

מעטפת פדגוגית לסירטון - ודאות בתחזיות ההתחממות

כתיבה: נירית לביא אלון, ייעוץ: שירה ליברטי

מצגת ההרצאה ~ סרטון

כתיבה והרצאה: פרופ' נילי הרניק ~ עריכת תוכן: שירה ליברטי עריכה מדעית: פורום האקלים

א. רקע

על מה מדברים בהרצאה?

🌟 **תקציר:** באיזו מידה כדור הארץ יתחמם עד שנת 2050 אם נמשיך לפלוט גזי חממה בקצב הנוכחי? בהרצאה, פרופ' נילי הרניק מסבירה למה שאלה זו היא פשוטה, אך התשובה מורכבת. פרופ' הרניק מסבירה ממה נובעת המורכבות בחיזוי הטמפרטורה העתידית, כיצד חוקרי אקלים מתמודדים עם אי ודאות במערכות האקלים ועושה סדר במה ודאי ומה פחות. לבסוף, פרופ' הרניק מראה שישנה ודאות גדולה שכדור הארץ ימשיך להתחמם בצורה משמעותית ומסבירה מהי אי הוודאות סביב תחזית זו.

למה מדברים על זה?

נראה שכולם רוצים וצריכים להבין בכמה עומד להתחמם כדור הארץ. אבל המדע לא נותן תשובה חד משמעית... תמיד באחוזים, תמיד בהסתברות.. למה? פרופ' נילי הרניק לוקחת את אחת המשימות הקשות והמורכבות במדעי האקלים - להסביר ולדייק איך המדענים יודעים, מה הם יודעים ומה לא? מדוע מדענים תמיד אומרים בסבירות של 90% שיקרה כך וכך, למה לא 100%? והאם ניתן לסמוך על המדע? פרופ' הרניק מסבירה לנו אמת מורכבת, אך רלוונטית הרבה מעבר לגבולות הדיון האקלימי - אין וודאות בחיים. אנו חיים במציאות של ניהול סיכונים והערכות, וכך גם המדע. החוקרת מסבירה לנו מהיכן נובעת חוסר הוודאות ביכולת המדענים לתת תחזיות מדויקות ואיך מתמודדים עימה. לבסוף פרופסור הרניק מסכמת בכמה הערות מוחלטות וחשובות. ההרצאה מדגימה כי חיזוי הטמפרטורה העתידית נעשה באמצעות מודלים המבוססים על חישובים מורכבים ואלו יוצרים גם רמה של אי ודאות. הבנת הגורמים לאי וודאות תסייע בביסוס ההתייחסות שלנו לתחזית.

על מה מדברים בהרצאה 🍎

ההרצאה בקליפת אגוז:

הקונפליקט בין וודאות לדיוק - החוקרת המרצה עוזרת לנו להבין כי תחזיות מדעיות הן כלי יישומי ולכן לעיתים אנו מעדיפים 'להתפשר' על מידת הוודאות כדי שנוכל לדייק מעט יותר. לדוגמה, הערכת הסיכוי לגשם בתחזית

מזג אויר יומית - התחזית אינה וודאית אך עוזרת לי לנהל את חיי. ובכך הופכת לכלי יישומי.

אנחנו באיזון - פרופ' הרניק מסבירה שכדור הארץ נמצא באיזון - אחרת הוא היה קופא או רותח. האיזון בין הגורמים המחממים (השמש וגם חימום משני וחוזר מגזי החממה) ומקררים (פליטות הרי געש עוצמתיות והיכולת של כדור הארץ לפלוט חום חזרה לחלל - ככל שכדור הארץ חם יותר הוא פולט יותר וזהו מנגנון קירור חזק ויעיל.

אם החימום תלוי בפליטת גזי חממה על ידי האנושות, אבל אנחנו לא יודעים כמה נפלוט - איך נתגבר על זה? הפתרון: חישוב השינוי הצפוי בטמפרטורה בעקבות פליטות בהשוואה למצב לפני המהפכה התעשייתית.

