה כדי לתת מסרים לא מדויקים.

נשאל את התלמידים מה ההבדל בין עובדה, דעה, השערה ותיאוריה מדעית.

בשלב זה יש רק לרשום את התשובות שעולות על גבי הלוח מבלי לתקן.

לאחר דיון בכיתה נקרין את [הסרטון](#) (7 דקות) ונשאל את התלמידים האם ירצו לשנות את ההגדרה שלהם של כל אחד מהמונחים.

**עובדה** - נתון קיים וקבוע, שניתן לבדוק את אמיתותו ומשום כך אינו נתון לוויכוח. למשל - השמש עולה בבוקר.

**דעה** - ביטוי למחשבות או לרגשות אישיים (למשל: היום יום בהיר ויפה)

**השערה** - השערה (היפותזה) היא הסבר אפשרי וניתן לבדיקה לתופעה מסוימת, כלומר מעין ניחוש מושכל או תחזית הנשענת על תצפיות ומידע מוקדם. במדע אי אפשר להוכיח את נכונותה של השערה אלא רק לאשש אותה או להפריכה. השערות ממלאות תפקיד חשוב בשיטה המדעית – החוקרים שואלים שאלה ומעלים השערה שעונה עליה ושאפשר לבדוק את נכונותה. לאחר מכן הם מתכננים ניסוי שתוצאותיו יכולות לאשש את ההשערה או לפסול (להפריך) אותה. (מתוך אתר של [מכון דוידסון](#))

לדוגמה - אני רואה מתאם (קורלציה) בין ריכוזי פד"ח באטמוספירה וטמפרטורה לאורך ההיסטוריה הגיאולוגית של כדה"א ומעלה את ההשערה כי שינוי בריכוזי פד"ח הם אלו שגורמים לשינויים בטמפרטורה. כעת אני צריכה למצוא דרכים שונות לתמוך בהשערה שלי.

(השימוש היומיומי: ניחוש, הנחה או רעיון לא מבוסס.)

**תיאוריה מדעית** - תיאוריה היא הסבר מבוסס היטב ומקיף של תופעות מסוימות בעולם. ההסבר הזה מגובה בכמות נכבדת של ראיות, ובהיפותזה (השערה) אחת או יותר שאוששו במחקרים ובתצפיות שוב ושוב ולאורך זמן. תיאוריות אינן "ניחושים" אלא הסברים מגובים בעובדות על העולם האמיתי. בנוסף, הן מאפשרות לפתח תחזיות על התופעות שהן מסבירות.

תיאוריות הן פסגת הידע המדעי והן נחשבות להסברים הנכונים ביותר הקיימים בעולם המדע. תיאוריה מפסיקה להיחשב נכונה אם הפריכו אותה, כלומר הדגומו שהיא אינה נכונה או שחלק מההיפותוזות שהיא נשענת עליהן אינן נכונות. תיאוריית המצב היציב, שעל פיה היקום סטטי ואינו משתנה, התחרתה בתיאוריית המפץ הגדול, שעל פיה היקום מתפשט ויש לו נקודת התחלה. היא הופרכה כשהודגם שוב ושוב שתחזיותיה לא מתקיימות, בניגוד לאלה של המפץ הגדול. תיאוריות גם עשויות להשתכלל: הן מתעדכנות והופכות מדויקות יותר.

(השימוש היומיומי: הרבה פעמים אנשים אומרים "תיאוריה" ומתכוונים בעצם להשערה (ע"ע) – תחושה, ניחוש או רעיון שלא אומת. "יש לי תיאוריה שהגרב נעלם ממכונת הכביסה כי שדון גנב אותו").

נשאל את התלמידים מדוע, לדעתם, כדאי להבחין בין המושגים הנ"ל בנוגע לשינוי האקלים?

נבקש מהתלמידים למיין משפטים לעובדה, דעה, השערה ותיאוריה מדעית. נשאל - האם יש הטיה במשפטים? אם כן, מה ההטיה? ניתן לקיים כדיון פתוח בביתה או כדף לתלמיד (נספח 2 - דף לתלמיד + תשובות למורה)

**חלק ב: מכחישי שינוי אקלים:** התלמידים יקראו וינתחו מאמר בקבוצות קטנות. כל קבוצה בוחרת מאמר רצוי שחצי כיתה תעסוק במאמר של דובי והחצי השני יעסוק במאמר של חסון. בתוך הקבוצה, התלמידים יקראו את המאמר וינסחו את הטיעונים המרכזיים. תוך כדי, הם גם ירשמו שאלות פתוחות שעולות מתוך הקריאה.

המאמרים: 1. מאמר של יונתן דובי [בעיתון הארץ](#) (נספח 4). המאמר הוא למעשה תגובה למאמר על שינוי האקלים של [צפריר רינת וניר חסון](#) 2. [מאמר התגובה של ניר חסון](#) (נספח 5) למאמר תגובה של דובי.

לאחר קריאה וניתוח המאמרים ננהל דיון כיתתי בו נעלה את הטיעונים המרכזיים של מכחישי אקלים (ע"פ המאמר של יונתן דובי). נרשום את הטיעונים על הלוח ונסח תשובות לאותם הטיעונים. במידה ולא יודעים כיצד לענות (מצב שרובנו נתקלים בו במהלך החיים), נציין את השאלות הפתוחות ורעיונות כיצד נתמודד עם אותן השאלות. ניתן למצוא הצעות לנקודות מרכזיות לדיון וקישורים למידע נוסף בפריט "הצעות לדיון". במקום דיון ניתן לתת את השאלות האלו (ונוספות שעולות למורה) כדף עבודה (נספח 6).

הצעות לנקודות מרכזיות לדיון:

1. האם המאמר של פרופ' דובי היה משכנע? נמקו.

- התייחסות למקור המידע - נמצא בעיתון מוכר (הארץ) ונכתב ע"י מדען.
- התייחסות לסגנון הכתיבה.
- התייחסות לשאלה - גם אם יש בכתבה אמירות שגויות ומטעות, איך עלינו לדעת את זה? למעשה קשה מאוד ולכן נוכל לשאול- מי הכותב? מה ההכשרה שלו?

2. פרופ' יונתן דובי עוסק בכימיה תיאורטית וניר חסון הוא עיתונאי ועורך מדור הסביבה בעיתון "הארץ". מדוע חשוב לקחת בחשבון את הרקע המקצועי של מביעי דעות בנושאים מדעיים?

כמו שלא היינו הולכים לרופא שיניים עם בעיות לב (או הפוך), גם חשוב לשים לב להתמחות של מי שמספר לנו על סוגיות מדעיות, במיוחד כאשר סוגיות אלו שנויות במחלוקת. המקור הכי מהימן למידע על שינוי האקלים הוא מדעני אקלים שמפרסמים מאמרים מדעיים בנושא. מאמרים אלו עוברים ביקורת עמיתים וכך נוצר גוף עבודה רחב שבעצם מבוסס על הידע והניסיון של קהילת מדענים שלמה.

3. ניר חסון טוען ש"רבים בתנועות הסביבתיות ובקרב פעילי אקלים סבורים שאין מקום עוד לפרסום מאמרים כמו מאמרו של פרופ' יונתן דובי". מה דעתכם בנושא?

בדיון יש להתייחס להבדל בין דיון בזירה המדעית לבין דיון בזירה הציבורית. כל מדען אשר רוצה לעלות טיעונים אשר סותרים תיאוריה או היפותזה מסוימת יכול לעשות זאת ע"י פרסום מדעי. כך המדע מתקדם ומתחדש. לעומת זאת, בזירה הציבורית לא קיימת אפשרות לביקורת עמיתים - ניתן לדון מה הבעייתיות בכך.

4. האם יש "קונצנזוס מדעי" בנוגע לסוגיית שינוי האקלים?

למרות שבמאמר של יונתן דובי מצטייר שלא (על בסיס ניתוח מאמר בודד בנושא) התשובה לכך היא כן. מספר מאמרים בדקו את הנושא (כפי שניתן לראות באיור). אין וויכוח בקרב קהילת חוקי האקלים בנוגע להשפעת האדם על האקלים.

5. מה דעתכם בנושא שימוש במודלי אקלים? האם כדאי להשתמש בהם למרות שמדענים לא יודעים הכל לגבי מערכות אקלים? האם כדאי להשתמש בהם למרות שמידת הדיוק שלהם לא מושלמת?

מודלי אקלים (בהם עסקנו בשיעור 5) אינם "האמת" אלא סימולציה המבוססת על משוואות מתמטיות אשר מתארות את מערכת האקלים. המודלים מהווים כלי מחקרי להעמקת ההבנה שלנו של מערכת האקלים וגם ככלי לתחזיות שונות לעתיד. ניתן לבחון את המודלים ב"תחזית לאחור" ולראות את רמת הדיוק שלהם. ניתן לקרוא עוד בנושא כאן.

6. הביעו עמדה בנוגע לדברים של ניר חסון: "עתה יש לשאול מה אנחנו, כבני אדם, ארגונים ומדינות צריכים לעשות לנוכח המצב. לשיטתו של פרופ' דובי, אין צורך לעשות דבר שכן אין באמת בעיה. אם הוא צודק וכל מדעני האקלים טועים, אז באמת אין בעיה, נמשיך לשרוף דלקים פוסילים (מאובנים), הפחמן הדו-חמצני ימשיך להצטבר באטמוספירה והאקלים ממילא עושה מה שהוא רוצה. אבל מה לגבי האפשרות שכולם צודקים ודווקא פרופ' דובי טועה? המשמעות היא הימור כמעט מטורף על חייהם של מיליוני אנשים, על אושרם ואורח חייהם של כמעט כל שאר בני האדם ועל הישרדותם של אינספור מינים אחרים שחולקים איתנו את כדור הארץ. מה החלטה המעשית והמוסרית שיש לקבל לנוכח המצב הזה?"

בדיון אפשר לעלות את העובדה שפעילות האדם פוגעת בסביבה בהמון מובנים (ולא רק בגלל שינוי אקלים).

7. פרופ' דובי כותב: "שגם לו היינו רוצים להקטין את פליטות ה- $CO_2$  של האנושות, לא נראה כי יש בידינו כלים לעשות זאת ללא השפעה דרמטית לרעה על איכות החיים". מה דעתכם בנושא? האם ניתן ללמוד משהו על היכולת של האנושות לשנות דפוסי התנהגות בתקופת הקורונה?

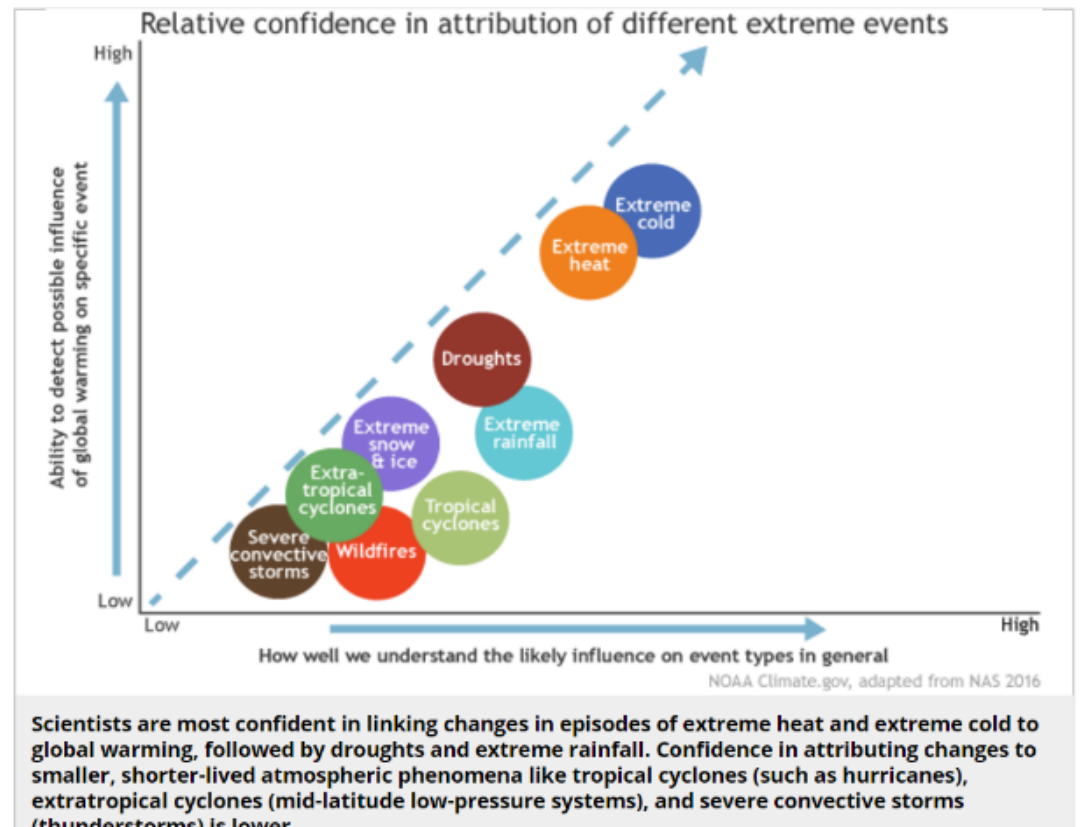
התייחסות לשינוי האקלים מצריכה שינויים גדולים גם בחיי היומיום שלנו הפרטיים (צרכנות/ תחבורה/ וכו'...) וגם שינויים מדיניים וכלכליים שצריכים לעמוד בלחצים של תעשיות מאוד חזקות. מכאן נשאלת השאלה - מהי איכות חיים עבורנו? האם בתקופת הקורונה בה נסענו פחות וצרכנו פחות איכות נפגעה?

8. מהם הטיעונים של דובי והתשובה של חסון לגבי הקשר בין התחממות גלובלית לאירועי מזג אוויר קיצוני? ניתן למצוא עוד מידע בנושא בקישור הזה (אנגלית).

הקשר בין אירועי מזג אוויר קיצוני ושינוי אקלים מאוד מורכב ומדעני האקלים מודעים לכך. דובי נותן דוגמא של סופות טורנדו והוריקן, שדווקא שם (כפי שראינו בשיעור 2) הקשר לשינוי אקלים פחות ברור. ניתן להראות את הגרף למטה אשר מציג את מידת הביטחון של מדענים שאירועי מזג אוויר מסוימים נגרמים ע"י התחממות גלובלית. חשוב להדגיש שזו תמונת מצב שמשתנה כל הזמן - הדברים מתבהרים ככל שחוקרים ולומדים עוד על המערכת.

