

יחידת הוראה מבוא לשינוי האקלים עבור מורים לתלמידי תיכון

מהדורה מותאמת לחינוך החרדי.

הותאם ופותח על ידי

ד"ר דבורה סמט רוטשילד - גב' רות אלמליח

תשפ"ד - 2024





כחמן דו חמצני ומחזור הפחמן

יחידה 5

פחמן דו חמצני ומחזור הפחמן

ידע למורה: כפי שלמדנו ביחידה 4, בעידן המודרני ריכוז יתר של פחמן דו חמצני (פד"ח) באטמוספירה הוא אחד הגורמים העיקריים להתחממות הגלובלית. היכרות עם הדינמיקה של פד"ח באטמוספירה מהווה בסיס חשוב להבנה של השפעת פעילות האדם על האקלים וגם לדיון בפתרונות לשינוי האקלים (ראו יחידת פתרונות). בשיעור זה נעסוק במחזור הפחמן בדגש על פד"ח. נלמד מה הם המקורות ומה הם המבלעים (גורמי סילוק) של פד"ח אטמוספרי. נפתח את השיעור באנלוגיית אמבטיה בה התלמידים יבינו שריכוז הפד"ח באטמוספירה נשלט ע"י כניסה וגם ע"י יציאה של פד"ח. בגוף השיעור נלמד על מנגנוני כניסה (מקורות) ומנגנוני יציאה (מבלעים) של פד"ח לאטמוספירה. בסיכום נחזור לאנלוגיה כדי לקשור יחד את מה שלמדנו.

מיומנויות בשיעור: אוריינות מדעית - הסבר מדעי של תופעות

פתיחה:

נפתח את השיעור באנלוגיה בה נשווה את הפד"ח באטמוספירה למים באמבטיה (ניתן לצייר אמבטיה על הלוח או להקרין את התמונה שמופיעה בהמשך). האמבטיה היא האטמוספירה והפד"ח המים. מים יכולים לזרום פנימה ולצאת החוצה מהאמבטיה. כאשר כמות המים שנכנסת לאמבטיה ביחידת זמן (שטף* המים פנימה) שווה לכמות המים היוצאת ליחידת זמן (שטף מים החוצה) - מפלס המים באמבטיה לא משתנה. אבל אם מעלים את שטף המים פנימה (הוספת פד"ח לאטמוספירה ע"י פעילות האדם) מבלי לשנות את השטף היוצא החוצה, האמבטיה תתמלא ולבסוף המים יגלשו החוצה. ע"י שימוש באנלוגיה זו, התלמידים יבינו שריכוז הפד"ח באטמוספירה נשלט ע"י גורמים שמזרימים פד"ח פנימה (מקורות) וגם ע"י גורמים שמוציאים פד"ח מהמאגר האטמוספרי (מבלעים או גורמי סילוק). בגוף השיעור נלמד על אותם המקורות ומבלעים לפד"ח. להלן הנחיות לדיון:

שימו לב - האנלוגיה אינה מושלמת. מה יקרה אם נעצור לחלוטין את פליטת גזי החממה ממקור אנתרופוגני (מעשה ידי אדם, אנתרופוגני)? באנלוגיה שלנו, זרם המים פנימה יקטן משמעותית ועודפי המים מתרוקנים מייד. בעולם האמיתי, לגזי חממה יש זמן שהות ממושך באטמוספירה. גם אם הפליטות יפסקו לחלוטין, ייקח שנים רבות עד שריכוזם באטמוספירה ירד.

* שטף - כמות החומר (למשל מים או אנרגיה) שנכנס/יוצא ליחידת זמן.