יש תהליכים טבעיים המשפיעים על החימום והקירור של כדור הארץ - איך נדע לקזז את השפעת התהליכים הטבעיים מאלו האנושיים? הפתרון: הרצת המודל הטוב ביותר הזמין לנו, הכולל את השפעת המערכת הטבעית, פעם אחת נריץ אותו עם תוספת גזי חממה ממקור אנושי ופעם אחת ללא, את התוצאות נשווה למציאות. כך נגלה אם המודל שלנו מתאר בצורה אמינה את המערכת הטבעית ואת התוספת האנושית. מהשוואה זו עולים שני דברים מעניינים: (1) המודלים עושים עבודה טובה בתיאור המערכת האטמוספירית (2) החל משנות ה-80 התחממות שאנו מרגישים ורואים בתצפיות בעולם כבר חרגה מתחומי המערכת הטבעית. כלומר היא כבר הרבה יותר חזקה מכל תופעה טבעית ולמעשה כבר די קל להפריד בין השפעת התהליכים הטבעיים להשפעת הפעילות האנושית.

תגובת המערכת לחימום - המשובים האקלימיים של כדור הארץ יכולים להגביר את החימום או דווקא למתן אותו. הבנה שלהם היא קריטית כדי לענות על השאלה מה תהיה התחממות. איך המשובים עובדים וכמה חוסר וודאות הם מכניסים לחישוב שלנו?

פרופ' הרניק מסבירה בתמציתיות את ארבעת המשובים המשמעותיים ביותר למערכת האקלים. החל במשוב פליטת החום (שתואר בתחילת ההרצאה) אשר אופן תגובתו לחימום ידוע מאוד ורמת האי-ודאות בו נמוכה, ועד למשובי העננים שיש בהם הרבה חוסר וודאות באשר לאופן השפעתם על מאזן האקלים. פרופ' הרניק מראה את הגבולות הידועים ומסכמת את תגובת המערכת לחימום ואת גבולות הוודאות.

בכמה יתחמם כדור הארץ? עכשיו שגם חוסר הוודאות היא ערך ידוע נוכל לחשב בכמה יתחמם כדור הארץ אם נכפיל את כמויות ה- CO_2 תשובה: בין 2.3 ל-4.6.

סיכום: בקצב הפליטות בהווה נכפיל את כמות הפחמן לאטמוספירה עד 2050 - במצב זה הסיכוי שכדור הארץ יתחמם בפחות ממעלה וחצי עד 2050 הוא כמעט אפסי

מושגים בסירטון: תחזית, טווח, ניהול סיכונים, אי וודאות, מאזן קרינה בסיסי, קרינת חום / קרינה אינפרא אדומה, מאזן דינמי, אל ניניו, מודל אקלימי, משוב טבעי - משוב חיובי, משוב שלילי, משוב אדי מים, משוב פליטת חום הטבעית של כדה"א (פלנק), משוב קרח, משוב עננים, משוב כמות המתאן באטמוספירה.

מתי ניגש להרצאה זו?

הרצאתה של פרופ' נילי הרניק היא למעשה סיכום תוך שימוש בידע שנרכש בהרצאות המפורטות מטה ונעשה בה מעבר בין [מדע בסיסי](#) למדע יישומי שמטרתו לענות על השאלה - בכמה יתחמם כדור הארץ כתוצאה מפליטת גזי חממה ע"י האדם? או מה קורה כשאנחנו רוצים להשתמש במדע בסיסי ולהכין כלי יישומי שיעזור לנו להתכונן לשינוי האקלים ולהבין בכמה עתיד כדור הארץ להתחמם כתוצאה מפליטת גזי החממה. לפיכך מומלץ לצפות בהרצאה זו לאחר לימוד הנושאים הבאים:

- מעלה וחצי | מחזור האנרגיה הקרינתית של כדור"א | פרופ' קולין פרייס 
- מעלה וחצי | תיאוריית גאיה ומשבים אקלימיים | פרופ' חזי גילדור 
- מעלה וחצי | מחזורי אקלים טבעיים | ד"ר יוני גולדסמית 
- מעלה וחצי | מהו מודל אקלים? | ד"ר אורי אדם 
- מעלה וחצי | המנגנון מאחורי אפקט החממה | פרופ' יוחאי כספי 

כמו כן, מוצע לגשת להרצאה זו כאשר בתהליך הלימוד בכיתה עולה הדיון על:

(1) הכחשת אקלים - הרצאה זו מציגה מענה לטיעונים הקשורים לחוסר הוודאות של שינוי האקלים. בהרצאה מוצג תחום הוודאות המדעית, כלומר מה המדע יודע להגיד מעבר לכל ספק.

(2) מהו מודל אקלימי: ניתן לצפות בהרצאה זו לאחר הרצאתו של ד"ר אורי אדם, ולהעמיק בבעיות של כמות הפליטות הצפויה, וה"רעש" הטבעי במערכת. דרך דיון והתמודדות עם קשיים אלו תוכלו ליצור תוכן מעניין מאוד.