שאלות פתוחות וחוסר וודאות הן חלק בלתי נפרד ממדע. מכחישי אקלים (ובכלל מי שרוצה לסתור טיעונים מדעיים) מנצלים עובדה זו כדי לפקפק בכל גוף העבודה המדעית.

יונתן דובי מצביע על עליות וירידות נקודתיות אבל מתעלם מהמגמה הכללית (ובאקלים חשוב להתייחס למגמות ארוכות טווח) - המגמה היא בעלייה ברורה כפי שמציין חסון. בנוסף, חסון כותב אירועי קיצון מתגברים ומתארכים. ניתן לחזור לנתונים שראינו בשיעור 2.



מקור: [https://www.e-education.psu.edu/meteo3/l10\\_p9.html](https://www.e-education.psu.edu/meteo3/l10_p9.html)

9. מהי התשובה של חסון לטיעונים של דובי בנוגע לעלייה במפלס הים?

"האם על סמך העובדה שבתקופת המקרא חלה ירידה בפני הים אמורה להרגיע אותנו כאשר אנו רואים עלייה חדה שלא הייתה כדוגמתה מעולם? וגם כאן הטיעון לא ברור, הרי אין מחלוקת שכדור הארץ מתחמם, כלומר פחות קרח בקרחונים והתרחבות של מי הים. אם ההתחממות תימשך, כפי שצופים המדענים כולם, גם עליית פני הים תימשך. האם היא תאפשר להתמודד איתה? דובי מרגיע שהיא איטית למדי ושנחנו מסוגלים להתמודד עם הבעיה ההנדסית הזו בקלות יחסית. השאלה החשובה שיש לשאול היא את מי אנחנו כוללים במילה "אנחנו". האם היא כוללת גם את תושבי בנגלדש או האיים טובאלו שליד אוסטרליה וגהורמרה שבהודו? כי נראה שבעבורם הבעיה אינה פשוטה כלל כבר היום."

10. אנו שוב עוסקים בשאלה של הקשר בין מתאם (קורלציה) לסיבתיות - בין ריכוזי פד"ח וטמפרטורות. פרופ' דובי טוען שהמתאם אינו מושלם ויש דוגמאות בהן הטמפרטורות עלולות לפני העלייה בריכוזי פד"ח. מה התשובה של חסון לכך?

מערכת האקלים מורכבת - יש יותר מגורם אחד אשר משפיע על הטמפרטורה (ראו שיעור 4, חלופה 2). לפעמים פד"ח מהווה את הגורם הדומיננטי אשר משפיע על הטמפרטורה - כפי שקורה היום כאשר רמות הפד"ח באטמוספירה גבוהות. אבל יש זמנים (למשל תקופות קרח) שפד"ח אינו הגורם הדומיננטי אשר משפיע על טמפרטורה ולכן הפד"ח עולה רק לאחר עליית בטמפרטורה. מידע נוסף ניתן למצוא [באן](#) (עברית) או באתרי NASA (אנגלית) המסבירים על [פעילות השמש ועל מחזורי מילנקוביץ](#).

11. הסבירו את המונח "cherry picking" במובן של הצגת נתונים מדעיים. כיצד אסטרטגיה כזאת יכולה לשרת מכחישי אקלים?

קטיפ דובדבנים (cherry picking) - דימוי המתאר הצגה סלקטיבית (בררנית) של נתונים במטרה לתמוך בעמדה מסוימת. כלומר, בחירת נתונים כדי לאשש דעה או טענה כלשהי, תוך התעלמות מנתונים אשר יכולים להפריך דעה או טענה זו או להחלישה.

הצגה חלקית של נתונים יכולה ליצור הטעיה - למשל, אם נסתכל על הטמפרטורה הממוצעת בין 1998-2012 נראה כאילו אין שינוי אבל אם נציג את כל הנתונים משנת 1880 רואים תמונה שונה של עלייה ברורה. ניתן לראות אנימציה [באן](#) (ויקיפדיה).

## סיכום:

**האם ניתן להפריך תיאוריה מדעית? נצפה בסרטון** של ניל דה-גראס טייסון, אסטרופיזיקאי ואסטרונום אמריקאי ונשאל את התלמידים מה הם חשבו עליו. ניתן לשלב את הנקודות הבאות בדיון:

- מדע הוא חלק מהמציאות שלנו. ניתן לדון כיצד המדע משפיע על חיי היומיום שלנו.
- טייסון טוען שבמאה ה-21 אנשים איבדו את היכולת להבחין באמת להחליט מה אמין ומה אינו אמין. מה לדעתכם תורם למצב זה של פוסט-אמת? כיצד אתם מחליטים מהי "האמת"?
- טייסון מזהיר מפני עלייה לשלטון של אנשים שלא מבינים מדע ומכחישים מדע. מה הבעיה בכך?
- ניתן לדבר על הדוגמאות של הכחשת מדע שמופיעות בסרטון: תכנון תבוני אל מול אבולוציה (שימו לב שהפוליטיקאי שמופיע בסרטון אינו מבין מה המשמעות המדעית של תיאוריה), התנועה נגד חיסונים, איסור על גידולים מהונדסים גנטית וגם כמובן - שינוי האקלים.
- טייסון מתאר את המדע כתרגיל במציאת "האמת". האם אתם מסכימים אתו?
- מדע אינו "האמת" אלא דרך שבה אנו מתארים ומבינים את המציאות. מדוע בכל זאת טייסון בוחר לתאר את המדע בתור אמת?
- מה החשיבות של אוריינות מדעית בעיניכם?

**שאלה לדיון:** יש קונצנזוס מדעי רחב לגבי התחממות גלובלית ושינוי אקלים. האם, יהיה ניתן להפריך את התיאוריה אשר מקשרת בין התחממות גלובלית ופעילות האדם? אם כן - כיצד?

**עיבוד רפלקטיבי:** נבקש מהתלמידים לשתף את התחושות והרגשות העולים בהם בעקבות הדיון בנושאים של מידע כוזב (fake news), פוסט-אמת, הכחשת אקלים. האם הם חשים תסכול? כעס? או אולי אדישות? הם יכולים להיעזר [ברשימת רגשות](#) על מנת למצוא את הרגשות המתאימים. נעודד אותם לשתף את תחושותיהם ונדגיש שכל תחושה לגיטימית. נעודד אותם להתייחס בכבוד לדברי עמיתים.



## נספח 1 - תרגיל מקורות מידע

מיינו את מקורות המידע הבאים לפי מידת המהימנות שלהם. רצוי להשתמש באינטרנט כדי לברר מי הם מקורות המידע השונים.

מקור מידע #1: פייסבוק

shared a post. ...

An important report  
[See original](#) · [Rate this translation](#)

**אדם ודין**

# דו"ח: פליטת מתאן ממאגרי הגז תמר ולוויתן

נכתב ע"י **צוות אדם טבע ודין** | 03/06/20



מתאן ( $CH_4$ ) הינו המרכיב העיקרי בגז הטבעי שנמצא ומופק ממאגרי תמר ולוויתן. מתאן הינו גז חממה חזק ביותר.

שומרי הבית  
9 June at 08:45 · [🌐](#)

**אדם טבע ודין** מפרסמים השבוע דו"ח חשוב בנושא פליטת המתאן ממאגרי הגז בישראל והשפעתה על ההתחממות הגלובלית ומשבר האקלים. נקודות מרכזיות בדו"ח, המחזקות אמירות שלנו לא... [See more](#)



מקור מידע #2: בלוג



<https://www.naturalnews.com/2017-04-16-climate-change-myth-smashed-as-scientists-confirm-solar-activity-is-a-significant-driver-of-earths-climate.html>

מקור מידע #3: אתר חדשות



<https://www.makorrishon.co.il/news/29833/>

מקור מידע #4: אתר חדשות

<https://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-5679274,00.html>

מקור מידע #5: כתב עת מדעי



Climatic Change: Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming?  
 Author(s): Wallace S. Broecker  
 Source: *Science*, New Series, Vol. 189, No. 4201 (Aug. 8, 1975), pp. 460-463  
 Published by: American Association for the Advancement of Science  
 Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/1740491>  
 Accessed: 24/10/2009 13:53

[https://en.gariwo.net/dl/201912121000\\_broeckerglobalwarming75.pdf](https://en.gariwo.net/dl/201912121000_broeckerglobalwarming75.pdf)



## ملحق 1 – تمرين حول مصادر معلومات

صنفوا مصادر المعلومات الآتية حسب مدى مصداقيتها. من الأفضل استخدام الإنترنت لتحديد مصادر المعلومات المختلفة الموثوق بها.

مصدر المعلومات #1: فيسبوك

shared a post. ...

An important report  
[See original](#) · [Rate this translation](#)

**אדם טבע ודין**

# דו"ח: פליטת מתאן ממאגרי הגז תמר ולוויתן

נכתב ע"י **צוות אדם טבע ודין** | 03/06/20



מתאן (CH<sub>4</sub>) הינו המרכיב העיקרי בגז הטבעי שנמצא ומופק ממאגרי תמר ולוויתן. מתאן הינו גז חממה חזק ביותר.

**שומרי הבית**  
9 June at 08:45 · 🌐

**אדם טבע ודין** מפרסמים השבוע דו"ח חשוב בנושא פליטת המתאן ממאגרי הגז בישראל והשפעתה על ההתחממות הגלובלית ומשבר האקלים. נקודות מרכזיות בדו"ח, המחזקות אמירות שלנו לא... [See more](#)

מصدر المعلومات #2: مدونة

**NATURAL NEWS**  
Defending Health, Life and Liberty

EXPLORE MORE: [NEWTARGET.COM](#) [BRIGHTEON.COM](#) [CENSORED.NEWS](#) [NATURALNEWSRADIO.COM](#) [STORE](#) Search Natural

Most Viewed Articles  
Today | Week | Month | Year

Full video now released: How to make your own colloidal silver using silver coins, step by step - NaturalNews.com

BREAKING: Antifa terrorists to be bused to Sparta, Illinois with orders to burn farm houses and kill livestock in rural "white" areas - NaturalNews.com

The Lancet, New England Journal of Medicine turned into laughing stocks as widely-touted hydroxychlorine study found to be based on fabricated data organized by science fiction writer and adult content model - NaturalNews.com

How to protect yourself from 3 waves of food and shelter seekers after TEOTWAWKI - NaturalNews.com

NBC News trashes hydroxychloroquine to protect lucrative vaccine profits while Americans needlessly suffer and die - NaturalNews.com

Candace Owens: George Floyd was a violent criminal felon, and racially-motivated police brutality against blacks is a fabricated media myth - NaturalNews.com

Yes, it's REAL: Coronavirus patients are losing their sense of smell and taste - and aren't getting them back - NaturalNews.com

Sweden's controversial coronavirus plan caused

Climate change myth SMASHED as scientists confirm solar activity is a significant driver of Earth's climate

Sunday, April 16, 2017 by: Russel Davis  
Tags: atmosphere, Earth, global warming, solar activity, Space, sun

23K VIEWS

<https://www.naturalnews.com/2017-04-16-climate-change-myth-smashed-as-scientists-confirm-solar-activity-is-a-significant-driver-of-earths-climate.html>

مصدر المعلومات #3: موقع أخبار

**מקור ראשון**

חדשות דעות יהדות תרבות בעולם מגזין

**חם, חם, מתקרר: האם תיאוריית ההתחממות הגלובלית היא בלוף?**

ערי החוף יסולת להרעג, דובי הקוטב מווננים להמשיך להתנמנם: מתקררים חוזרים ונשנים שערך פרופ' ניר שביב מוכיחים שכדור הארץ אינו חווה התחממות מאוצת, וננס כשהטמפרטורות עולות, בני האדם לא האשמים בכך

תאריך: 11:55 20/03/2018 | כתובת: 052-2222222 | מקור: מקור ראשון

<https://www.makorrishon.co.il/news/29833>

מקור מידע #4: אתר חדשות

<https://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-5679274,00.html>

مصدر المعلومات #5: دورية علمية



Climatic Change: Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming?  
Author(s): Wallace S. Broecker  
Source: *Science*, New Series, Vol. 189, No. 4201 (Aug. 8, 1975), pp. 460-463  
Published by: American Association for the Advancement of Science  
Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/1740491>  
Accessed: 24/10/2009 13:53

[https://en.gariwo.net/dl/201912121000\\_broeckerglobalwarming75.pdf](https://en.gariwo.net/dl/201912121000_broeckerglobalwarming75.pdf)



## נספח 2 - מיון משפטים לעובדה, דעה, השערה ותיאוריה מדעי

1. עדיין אין קונצנזוס (הסכמה) מדעי לגבי שינוי אקלים.
2. "יורד שלג וקפוא בניו יורק. מה לעזאזל קרה להתחממות גלובלית?" דונלד טראמפ (2012)
3. פחמן דו חמצני, תוצר לוואי של בעירת דלקים פוסילים, הוא גז חממה, אשר גורם להתחממות כדה"א
4. עלייה בצריכת דלקים פוסילים ע"י האדם במאתיים השנים האחרונות היא אחד הגורמים לעלייה בריכוז הפד"ח באטמוספירה לרמות מעל 400 חלקים למיליון.
5. "ברור שאקלים כדה"א משתנה. הוא השתנה בעבר והוא ימשיך להשתנות". (Patrick Moore, Prager)  
(U
6. כתוצאה מעלייה בריכוז פד"ח באטמוספירה, הטמפרטורה העולמית הממוצעת עלתה בערך במעלה אחת צלזיוס מאז 1880.
7. התחממות גלובלית כבר גורמת לאירועי מזג אוויר קיצוניים כגון סופות ובצורות.
8. "משבר האקלים הוא לא תיאוריה אלא מציאות. הנה ההוכחות" (עיתון הארץ).
9. פעילות השמש היא הגורם להתחממות העכשווית.
10. "פד"ח הוא גז חיוני לצמחים ולא מזהם המאיים של האנושות כולה. אם פד"ח היה כל כך מזיק לכדה"א, אז העלאת ריכוז הפד"ח באופן מלאכותי בחממות היה הורג את הצמחים" (Mike Adams, Natural)  
(News
11. לא ניתן לסמוך על מודלים לאקלים. הם כל הזמן משתנים והם רגישים יותר מידי לפד"ח.