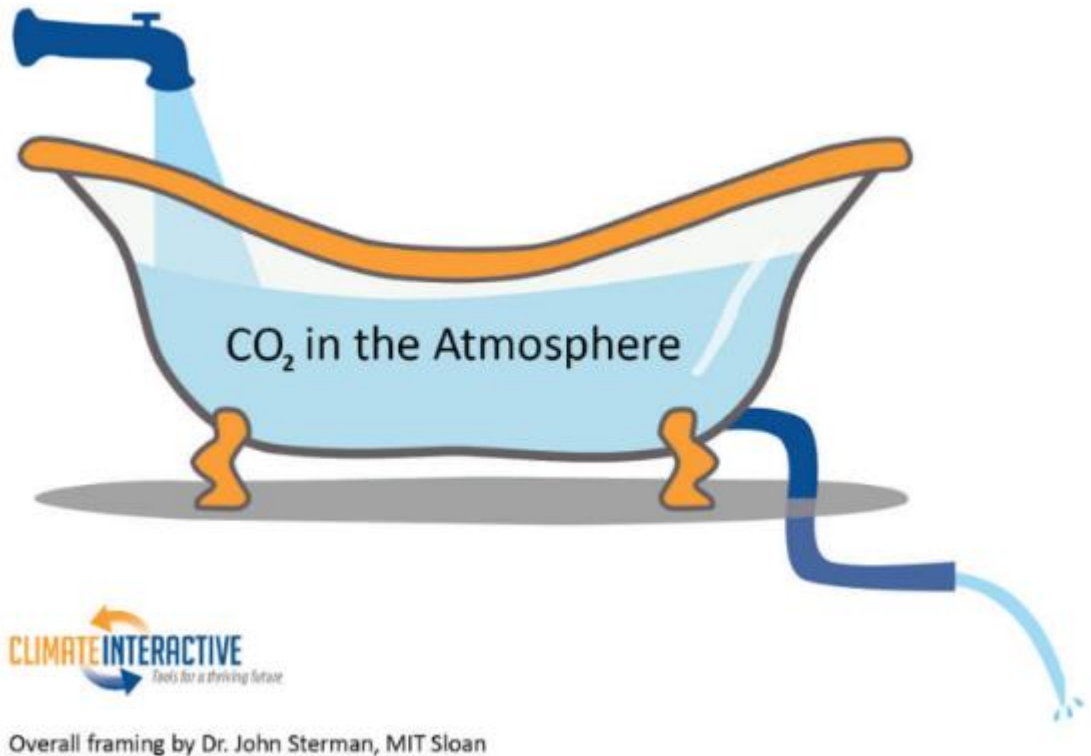
אנו יודעים שפחמן דו חמצני (פד"ח) הינו גז חממה (יחידה 3) שיש לו השפעה חזקה על אקלים כדה"א (יחידה 4). דמיינו שהאטמוספירה של כדה"א היא אמבטיה. מים נכנסים לאמבטיה דרך הברז ומים יכולים גם לצאת מהאמבטיה.

1. מה קובע את מפלס המים באמבטיה?

2. המים מייצגים את הפד"ח באטמוספירה. יש גורמים אשר מכניסים פד"ח למערכת וגם גורמים אשר מוציאים פד"ח מהמערכת. מה יקרה אם זרימת המים פנימה תגבר מאוד (בהנחה שכמות המים היוצאים לא משתנה)?

3. ככל שבני אדם ממשיכים לצרוך דלקים פוסיליים וכך לפלוט גזי חממה כמו פד"ח לאטמוספירה (האמבטיה), מפלס המים באמבטיה ממשיך לעלות. מה ניתן לעשות כדי להחזיר את מפלס המים ל"נורמה"?

בשיעור הזה נלמד על התהליכים כשמזרימים פד"ח לאטמוספירה (מקורות) וגם על התהליכים שמוציאים פד"ח מהאטמוספירה מיומנויות: אוריינות מדעית - הסבר מדעי על תופעות (מבלעים).



מקור: <https://www.climateinteractive.org/tools/climate-bathtub-simulation/>

תשובות למורה:

1. מפלס המים נקבע ע"י כמות המים שנכנסים ויוצאים ליחידת זמן. אם כמות המים הנכנסים שווה לכמות המים היוצאים ליחידת זמן, אז מפלס המים יישאר קבוע.
2. אם זרימת המים תתגבר - האמבטיה תתמלא.
3. על מנת להחזיר את מפלס המים ל"נורמה" יש להפחית את הזרם הנכנס פנימה או להגביר את הזרם היוצא החוצה.

גוף השיעור:

ניתן לנהל את השיעור כדיון ע"פ שאלות מנחות ודגשים או לחלופין ניתן לתת את השאלות בתור דף עבודה לתלמיד (נספח 1 - דף שאלות + תשובות למורה). ניתן לבחור את הרמה ואת דרגת ההעמקה אשר מתאימים לכיתה.