אפשרות נוספת היא לפתוח בהרצאה זו כפתיח לשאלה מה יקרה בעתיד? ולאחר מכן להמשיך לקבוצת ההרצאות המציגות את ההשלכות של שינוי האקלים.

ב. העשרה והוראה משלימה

העמקה במושגים מדעיים מרכזיים

שימו 

ההרצאה זו עמוסה במושגים והסברים מורכבים. כדאי לעצור ולהתעמק על מנת להבין כל מושג לעומק לפני שממשיכים למושגים הבאים הנסמכים על הבנת קודמיהם. עלינו להיות רגישים מאוד לבדיקת ההבנה של הלומדים. במעטפת כאן תוכלו למצוא הרחבה וביסוס של הידע. אנחנו ממליצים מאוד להיעזר ב[מצגת של הסירטון](#) על מנת לעצור ולהבהיר לתלמידים את נושאי הסירטון.

חומרי העשרה נוספים לנושא זה: [From the experts: Climate models](#) (עשר וחצי דקות, תרגום אוטומטי)

מאזן קרינה בסיסי - קרינת השמש מגיעה לקרקע - חלק מהקרינה נבלע בקרקע וחלק מוחזר לחלל על ידי משטחים מסנוורים כמו עננים וקרח. כדור הארץ מתקרר כאשר הוא פולט קרינת חום (כזו שמרגישים כאשר שמים יד ליד תנור חשמל), המכונה גם קרינה אינפרה-אדומה. קרינת החום מושפעת מהטמפרטורה - כאשר כדור הארץ חם יותר, הוא יפלוט יותר קרינת חום ולהפך - כשהוא קר יותר, הוא יפלוט פחות. קרינת החום שנפלטת מכדור הארץ נבלעת בגזי החממה של האטמוספירה ואז נפלטת חזרה, כלומר גורמת להתחממות של האטמוספירה.

מאזן קרינה דינמי - מאזן הקרינה הבסיסי הוא דינמי, ולעיתים יוצא מאיזון, למשל כתוצאה מהתפרצות הר געש, האפר שנפלט לאטמוספירה, שווה בה מספר חודשים ומונע מחלק מקרינת השמש להגיע לקרקע, או שהוא בולע את קרינת השמש או שמחזיר אותה ולכן תורם לירידת הטמפרטורה. מצד שני, הגדלה של כמות גזי החממה באטמוספירה, גורמת לקרינה להיבלע באטמוספירה (כלומר מקטינה את פליטת הקרינה מכדור הארץ לחלל) וכדור הארץ מתחמם.

אל ניניו - תופעה אקלימית המתרחשת אחת לכמה שנים, של עלייה בטמפרטורת מי האוקיינוס השקט ביותר מחצי מעלת צלזיוס במערב אמריקה הדרומית. התופעה מתרחשת בסמוך לחג המולד - הולדת ישו ולכן נקראה בשם "הילד". עליית הטמפ' נמשכת בד"כ כחודש וגורמת לתופעות אקלימיות רחבות היקף כמו שינויים בלחץ אטמוספרי, בעוצמות וכיוון הרוחות, הופעת זרמים חמים באוקיינוס וגשמים באיזורים שבד"כ הינם יבשים, כמו גם תופעות מקומיות כמו תמותה המונית של דגים. מקור: [ויקיפדיה](#), [מכון דוידסון](#)

מודל אקלימי - "ייצוג מתמטי של הכוחות, התהליכים וקשרי הגומלין בין האטמוספירה, האוקיינוסים, פני הקרקע היבשתיים, קרחונים והשמש. משתמשים במודלים למגוון מטרות - החל מחקר הדינמיקה של מערכות מזג אוויר ומערכות אקלים ועד לתחזיות של האקלים העתידי ושינויי אקלים. המודלים ממדלים תופעות מסובכות מאד ולכן משתמשים בהם כדי לחזות מגמות על פני שנים ולא כדי לתת תחזית מדויקת לגבי אירוע או תאריך מסויים" (מקור: [אקו-ויקי](#)). את המודלים מריצים בעזרת מחשבים חזקים במיוחד, מנקודת התחלה שבוחרים (למשל לפני המהפכה התעשייתית) בסיטואציות שונות - למשל עם גורמים טבעיים כמו הרי געש ובלעדיהם, עם גזי חממה בשיעורים שונים ובלעדיהם.

חומרי העשרה נוספים לנושא זה: [Climate modelling](#) (שתי דקות, תרגום אוטומטי) [How do climate models work?](#) (דקה וחצי, תרגום אוטומטי).