## ملحق 2 – تصنيف جُمل إلى حقيقة، رأي، فرضية ونظرية علمية

1. لا يوجد حتى الآن إجماع علمي حول تغير المناخ.
2. "يسقط ثلج وَبَرَد في النيويورك. ماذا حدث (إلى الجحيم) لارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية؟ دونالد ترامب (2012).
3. ثاني أكسيد الكربون هو ناتج ثانوي لاحتراق الوقود المتحجرة، وهو غاز دفيئة يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية.
4. ارتفاع استهلاك الإنسان للوقود المتحجرة في المائتين سنة الأخيرة هو أحد العوامل لارتفاع تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي إلى مستوى أعلى من 400 جزء من مليون.
5. "من الواضح أن مناخ الكرة الأرضية يتغير" تغير في الماضي وهو يستمر في التغير" (Patrick Moore, Prager U).
6. نتيجة لارتفاع تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، ارتفع معدل درجة الحرارة العالمي بدرجة مئوية واحدة تقريبًا منذ سنة 1880.
7. يؤدي ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية بالفعل إلى أحداث طقس متطرفة، مثل: العواصف والجفاف.
8. "أزمة المناخ ليست نظرية بل واقع. هذا هو الدليل" (صحيفة هآرتس).
9. نشاط الشمس هو السبب لارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية الحالي.
10. "ثاني أكسيد الكربون هو غاز ضروري للنباتات، وليس ملوث يهدد كل البشرية. إذا كان ثاني أكسيد الكربون ضار للكرة الأرضية، فإن ارتفاع تركيز ثاني أكسيد الكربون بشكل اصطناعي، في الدفيئة، يقتل النباتات" (Mike Adams, Natural News)
11. لا يمكن الاعتماد على نماذج المناخ. فهي تتغير كل الوقت وحساسة جدًا لثاني أكسيد الكربون.



## תשובות למורה:

### Studies into scientific agreement on human-caused global warming



CREDIT: SKEPTICAL SCIENCE

1. דעה שגויה. כאשר בוחנים את הפרסומים המדעים אשר עוסקים בשינויי אקלים ניתן לראות כי למעלה מ-97% מסכימים לגבי התחממות גלובלית והקשר שלה לעלייה בריכוזי פד"ח. מידת הקונצנזוס יכולה להשתנות - ככל שנוסיף ידע מדעי, מדענים חוזרים ובוחנים את התיאוריות שוב לאור הראיות החדשות. עד היום רק מצטברות הראיות אשר תומכות בכך שהתחממות גלובלית ושינויי אקלים

נגרמים בעקבות פעילות האדם. ניתן לקרוא עוד בנושא [כאן](#).

2. דעה. הטלת ספק בהתחממות גלובלית בשל תצפית של קור ושלג.

התחממות גלובלית מתייחסת לעלייה בטמפרטורה הממוצעת של כל כדה"א. עדיין ייתכן מזג אוויר קר. מעבר לכך כאן יש בלבול בין מזג אוויר (אירועים שנתונים לשינויים יומיומיים) לאקלים (שינויים ארוכי טווח). בכל השנים האחרונות מדווחים על עלייה בטמפרטורה הממוצעת ביחס לשנים קודמות.

3. עובדה - ניתן לדעת מה המקור של מולקולת פד"ח באטמוספירה כיוון ששריפת דלקים פוסילים מתירה חותמת כימית. ניסויים מראים כי פד"ח הינו גז חממה (ראו קישור להדגמה יפה, מ1:44).

4. עובדה - ריכוזי פד"ח נמדדים וניתן לראות עלייה חדה בריכוזו מזמן המהפכה התעשייתית, בה החלו בשריפה אינטנסיבית של דלקים פוסילים.

5. עובדה - אקלים כדה"א משתנה. לאורך ההיסטוריה הגיאולוגית של כדה"א היו תקופות הרבה יותר חמות מהיום וגם תקופות קרח הרבה יותר קרות. שימוש בטיעון זה להכחשת שינוי האקלים הוא מטעה - לא רק עצם השינוי חשוב אלא **קצב** השינוי (ראו שיעור 4). קצב העלייה בריכוז גזי חממה ובטמפרטורות כיום הינם חריגים ביחס למה שקרה בהיסטוריה של כדה"א. ניתן לקרוא עוד בנושא [כאן](#).

6. תיאוריה מדעית. קיימות מספר רב של עדויות בלתי תלויות לכך שיש קשר סיבתי בין העלייה בריכוזי פד"ח באטמוספירה לבין התחממות גלובלית. כמו כן, לא ניתן לקשר את ההתחממות של היום לגורמים אחרים שיכולים להשפיע על האקלים כגון פעילות השמש או שינוי במסלול כדה"א (ראו שיעור 4).

7. השערה (היפותזה) - הקשר בין התחממות גלובלית לבין אירועי מזג אוויר קיצוני הינו מורכב. קישור למאמר בנושא (אנגלית).

8. אמירה שגויה ומטעה. יש כאן בלבול מהי תיאוריה מדעית (פסגת הידע המדעי), לעומת תיאוריה בשפה יומיומית (ניחוש). כמו כן, מציגים תיאוריה מדעית בתור עובדה. דבר זה בעייתי כיוון שחלק מהותי מהמדע הוא הדינמיות - מדע יכול וצריך להשתנות לאור התקדמות וממצאים חדשים.

9. השערה (היפותזה). אמנם מדענים רואים קשר בין פעילות השמש לטמפרטורת כדה"א (למשל רואים קשר בין פעילות השמש בעידני קרח בעבר), אולם, רוב המדענים סבורים ששינויים בפעילות השמש אינם יכולים להסביר את השינויים הקיצוניים בטמפרטורה שרואים היום. ניתן לקרוא עוד בנושא [כאן](#).

10. עיוות של עובדה כדי להטעות. פד"ח אכן מהווה חומר גלם לפוטוסינתזה ולכן הוא חיוני לצמחים. אין סתירה בין עצם היותו גז חממה לבין פד"ח כחומר חיוני לפוטוסינתזה.

11. דעה. מודלי אקלים (בהם עסקנו בשיעור 6) אינם "האמת" אלא סימולציה המבוססת על משוואות מתמטיות אשר מתארות את מערכת האקלים. המודלים מהווים כלי מחקרי להעמקת ההבנה שלנו של מערכת האקלים וגם ככלי לתחזיות שונות לעתיד. ניתן לבחון את המודלים ב"תחזית לאחור" ולראות את רמת הדיוק שלהם. ניתן לקרוא עוד בנושא [כאן](#).

## נספח 4

### מאמר של יונתן דובי, "משבר אקלים? אל תמהרו להאמין ל"הוכחות" פורסם ב"הארץ" ב-20.8.19

הטענה ש-97% ממדעני האקלים מייחסים את שינוי האקלים לפעילות האדם - מעוותת. ההתמקדות בפליטת פחמן דו-חמצני - שגויה, והגרפים המבהילים על העלייה בטמפרטורות ובפני הים מציגים תמונה חלקית מאוד.

בכתבתם של ניר חסון וצפריר רינת "משבר האקלים הוא לא תיאוריה אלא מציאות. הנה ההוכחות", הכותבים מתיימרים לספק את ההוכחות לקיומו של שינוי אקלימי מעשי-ידי-אדם. שמחתי על מאמר זה, מכיוון שבאמת רציתי לראות הוכחות לדברים האמורים, אולם התבדיתי. לצערי, המאמר עמוס בשגיאות לוגיות, טעויות והטעויות.

מתחמם, אבל

נכון, כדור הארץ מתחמם. מגוון מדידות בלתי-תלויות, במגוון שיטות, מראות שהטמפרטורה הממוצעת של כדור-הארץ עולה בהדרגה, החל בערך משנת 1880. השאלה היא כמובן - מה הגורם לעלייה? חסון ורינת קובעים ללא סייגים כי האדם ופעילותו, באמצעות פליטת פחמן דו חמצני ( $CO_2$ ) לאטמוספירה, הוא הגורם לעלייה.  $CO_2$  הוא גז-חממה וזו עובדה ידועה. נכונה גם העובדה שהאדם פולט  $CO_2$  לאטמוספירה בצורה מהירה. ומכאן שהאשמה היא ב  $CO_2$ . אולם לא ראוי לנהוג בחופזה במקרה זה. הטמפרטורה של כדור הארץ היא עניין מסובך, המושפע מכמות אדירה של גורמים, שריכוז ה- $CO_2$  הוא רק אחד מהם - ומידת השפעתו אינה ידועה מספיק.

מבחינה מדוקדקת של הגרפים של נתוני  $CO_2$  והטמפרטורה בין השנים 1820 - 2010 עולה כי ריכוזי ה- $CO_2$  באטמוספירה עלו עליה מתונה מ-1820 ועד 1940 ובעלייה חדה החל מ-1950. הטמפרטורה לעומת זו עולה באופן קבוע מאז תחילת המאה, מלבד תקופה של כ-20 שנה מאז סוף שנות ה-40.

מכאן שתי מסקנות: הראשונה היא שעליית הטמפרטורה של השנים האחרונות היא בוודאי לא אירוע יוצא דופן - הוא כבר קרה ולא מזמן. השנייה היא שהטמפרטורה בתחילת המאה עלתה למרות שלא היה שינוי משמעותי בריכוז ה- $CO_2$  באטמוספירה. כלומר מה שמתואר כגורם המרכזי כעת לא יכול היה להיות האחראי להתחממות הקודמת.

ולכן, אם רוצים להוכיח שעליית הטמפרטורה של השנים האחרונות היא בגלל ה- $CO_2$  האנושי, מה שצריך לעשות זה לברר מה הגורמים הטבעיים שהביאו לעליית הטמפרטורה של תחילת המאה, ולהראות בוודאות כי גורמים אלו אינם מתקיימים עוד באופן משפיע משמעותי.

אקדח מעשן שכזה, למיטב ידיעתי, עדיין לא התגלה. למעשה, ישנן מספר תיאוריות המסוגלות להסביר את ההתחממות של המאה וחצי האחרונות. למשל בפעילות סולארית. ניסיונותי לקבל הסברים משכנעים, עדות חד משמעית או אקדח מעשן ממספר מומחי אקלים נכשלו, למרות בקשות חוזרות. מה שכן שמעתי היא האמירה כי "ריכוז הפחמן הדו חמצני כל כך גדול - זו חייבת להיות הסיבה", ללא הצדקה מבוססת נתונים.

לספור אירועי קיצון

חסון ורינת מתארים גם אירועי מזג אוויר קיצוניים כהוכחה לשינוי האקלים. אבל המציאות אחרת. אמנם יש עלייה בטמפרטורות, אבל אין עלייה מובהקת נמדדת באירועי קיצון אחרים. הנה מספר דוגמאות: כמות סופות הטורנדו וההוריקן בארה"ב אפילו קצת ירדה. כך גם מספר הבצורות והשריפות בארה"ב. חלק מאירועי הקיצון מתגברים, חלק נחלשים. בכל מקרה, אין הוכחה ישירה לקשר ישיר בין שינויים אלו לבין הטמפרטורה הגלובאלית, בכך מודים אפילו כותבי דו"ח של פאנל האו"ם לנושא שינוי האקלים, ה-IPCC.

בחינה מדוקדקת של הגרף שהוצג בכתבה המקורית תראה ירידה ב-13 השנים האחרונות - למשל בכמות השיטפונות (כחול כהה) ועליה בימים עם טמפרטורות קיצוניות (אדום). נראה גם שאירועי "מזג אוויר קיצוני" (כחול בהיר) שומרים על יציבות ב-30 השנים האחרונות, כנ"ל לגבי מפולות (ירוק). הבצורות (צהוב) אף נמצאות בירידה. מה זה אומר? ובכן, כלום! וזו בדיוק הנקודה - מהנתונים האלו לא ניתן להסיק שום מסקנה לגבי האקלים.

גם בחינה מקרוב של נתוני עליית מי הים שמוצגים כהוכחה לעומק השינוי תראה שאכן פני הים עולים, בערך בקצב של 1-3 מ"מ בשנה. אבל, הם עולים באופן די אחיד החל משנת 1880. לא נראה בנתונים שקרה משהו מיוחד בסביבות 1950, שם התחלנו לפלוט CO<sub>2</sub> בקצב משמעותי. זאת ועוד בסביבות 750 לפני הספירה נצפתה ירידה בקצב דומה של פני הים. כלומר ששינויים טבעיים כאלו הם אפשריים והם אינם קשורים לפליטות CO<sub>2</sub>.

המסקנה העולה היא שאין שום הוכחה שמקשרת בין עליית פני הים לבין הפליטות של האנושות. עליית פני הים אכן יכולה להיות בעייתית, אך היא איטית מספיק על מנת לאפשר שימוש בפתרונות ידועים ומוכחים. בהולנד, למשל, מצאו פתרונות ושליש משטחה נמצא מתחת לפני הים.

האמנם קונצנזוס מדעי?

טענה נוספת שחוזרת כמה פעמים בכתבתם של חסון ורינת היא ש"97% מכלל מדעני האקלים מסכימים כי בני האדם הם אלו הגורמים להתחממות הגלובאלית". ובכן, זוהי טעות נפוצה, שמבוססת על סדרה של עיוותים של מאמר משנת 2013, שבו הכותבים סרקו 944,11 מאמרים בנושא ההתחממות הגלובלית ושינוי אקלים (מהשנים 1991-2011), ומתוך מיונם לקטגוריות שונות של תמיכה, הגיעו למסקנה כי "97.1% מהתקצירים תמכו בעמדה הקונצנזואלית שבני-אדם גורמים להתחממות הגלובאלית".

רבות נכתב כבר על המחקר הזה, ורק אסכם את עיקרי הדברים כאן. ראשית, הם סרקו רק את התקצירים, ולא קראו את המאמרים המלאים. שנית, הרוב המוחלט של התקצירים (66.4%) כלל לא הביעו דעה בנושא מבין 33.6% הנותרים, למעשה כל מאמר שלא הביע התנגדות ישירה (בתקציר!) לאמירה "בני-אדם משפיעים על האקלים דרך פליטת CO<sub>2</sub>" נחשב כמאמר שתומך בעמדה שבני אדם הם הגורמים להתחממות הגלובאלית. זאת למרות שאפילו "ספקנים מוחלטים" יגידו שהאמירה "בני-אדם משפיעים על האקלים דרך פליטת CO<sub>2</sub>" היא משפט-אמת, השאלה היא רק כמה הם משפיעים. מאמרים מהסוג הזה היוו 73% מכלל המאמרים (כאמור, אחרי שהוצאו 66% מהתקצירים מהחשבון). עוד 23% טענו ישירות שבני האדם משפיעים על האקלים, אך לא אמרו בכמה. רק 1.6% מהתקצירים הנותרים (0.5% מסה"כ התקצירים!) טענו בפירוש שבני אדם הם הגורם העיקרי שמשפיע על האקלים וכימתו זאת במספר.