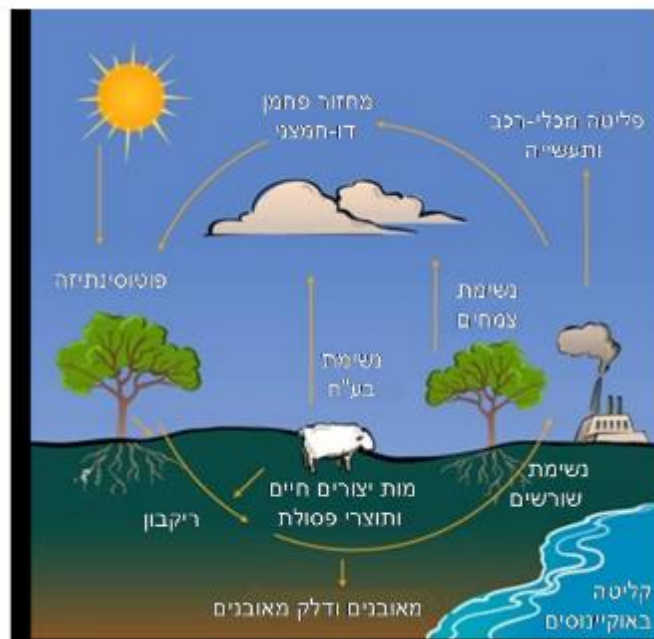
רקע לנושא כמחצית מהפד"ח שנפלט מבעירת דלקים פוסיליים נשאר באטמוספירה והחצי השני עובר למאגרי פחמן ביבשה ובים. ניתן לשים לב שבחצי כדור הארץ הצפוני הפד"ח מרוכז סביב מקורות פליטה

גדולים באירופה, אסיה וצפון אמריקה. הפד"ח אינו נשאר במקום ומתפשט עם הרוח הרחק ממקור הפליטה. חצי כדה"א הדרומי פולט פחות פד"ח ביחס לצפון.

בחצי הדרומי של כדה"א פוטוסינתזה בים (ע"י מיקרו-אצות) וביבשה (ע"י צמחים) גורמת לירידה בריכוזי פד"ח בחודשי הקיץ והאביב. ניתן לראות את הירידה הזאת כאשר הצבעים האדומים או סגולים נעלמים.

מיומנויות: אוריינות מדעית - הסבר מדעי על תופעות

מחזור פחמן לדוגמה (מקור האזור: מכון דוידסון)



המורה יעבור עם תלמידיו על האזור ויסביר את המקורות והמבלעים של הפד"ח תוך הדגשת נושאים שבד"ח פחות מוכרים לתלמידים כגון:

* קליטה של פד"ח ע"י הים (תהליכים פיזיקליים) – פד"ח מתמוסס בים.

* פוטוסינתזה בים – פוטוסינתזה ימית ע"י מיקרו-אצות חשובה מאוד ואחראית על כ-40% (ע"פ מכון וייצמן) היצרנות הראשונית בכדה"א.

* גם צמחים מבצעים נשימה תאית ומשחררים פד"ח (אבל הם נטו מבלע ולא מקור).

* רקבון של חומר אורגני מת משחרר פד"ח.

1. מהו המקור של דלקים פוסיליים? מה הקשר שלהם למחזור הפחמן?

המקור של דלקים פוסיליים הם צמחים ובע"ח שמתו בעבר, נקברו במעמקים ותחת לחץ החומר האורגני הפכו לדלקים פוסיליים. בדרך כלל חומרים אלו נותרים מתחת לקרקע אלא שבני אדם מוציאים אותם בקידוחים ושורפים אותם. בעירת דלקים פוסיליים משחררת פחמן לאטמוספירה, בצורת פד"ח, שהיה נשאר מתחת לקרקע אילולי פעילות האדם.

2. מה קורה בזמן בעירת דלקים פוסיליים?

שחרור של פד"ח (וגזי חממה אחרים) לאטמוספירה.

3. פעילות האדם "מעמיסה" על מחזור הפחמן, כיוון שהאדם מתקיף את מחזור הפחמן משני כיוונים". למה הכוונה בכך?