משוב (feedback) או היזון חוזר - משוב הוא תהליך של גורמים המניעים שינוי ומשפיע בסופו של דבר על שינוי אחר, בדומה ל"אפקט הדומינו": הפרה קטנה של המערכת כלומר מכה קטנה בדומינו הראשון, יכולה

בסופו של דבר להפיל את אבן הדומינו האחרונה. נהוג להבחין בין משוב חיובי שמעצים את ההתחממות לבין משוב שלילי שגורם להתקררות. דוגמאות למשובים טבעיים המשפיעים על התחממות כדה"א:

משוב אדי המים - הוא משוב חיובי (כלומר מעצים את ההתחממות) שנובע מזה שאוויר חם מכיל יותר אדי מים. כידוע אדי מים הם גז חממה מרכזי, כלומר, אם נגדיל את כמות גזי החממה < הטמפרטורה של כדה"א תעלה גם בקרקע וגם באטמוספירה > האטמוספירה תכיל יותר אדי מים שיתאדו מהאוקיינוסים > אפקט החממה יגבר > הטמפרטורה תעלה וחוזר חלילה.

משוב פליטת החום הטבעית של כדור הארץ (משוב פלאנק) - משוב שלילי (כלומר מקטין את הטמפרטורה). כמות פליטת החום תלויה בטמפרטורה: פליטות גזי חממה < עליית טמפ' > ככל שטמפ' הקרקע עולה הקרקע פולטת יותר קרינה < ירידה בטמפרטורה.

משוב הקרח - הקרח גורם למשוב חיובי (כלומר מעצים את ההתחממות). כמות הקרח משפיעה על כמות הקרינה החוזרת ולכן משפיעה על טמפרטורת כדה"א: כשיש הרבה קרחונים, הרבה מהקרינה שמגיעה מהשמש מוחזרת לחלל ולא נבלעת בכדור הארץ. כשיש מעט קרח (בעקבות ההמסה), הרבה מאוד מהקרינה נבלעת בכדור הארץ וגורמת להתחממות. כך למשל, בעשורים האחרונים הקרקע התחממה הרבה יותר בקטבים, בייחוד בקוטב הצפוני, שבו חלה הידלדלות משמעותית בשטח הקרחונים וחל המשוב הזה.

משוב העננים - משוב העננים מורכב למדי ויכול להיות גם משוב חיובי וגם משוב שלילי, כתלות בסוג העננים (בגודל הטיפות, כמות אדי המים בענן, גובה הענן, המיקום שלו ועוד). נסביר: עננים מקררים אותנו (אפשר להרגיש זאת כאשר עובר ענן מעלינו ביום שמשי ונעשה קר יותר) משום שהם מחזירים את קרינת השמש (בממוצע עננים מחזירים כ- 15 אחוז מקרינת השמש לחלל). מצד שני, עננים גם מעלים את הטמפרטורה משום שהם בולעים את כל קרינת החום שמגיעה אליהם ופולטים אותה מחדש, (כך למשל לילות בלי עננים במדבר הם לילות קרים יותר ואילו לילות שיש בהם כיסוי עננים דק, הם הרבה יותר חמים). על פי רוב, העננים מקררים אותנו, כלומר, ללא עננות יהיה יותר חם בכדור הארץ. אולם, הערכה היא שכאשר הטמפרטורה תעלה, העננים יהוו משוב חיובי כלומר יגבירו את ההתחממות.

משוב כמות המתאן באטמוספירה - המתאן גורם למשוב חיובי (כלומר מעצים את ההתחממות). המתאן הוא גז החממה השלישי בהשפעתו, וכמו פחמן דו-חמצני ואדי מים, יש לו מקורות טבעיים במערכת (למשל ביצות) והוא נפלט גם בתהליכי ייצור אנרגיה (למשל מגז מחצבים). כשמעלים את הטמפרטורה, גם תהליכים ביולוגיים וגם תהליכים בקרקע או תהליכים גיאולוגיים יכולים לשנות את כמות המתאן כלומר להגדיל את גזי החממה ולגרום להתחממות.

הצעות לפעילות

1. דיוק ואי וודאות בתחזית

מטרת פעילות זו להבין את הקושי שביצירת תחזיות בהקשר לשני היבטים: דיוק התחזית ורמת הוודאות שלה, באמצעות תרגיל יישומי - בניית תחזית, בחינת הוודאות שלה, תחום טעות וניהול סיכונים.

