המערכות האקולוגיות - הבסיס לקיומנו



כה רב בכל לא אובן מאליו

השימוש של בני האדם בשירותי המערכות האקולוגיות גדל מאוד במהלך המאה ה-20 וממשיך לגדול עוד בימינו. פעילות האדם פוגעת כיום קשות, לעתים בלי כוונה ובלי ידיעה, במרכיבים שונים של המגוון הביולוגי בעולם, למשל באוכלוסיות של מיני יצורים חיים או במערכות אקולוגיות שלמות ובשירותים שהן מעניקות.
לקצב השינויים יש השפעה מכרעת על עוצמת הפגיעה. כשקצב השינויים שנגרמים לסביבה בידי האדם גדל, עוצמת הפגיעה בסביבה גדלה, והמשך קיומם של שירותי המערכת נתון בסכנה ואינו מובן עוד מאליו.

בסיס לקיום

האם היינו יכולים לחיות על בדור הארץ, אילו היה כוכב הלכת שלנו ריק מחיים אחרים, אילו היו בו רק סלעים, מים וקרקע? מה היה אילו לא היו בו צמחים ובעלי חיים אחרים? האם היינו יכולים לייצר באופן מלאכותי תנאי סביבה ומשאבים הנחוצים לקיומנו, ובעיקר האם היינו יכולים לייצר את מזוננו?
ב**שטחים פתוחים** מתקיים **מגוון ביולוגי**, ובתוכם יכולים להתקיים גם המזון וחומרי הגלם שאנו זקוקים להם, גם הגידולים החקלאיים שאנו מגדלים וגם אנו עצמנו.

שירותי מערכת

אנו תלויים בטבע, גם אם לפעמים נראה שסביבת חיינו מנותקת ממנו במידה רבה. **המערכות האקולוגיות** בעולם תומכות בקיומנו ומעניקות לנו מן הטבע "שירותי חינם" שנראים לנו מובנים מאליהם:
1. אספקת מזון, מי שתייה וחומרי גלם;
2. קיום ותחזוקה של הסביבה המקומית, האזורית והעולמית;
3. חוויות והשראה ממפגש עם הטבע.

שירותי המערכת החיוניים ביותר קשורים בקרקע, במים ובאוויר. לעתים קרובות מרכיבים מסוימים של המערכת האקולוגית מספקים לנו יותר משירות אחד. דוגמה לכך היא התועלת המגוונת מעצים ויערות.

הכחדת מינים

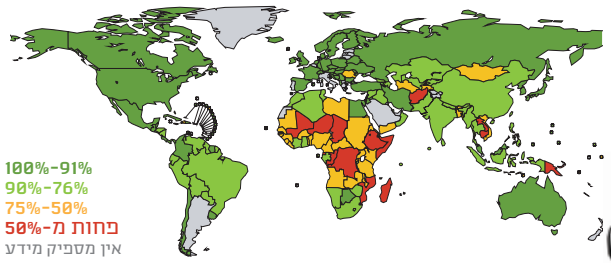
הכחדה של מינים והיווצרות של מינים חדשים הם חלק מתהליכי השינוי הטבעיים שחלים עם הזמן במערכות אקולוגיות.
בתקופתנו רוב ההכחדות של מינים הם **בהשפעת פעילות האדם**. בעיקר בגלל הרס של בתי גידול וניצול יתר או ציד לא מבוקר, שהגבירו מאוד את קצב הכחדת המינים. מעריכים שכיום קצב הכחדת המינים הוא גבוה פי 1000 ממה שהיה לפני אלפי שנים; בגלל ההידרדרות הנוספת הצפויה במצב הסביבה בעולם, צפוי שקצב ההכחדות יגבר ועלול להיות גבוה פי 10 מהקצב המהיר שבתקופתנו!
כיום הרס בתי הגידול המתחולל באזורים הטרופיים גורם לנזק הגדול ביותר מבחינה כמותית, מכיוון ששם חיים רוב מיני היצורים שבעולם.

הגורמים להיעלמות יערות באגן האמזונס, בשנים 2000-2005
(43 אלף קמ"ר מדי שנה)



150 אלף קמ"ר **יערות** אובדים לעולם **בכל** שנה, שטח הגדול פי 6 **משטח** מדינת ישראל.