חשוב מכך, בבעיות מדעיות, לקונצנזוס אין משמעות מכרעת, רק לנתונים. דוגמא ידועה היא המקרה של דני שבטמן והקוזי-גבישים, שהרבה יותר מ-97% מהמדענים חשבו שאינם אפשריים, בסוף דרך חתחתים התבררה צדקת טענתו והוכרה בפרס נובל. במדע, הדבר היחיד שחשוב הוא הנתונים.

מתאם לא תואם

בכתבתם של חסון ורינת מוצגת תמונה שמוכיחה לכאורה מתאם מרשים בין רמות ה- $CO_2$  לבין הטמפרטורה לאורך מאות אלפי שנים. עבורי הגרף הזה היה נקודת השבר, שהביא להחלטתי לכתוב את המאמר הזה. מפני שהגרף הזה חוטא במה שקרוי במדע "קטיף-דובדבנים" (Cherry picking), כלומר הצגה חלקית של הנתונים על מנת לתמוך בטענה. במילים פשוטות - לקוראים הוצגו רק חלק מהנתונים, מכיוון שהנתונים במלואם אינם תומכים בטענה הראשית. ראשית, הכותרת מטעה.  $CO_2$  אינו גז החממה העיקרי. גז החממה העיקרי, בכמותו ובחשיבותו, הוא אדי מים, שמרכיבים כ-96% מגזי החממה, ובעלי חשיבות מכרעת בקביעת האקלים על פני כדור הארץ. למעשה, חשיבותם היא עצומה, כי הם קובעים את מנגנון ההיזון-החוזר שבגללו ל- $CO_2$  בכלל יש השפעה על האקלים (מנגנון שאינו מובן לגמרי).

שנית, לגבי הגרף עצמו. הנתונים נלקחו ממחקר המבוסס על ניתוח של ליבות קרח שנחפרו מקרחונים בתחנת ווסטוק באנטארקטיקה. אלא שבתמונה לא מוצגים כל הנתונים, אלא רק נקודות במרווחי זמן גדולים מאוד (קפיצות של עשרות אלפי שנים). כך נראה לקורא כי הטמפרטורה וה- $CO_2$  האטמוספירי מתואמים זה עם זה, ומכאן המסקנה המתבקשת שאם כיום ריכוז ה- $CO_2$  הוא גבוה, הטמפרטורה גבוהה בהתאמה. אולם, סקירה יותר מעמיקה של הנתונים שנאספו מראה שלמעשה, לפחות לפי מדידה זו, כמות ה- $CO_2$  באטמוספירה מאחרת אחרי עליית הטמפרטורה בכ-800 שנה בקירוב.

המסקנה האפשרית היא שאולי העלייה בטמפרטורה היא הגורם לעלייה בריכוז ה- $CO_2$  ולא להיפך. במילים אחרות, אין בנתונים התאמה בין רמת ה- $CO_2$  לטמפרטורה. המסקנות העולות מהתבוננות בכלל הנתונים הן שישנן ואריאציות טבעיות הן של הטמפרטורה, כתוצאה מגורמים טבעיים - כנראה פעילות סולארית וגעשית. לשאלתי לכותבי המאמר בעניין זה, נענה לי כי "אכן במחזורים של תקופות הקרח ה- $CO_2$  היה משוב של שינויי הטמפרטורה בשל השינויים בקרינת השמש ולא  $CO_2$  היה הגורם. אבל כיום הגורם לשינוי הוא הגדלת כמות ה- $CO_2$  באטמוספירה על ידי האדם". כלומר - בעבר אכן הטמפ' גרמה לעליית ריכוז ה- $CO_2$ , אבל היום זה כבר לא ככה.

מייד לאחר כך נעניתי כי: "מטרת הגרף הייתה להראות שכיום נשבר הקשר הטבעי בין ה- $CO_2$  לטמפרטורה כך שה- $CO_2$  שהוכנס על ידינו לאטמוספירה גבוה בהרבה מן הערך המתאים לטמפרטורה גם בתקופות חמות מאשר כיום. במצב זה תגובת ההתחממות כמובן מאחרת אחרי ה- $CO_2$ ". כלומר, המטרה של הגרף הייתה להראות שהקשר הסיבתי הטבעי נשבר היום, כי רמות ה- $CO_2$  גבוהות משהיו בעבר. אבל הנתונים אינם תומכים באמירה זו. להבנתי, זו גם לא הייתה מטרת הגרף - כותרתו מעידה על מטרתו, שהיא להצביע על המתאם ההיסטורי בין ה- $CO_2$  לטמפרטורה. לדעתי, לא משנה מה המטרה, היא אינה מצדיקה הצגה חלקית ומטעה של הנתונים.

בסיכום כותבים חסון ורינת כי "גם המדענים לא תמיד עוזרים בהעברת מסרים. אצל חלקם קיימת נטייה לייחס את השפעת שינויי האקלים למגוון רחב של תופעות סביבתיות, שיכולות להיות להן הסברים נוספים". במילים אחרות - המדענים האלו, במקום "ליישר קו" ו"לעזור" עם המסרים שלנו, יש להם "נטייה" לחשוב

שאולי בעיית האקלים היא יותר מורכבת מ"עלייה ב- $CO_2$  שמובילה לעלייה בטמפרטורות ולאסון נורא". מדענים טובים אינם אמונים על העברת מסרים. תפקידם היחיד הוא חקר האמת, מבוססת נתונים. זו אינה "נטייה", זו הגדרת תפקידם.

ואז בכנות מפתיעה, כותבים חסון ורינת כי "כמו כן, יש לזכור כי בכל מה שקשור להשפעה העתידית של שינוי אקלים, ההערכה המדעית עדיין מתבססת במידה רבה על מודלים שרמת הדיוק שלהם טעונה הוכחה". זוהי לשון המעטה. האמת היא שהמודלים האקלימיים שבידינו הם די גרועים, ויש דרך פשוטה לבדוק זאת - לבדוק אותם מול נתוני העבר ("פוסט-דיקציה", או "חיזוי לאחור") מסתבר שהרוב המוחלט של המודלים האקלימיים מנבא טמפרטורות גלובליות גבוהות יותר מהטמפרטורות שנמדדו וגם קצב עליית טמפרטורות גבוה מהנמדד. מעניינת עוד העובדה כי לפי הנתונים, אין שיפור משמעותי ביכולות החיזוי של מודלים מאוחרים יותר. כלומר, המודלים לא משתפרים משמעותית עם הזמן.

איך זה יכול להיות? ובכן, התשובה הפשוטה היא שקביעת האקלים היא בעיה מאוד מאוד מסובכת, שצריכה לקחת בחשבון כמות אדירה של תהליכים ונתונים, ואת חלקם המדענים פשוט לא מכירים, ותהליך גילויים הוא איטי ומסובך. על כל אלו, נוספת העובדה, שגם לו היינו רוצים להקטין את פליטות ה- $CO_2$  של האנושות, לא נראה כי יש בידינו כלים לעשות זאת ללא השפעה דרמתית לרעה על איכות החיים - במיוחד פגיעה בשכבות החלשות במדינות המפותחות ועל חשבון שיפור רווחת העניים במדינות מתפתחות. לא ניתן באמצעים הטכנולוגיים של ימינו לשמור על אורח חיינו - הדורש כמויות גדולות של אנרגיה בצורות שונות - ללא פליטת  $CO_2$ .

לאור אלו, כל מי שדואג באמת לרווחת האדם, שיפור איכות הסביבה ויחסי הגומלין ביניהם, צריך להתבונן בבעיות האמיתיות שמולנו: ריכוזי פסולת אדירים ללא טיפול, זיהום חלקיקי אמיתי (כמו תחמוצות גופרית, תחמוצות חנקן, חלקיקי אפר ועוד), זיהום מקורות מים והידלדלותם, הידלדלות שטחי מחיה לבעלי חיים ודגה, ועוד. על אלו נוספות הבעיות האנושיות - שהולכות יד ביד עם הבעיות הסביבתיות - של עוני, בורות וקיצוניות דתית. אם האנושות חפצת חיים, מוטב לה להתרכז בבעיות אלו.

פרופ' יונתן דובי הוא חוקר במחלקה לכימיה באוניברסיטת בן גוריון

## ملحق 4

مقال يونتان دوي "أزمة المناخ؟ لا تتسرعوا في تصديق "الإثباتات" نُشر في صحيفة "هآرتس" بتاريخ 20.8.19

الادعاء أن 97% من علماء المناخ ينسبون أزمة المناخ إلى نشاط الإنسان، هو ادعاء غير صحيح. التركيز على انبعاث ثاني أكسيد الكربون غير صحيح، والرسوم البيانية المذهلة عن ارتفاع درجة الحرارة وسطح البحر تعرض صورة جزئية جدًا.

في مقال نير حسون وتسفير رينات "أزمة المناخ ليست نظرية بل واقع. هذا هو الإثبات"، أراد مؤلفو المقال أن يقدموا إثباتات لوجود أزمة مناخ من صنع الإنسان. كنت سعيدا بهذا المقال، لأنني أرغب في رؤية إثباتات لهذه الأمور، لكني خُذعت. للأسف، المقال مليء بأخطاء منطقية، أخطاء وخداع.

ترتفع درجة الحرارة، لكن

صحيح، ترتفع درجة حرارة الكرة الأرضية. قياسات متنوعة مستقلة، بطرق متنوعة تُشير إلى ارتفاع معدل درجة حرارة الكرة الأرضية تدريجيًا، ابتداءً من سنة 1880. السؤال الذي يطرح نفسه بالطبع – ما هو السبب لهذا الارتفاع؟

حدد حسون ورينات دون تردد أن الإنسان ونشاطه، بواسطة انبعاث ثاني أكسيد الكربون ( $CO_2$ ) إلى الغلاف الجوي، هو المسبب لارتفاع درجة الحرارة.  $CO_2$  هو غاز دفيئة، هذه الحقيقة معروفة. وصحيحة الحقيقة أن الإنسان يُطلق  $CO_2$  إلى الغلاف الجوي بشكل سريع. ومن هنا جاء اتهام  $CO_2$  بذلك. ومع ذلك، غير مناسب أن نتسرع في هذه الحالة. درجة حرارة الكرة الأرضية هي شيء معقد، تتأثر من كمية هائلة من العوامل، وتركيز  $CO_2$  هو أحد العوامل فقط – ومدى تأثيره غير معروف بشكل كافٍ.

عندما نتمعن بدقة في الرسوم البيانية التي تعرض معطيات  $CO_2$  ودرجة الحرارة بين السنوات 1820-2010 نلاحظ أن تراكيز  $CO_2$  ارتفعت بشكل معتدل من سنة 1820 حتى 1940، ونلاحظ ارتفاع حاد ابتداءً من سنة 1950. أما درجة الحرارة ترتفع بشكل ثابت منذ بداية القرن، باستثناء فترة 20 سنة منذ نهاية سنوات الأربعينيات.

نستنتج من ذلك استنتاجين: الأول أن ارتفاع درجة الحرارة في السنوات الأخيرة هو حدث ليس استثنائيًا بالتأكيد – وقد حدث بالفعل وليس منذ وقت طويل. والاستنتاج الثاني أن درجة الحرارة ارتفعت في بداية القرن على الرغم من عدم وجود تغيير كبير في تركيز  $CO_2$  في الغلاف الجوي. هذا يعني أن الموصوف الآن كعامل مركزي لا يمكن أن يكون المسؤول عن ارتفاع درجة الحرارة السابقة.

لذا، إذا أردنا أن نثبت أن ارتفاع درجة الحرارة في السنوات الأخيرة بسبب  $CO_2$  البشري، يجب أن نعرف العوامل الطبيعية التي أدت إلى ارتفاع درجة الحرارة في بداية القرن، ويجب أن نبين بشكل مؤكد أن هذه العوامل لم تعد موجودة بطريقة مؤثرة بشكل كبير.

حسب معرفتي، لم يتم حتى الآن اكتشاف هذا الدليل. في الواقع، هناك عدة نظريات تستطيع أن تشرح ارتفاع درجة الحرارة في القرن والنصف الأخير. مثلًا: النشاط الشمسي. محاولات الحصول على شروح مقنعة، دلالة لا لبس فيها أو إثبات من المختصين في المناخ باءت بالفشل، على الرغم من طلباتي المتكررة. المقولة التي سمعتها أنّ "تركيز ثاني أكسيد الكربون كبير جدًا، لذا يجب أن يكون هو السبب"، دون أي مبرر، ولا تعتمد على معطيات.



## עדّ الأحداث المتطرفة

يصف حسون وريانات أحداث حالة طقس متطرفة كإثبات لأزمة المناخ. لكن الواقع غير ذلك. على الرغم من ارتفاع درجات الحرارة، لكن لا يوجد ارتفاع كبير في الأحداث المتطرفة الأخرى. فيما يلي عدة أمثلة: انخفضت قليلاً كمية عواصف التورنادو والهوريكن في الولايات المتحدة. يزداد قسم من الأحداث المتطرفة ويضعف قسم منها. لا يوجد إثبات مباشر لعلاقة مباشرة بين هذه التغيرات ودرجة الحرارة العالمية، وقد اعترف بذلك مؤلفو تقرير هيئة الأمم المتحدة المعنية بتغيرات المناخ، IPCC.

عندما نفحص بدقة الرسم البياني المعروض في المقال الرسمي نلاحظ انخفاض في الـ 13 سنة الأخيرة، مثلاً: طرأ انخفاض بكمية الفيضانات (أزرق غامق) وارتفاع في الأيام التي درجة حرارتها متطرفة (أحمر). نرى أيضاً أن أحداث "حالة الطقس المتطرفة" (أزرق فاتح) ثابتة في الـ 30 سنة الأخيرة، كذلك الأمر بالنسبة للانهايارات الجليدية (أخضر). وحتى الجفاف (أصفر) في انخفاض. على ماذا يدل ذلك؟ حسناً، لا شيء! وهذا هو الأمر بالضبط – من هذه المعطيات لا نستطيع الاستنتاج بالنسبة للمناخ.