נציג לתלמידים אתגר: אתם מעוניינים לארגן מסיבה ולהזמין כיבוד למשתתפים. יש לכם תקציב מוגבל לרכישת הכיבוד כך שלא תוכלו לרכוש מזון ללא הגבלה וכמובן שאתם לא רוצים לגרום לבזבז מזון. לכן עליכם להעריך (לייצר תחזית) של מספר המשתתפים הצפויים. מה תעשו לשם כך?

אפשר להעריך כמה אחוז מהאנשים שקיבלו את ההזמנה ישתתפו בפועל - מה תהיה רמת הדיוק של הערכה כזו?

אפשר לשלוח סקר / בקשת אישור השתתפות שכנראה תוביל לתחזית מדויקת יותר. האם התוצאה שתקבלו היא ודאית?

בקשו מהתלמידים לבנות תפריט לאירוע ולהציג את הנחות העבודה שלהם - מדוע בחרו בכמויות הללו? בקשו מהם להעריך את מידת חוסר הוודאות שיש בתחזית הזו...

לדוגמה: אם הזמנו 30 משתתפים, התקשרנו וביקשנו אישור הודעה בטקסט - נניח שעד 5 יגיעו מבלי להגיד ויש סיכוי ששניים יביאו חבר לא מוזמן. כלומר תחום האי וודאות שלנו הוא 7 משתתפים. מצד שני יש גם תחום וודאות - אנחנו יודעים שלא יגיעו 50 וגם לא 10 (כי דיברנו עם אנשים או שיש לנו נסיון עם המוזמנים האלה)...

המידע הזה מאפשר להבין היכן האי וודאות והיכן הוודאות נותן לנו את האפשרות לתכנן.

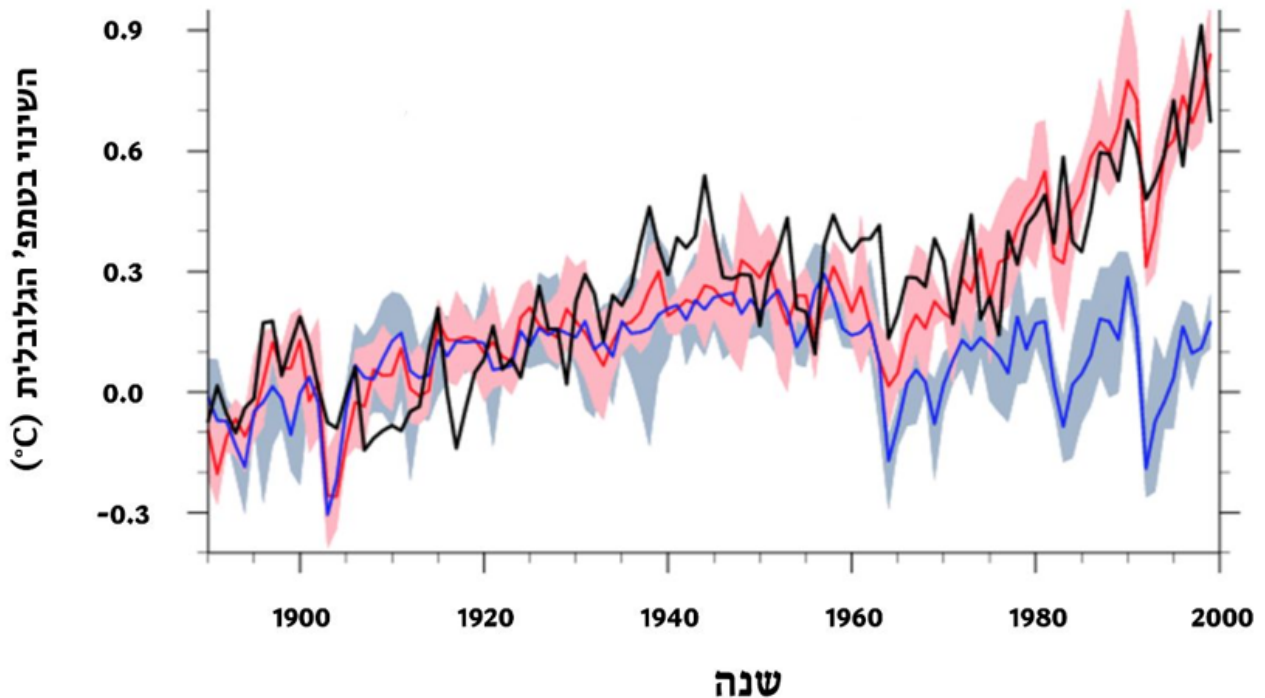
שימו לב - וודאות ואי וודאות, טווח טעות וניהול סיכונים הם מושגים מופשטים ולא ברורים מאליהם, ולכן כדאי למקסם את התובנות מהדוגמה. לאחר מכן, כשנדון על אקלים והמושגים יעלו זה יקל על ההבנה.