מצד אחד פעילות בני אדם גורמת לשחרור של פד"ח לאטמוספירה ע"י בעירת דלקים פוסיליים ומצד שני בני אדם גם כורתים עצים שהם מבלע חשוב של פד"ח.

מיומנויות: אוריינות מדעית - הסבר מדעי על תופעות

סיכום:

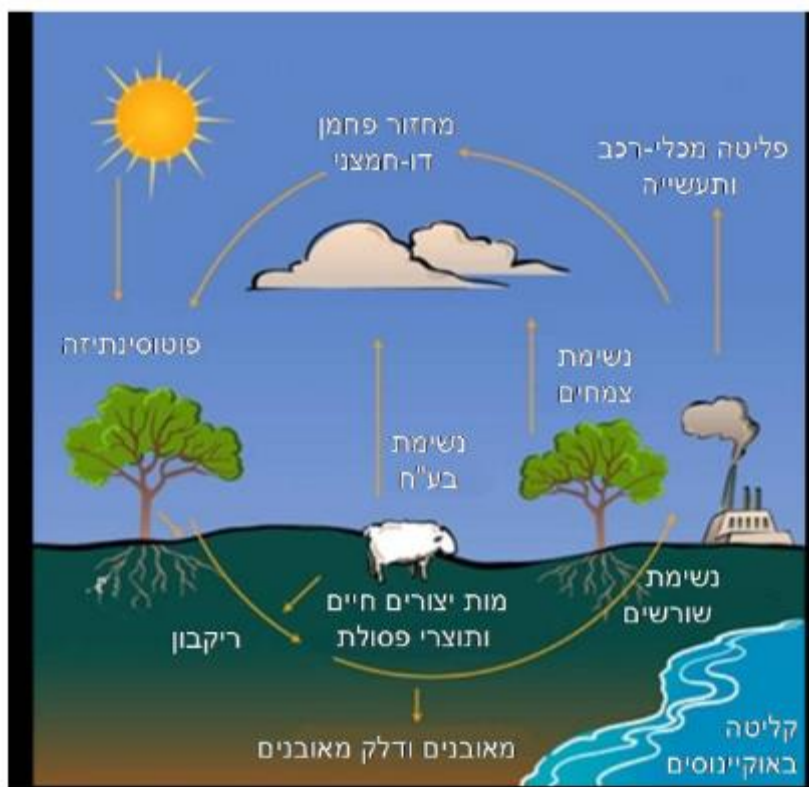
לסיכום נחזור לאנלוגיה של האמבטיה. נשאל את התלמידים:

- מה מייצג זרם המים פנימה (מקורות של פד"ח)?
- מה מייצג זרם המים החוצה (מבלעים)?
- ע"פ מודל האמבט - האם הם יוכלו לעלות רעיונות כיצד להתמודד עם התחממות גלובלית ברמת העיקרון? (רעיונות להקטין פליטות או לעלות את גורמי הסילוק).
- האם יש להם הצעות לאנלוגיות אחרות שיכולות לתאר את ריכוז הפד"ח באטמוספירה? (למשל, חשבון בנק)

מיומנויות: אוריינות מדעית - הסבר מדעי על תופעות

נספח 1 - שינויים בריכוזי פד"ח אטמוספירי בעולם

מחזור הפחמן. להבנת המחזור מופיעים איורים א' ו-ב' כאשר כל אחד מהם מדגיש נושא אחר במחזור הפחמן.



איור א.

האיור מראה את מחזור הפחמן עם דגש על הפד"ח באטמוספירה. רשמו את כל התהליכים שמהווים מקור לפד"ח וגם את אלו שמהווים מבלע (כלומר מסלקים) לפד"ח מהאטמוספירה.

הגדירו מה הם דלקים פוסיליים ומה הקשר שלהם למחזור הפחמן.