אחוז האוכלוסייה שעומדים לרשותם מים נקיים, 2002



- ליותר ממיליארד אנשים ברחבי העולם אין גישה למי שתייה נקיים.
- בכל יום מתים 6,000 אנשים בעולם ממחלות הקשורות במים לא נקיים.
- 40 מיליארד שעות בכל שנה מתבזבזות בעולם על נשיאת מים, שבדרך כלל נעשית על ידי נשים וילדים.



מילון

אוכלוסייה ביולוגית
קבוצת פרטים מאותו מין של יצור חי בשטח מאכלסים שטח מסוים. אוכלוסייה קטנה מאוד יכולה להיעלם בגלל אירועים מקריים, כמו שרפה, בצורת או מגפה פתאומית שפוגעת במרבית הפרטים.

הכחדה
היעלמות מעל פני האדמה של מיני יצורים, של בתי גידול או של מערכות אקולוגיות שלמות. מין בסכנת הכחדה הוא מין שמספר הפרטים שבו קטן עד כדי כך שיש סכנה להמשך הישרדותו בעולם.

השפעת פעילות האדם
פעילות האדם יכולה לכעוג בשירותי המערכת ברמה מקומית, אזורית או עולמית: ממפגעי רעש ואור מקומיים, דרך התמעטות שטחים פתוחים, הצטברות מזהמים או דלדול משאבים, ועד הכחדות מינים ושינויי אקלים.

מגוון ביולוגי
המכלול והשוני שיש בצורות החיים על פני כדור הארץ: הקשת הרחבה של מיני יצורים ושל תכונותיהם, של בתי גידול ומערכות אקולוגיות ושל התהליכים וכלל יחסי הגומלין שבהם.

מערכת אקולוגית
כל היצורים החיים בשטח מסוים בסביבה וכל התהליכים ויחסי הגומלין שבין היצורים האלה לבין עצמם ובינם לבין הגורמים הדוממים (לא-חיים) שבאותו השטח. הפעילות של המערכות האקולוגיות ויחסי הגומלין בין היצורים שבהן הם מורכבים מאוד.

שטחים פתוחים
שטחים שאין בהם בנייה או כבישים ובהם מתקיימת מערכת אקולוגית כלשהי, כמו שטחי בור, שטחים חקלאיים, יערות ושמורות טבע. בעשורים האחרונים כמות השטחים הפתוחים בישראל הולכת ומצטמצמת במהירות, בעיקר במרכז הארץ.



קיימות - כי הכול קשור

מוזיאון המדע ע"ש ברנרד נלסון ירושלים (מרו)
متحف العلوم على اسم برنارد نلسون القدس
Bloomfield Science Museum Jerusalem

קריאה פסילה הכרזה

הכרזה מיועדת לתלייה בכיתה. כדאי לתלות אותה מספר ימים לפני תחילת העיסוק בנושא ולעקוב אחר תגובות התלמידים.

בשיעורים הראשונים מומלץ להקדיש זמן להתבוננות משותפת בכרזה ולקריאה פעילה בטקסטים - בכל שיעור בחלק אחר של הכרזה. פרק הזמן שיוקדש לעבודה המשותפת על הכרזה ישתנה משיעור לשיעור, לפי הצורך.

הצעות לעבודה משותפת על הכרזה:

להזמין את אחד התלמידים לקרוא טקסט מן הכרזה, ולאחר מכן לשוחח עם כל התלמידים על נקודות אלו:

- האם יש מונחים שאינם מובנים? - להבהיר אותם יחד, גם בסיוע המילון בתחתית הכרזה.
- אילו אסוציאציות (הֶקשרים) מתעוררות בעקבות הקריאה?
- כיצד מתקשרים הדברים שנקראו לנושאים אחרים שנלמדו?
- אילו שאלות מתעוררות בעקבות הקריאה? - לאפשר לתלמידים להציג את שאלותיהם.

אפשר לרכז את שאלות התלמידים על הלוח או על דף נייר ולשמור אותן להמשך העיסוק ביחידה זו. מדי פעם בפעם במהלך השיעורים כדאי לבדוק אילו מן השאלות הובהרו ואילו נותרו עדיין פתוחות.