ברור שדוגמה זו היא פשוטה יחסית משום שיש לה רק משתנה אחד - האם המוזמנים יבואו או לא יבואו. מה קורה כאשר ברצוננו לבצע תחזיות שיש להן הרבה משתנים מורכבים, למשל כמה אוכל ושתיה כל אחד מהמשתתפים יצרוך במהלך האירוע, איזה סוג מזון או שתיה ניתן לשמור ומה עשוי להתקלקל ולהיזרק ועוד...

מיומנויות בפעילות: אוריינות מדעית: התמצאות מדעית, תכנון ביצוע והערכת מחקר.

2. השפעת הגורמים הטבעיים על עליית הטמפרטורה

נציג לתלמידים את הגרף המופיע בסרטון בדקה 9:00 ונסביר אותו לתלמידים: באדום אנחנו רואים את הרצת המודל עם השפעה של מקורות טבעיים יחד עם גזי חממה, בכחול - בלי השפעה של גזי חממה (כלומר רק תהליכים טבעיים במערכת) ובשחור רואים את התצפיות שנמדדו בשנים אלו (1890 - 2000).



נשאל -

- א. מדוע לקו האדום ולקו הכחול יש רקע בהיר שעוטף אותם? נסביר שזה טווח הטעות של המודל כאשר הקו הבולט מייצג את הממוצע.
- ב. באיזו שנה לערך חל שינוי משמעותי בין שני המודלים? ניתן לראות שמשנות ה-1980 בערך, יש פחות השפעה של השינויים הטבעיים במערכת בשני אופנים: א. הגרף האדום נפרד מהכחול, ב. העוצמה של השינוי בטמפרטורה משנות השמונים היא יותר גדולה בהשוואה לתנודות שהיו במערכת קודם.
- פרופ' הרניק מתארת את השינויים הטבעיים במערכת כ"רעש" שהפריע למדענים להראות את השפעת פליטות גזי החממה כתוצאה מהשפעת האדם על ההתחממות. עד שנות השמונים היה קשה להראות שההתחממות הנמדדת אינה טבעית. כיום (לצערנו) ההפרעה כל כך גדולה שכבר ברור שהיא לא חלק מהמערכת הטבעית.
- ג. נבקש לתאר מה ניתן להסיק מהגרף? ראשית אנו רואים התאמה בין ההרצה של המודל (באדום) למדידות האמיתיות (בשחור). כמו כן ניתן להסיק שגזי החממה גרמו באופן ברור לשינוי של עלייה בטמפ' הגלובלית.

מיומנויות בפעילות: אוריינות מדעית: הסבר מדעי של תופעות, פרשנות מדעית של נתונים וראיות.

3. השינוי הצפוי בטמפרטורה - המודל הישראלי

לשם המחשת השימוש במודלים לחיזוי אקלים נזמין את התלמידים לבחון את הטמפרטורות הצפויות בעתיד

בישראל. בשירות המטאורולוגי של ישראל חישבו את ממוצע הטמפרטורה עד לשנת 2100 על ידי שימוש במודלים של אקלים. זו כמובן רק הערכה... המדענים מציעים שתי תחזיות לפי שני תרחישים: אופטימית (עלייה מתונה יותר, אם תתרחש הפחתת פליטת גזי חממה לפי התחייבויות מדינות העולם) ופסימית (ללא שינוי בפליטות).

הזמינו את התלמידים להיכנס לאתר: https://makospecial.co.il/climate_change לבחור שנה שבה הם חושבים שיהיו להם כבר ילדים, על מנת לחזות מה תהיה הטמפרטורה בישראל לדור הבא, נניח בשנת 2040. בקשו שיבדקו מה הפער בין התחזית האופטימית לפסימית. כעת בקשו מהם לשער באיזו שנה יהיו להם כבר נכדים, נניח בשנת 2070 - מה יהיה צפי הטמפרטורות ומהו הפער בין שתי התחזיות.

בקשו מהם לשים לב לכתוב מתחת לגרף:
* אי-הוודאות בחיזוי לטווח ארוך גדולה, על כן הטמפ' הממוצעת משוערת בלבד. המודל מציג מגמה של התחממות לאורך זמן * הטמפ' לשנת 2022 היא אומדן. הערך הסופי ייקבע בסוף אוגוסט. אנשי השירות המטאורולוגי נוהגים בשקיפות ובזהירות ומדגישים את אי הוודאות שבתחזית, בפרט בהיותה תחזית לטווח ארוך במיוחד.