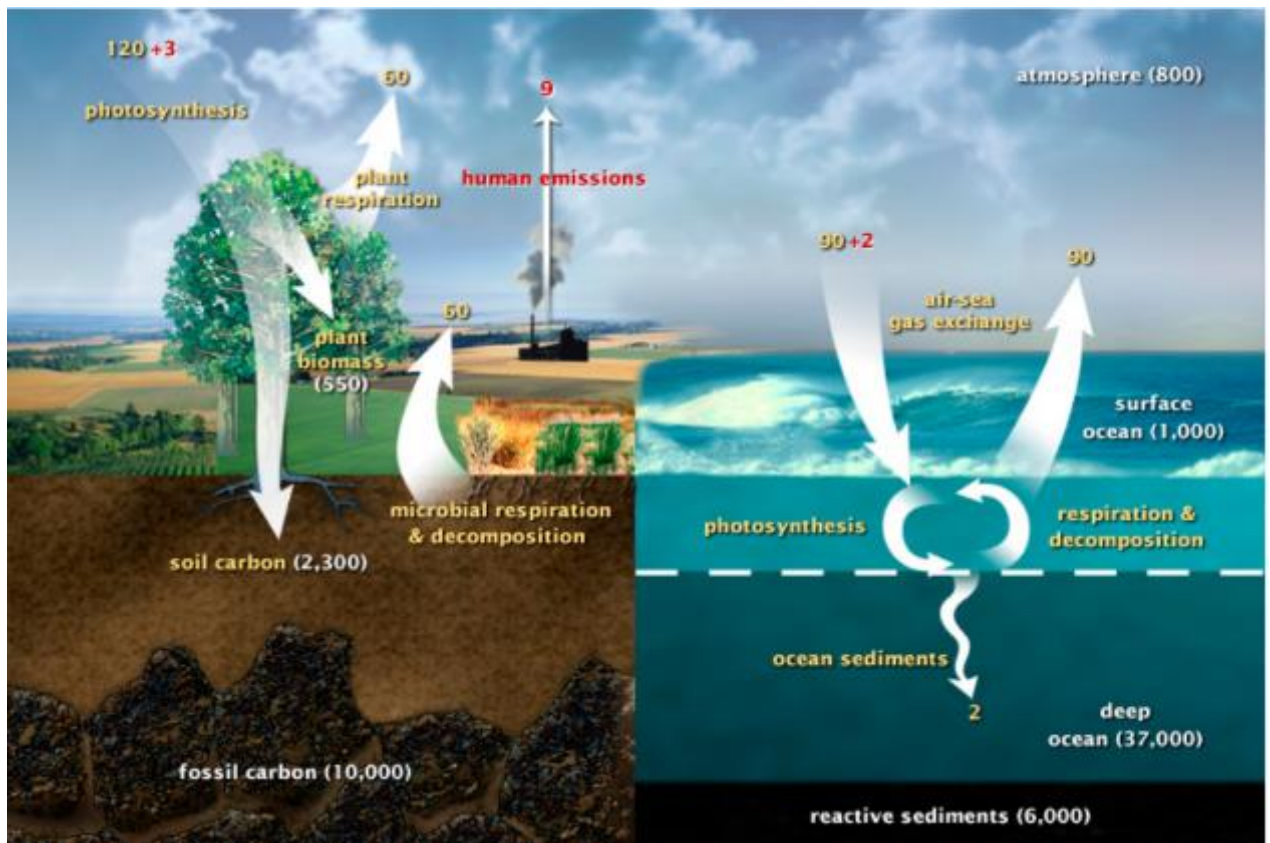
מקור האיור: מכון דוידסון

איור ב.

באיור ניתן לראות מאגרי הפחמן בלבן או בצהוב, כאשר גודל המאגר מצוין בסוגריים ליד שמו. כמו כן מוצגים השטפים השנתיים (כמות פחמן לשנה) של פחמן אשר עובר ממאגר אחד לשני. באדום מוצג פחמן שמקורו בעירת דלקים פוסיליים.

שאלות:

1. מהו המאגר הגדול ביותר של פחמן (מספרים לבנים בסוגריים)?
2. מה המאגר הכי קטן של פחמן?
3. שטף פליטות פחמן ע"י בני אדם אינם גדולים. למה בכל זאת יש להם השפעה כל כך גדולה?