כדאי לבקש מן התלמידים לומר במילים שלהם את הנאמר בכרזה, ולהוסיף ידע ודוגמאות משלהם. כמו כן, מוצע להתבונן עם התלמידים בתמונות שבכרזה ולדון בשאלות: אילו תמונות מייצגות את הנאמר? האם לדעתם הבחירה בהן נכונה ומדגימה היטב את הדברים? אילו תחושות התמונות מעוררות בהם? מה לדעתם מבטאת ההתרחשות בקומיקס?

בהצלחה!

צוות פיתוח - מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים
ניהול הפרויקט: אסנת בבלי
כתיבה ופיתוח: ד"ר תמר אחירון-פרומקין, אסנת בבלי
עיצוב גרפי: ואדיק באקמן
איור קומיקס: דניאל גולדשטיין
ייעוץ מדעי: ד"ר תמר אחירון-פרומקין
עריכת לשון: עדנה חכם-בסקין
צוות היגוי - המשרד להגנת הסביבה, אגף חינוך והסברה
זיוית לינדר
מאירה הלפר
צוות היגוי - משרד החינוך, מינהל מדע וטכנולוגיה
נירה קושינסקי
תצלומים:
מאגר תמונות iStockphoto
מפה- 2002 Drinking Water Coverage - The World Health Organization.

© תש"ע 2010, כל הזכויות שמורות למשרד להגנת הסביבה

המערכות האקולוגיות - הבסיס לקיומנו

מטרים מרכזיים

- המערכות הטבעיות מספקות לנו שירותים מסוגים שונים.
- מרכיבים מסוימים של המערכות יכולים לספק יותר משירות מערכת אחד.
- המערכת ויחסי הגומלין שבה מורכבים ופגיעים לפעילות האדם.
- לקצב השינויים שהאדם יוצר בסביבתו יש השפעה מכרעת על המידה שבה סביבתו נפגעת.

רקע כללי

מה הם יחסי הגומלין בין החברה האנושית לבין הסביבה הטבעית? האם בני האדם מסוגלים להתקיים בלי הסביבה הטבעית?
לפעמים נראה שסביבות החיים שיצרנו מנותקות במידה רבה מהעולם הטבעי, ונדמה לנו כי בזכות הידע המדעי והטכנולוגי המתקדם שהגענו אליו יש ביכולתנו לנהל את הסביבה ולספק את כל צרכינו באמצעים מלאכותיים. אולם עם הזמן מתברר יותר ויותר שהדבר אינו נכון. המערכות האקולוגיות מספקות לנו שירותי חינם מן הטבע - מזון וחומרים, תועלת מתנאים ומתהליכים - שנראים לנו כה מובנים מאליהם עד כי לעתים איננו מבחינים בהם או חושבים עליהם, אך למעשה הם הבסיס לקיומנו.

ביחידה זו ננסה להעמיק את הבנת המהות של שלושה מושגים מרכזיים: מערכת אקולוגית, מגוון ביולוגי, שירותי המערכת האקולוגית, ולהבין כיצד מושגים אלה קשורים לאורח החיים שאנחנו מנהלים.

ביחידה ו ("מה צריך כדי לחיות?") עסקנו בצרכים של יצורים חיים והקשר בין הצרכים האלה לסביבה שבה חיים היצורים. כעת נסתכל על יצורים חיים בקנה-מידה מרחבי גדול יותר. נתחום לנו יחידת שטח כלשהי, ונבחן מה קורה בתוכה - אילו קשרים ו**יחסי גומלין** (ראו ברשימת המושגים) מתקיימים בה בין היצורים החיים שמאכלסים אותה ובינם לבין המרכיבים הדוממים שבה. לאחר מכן ננסה לענות על השאלה: מה הקשר של אלה לחיינו אנו?

"מערכת אקולוגית" היא מונח שבו אנו כוללים את כל היצורים החיים באזור מוגדר במרחב - את כל הפרטים, ה**אוכלוסיות** ו**המינים הביולוגיים** באזור זה, את יחסי הגומלין ביניהם וכן את יחסי הגומלין בינם לבין מרכיבי הסביבה שאינם חיים (=דוממים, הסביבה האביוטית). ההגדרה של האזור התחום במערכת יכולה להיות שרירותית ולהימדד ביחידת שטח או ביחידת נפח.