מיומנויות בפעילות: אוריינות מדעית: הסבר מדעי של תופעות, פרשנות מדעית של נתונים וראיות.

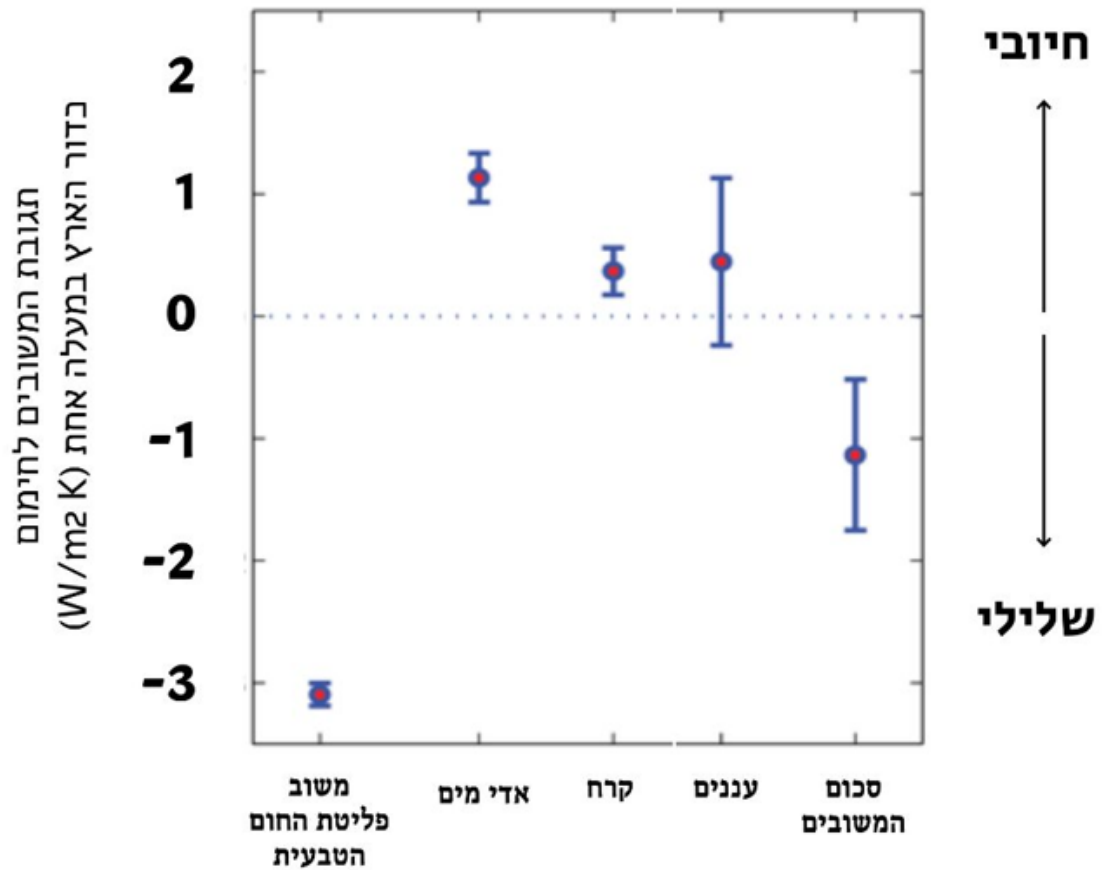
4. השפעת המשובים השונים על הטמפרטורה

בפעילות זו נבקש לבדוק את הבנת התלמידים לגבי השפעת המשובים השונים על התחממות הקרקע כתוצאה מעליה של מעלת צלזיוס אחת. נבקש מהתלמידים לרשום ולהסביר לגבי כל גורם (פליטת חום טבעית, אדי מים, קרחונים, עננים) - האם הוא משוב חיובי (שינוי הגורם לעליה בטמפרטורה) או שלילי (הגורם לירידה בטמפרטורה) ומדוע ואת השילוב ביניהם.

ניעזר בגרף המוסבר החל מדקה 14:45. נסביר לתלמידים שטווח הוודאות מושפע מאורך הקו משני צידי הנקודה האדומה. כשהמשוב השלילי חלש התחממות מאוד גדולה וכשהמשוב השלילי חזק התחממות קטנה.