وإذا فحصنا أيضاً معطيات ارتفاع مياه البحر المعروضة كإثبات لعمق الأزمة، نرى ارتفاع في سطح البحر، بوتيرة 1-3 ملم في السنة. لكنها ترتفع بشكل ثابت جداً منذ سنة 1880. لا نرى في المعطيات حدوث شيء خاص حول سنة 1950، هناك بدأ انبعاث  $CO_2$  بوتيرة كبيرة. بالإضافة إلى ذلك، في سنة 750 قبل الميلاد طرأ انخفاض شبيه في مستوى سطح البحر. هذا يعني أن هذه التغيرات الطبيعية ممكنة، وهي غير مرتبطة بانبعاث  $CO_2$ . الاستنتاج من ذلك أنه لا يوجد أي إثبات يربط بين ارتفاع سطح المياه وانبعاثات البشرية. يمكن أن يشكل ارتفاع مستوى سطح البحر مشكلة، لكنها بطيئة جداً، مما يُتيح ذلك استخدام حلول معروفة ومثبتة، مثلاً: في هولندا، وجدوا حلولاً، وثلث مساحتها تقع تحت مستوى سطح البحر.

هل هو إجماع علمي؟

تكرر ادعاء آخر عدة مرات في مقال حسون وريانات، "97% من مجمل علماء المناخ متفقون أن الإنسان هو السبب لارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية". وهذا خطأ شائع يعتمد على سلسلة من التشويهات التي وردت في مقال سنة 2013، وقد استطلع المؤلفون 944,11 مقالاً في موضوع ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية وتغيرات المناخ (من السنوات 1991-2011)، ومن خلال تصنيفها إلى فئات مختلفة من الدعم، توصلوا إلى استنتاج أن 97.1% من الخلاصات دعمت الموقف التوافقي أن الإنسان هو السبب لارتفاع درجة حرارة العالم".

كُتب الكثير عن هذا البحث، وألخص هنا الأمور الأساسية. أولاً، قرأوا الخلاصات ولم يقرأوا المقالات الكاملة. ثانيًا، في معظم الخلاصات (66.4%) لم يعبر المؤلفون عن آراءهم في الموضوع. من بين الـ 33.6% المتبقية، كل مقال لم يذكر اعتراض مباشر (في الخلاصة!) للادعاء "يؤثر الإنسان على المناخ عبر انبعاث  $CO_2$ " تمّ اعتباره كمدعم للموقف أن الإنسان هو السبب لارتفاع درجة حرارة العالم. هذا على الرغم من أن "المشككون المطلقين" يقولون أن الادعاء "يؤثر الإنسان على المناخ بواسطة انبعاث  $CO_2$ " هو ادعاء صادق، السؤال الذي يطرح نفسه، كم يؤثر الإنسان؟ مقالات من هذا النوع شكلت 73% من مجمل المقالات (كما ذُكر، بعد إخراج 66% من الخلاصات من الحساب). ادعى 23% من مؤلفو المقالات أن الإنسان يؤثر على المناخ، لكن لم يذكروا كمية التأثير. فقط 1.6% من الخلاصات المتبقية (0.5% من مجمل الخلاصات) ادعت بوضوح أن الإنسان هو السبب الرئيسي الذي يؤثر على المناخ وحددوا كمية هذا التأثير بعدد.

الأهم من ذلك، في المشاكل العلمية لا يوجد معنى حاسم للإجماع، المعطيات فقط هي التي تحسم الموضوع. مثال على ذلك: داني شختمن وشبه البلورات، فُكّر أكثر من 97% من العلماء أنها غير ممكنة، في نهاية الأمر اتضح أن ادعائه صحيح وحاز على جائزة نوبل. في العلم، الشيء الوحيد المهم هو المعطيات. ارتباط غير متطابق

عَرَض حسون وريانات في مقالهما صورة تثبت، على ما يبدو، ارتباط رائع بين مستوى  $CO_2$  ودرجة الحرارة على طول مئات آلاف السنين. كان هذا الرسم البياني السبب لقراري بكتابة هذا المقال. الخطأ في هذا الرسم البياني من الناحية العلمية أنه يعتمد على طريقة نسمّيها في العلم "قطف الكرز" (picking-Cherry)، هذا يعني أن نعرض معطيات بشكل جزئي لدعم ادعاء. بكلمات بسيطة – تمّ عرض قسم من المعطيات للقراءة، لأن كل المعطيات لا تدعم الادعاء الرئيسي. أولاً، العنوان مضلل.  $CO_2$  ليس غاز الدفيئة المركزي. غاز الدفيئة المركزي بكميته وأهميته هو بخار الماء، الذي يكوّن 96% من غازات الدفيئة، وهو الغاز المهم والحاسم في تحديد المناخ على سطح الكرة الأرضية. في الواقع، أهميته هائلة، لأنه يحدد آلية التغذية المرتدة (المردودية) التي بسببها يوجد تأثير لثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  على المناخ (آلية غير مفهومة بالكامل).

ثانيًا، بالنسبة للرسم البياني نفسه. أُخذت المعطيات من بحث اعتمد على تحليل لبّ الجليد الذي تمّ حفره في محطة ووستوق في أنتاركتيكا. لم يتمّ عرض جميع المعطيات، بل عُرضت نقاط في فترات زمنية كبيرة (قفزات بعشرات آلاف السنين).

هذا ما يراه القارئ أن هناك ارتباط وثيق بين درجة الحرارة و  $CO_2$ ، والاستنتاج المطلوب اليوم أنه إذا كان تركيز  $CO_2$  عال، فإن درجة الحرارة عالية بالتناظر. لكن إذا نظرنا بعمق إلى المعطيات التي جمعها، نلاحظ حسب هذا القياس أن ارتفاع كمية  $CO_2$  في الغلاف الجوي يحدث بعد ارتفاع درجة الحرارة بحوالي 800 سنة.

الاستنتاج الممكن أن ارتفاع درجة الحرارة هو السبب لارتفاع  $CO_2$  وليس العكس. بكلمات أخرى، لا يوجد تطابق بين مستوى  $CO_2$  ودرجة الحرارة. الاستنتاج من جميع المعطيات أن هناك اختلاف طبيعي في درجة الحرارة نتيجة لعوامل طبيعية – على ما يبدو نشاط الشمس وبراكين. عندما سألت مؤلفو المقال عن هذا الأمر، أجابوا: " في الواقع، في دورات العصور الجليدية كان  $CO_2$  رد فعل لتغيرات درجة الحرارة بسبب تغيرات أشعة الشمس ولم يكن  $CO_2$  هو السبب. لكن اليوم، السبب للتغيير هو ازدياد كمية  $CO_2$  في الغلاف الجوي بسبب الإنسان". هذا يعني أن درجة الحرارة أدت في الماضي إلى ارتفاع تركيز  $CO_2$ ، لكن اليوم لم يعد الأمر كذلك.

بعد ذلك مباشرة أجبته: "كان الهدف من الرسم البياني أن يبيّن انكسار العلاقة الطبيعية بين  $CO_2$  ودرجة الحرارة، وأن  $CO_2$  الذي أدخله الإنسان إلى الغلاف الجوي، كان أكثر بكثير من القيمة المناسبة لدرجة الحرارة في فترات حارة أكثر من اليوم.

في هذه الحالة، يتأخر رد فعل ارتفاع درجة الحرارة بعد ال  $CO_2$ .

بكلمات أخرى، كان الهدف من الرسم البياني أن يبيّن أنّ العلاقة السببية الطبيعية انكسرت اليوم، لأن مستويات  $CO_2$  أعلى مما كانت في الماضي. لكن المعطيات لا تدعم هذا الادعاء. حسب رأيي، لم يكن هدف الرسم البياني ذلك – عنوانه يدل على هدفه، وهو أن يُشير إلى ارتباط تاريخي بين  $CO_2$  ودرجة الحرارة. حسب رأيي، غير مهم ما الهدف، المهم أن لا نعرض معطيات جزئية مضللة.

أشار حسون وريانات في التلخيص أنّ "العلماء لا يساعدون دائمًا في نقل الرسائل المطلوبة. يميل قسم منهم إلى الربط بين تغيرات المناخ وظواهر بيئية محيطية واسعة المجال، التي يمكن أن تكون شروح إضافية". بكلمات أخرى – بدلاً من

אנ "يساعد" هؤلاء العلماء، يميلون إلى التفكير أن مشكلة المناخ ربما معقدة أكثر من "ارتفاع CO<sub>2</sub>، الذي يؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة وإلى كارثة رهيبة".

العلماء الجيدون وظيفتهم الوحيدة هي بحث الحقيقة التي تعتمد على معطيات. ويكتب حسون وربنات بصراحة مفاجئة "بالإضافة إلى ذلك، يجب أن نتذكر أن كل ما يتعلق بالتأثير المستقبلي لتغيرات المناخ، التقييم العلمي يعتمد بمدى كبير على نماذج مستوى دقتها بحاجة إلى إثبات". الحقيقة هي أن نماذج المناخ التي بين أيدينا سيئة جداً، وهناك طريقة بسيطة لفحص ذلك – نحصها مقابل معطيات الماضي ("التنبؤ العكسي")، اتضح أن معظم النماذج المناخية تنبأ درجات حرارة عالمية أعلى من درجات الحرارة التي تم قياسها، ووتيرة ارتفاع درجة الحرارة أعلى من التي تم قياسها. المثير للاهتمام أكثر، الحقيقة أن قدرات النموذج على التنبؤ حسب المعطيات لا تتحسن بشكل كبير. هذا يعني أن النموذج لا يتحسن مع مرور الوقت.

كيف يمكن أن يحدث ذلك؟ الإجابة بسيطة، تحديد المناخ مشكلة معقدة جداً جداً، يجب أن تأخذ بالحسبان كميات هائلة من العمليات والمعطيات، وقسم منها غير معروف للعلماء، وعملية اكتشافها بطيء ومعقد. بالإضافة إلى كل ذلك، هناك حقيقة أخرى، لو أردنا أن نقلل من انبعاث ثاني أكسيد الكربون CO<sub>2</sub> الذي يُنتجه الإنسان، لا يوجد لدينا أدوات لتنفيذ ذلك دون أن نؤثر بشكل سيء جداً على جودة الحياة – خاصة تتضرر الطبقات الضعيفة في الدول النامية، ويكون ذلك على حساب تحسين رفاهية الفقراء في الدول النامية. لا نستطيع بالوسائل التكنولوجية المتوفرة اليوم أن نحافظ على نهج حياتنا – الذي يحتاج كميات كبيرة من الطاقة بأشكال مختلفة – دون انبعاث CO<sub>2</sub>.

على ضوء كل ذلك، كل من يهتم برفاهية الإنسان بالفعل، بتحسين جودة البيئة المحيطة والعلاقة بينهما، يجب أن ننظر إلى مشاكلنا الحقيقية: كميات هائلة من النفايات دون معالجة، الملوثات (مثل: أكاسيد الكبريت، أكاسيد النيتروجين حبيبات الرماد وغير ذلك)، تلوث مصادر المياه وتناقصها، تناقص مساحات معيشية للحيوانات والأسمك وغير ذلك. بالإضافة إلى ذلك، هناك مشاكل بشرية تسير جنباً إلى جنب مع مشاكل البيئة المحيطة، مثل: الفقر، الجهل والتطرف الديني. إذا أردت البشرية الحياة، من الأفضل أن تتركز بهذه المشاكل.

بروفسور يونتان دوبي هو باحث في قسم الكيمياء في جامعة بن غوريون.

## נספח 5

### מאמר של ניר חסון כתגובה למאמר של יונתן דובי "מכחישי משבר האקלים משקפים מציאות שאינה קיימת", פורסם ב"הארץ" ב 20.8.19

לשיטתו של פרופ' יונתן דובי, אין צורך לעשות דבר בנוגע לשינוי האקלים שכן אין באמת בעיה. אם הוא צודק וכל מדעני האקלים טועים, אז באמת אין בעיה. אבל מה לגבי האפשרות שכולם צודקים ופרופ' דובי טועה? האם ראוי להמר על גורלה של האנושות?

רבים בתנועות הסביבתיות ובקרב פעילי אקלים סבורים שאין מקום עוד לפרסום מאמרים כמו מאמרו של פרופ' יונתן דובי "משבר אקלים? אל תמהרו להאמין ל'הוכחות'". ואכן מאמרים מסוג זה הופכים להיות נדירים מאוד בשיח המתקדם סביב נושא האקלים. הסיבה איננה רצון להגביל את חופש הביטוי או חוסר סובלנות לדעות אחרות. הסיבה היא שמאמרים מסוג זה משקפים מציאות שאינה קיימת. הם מייצרים אשליה ששינוי האקלים נתון בוויכוח מדעי ופוליטי. אבל האמת היא שבעולם שמחוץ לאותם מאמרים אין באמת ויכוח. לא בשאלה האם כדור הארץ מתחמם בקצב מסוכן ולא בחלקה של הפעילות האנושית בשינוי הזה. לכן מאמרים מסוג זה מייצרים מציאות מעוותת. סיבה נוספת לכך היא שלאורך השנים הסתבר כי הספקנות האקלימית הזו אינה תמימה אלא הייתה פרי מאמצים אדירים של חברות הנפט להסתיר מידע על ההתחממות מצד אחד ולנטוע ספק בלב הציבור והפוליטיקאים באשר לשינוי האקלים מן הצד השני. אין במשפט האחרון משום רמיזה למניעיו של פרופ' דובי כמובן.