במערכת אקולוגית כזו מתרחשים תהליכים. המונח **"תפקודי המערכת האקולוגית"** מקיף את כלל התהליכים המתקיימים במערכת האקולוגית, ובהם מִחזור של חומרים, של אנרגיה ושל חומרי הזנה מינרליים[1] . המונח נוגע לתהליכים המתקיימים ברמות השונות הכלולות בה (הפרט, האוכלוסייה או המין - תהליכים כמו הטמעה (פוטוסינתזה) וקיבוע פחמן[2], חילוף חומרים, תמותה וילודה) והמשפיעים על דפוסים ותהליכים ברמת המערכת האקולוגית כולה.

הפעילות של המערכות האקולוגיות היא מורכבת וכך גם יחסי הגומלין בין היצורים שבהן: בדרך כלל איננו יודעים בדיוק מה משפיע על מה ובאיזו מידה, מהי התרומה היחסית של מרכיב זה או אחר, וידיעותינו בשאלות אלה כלליות למדי.

בסביבות שונות יש מערכות אקולוגיות שונות. לדוגמה, יש מערכת אקולוגית של סביבה ימית, יש מערכת אקולוגית בנחל, מערכת אקולוגית בחורש ים-תיכוני ומערכת אקולוגית בחולות. מערכות אלו הן שונות זו מזו במרכיביהן החיים ובמרכיביהן הדוממים, אך יש בהן גם תהליכים דומים.

החיים על פני כדור הארץ מגלים עושר עצום. **מגוון ביולוגי** הוא מונח המתאר את המבחר, הטווח והשוני הכלולים בעושר זה: כשאומרים מגוון ביולוגי מתכוונים לכל הקשת הגדולה של כלל מיני היצורים החיים ושל תכונותיהם, של צורות גידול[3], של בתי גידול, של מערכות אקולוגיות ושל מכלול התפקודים במערכות אקולוגיות (כלל התהליכים ויחסי הגומלין שבהן). בעולם עושר המינים מרוכז בעיקר ביערות-עד הטרופיים, ולפיכך הרס בתי הגידול המתחולל כיום באזורים הטרופיים הוא החמור ביותר בהיבט הרחב, כלומר מבחינת כדור הארץ.

חשוב לציין שאף שהמחקר המדעי הביולוגי-אקולוגי להכרת מגוון המינים בעולם קיבל תנופה ניכרת בעשור האחרון, איננו מכירים את כל מיני היצורים שחיים כיום בעולם, במיוחד לא של חסרי חוליות, ויש בידינו רק הערכות בדבר מספר המינים הכולל שיש בקבוצות השונות. כלומר אנחנו יכולים היום רק לשער מהו היקפו האמיתי של מגוון המינים החיים היום על פני כדור הארץ. האו"ם החליט לייחד את שנת 2010 כשנת המגוון הביולוגי, ובשל כך מייחד גם משרד החינוך תשומת לב מיוחדת לנושא זה.

[1] מלבד מזון כמו פחמימות, חלבונים ושומנים, יצורים זקוקים גם לכמויות קטנות של חומרי הזנה (נוטריינטים), כדוגמת תוספי מזון, מלחים או ויטמינים. יש מהם שמתקבלים מיצורים חיים ואחרים מתקבלים מיסודות ותרכובות שונים שבסביבה או בקרקע. גם צמחים, המייצרים את מזונם בעזרת אנרגיית השמש צריכים שבמצע הגידול שלהם יהיו חומרי הזנה שונים, כמו זרחן, חנקן אשלגן ויסודות נוספים.

[2] קיבוע פחמן = הצמחים קושרים בהטמעה (פוטוסינתזה) פחמן, מפחמן דו-חמצני שבאוויר, לתוך מולקולה של סוכר (גלוקוז) שנבנית בתהליך זה. כלומר הפחמן מסולק מהאוויר ומעוגן בתוך גוף חי, ולפיכך קיבוע הפחמן מסייע להפחית את ריכוז הפחמן הדו-חמצני באטמוספרה ולהקטין את אפקט החממה.