מקור האיור: <https://earthobservatory.nasa.gov/features/CarbonCycle>

תשובות למורה:

מקורות ומבלעים לפד"ח באטמוספירה - הטבלה הבאה מפרטת את המקורות ומבלעים העיקריים במערכת ואינה מקיפה את כולם. הטבלה מסייעת להבנת איורים א' ו-ב'

מקורות לפד"ח אטמוספרי	מבלעים לפד"ח אטמוספרי
נשימה תאית תוצר לוואי של תהליך הפקת אנרגיה בגוף של יצור חי. אנחנו, צמחים, בעלי חיים וגם ויצורים אחרים כמו חיידקים פולטים פד"ח.	פוטוסינתזה / יצרנות ראשונית תהליך בו צמחים ויצורים פוטוסינתטיים אחרים כמו אצות הופכים פד"ח לסוכרים בעזרת אנרגיית השמש. יצורים אלו מקבעים פד"ח (תהליך הקיבוע הוא תהליך בו הופכים פחמן אי-אורגני, פד"ח, לפחמן אורגני בצורת סוכרים). *כמחצית מהיצרנות הראשונית העולמית מתרחשת בים!
ריקבון - תהליכי פירוק חומר אורגני ע"י חיידקים.	
התפרצויות הרי געש - פולטים פד"ח אבל מעט יחסית לשטפים אחרים של פד"ח.	הים - מאגר פחמן מאוד גדול. פד"ח אטמוספרי מתמוסס במים שם הוא נמצא לרוב כיון ביקרבונט. HCO_3 *האוקיאנוסים סופגים כמחצית מהפד"ח אשר נפלט לאטמוספירה כתוצאה מבערת דלקים פוסיליים.
בעירת דלקים פוסיליים - נפט, פחם, גז טבעי וכו'...	

מחזור הפחמן.

איור א. דלק פוסילי, דלק הנוצר מאורגניזמים מתים בסביבה חסרת חמצן.

קשר למחזור הפחמן - הפחמן הנמצא טמון בדלקים פוסיליים ואינו משתתף במחזור הפחמן ה"מהיר" המונע ע"י תהליכים ביולוגים כמו נשימה תאית ופוטוסינתזה. בני אדם כורים את הדלקים הפוסילים ושורפים אותם וכך משתחרר פד"ח לאטמוספירה ומצטבר שם.

איור ב.

1. לפי האיור, המאגר הגדול ביותר של פחמן הוא האוקיינוס העמוק.

2. המאגר הקטן ביותר של פחמן הוא ביומסה

3. השפעת שטף הפליטות של האדם היא גדולה: יש איזון טבעי בין התהליכים אשר פולטים ומסלקים פד"ח מהאטמוספירה: שטף פד"ח (מספרים צהובים) לתוך האטמוספירה נשימה תאית או מהאוקיינוס שווה לשטף הפד"ח אשר יוצא ע"י פוטוסינתזה ואל תוך האוקיינוס. בעירת דלקים פוסיליים מוסיפה פד"ח נוסף שאין לו לאן ללכת ולכן מצטבר באטמוספירה.

בנוסף, שימו לב שמאגר הפחמן באטמוספירה קטן ביחס למאגרים אחרים (כמו האוקיינוס למשל) ולכן הוא רגיש גם לשינויים קטנים. למעשה פעילות האדם מוציאה את הפחמן מתוך המאגר של דלקים פוסיליים ומעבירה את הפחמן הזה לאטמוספירה ע"י תהליך בעירה.

קשר למחזור הפחמן - הפחמן הנמצא טמון בדלקים פוסיליים בד"כ נשאר שם לפרקי זמן מאוד ארוכים ולכן אינו משתתף במחזור הפחמן ה"מהיר" המונע ע"י תהליכים ביולוגים כמו נשימה תאית ופוטוסינתזה. בני אדם כורים את הדלקים הפוסלים ושורפים אותם וכך משתחרר פד"ח לאטמוספירה ומצטבר שם.

הערה: על אף היותם של תהליכי שרפת דלקים פוסיליים מזהם ומקור גדול לפד"ח באטמוספירה איננו יכולים לוותר עליהם, כי אנו תלויים בדלקים פוסיליים: רכב, מכונת כביסה חשמל, מים זורמים וכו' ... בעירת דלקים פוסיליים מקנה לנו איכות חיים.

אף אם לא נגדיל את קצב השימוש בדלקים פוסיליים, אוכלוסיית העולם ממשיכה לגדול ויש גם צמיחה כלכלית במדינות מתפתחות וכתוצאה מכך דרישה לעליה באיכות החיים במדינות המתפתחות. המשמעות היא שמישהו כנראה יהיה חייב לוותר על איכות החיים.