לנו, במדור הסביבה של "הארץ" לא הייתה התלבטות לגבי פרסום המאמר, למרות הביקורת שבוודאי נספוג. הדילמה שלנו הייתה פשוטה, בין היתר בשל העובדה שפרופ' דובי תוקף ישירות כתבה שפורסמה על ידנו (צפרייר רינת ואנוכי). עם זאת, חשוב לנו לשים את המאמר של פרופ' דובי בקונטקסט הנכון. המדע מעצם טבעו לא נותן תשובות מלאות וניבויים מדויקים ומותר סימני שאלה. מכחישי שינוי האקלים ודובי בתוכם נתלים באותם ספקות וסימני שאלה כדי לפורר באמצעותם את התיאוריה כולה. דומה הדבר למטיפי הבריאתנות והתכנון התבוני שנתלים בכל סימן שאלה ותהיה של חוקרי האבולוציה כדי לטעון שהתיאוריה כולה קורסת. אבל כמו שאין בנמצא ביולוגים שיחלקו על עקרונותיה של פרדיגמת האבולוציה כך אין קלימטולוגים שיטענו שתופעות האקלים ומזג האוויר שאנו רואים בשנים האחרונות אינן קשורות לשחרור גזי חממה.

צודק פרופ' דובי שכותב שאין משמעות לקונצנזוס מדעי, אלא לראיות. אבל כוחה של תיאוריה מדעית היא בכך שהיא הופכת לפרדיגמה בסיסית שמסבירה מגוון רחב של תופעות וכאשר מחקרים רבים מתחומים שונים משתלבים בתוכה ומרחיבים אותה. זה בדיוק מה שקרה עם התיאוריה של התחממות כדור הארץ בשל פליטת גזי חממה. בשלב מסוים המדענים הפסיקו להתווכח עליה וכיום היא מקובלת על כולם ואין בנמצא מודל אחר שמסביר את תופעות האקלים מלבד זה המתחשב בפליטת גזי החממה. פרופ' דובי מזכיר את הזלזול של העולם המדעי במחקר על הקוונז-גבישים של פרופ' דני שכטמן, כהוכחה ניצחת לכך שגם קונצנזוס מדעי יכול להתגלות כשגוי. אכן, זו דוגמה יוצאת דופן למהפכה מדעית. אבל מבחינה סטטיסטית, מספרן של דעות שהיו מחוץ לקונצנזוס המדעי והוכחו כשגויות גדול לאין שיעור ממספר הדעות האלו שהתבררו כנכונות לבסוף. שכטמן יוצא דופן בדיוק בגלל שהוא מייצג את היוצא מן הכלל ולא את הכלל.

דובי מנתח את מחקרו של ג'ון קוק מ-2013 שקבע ש 97% מהמחקרים מקבלים את ההנחה שהפעילות האנושית אחראית לשינוי האקלים. המאמר הזה הוא מהמאמרים המצוטטים ביותר בתחום והנתון הזה קנה לו אחיזה בשיח הציבורי סביב הנושא. ככזה הוא הותקף מכיוונים שונים על ידי מבחישי שינוי האקלים. מספר מדענים ניסו לשחזר את הבדיקות שערך קוק. שבעה מחקרים דומים התפרסמו בכתבי עת מוכרים, כולם מצאו ששיעור ההסכמה בין המדענים נע בין 100%-90%. עוד הסתבר שההסכמה גבוהה יותר ככל שמידת ההתמחות של הכותב קשורה למדעי אקלים ולא לתחומים משיקים (כמו כימיה, פיזיקה וכו'). זאת ועוד, כאשר חוקרים בחנו את שלושת האחוזים הנותרים ממאמרו של קוק התגלו באותם מחקרים שגיאות שמערערות אותם.

אבל חשוב מכך, בעולם יש קונצנזוס נוסף וחשוב יותר בעניין הזה והוא הקונצנזוס הפוליטי והוא מוחלט לא פחות מזה המדעי. 197 מדינות, שהן כל מדינות העולם, כולל כל יצרניות הנפט, חתמו על הסכם פריז. בסיס ההסכם הוא הדו"חות המדעיים שמתארים את האסון המתגלגל מעשה ידה של האנושות. לכל ממשלות העולם יש להוסיף גם את כל הארגונים הבינלאומיים, כולל כמובן האו"ם והאיחוד האירופי וכן כל הסוכנויות המדעיות הממשלתיות. כך שבועלם האמיתי, בו מתקבלות ההחלטות, אין ויכוח.

עתה יש לשאול מה אנחנו, כבני אדם, ארגונים ומדינות צריכים לעשות לנוכח המצב. לשיטתו של פרופ' דובי, אין צורך לעשות דבר שכן אין באמת בעיה. אם הוא צודק וכל מדעני האקלים טועים, אז באמת אין בעיה, נמשיך לשרוף דלקי מאובנים, הפחמן הדו-חמצני ימשיך להצטבר באטמוספירה והאקלים ממילא עושה מה שהוא רוצה. אבל מה לגבי האפשרות שכולם צודקים ודווקא פרופ' דובי טועה? המשמעות היא הימור כמעט מטורף על חייהם של מיליוני אנשים, על אושרם ואורח חייהם של כמעט כל שאר בני האדם ועל הישרדותם של אינספור מינים אחרים שחולקים איתנו את כדור הארץ. מה ההחלטה המעשית והמוסרית שיש לקבל לנוכח המצב הזה? האם בשביל הסיכוי הקלוש שבשל קונספירציה-על סודית כלשהי, כל המדענים, הממשלות והארגונים בעולם טועים ומטעים עלינו לעמוד מנגד ולא לעשות דבר?

עתה לשגיאות עליהן מצביע מאמרו של דובי, שהן ברובן חזרה על טענות שנשמעות באופן תדיר מפי מבחישי שינוי האקלים.

בניגוד לעבר, מבחישי שינוי האקלים כיום אינם טוענים יותר שכדור הארץ אינו מתחמם. אין דרך אחרת לקרא את הנתונים. גם דובי לא חולק על כך, אך טוען שאין קשר בין שחרור פחמן דו חמצני לאטמוספירה לבין ההתחממות. הראיה שלו לכך היא ההתחממות בתחילת המאה ה-20 בקצב דומה להיום למרות שרמות ה- $CO_2$  שהייתה באטמוספירה היו עדיין נמוכות. הקלימטולוג, פרופ' דני רוזנפלד מהאוניברסיטה העברית, מסביר שמחקרים כבר נתנו תשובה לתהייה הזו. המודלים שבאמצעותם חוזים את ההתחממות העתידית משחזרים גם את הטמפרטורות העולמיות בעבר. כאשר מריצים את המודלים ללא השפעות האדם, הם משחזרים היטב את עליית הטמפרטורה לפני 100 שנה ואת הירידה שלה באמצע המאה ה-20, כפי שאכן קרה מסיבות טבעיות ברובן. אולם, אותם מודלים מצביעים על כך שבמצב טבעי אמורה הייתה הירידה שהרגשנו בשנות ה-70, להימשך. העובדה שבמקום ירידה אנו חווים עלייה חדה, קשורה בפעילות האנושית.

למרות שהוא לא חולק על נתוני ההתחממות של כדור הארץ שחריגים בכל קנה מידה המוכר לנו, פרופ' דובי טוען שההתחממות הזו לא באה לידי ביטוי במספר אירועי הקיצון במזג האוויר (למצער, לא בגרף שהצגנו בכתבה המקורית). מכאן שהוא מותיר שאלה פתוחה: כיצד יתכן שעלייה חדה שכזו בטמפרטורה הממוצעת הגלובלית לא תביא לאירועי קיצון אקלימיים? אבל גם מבלי לענות על השאלה הזו, ומבלי להבין בסטטיסטיקה ניתן לראות בגרף בקלות כי ישנה עלייה מדידה בסך כל האירועים הקיצוניים. מערכת האקלים העולמית אכן סבוכה לאין שיעור ומרובת משתנים ובשנים מסוימות ישנה ירידה במספר האירועים אבל המגמה ברורה. זאת ועוד, חלק מאירועי האקלים הפכו להיות גדולים כל כך שהם מאחדים שניים או יותר אירועים שהיו בעבר. כלומר, אם בעבר נספרו שני גלי חום שנמשכו שלושה ימים, הרי שהיום גל חום שיימשך שמונה ימים יספר כאחד. כך הגרף יראה ירידה במספר גלי החום, למרות שפועל הייתה החמרה במצב.

דוגמאות ספציפיות של אירועי אקלים קיצוניים עלולות להטעות והתקשורת אכן נוטה להגזים לעיתים בעוצמת האירועים ובמובהקות הקשר שלהם לשינוי האקלים הגלובלי. אכן, אי אפשר לשייך אירוע בודד לשינוי באקלים, כי אירועים חריגים קרו גם בעבר, אבל יש כיום עליה בתדירות ובעוצמת האירועים, כפי שהמודלים מנבאים שיקרה. לפחות חלק מהאירועים החריגים שחווינו השנה קשורים, ללא ספק, לתופעה הגלובלית: שריפות הענק בחוג הארקטי, גלי חום שהכו באירופה ובהודו, השיטפונות במרכז ארה"ב, אירועי השלג החריגים בצפון ארה"ב, אבדן הקרח בגרינלנד ועוד. כולם אירועים שהתרחשו בעבר, אך לא בעוצמה ובתדירות שאנו רואים היום.

דובי גם מבטל את החששות מפני עליית פני הים בטענה שלפני 2750 שנה הייתה ירידה של פני הים בקצב דומה ומכאן "ששינויים טבעיים כאלו הם אפשריים". האם על סמך העובדה שבתקופת המקרא חלה ירידה בפני הים אמורה להרגיע אותנו כאשר אנו רואים עלייה חדה שלא הייתה כדוגמתה מעולם? וגם כאן הטיעון לא ברור, הרי אין מחלוקת שכדור הארץ מתחמם, כלומר פחות קרח בקרחונים והתרחבות של מי הים. אם ההתחממות תימשך, כפי שצופים המדענים כולם, גם עליית פני הים תימשך. האם היא תאפשר להתמודד איתה? דובי מרגיע שהיא איטית למדי ושנחנח מסוגלים להתמודד עם הבעיה ההנדסית הזו בקלות יחסית. השאלה החשובה שיש לשאול היא את מי אנחנו כוללים במילה "אנחנו". האם היא כוללת גם את תושבי בנגלדש או האיים טובאלו שליד אוסטרליה וגהורמרה שבהודו? כי נראה שבעבורם הבעיה אינה פשוטה כלל כבר היום.

הטיעון החזק ביותר, לדבריו של דובי, הוא העובדה שאין מתאם בין רמת ה- $CO_2$  לבין הטמפרטורה, ההיסטוריה (והגרף שהוצג בכתבה המקורית) מוכיחה שמתאם כזה הוא הפוך. כלומר שעליית הטמפרטורה מובילה לעליית ה- $CO_2$  ולא להיפך. כלומר שאין צורך להיות מודאגים מריכוז הגז באטמוספירה כי הוא ממילא לא משפיע על הטמפרטורה. ובכן כאן יש צורך בהסבר מורכב יותר. אכן, לאורך ההיסטוריה עליית ה- $CO_2$  איחרה את עליית הטמפרטורה. אבל הקשר בין השניים הרבה יותר מורכב מזה. נסביר: מסלול כדור הארץ מסביב לשמש משתנה באיטיות, בזמנים מסוימים בחייו של הכדור הוא מתחמם בשל כך. כאשר מי הים מתחממים הם מסוגלים להכיל פחות  $CO_2$  והעודף נפלט לאטמוספירה, בדומה לכוס מי סודה שמתחממת. לכן נרשמת עלייה ב- $CO_2$



באטמוספירה לאחר העלייה הראשונית בטמפרטורה. עליית ה- $CO_2$  תורמת לעלייה נוספת בטמפרטורה בשל תופעת החממה וחוזר חלילה. זהו מנגנון היזון חוזר שאורך מאות שנים, וזה מה שמוצג בגרף. בתקופתנו נמצאת הארץ במסלול בו אמורה הייתה להיות התקררות לקראת תקופת קרח חדשה (עניין של כעשרת אלפים שנים) אבל הגורם האנושי הקפיץ את רמות ה- $CO_2$  מעל לכל רמה שהייתה במאות אלפי השנים האחרונות. למעשה מאז שחר האנושות מעולם לא היו יותר מ-300- $CO_2$  למיליון באטמוספירה שלנו. כיום אנו עומדים על למעלה מ-400 והרמה ממשיכה לעלות בכל שנה. המשמעות של כל זה היא שהמנגנון הטבעי של הטמפרטורות וה- $CO_2$  שניהל את האקלים בכדור הארץ מאז ומעולם נשבר. ייתכן והיינו צריכים להסביר את העניין הזה כבר בכתבה המקורית ועל כך אנחנו מודים לפרופ' דובי שדחק בנו לעשות כן. לבסוף, טוען דובי כי מאמץ להקטין את הפליטות יפגע בראש ובראשונה בשכבות החלשות, במיוחד במדינות המתפתחות, וכי ממילא אין בידי האנושות את הטכנולוגיה שמסוגלת להחליף בצורה יעילה את הדלקים הפוסילים הישנים והטובים. ובכן, מדינות בכל רחבי העולם מוכיחות בדיוק את ההיפך, מגרמניה, הודו ועד מרוקו, כולן בונות מתקני ענק לאנרגיה מתחדשת ומצליחים להעביר חלקים גדולים מייצור החשמל שלהן לאנרגיה ירוקה וזולה. פיתוחים טכנולוגיים וייצור המוני העבירו את מחירי האנרגיה הסולארית לירידה חדה ובחלקים גדולים מהעולם (כולל בישראל) הם למעשה זולים באופן משמעותי מאשר אנרגיה ממקורות מסורתיים. לאחרונה קבע אחד הבנקים הגדולים בעולם כי מחירי הנפט יצטרכו לרדת ביותר מחצי כדי להתמודד עם המחירים של האנרגיה המתחדשת.

פיתוחים בתחומי התחבורה, המזון, החקלאות ובעיקר האנרגיה מבטיחים כי יש בידי האנושות את הכלים להפחית דרמטית את פליטות גזי החממה ולמנוע את הנזקים הקטסטרופליים של שינוי האקלים. זאת ועוד, למעבר לעולם שאינו תלוי באנרגיה פוסילית יש גם יתרונות כלכליים. המצב עגום אבל לא אבוד. כדי למנוע את האסון עלינו לשנות את אורחות חיינו, לצרוך פחות, לאכול פחות בשר, לטוס פחות. עלינו גם לפרק מנגנונים כלכליים אדירים ובעלי עוצמה וליצור שיתופי פעולה חוצי לאומים, אבל בראש ובראשונה עלינו להישיר מבט אל המציאות.