שירותי מערכת

המגוון הביולוגי - המערכות האקולוגיות הטבעיות, המינים המרכיבים אותן והתנאים והתהליכים המאפיינים אותן - הוא התומך למעשה בקיום של בני האדם וברווחתם על פני כדור הארץ. תמיכה זו מתקבלת באופנים אחדים, וכולם יחד נקראים **שירותי מערכת**. שירותי מערכת אלה מְתַחזקים בראש וראשונה את המגוון הביולוגי עצמו ועקב כך הם יכולים גם להניב את התועלת המגוונת שהאדם מפיק מהם ישירות או בעקיפין.

את שירותי המערכת שהאדם מקבל מהמערכות הטבעיות נהוג כיום לחלק לארבע קבוצות ראשיות. נציין אותן ונציג להן דוגמאות:

א) שירותי אספקה - אספקה ישירה של מזון מהיבשה ומהים, מי שתייה ו**חומרי גלם**. הם כוללים חומרי גלם ומוצרים שהושגו ממערכות טבעיות כמו מזון מהצומח ומהחי (מן הבר ומבויתים), עץ (לבערה ולבנייה), סיבים שונים (לחוטים, לאריגים, לסריגים ולחבלים, לביגוד ולריהוט) ותרופות. נכלל בהם גם ייצור אנרגיה מסוגים שונים. אלו המרכיבים של שירותי המערכת שקל יותר לאמוד את ערכם הכלכלי הישיר, מכיוון שהם נסחרים בשווקים.

ב) שירותי בקרה - קיום, תחזוקה וויסות של הסביבה המקומית, האזורית והעולמית. הם כוללים תועלת מתהליכים במערכות אקולוגיות שמווסתים את הסביבה, כמו ויסות האקלים ומיתון מזג האוויר, צמצום ומיתון סכנת שיטפונות ובצורות, טיהור אוויר ומים, בקרה של מַחזוֹר המים, סילוק שפכים ומְחזוּרם, יצירת קרקע, הגדלת פּוֹרִיוּתה ושימורה לחקלאות וליערנות, בקרה של סחיפת קרקע, נטרול רעלים בקרקע, פירוק פסולת, פיזור תוצרי הפירוק ומְחזוּר נוטריינטים (חומרי הזנה, מינרלים), קיבוע פחמן בצמחים, מניעה או ויסות מחוללי מחלות וטפילים הפוגעים בצמחים, בבעלי חיים ובאדם.

ג) שירותי תרבות - חוויות והשראה ממפגש עם הטבע. הם כוללים תועלת לא-חומרית שנובעת ממערכות אקולוגיות, כמו הנאה אסתטית, גירוי אינטלקטואלי, פעילות פנאי ונופש, השפעה רגשית ונפשית, השראה רוחנית, תחושת מקום ושייכות ומורשת תרבות.

ד) שירותי תמיכה - אלו התפקודים החיוניים לקיום המערכות האקולוגיות ולייצור יתר השירותים. ביניהם נמנים ייצור ראשוני על ידי צמחים (בתהליך הפוטוסינתזה), מְחזוּר חומרים כמו חנקן, זרחן ופחמן, האבקת צמחים והפצת זרעים, כולל אלה של יבולים בחקלאות (ויש הכוללים בקבוצה זו את טיהור האוויר והמים ואת בקרת המזיקים והמחלות). שירותי התמיכה כוללים לפיכך את התנאים הנדרשים לקיום המגוון הביולוגי, הכולל מגוון מינים ומגוון גנטי.

לשם פשטות - בפרזות חיברנו יחד את שירותי הבקרה ושירותי התמיכה, וקראנו להם בשם "בסיס לקיום".

מרכיבים מסוימים של המערכת יכולים לספק יותר משירות אחד. דוגמה לכך הם מגוון סוגי התועלת מעצים ויערות. השירותים החיוניים ביותר קשורים בקרקע, במים ובאוויר. נכללים בהם שירותים הקשורים באספקה ישירה של מזון ושל חומרי גלם, באספקת מים ובקרה של מַחזוֹר המים בטבע, בסילוק שפכים ובמְחזוּרם, בוויסות האקלים, במיתון מזג האוויר וצמצום סכנת אירועים חריגים, ביצירת קרקע פורייה ובשימורה, בטיהור האוויר, בפירוק פסולת ובמְחזוּר נוטריינטים.