כדאי לציין שאנחנו לא יודעים אלו משובים יתעוררו כשהטמפרטורה תעלה יותר, למשל בשתי מעלות צלזיוס בממוצע וצופים שיתעוררו משובים חיוביים שלא יודעים עליהם.

השינוי הנלווה בחימום של הקרקע כתוצאה מעליה של מעלה אחת עבור תהליכי משוב שונים



מבוסס על: Dennis Hartman Global physical climatology, 2nd edition

מיומנויות בפעילות: אוריינות מדעית: פרשנות מדעית של נתונים וראיות.

5. מה נעשה עד 2050?

פרופ' הרניק מציגה את ההערכות הכי עדכניות שנעשו על ידי צוות מדענים שעשה סינתזה של כל המאמרים שמנסים לענות על השאלה כמה כדור הארץ יתחמם כשנכפיל את פליטת גזי החממה ב-2050 בשלל שיטות, תוך חישוב ההשפעה של המשובים השונים. הטווח של שינוי הטמפרטורה הצפוי נע בין 2.3 מעלות צלזיוס לבין 4.6 מעלות. הטווח משתנה בהתאם לעוצמת המשובים. המדענים נתנו גם הערכה למידת הוודאות של התחזית הזו שהיא בין 66-90 אחוז.

נחזור לאתר [והרי התחזית](#) מפעילות 3 ונבקש מהתלמידים לגלול מטה עד להסכמים הבינלאומיים שנחתמו בנובמבר 2021 בוועידת האקלים בגלזגו שבסקוטלנד. בוועידה אושרה מחדש המטרה שהוגדרה בהסכם פריז להפחית את ההתחממות אל מתחת ל-2 מעלות עד מחצית המאה. בנוסף, נחתמו הסכמים הנוגעים לכריתת יערות, הפחתת השימוש בגז מתאן והפסקת השימוש בפחם. נבקש מהתלמידים לעיין בהסכמים השונים ולהתרשם ממספר המדינות שהתחייבו בהסכמים לצמצום פליטות מתאן, הפסקת שימוש בפחם ומניעת כריתת יערות וכן התחייבו על שנת היעד לאיפוס גזי החממה במדינה. נבקש שיבחנו בעיקר את מקומה של ישראל בהסכמים אלו.

לאור הנתון שפרופ' הרניק מציגה לגבי התחזית לשנת 2050, נשאל את התלמידים מה הם מציעים לעשות על מנת למנוע את פליטת גזי החממה ואת תחזית ההתחממות הזו? בהקשר זה אפשר להיעזר בפעילויות שפותחו במרכז בידינו: [התמודדות עם שינויי האקלים בדגש הנדסת אקלים](#), [התמודדות עם שינויי האקלים - התנהגות האדם: פחמן בצלחת](#); [התמודדות עם שינויי האקלים - התנהגות האדם: צמצום צריכת החשמל](#); [שינויי האקלים ואני - תחרות פרויקטים לצמצום פליטות](#).

מיומנויות בפעילות: חשיבה יצירתית - סקרנות ומקוריות, גמישות מחשבתית. אוריינות גלובלית - אחריות גלובלית.

לאן ניתן להמשיך לאחר הרצאה זו?

על מנת להשלים את המידע בהרצאה זו מוצעים מספר סרטונים שירחיבו את הלמידה:

- ☐ שאלה מתבקשת אחרי סרטון כה דרמטי זה - כיצד נימנע מהכפלת כמות הפחמן הדו חמצני באטמוספירה - הצעה לכיוון ניתן למצוא פה :
- מעלה וחצי° | אנרגיה היא הפתרון | פרופ' עינת אהרנוב  [והמעטפת הפדגוגית שפותחה לו](#)
- ☐ ניתן גם להמשיך אל הרצאתו של פרופ' יוחנן קושניר המסבירה באופן עמוק איך מודדים את הטמפ' של כדור הארץ. ואף מרחיבה את הידע של תחזיות אקלימיות על פי ה- IPCC מעלה וחצי° | 1.5 - שינוי הטמפרטורה של כדור הארץ | פרופ' יוחנן קושניר 
- ☐ כמובן שאם טרם עסקתם בהשלכות של שינויי האקלים - ניתן לשאול איך יראה העולם בהתחממות הצפויה של 2.3 עד 4.6 מעלות - אתם מוזמנים לצפות בפרק: [איך יראה העתיד?](#) פרופ' דניאל רוזנפלד
- ☐ פעילות נוספת בדגש [מודל אקלים באתר בידינו](#).