## ملحق 5

### مقال نير حسون كرد فعل لمقال يونتن دوبي "منكرو أزمة المناخ يعكسون واقع غير موجود" نُشر في صحيفة "هآرتس" بتاريخ 20.8.19

حسب طريقة بروفيسور يونتان دوبي، لا توجد حاجة لعمل أي شيء يتعلق بأزمة المناخ، لأنه لا توجد مشكلة حقيقية. إذا كان هو صادق وأخطئ جميع علماء المناخ، لا توجد مشكلة. لكن ماذا بالنسبة للإمكانية أن الجميع صادقين وروفيسور دوبي غير صادق؟ هل من المعقول أن نغامر في البشرية؟

يعتقد الكثير من الحركات البيئية المحيطة ومن النشطاء من أجل المناخ أنه لا يوجد مجال لنشر مقالات كمقال بروفيسور يونتان دوبي "أزمة المناخ؟ لا تتسرعوا في تصديق الإثباتات". وهكذا يصبح هذا النوع من المقالات نادر جداً في الحوار حول موضوع المناخ. السبب لا ينبع من الرغبة في أن نحد من حرية التعبير عن الرأي أو لا عدم التسامح مع آراء أخرى. السبب أن مقالات من هذا النوع تعكس واقع غير موجود. فهي تُنتج وهماً أن أزمة المناخ هي موضع نقاش علمي سياسي. لكن الحقيقة، أنه خارج هذه المقالات لا يوجد نقاش في الواقع. ليس حول السؤال، هل تسخن الكرة الأرضية بوتيرة خطيرة؟ وليس في النشاط البشري الذي أدى إلى هذا التغيير. لذا هذه المقالات تُنتج واقع مشوه. السبب الإضافي لذلك أنه على مر السنين اتضح أن هذا الشك في المناخ ليس بريئاً، بل نتج من جهود كبيرة لشركات النفط أن تخفي معلومات عن ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية، وأن تغرس الشك في قلوب الجمهور والسياسيون بالنسبة لأزمة المناخ. لا تُشير في الجملة الأخيرة إلى دوافع بروفيسور دوبي بالطبع.

في قسم البيئة المحيطة في صحيفة "هآرتس" لم يكن لدينا تردد في نشر هذا المقال، على الرغم من الانتقادات التي ستوجه لنا. كان صراعنا بسيطاً، ومن بين الأمور الأخرى، الحقيقة أن بروفيسور دوبي هاجم مقالاً نشرته مع تفسير رينات.

على الرغم من ذلك، من المهم أن نضع مقال بروفيسور دوبي في السياق الصحيح. العلم في طبيعته لا يُعطي إجابات كاملة وتنبؤات دقيقة، بل يترك علامات استفهام وتساؤلات.

منكرو أزمة المناخ ومن بينهم دوبي يتمسكون بشكوك وبعلامات استفهام لتفكيك نظرية كاملة. وهذا يشبه دعاة الخلق والتخطيط الذكي الذين يتمسكون بكل علامة استفهام من بينها لباحثون في النشوء والارتقاء كي يدعوا انهيار النظرية. ولكن مثلما لا يوجد علماء أحياء يختلفون مع مبادئ نموذج النشوء والارتقاء، لا يوجد علماء مناخ يدعون أن ظاهرة المناخ وحالة الطقس التي نشاهدها في السنوات الأخيرة ليست مرتبطة بانبعاث غازات الدفيئة.

صحيح ما كتبه بروفيسور دوبي أنه لا معنى للإجماع العلمي، بل للدلائل. لكن قوة النظرية العلمية بأنها تتحول إلى نموذج أساسي يشرح ظواهر متنوعة، وتندمج فيها أبحاث كثيرة من مجالات مختلفة تساهم في توسيعها. هذا ما حدث بالضبط مع نظرية ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية بسبب انبعاث غازات الدفيئة. في مرحلة معينة، توقف النقاش بين العلماء على هذه النظرية واليوم هي مقبولة على الجميع، ولا يوجد نموذج آخر يشرح ظواهر المناخ باستثناء ذلك الذي يأخذ بعين الاعتبار انبعاث غازات الدفيئة. دُكر بروفيسور دوبي استهتار العالم العلمي ببحث شبه البلورات للبروفيسور داني شختمن كإثبات أن الإجماع العلمي يمكن أن يكون غير صحيح. صحيح، هذا مثال استثنائي لثورة علمية. لكن من ناحية احصائية، عدد الآراء التي لا تتوافق مع الإجماع العلمي وأثبت أنها غير صحيحة أكبر بكثير من عدد الآراء التي اتضح في النهاية أنها صحيحة. شختمن استثنائي لأنه يمثل الاستثناء وليس العام.

חלל דוויי בכתביו און קוק מן שנת 2013, הדי חדד אן 97% מן الأبحاث تقبل الافتراض أن النشاط البشري مسؤول عن أزمة المناخ. هذا المقال هو أحد المقالات الأكثر اقتباسًا في المجال، وهذا المعطى منحه مكانة في حوار الجمهور حول الموضوع.

يعرض هذا المقال انتقادات من اتجاهات مختلفة بواسطة منكرو أزمة المناخ. حاول بعض العلماء إعادة الفحص الذي أجراه كوك. نُشرت سبعة أبحاث في دوريات علمية معروفة، ووجد جميعهم أن نسبة الموافقة بين العلماء تتراوح بين 90%-100%.

اتضح أيضًا أن الموافقة كانت أعلى كلما كان تخصص الكاتب قريب لعلوم المناخ وليس لمجالات قريبة (مثل: الكيمياء، الفيزياء وما شابه). بالإضافة إلى ذلك، عندما فحص باحثون الثلاثة بالمئة المتبقية من مقال كوك وجدوا في تلك الأبحاث أخطاء تُثيرهم.

لكن الأهم من ذلك، في العالم يوجد إجماع إضافي وأهم في هذا الموضوع، وهو الإجماع السياسي وهو مُطلق ليس أقل من الإجماع العلمي. 197 دولة، وهي جميع دول العالم، بما في ذلك الدول المنتجة للنفط، وقعت على اتفاق باريس. قاعدة الاتفاق هو التقارير العلمية التي تصف الكارثة التي تتدرج من صنع الإنسان. بالإضافة إلى حكومات العالم، يجب إضافة جميع المنظمات الدولية، بما في ذلك هيئة الأمم المتحدة، الاتحاد الأوروبي وجميع الوكالات العلمية الدولية. وهكذا في العالم الحقيقي الذي تُتخذ فيه قرارات، لا يوجد جدال.

يجب أن نسأل الآن، ماذا يجب علينا كبشر، منظمات ودول أن نعمل في الوضع الحالي. حسب طريقة دويي، لا حاجة للقيام بأي شيء، لأنه لا توجد في الواقع مشكلة. إذا كان هو صادق وجميع علماء المناخ غير صادقين، عندئذٍ لا توجد مشكلة، ونستمر في حرق الوقود المتحجرة، يستمر ثاني أكسيد الكربون في التراكم في الغلاف الجوي والمناخ يعمل ما يريد. لكن ماذا بالنسبة للإمكانية أن يكون الجميع صادقين وبروفسور دويي غير صادق؟ معنى ذلك، مغامرة خطيرة على حياة ملايين الناس، على سعادة ونهج حياة سائر البشر وعلى بقاء عدد لا نهائي من أنواع الكائنات الحية التي تعيش معنا على الكرة الأرضية. ما هو القرار العملي والأخلاقي الذي يجب أن نتخذه في الوضع الحالي؟ هل بسبب الاحتمال الضئيل للمؤامرة الخفية السرية أن جميع العلماء، الحكومات ومنظمات العالم غير صادقة ومضللة يجب علينا أن لا نعمل أي شيء؟

نتطرق الآن إلى الأخطاء التي وردت في مقال دويي، معظمها تكرر لادعاءات نسمعها بشكل متكرر من منكرو أزمة المناخ. على عكس الماضي، منكرو أزمة المناخ اليوم لا يدعون أن درجة حرارة الكرة الأرضية لا ترتفع. لا توجد طريقة أخرى لقراءة المعطيات. لا يختلف دويي مع ذلك أيضًا، لكنه يدعي أنه لا توجد علاقة بين انبعاث ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي وارتفاع درجة الحرارة. إثباته لذلك أن وتيرة ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية في بداية القرن الـ 20 تشبه وتيرة اليوم على الرغم من أن مستويات CO<sub>2</sub> في الغلاف الجوي كانت منخفضة.

عالم المناخ، بروفسور داني روزنفلد من الجامعة العبرية، يشرح أن الأبحاث قدمت إجابة على هذا السؤال. النماذج التي بواسطتها نتنبأ ارتفاع درجات الحرارة المستقبلية تُعيد قياس درجات حرارة العالم في الماضي. عندما نشغل النموذج دون تأثير الإنسان يُعيد جيدًا ارتفاع درجة الحرارة قبل 100 سنة وانخفاضها في منتصف القرن الـ 20، كما حدث بالفعل في الغالب لأسباب طبيعية. لكن، تُشير نفس النماذج إلى أنه في الحالة الطبيعية، كان يجب على الانخفاض الذي شعرناه في سنوات السبعينيات أن يستمر. الحقيقة أن الانخفاض لم يستمر بل ارتفع بشكل حاد نتيجة لنشاط الإنسان.

على الرغم من أنه لا يعترض على معطيات ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية الاستثنائية، يدعي بروفيسور دوبي أن هذا الارتفاع في درجة الحرارة لا ينعكس في عدد الأحداث المتطرفة في الطقس (لسوء الحظ، ليس في الرسم البياني الذي قدمناه في المقالة الأصلي). فهو يطرح سؤالاً مفتوحاً: كيف يمكن أن لا يؤدي مثل هذا الارتفاع الحاد في معدل درجة الحرارة العالمي إلى أحداث متطرفة في المناخ؟

ولكن حتى بدون الإجابة عن هذا السؤال، وبدون فهم الإحصائيات يمكن أن نرى بسهولة في الرسم البياني أن هناك زيادة قابلة للقياس في العدد الإجمالي للأحداث المتطرفة. النظام المناخي العالمي معقد ومتعدد المتغيرات بشكل لا يمكن قياسه، وفي بعض السنوات هناك انخفاض في عدد الأحداث ولكن الاتجاه واضح. علاوة على ذلك، أصبحت بعض الأحداث المناخية كبيرة جداً لدرجة أنها توحد حدثين أو أكثر حدثاً في الماضي، أي أنه إذا في الماضي تم عدّ موجتين حراريتين دامت ثلاثة أيام، فإن الموجة الحرارية التي تستمر ثمانية أيام تُحسب اليوم كموجة واحدة. يظهر في الرسم البياني انخفاض في عدد موجات الحرارة، على الرغم من تدهور الوضع.

يمكن أن تكون هناك أمثلة خاصة لأحداث مناخية متطرفة مضللة، وتميل وسائل الإعلام إلى المبالغة في بعض الأحيان في شدة الأحداث، وفي مدى علاقتها بأزمة المناخ العالمية. في الواقع، لا يمكن أن نربط حدث واحد إلى أزمة المناخ، لأن أحداثاً استثنائية حدثت في الماضي أيضاً، ولكن هناك الآن زيادة في تكرار وشدة الأحداث، كما تتوقع النماذج أن يحدث.

بعض الأحداث الاستثنائية التي شهدناها هذا العام تتعلق بلا شك بظاهرة ارتفاع درجة حرارة العالم: حرائق ضخمة في الدائرة القطبية الشمالية، موجات حرارة ضربت أوروبا والهند، فيضانات في مركز الولايات المتحدة، أحداث ثلجية غير معتادة في شمال الولايات المتحدة، فقدان الجليد في غرينلاند وغير ذلك. حدثت جميع الأحداث في الماضي، لكن ليس في نفس الشدة والتكرار الذي نراه اليوم.

يرفض دوبي أيضاً المخاوف بشأن ارتفاع مستوى سطح البحر، وهو يدعي أنه قبل 2750 عامًا كان هناك انخفاض في مستوى سطح البحر بوتيرة مماثلة وبالتالي "يمكن لهذه التغيرات الطبيعية أن تكون ممكنة". هل استناداً إلى حقيقة أنه في فترة الكتاب المقدس، كان هناك انخفاض في مستوى سطح البحر، يجب أن نطمئن عندما نرى ارتفاعاً حاداً لم نشهده من قبل؟ وهنا أيضاً، الحجّة غير واضحة، حيث لا يوجد خلاف على ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية، مما يعني انخفاض الجليد في الأنهار الجليدية وتوسع مياه البحر. إذا استمر ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية كما يتوقع جميع العلماء، يستمر ارتفاع مستوى سطح البحر أيضاً. هل يمكن مواجهة ذلك؟

دوبي يطمئنا أنها بطيئة للغاية، وأنا قادرون على مواجهة هذه المشكلة الهندسية بسهولة نسبياً. السؤال المهم الذي يجب طرحه هو من هم الذين نשמلمهم في كلمة "نحن". هل تشمل أيضاً سكان بنغلاديش أو جزر توفالو قبالة أستراليا وجورميت في الهند؟ لأنه يبدو أن المشكلة بالنسبة لهم ليست بسيطة على الإطلاق حتى اليوم.

الحجة القوية وفقاً لأقوال دوبي، هي حقيقة أنه لا يوجد ارتباط بين مستوى ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  ودرجة الحرارة، التاريخ (والرسم البياني الذي عرضناه في المقال الأصلي) يُثبت أن هذا الارتباط عكسي. وهذا يعني أن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى ارتفاع ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  وليس العكس. هذا يعني أنه لا داعي للقلق بشأن تركيز الغاز في الغلاف الجوي، لأنه لا يؤثر على درجة الحرارة على أي حال. حسناً، هناك حاجة إلى شرح أكثر تعقيداً. في الواقع، عبر

התאריך, حدث ارتفاع ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  بعد ارتفاع درجة الحرارة. لكن العلاقة بين الاثنين أكثر تعقيداً من ذلك.

الشرح: يتغير مسار الكرة الأرضية حول الشمس ببطء، نتيجة لذلك، في أوقات معينة ترتفع درجة حرارة الكرة الأرضية. عندما يسخن ماء البحر يستطيع أن يحتوي على كمية أقل من ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  وينبعث الفائض إلى الغلاف الجوي، وهذا يشبه كأس من مياه الصودا الساخنة، لذا يطرأ ارتفاع في  $CO_2$  في الغلاف الجوي بعد الارتفاع الأولي لدرجة الحرارة. يساهم ارتفاع ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  في ارتفاع إضافي في درجة الحرارة بسبب ظاهرة الدفيئة وهكذا دواليك. هذه آلية تغذية مرتدة (مردودية) تستغرق مئات السنين، وهذا ما يظهر في الرسم البياني.

في عصرنا، تسير الكرة الأرضية على مسار فيه كان من المفترض أن يكون هناك تبريد نحو عصر جليدي جديد (حوالي عشرة آلاف سنة) ولكن العامل البشري رفع مستويات ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  فوق أي مستوى كان في مئات الآلاف من السنين الماضية.

في الواقع، منذ فجر الإنسانية، لم يكن هناك أكثر من 300 جزء من مليون من ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  في غلافنا الجوي.

اليوم بلغ التركيز أكثر من 400 والمستوى يستمر في الارتفاع كل عام.

كل هذا يعني أن الآلية الطبيعية لدرجات الحرارة وثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  التي أدارت المناخ في الكرة الأرضية، قد تم كسرها دائماً. ربما كان من الواجب أن نشرح هذه الأمور في المقال الأصلي، ولهذا نشر البروفيسور دوبي الذي حثنا على القيام بذلك.

وأخيراً، ادعى دوبي أن الجهود المبذولة للحد من الانبعاثات تضر بالدرجة الأولى الطبقات الضعيفة، خاصة في البلدان النامية، وأنه على أي حال لا تمتلك البشرية التكنولوجيا لاستبدال الوقود الأحفوري القديم والجيد.

حسباً، أثبتت دول في جميع أنحاء العالم عكس ذلك تماماً، ألمانيا، الهند والمغرب، كلها تبني منشآت ضخمة للطاقة المتجددة، ونجحت في نقل أجزاء كبيرة من توليد الكهرباء إلى طرق تعتمد على طاقة خضراء ورخيصة.

أدت التطورات التكنولوجية والإنتاج الضخم إلى انخفاض حاد في أسعار الطاقة الشمسية، وفي أجزاء كبيرة من العالم (بما في ذلك في إسرائيل)، فهي في الواقع أرخص بكثير من الطاقة المستخرجة من المصادر التقليدية.

صرح أحد أكبر البنوك في العالم مؤخراً أن أسعار النفط يجب أن تنخفض بأكثر من النصف لتتماشى مع أسعار الطاقة المتجددة.

تضمن التطورات في مجالات النقل، الغذاء، الزراعة وخاصة الطاقة أن تمتلك البشرية الأدوات اللازمة للحد بشكل كبير من انبعاثات غازات الدفيئة ومنع الضرر الكارثي للأزمة. علاوة على ذلك، فإن الانتقال إلى عالم مستقل عن الطاقة الأحفورية له فوائد اقتصادية أيضاً. الوضع كئيب لكن يمكن تحسينه.

لتجنب الكارثة يجب أن نغير أنماط حياتنا، نستهلك أقل، نأكل لحمًا أقل ونطير بالطائرة أقل.

يجب علينا أيضاً تفكيك الآليات الاقتصادية الضخمة والقوية وخلق التعاون عبر الحدود الوطنية، ولكن أولاً وقبل كل شيء يجب أن ننظر إلى الواقع.

## נספח 6 – שאלות בעקבות קריאת מאמרים על מכחישי שינוי האקלים

1. האם המאמר של פרופ' דובי היה משכנע? נמקו.
2. פרופ' יונתן דובי עוסק בכימיה תיאורטית וניר חסון הוא עיתונאי ועורך מדור הסביבה בעיתון "הארץ". מדוע חשוב לקחת בחשבון את הרקע המקצועי של מביעי דעות בנושאים מדעיים?
3. ניר חסון טוען ש"רבים בתנועות הסביבתיות ובקרב פעילי אקלים סבורים שאין מקום עוד לפרסום מאמרים כמו מאמרו של פרופ' יונתן דובי". מה דעתכם בנושא?
4. האם יש "קונצנזוס מדעי" בנוגע לסוגיית שינוי האקלים?
5. מה דעתכם בנושא שימוש במודלי אקלים? האם כדאי להשתמש בהם למרות שמדענים לא יודעים הכל לגבי מערכות אקלים? האם כדאי להשתמש בהם למרות שמידת הדיוק שלהם לא מושלמת?
6. הביעו עמדה בנוגע לדברים של ניר חסון: " עתה יש לשאול מה אנחנו, כבני אדם, ארגונים ומדינות צריכים לעשות לנוכח המצב. לשיטתו של פרופ' דובי, אין צורך לעשות דבר שכן אין באמת בעיה. אם הוא צודק וכל מדעני האקלים טועים, אז באמת אין בעיה, נמשיך לשרוף דלקים פוסילים (מאובנים), הפחמן הדו-חמצני ימשיך להצטבר באטמוספירה והאקלים ממילא עושה מה שהוא רוצה. אבל מה לגבי האפשרות שכולם צודקים ודווקא פרופ' דובי טועה? המשמעות היא הימור כמעט מטורף על חייהם של מיליוני אנשים, על אושרם ואורח חייהם של כמעט כל שאר בני האדם ועל הישרדותם של אינספור מינים אחרים שחולקים איתנו את כדור הארץ. מה ההחלטה המעשית והמוסרית שיש לקבל לנוכח המצב הזה?"
7. פרופ' דובי כותב: "שגם לו היינו רוצים להקטין את פליטות ה- $CO_2$  של האנושות, לא נראה כי יש בידינו כלים לעשות זאת ללא השפעה דרמטית לרעה על איכות החיים". מה דעתכם בנושא? האם ניתן ללמוד משהו על היכולת של האנושות לשנות דפוסי התנהגות בתקופת הקורונה?
8. מהם הטיעונים של דובי והתשובה של חסון לגבי הקשר בין התחממות גלובלית לאירועי מזג אוויר קיצוני? ניתן למצוא עוד מידע בנושא בקישור הזה (אנגלית).
9. מהי התשובה של חסון לטיעונים של דובי בנוגע לעלייה במפלס הים?
10. אנו שוב עוסקים בשאלה של הקשר בין מתאם (קורלציה) לסיבתיות - בין ריכוזי פד"ח וטמפרטורות. פרופ' דובי טוען שהמתאם אינו מושלם ויש דוגמאות בהן הטמפרטורות עלולות לפני העלייה בריכוזי פד"ח. מה התשובה של חסון לכך?
11. הסבירו את המונח "cherry picking" במובן של הצגת נתונים מדעיים. כיצד אסטרטגיה כזאת יכולה לשרת מכחישי אקלים?

## תשובות למורה:

1. התייחסות למקור המידע - נמצא בעיתון מוכר (הארץ) ונכתב ע"י מדען. התייחסות לסגנון הכתיבה. התייחסות לשאלה - גם אם יש בכתיבה אמירות שגויות ומטעות, איך עלינו לדעת את זה? למעשה קשה מאוד ולכן נוכל לשאול- מי הכותב? מה ההכשרה שלו?
  2. כמו שלא היינו הולכים לרופא שיניים עם בעיות לב (או הפוך), גם חשוב לשים לב להתמחות של מי שמספר לנו על סוגיות מדעיות, במיוחד כאשר סוגיות אלו שנויות במחלוקת. המקור הכי מהימן למידע על משבר האקלים הוא מדעני אקלים שמפרסמים מאמרים מדעיים בנושא. מאמרים אלו עוברים ביקורת עמיתים וכך נוצר גוף עבודה רחב שבעצם מבוסס על הידע וניסיון של קהילת מדענים שלמה.
  3. בדיון יש להתייחס להבדל בין דיון בזירה המדעית לבין דיון בזירה הציבורית. כל מדען אשר רוצה לעלות טיעונים אשר סותרים תיאוריה או היפותזה מסוימת יכול לעשות זאת ע"י פרסום מדעי. כך המדע מתקדם ומתחדש. לעומת זאת, בזירה הציבורית לא קיים אפשרות לביקורת עמיתים - ניתן לדון מה הבעייתיות בכך.
  4. למרות שבמאמר של יונתן דובי מצטייר שלא (על בסיס ניתוח מאמר בודד בנושא) התשובה לכך היא כן. מספר מאמרים בדקו את הנושא (כפי שניתן לראות באיור). אין וויכוח בקרב קהילת חוקי האקלים בנוגע להשפעת האדם על האקלים.
  5. מודלי אקלים (בהם עסקנו בשיעור 5) אינם "האמת" אלא סימולציה המבוססת על משוואות מתמטיות אשר מתארות את מערכת האקלים. המודלים מהווים כלי מחקרי להעמקת ההבנה שלנו של מערכת האקלים וגם ככלי לתחזיות שונות לעתיד. ניתן לבחון את המודלים ב"תחזית לאחור" ולראות את רמת הדיוק שלהם. ניתן לקרוא עוד בנושא באן.
  6. בדיון אפשר להעלות את העובדה שפעילות האדם פוגעת בסביבה במובנים רבים (ולא רק בגלל שינוי אקלים).
  7. התייחסות למשבר האקלים מצריכה שינויים גדולים גם בחיי היומיום שלנו בפרטים (צרכנות/ תחבורה/ וכו'...) וגם שינויים מדיניים, כלכליים שצריכים לעמוד בלחצים של תעשיות מאוד חזקות. מכאן נשאלת השאלה - מהי איכות חיים עבורנו? האם בתקופת הקורונה בה נסענו פחות וצרכנו פחות האיכות נפגעה?
  8. הקשר בין אירועי מזג אוויר קיצוני ושינוי אקלים מאוד מורכב ומדעני האקלים מודעים לכך. דובי נותן דוגמא של סופות טורנדו והוריקן, שדווקא שם (כפי שראינו בשיעור 2) הקשר לשינוי אקלים פחות ברור. ניתן להראות את הגרף למטה אשר מציג את מידת הביטחון של מדענים שאירועי מזג אוויר מסוימים נגרמים ע"י התחממות גלובלית. חשוב להדגיש שזו תמונת מצב שמשנתה כל הזמן - הדברים מתבהרים ככל שחוקרים ולומדים עוד על המערכת.
- שאלות פתוחות וחוסר וודאות הן חלק בלתי נפרד מהמדע. מכחישי שינוי אקלים (ובכלל מי שרוצה לסתור טיעונים מדעיים) מנצלים עובדה זו כדי לפקפק בכל גוף העבודה המדעית.
- יונתן דובי מצביע על עליות וירידות נקודתיות אבל מתעלם מהמגמה הכללית (ובאקלים חשוב להתייחס למגמות ארוכות טווח) - המגמה היא בעלייה ברורה כפי שמציין חסון. בנוסף, חסון כותב אירועי קיצון מתגברים ומתארכים. ניתן לחזור לנתונים שראינו בשיעור 2.



## ملحق 6 – أسئلة في أعقاب قراءة مقالات عن منكري أزمة المناخ

1. هل كان مقال بروفيسور دوبي مقنعًا؟ عللوا.
2. البروفيسور يوناتان دوبي يبحث في مجال الكيمياء النظرية ونير حسون صحفي ومحرر قسم البيئة المحيطة في صحيفة "هآرتس". لماذا من المهم أن نأخذ بالحسبان الخلفية المهنية للأشخاص الذين يبدون آرائهم حول مواضيع علمية؟
3. يدعي نير حسون أن "العديد من الحركات البيئية المحيطة ونشطاء المناخ يعتقدون أنه لا مكان لنشر مقالات مثل مقال البروفيسور يوناتان دوبي". ما رأيكم في ذلك؟
4. هل هناك "إجماع علمي" حول قضية أزمة المناخ؟
5. ما رأيكم في استخدام النماذج المناخية؟ هل يجب استخدامها على الرغم من أن العلماء لا يعرفون كل شيء عن أنظمة المناخ؟ هل يجب استخدامها على الرغم من أن دقتها ليست مثالية؟
6. عبروا عن موقفكم بخصوص أقوال نير حسون: "علينا الآن أن نسأل ما الذي يجب علينا كبشر، منظمات ودول أن نفعله في مواجهة الوضع. وفقًا لطريقة بروفيسور دوبي، ليست هناك حاجة للقيام بأي شيء، لأنه لا توجد مشكلة حقًا. إذا كان على حق وكل علماء المناخ مخطئون، لا توجد مشكلة حقًا، نستمر في حرق الوقود الأحفوري (الوقود المتحجرة)، يستمر ثاني أكسيد الكربون في التراكم في الغلاف الجوي والمناخ يفعل ما يريد على أي حال. لكن، ماذا بالنسبة للإمكانية أن يكون الجميع على حق وأن البروفيسور دوبي على خطأ؟ هذا يعني أن نغامر بشكل متطرف على حياة الملايين من الناس، على سعادة ونهج حياة جميع البشر تقريبًا وعلى بقاء عدد لا يحصى من أنواع الكائنات الحية الأخرى التي تعيش معنا على الكرة الأرضية. ما هو القرار العملي والأخلاقي الذي يجب اتخاذه في مواجهة هذا الوضع؟".
7. كتّب بروفيسور دوبي: "حتى لو أردنا تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  التي ينتجها الإنسان، لا يبدو أن لدينا الأدوات اللازمة للقيام بذلك دون تأثير دراماتيكي سيء على جودة الحياة." ما رأيكم في ذلك؟ هل يمكن أن نتعلم أي شيء عن قدرة البشرية على تغيير أنماط السلوك خلال فترة الكورونا؟
8. ما هي حجج دوبي وإجابة حسون فيما يتعلق بالعلاقة بين ارتفاع درجة حرارة العالم وأحداث الطقس المتطرفة؟ يمكن الحصول على المزيد من المعلومات حول هذا الموضوع في هذا الرابط (الإنجليزية).
9. ما هو رد حسون على حجج دوبي حول ارتفاع مستوى سطح البحر؟
10. نتناول مرة أخرى مسألة العلاقة بين الارتباط والسببية - بين تركيز ثاني أكسيد الكربون ودرجة الحرارة. يدعي بروفيسور دوبي أن الارتباط ليس كاملاً، وهناك أمثلة ترتفع فيها درجة الحرارة قبل ارتفاع تركيز ثاني أكسيد الكربون. ما هو رد حسون على ذلك؟





11. אشرحו מושג "קטף הכרז". "cherry picking" פי סיאק עرض المعطيات العلمية. كيف تستطيع هذه الاستراتيجية أن تخدم منكري المناخ؟