האם היינו יכולים לחיות על כדור הארץ, אילו היה כוכב הלכת שלנו ריק מחיים אחרים, אילו היו בו רק סלעים, מים וקרקע? מה היה אילו לא היו בו צמחים ובעלי חיים אחרים? האם היינו יכולים ליצור באופן מלאכותי תנאי סביבה ומשאבים הנחוצים לקיומנו, ובעיקר - האם היינו יכולים לייצר בעצמנו את מזוננו?

ב**שטחים פתוחים** מתקיים מגוון ביולוגי בתוך מערכות אקולוגיות, ובשטחים אלה יכולים להתקיים גם המזון וחומרי הגלם שאנו זקוקים להם, גם הגידולים החקלאיים שאנו מגדלים וגם אנחנו עצמנו. חשוב לציין שיצורים החיים במערכות האקולוגיות הטבעיות הם גם המקור לצמחים מתורבתים (הם נקראים אבות צמחי המזון, למשל חיטה ותירס) ולבעלי החיים המבויתים (למשל עז וכלב). במערכות האלה יש עוד מבחר גדול של יצורים שמהם האדם יכול לבחור ולהשתמש בגופם, ביכולותיהם או במוצריהם.

המונח "שירותי המערכת האקולוגית" משמש להדגשת הצורך בשמירה על משאבי הטבע בעולם בשל חיוניותם לפעילות האדם, מתוך זווית ראייה הממוקדת באדם ובצרכיו (גישה אנתרופוצנטרית). למה היה בכך צורך? המונח נטבע לפני כשלושים שנה כדי להדגיש את **תלותנו** במערכות הטבעיות ואת הצורך לשמרן **לצורך המשך הקיום האנושי**. זאת כיוון שעל אף הפעילות למען שמירת הטבע שנעשתה עד אז, העניין עדיין נתפס כמשהו חיצוני ונפרד מהחיים האנושיים ומהצרכים האנושיים; שירותי המערכת האקולוגית נתפסו כדבר מובן מאליו, כמשהו נתון שאנו יכולים לקחת כאוות נפשנו מהטבע.

זה כבר בכלל לא מובן מאליו

השימוש שבני האדם עושים בשירותי המערכת גדל מאוד במאה השנים האחרונות וממשיך לגדול עוד כיום. **פעילות האדם** משנָה ופוגעת, לעתים בלי כוונה ובלי ידיעה, פגיעה

[3] צורות גידול - ליצורים שונים יש מהלך חיים משלהם, שיכול להיות שונה לגמרי משל אחרים. למשל חרקים שמתגלגלים מביצה, לזחל, לגולם ולבוגר הם שונים מאיתנו, שאצלנו השלב הצעיר דומה למדי לשלב הבוגר, והם שונים גם מצמחים פשוטים, שאצלם יש שלב חיים נפרד של גופי הרבייה (המקביל לתא הזרע והביצית שלנו) ושלב חיים נפרד ליצור שנוצר מזיווגם; באותו יצור עצמו יכולות להיות צורות גידול שונות המושפעות מתנאי הסביבה ואף הזוויג יכול להשתנות לפי השתנות התנאים (למשל יש מיני דגים שאצלם אותו פרט יכול להיות זכר או נקבה, על פי השתנות של תנאים מסוימים בסביבתו).

גדולה במגוון הביולוגי במערכות אקולוגיות ובשירותים שהן מעניקות. **לקצב השינויים יש השפעה מכרעת על עוצמת הפגיעה**, ובגלל הפגיעה הגדולה במערכות אקולוגיות בעולם - המשך קיומם של השירותים האלה אינו מובן עוד מאליו אלא נתון בסכנה של ממש.

ה"ספרייה" הנושמת

אפשר לדַמות את המערכת האקולוגית לספרייה: הספרים שבה הם מינים שונים של יצורים. בני אדם "שואלים" מתוכה מינים שונים ומשתמשים בהם. יש הרבה "ספרים" כאלה, שיכולים להביא תועלת לאדם, אך בני אדם עדיין לא הכירו אותם ולא "קראו" בהם. אם יושמדו כל העותקים של ספר כלשהו - אף אחד לא יוכל לקרוא בו עוד.

הכחדת מינים פוגעת בשירותים שכבר מוכרים לנו. יתרה מזאת היא פוגעת בפוטנציאל האדיר הטמון במינים לא מוּכרים (או בתכונות לא מוּכרות אצל מינים מוּכרים) - פוטנציאל שאפשר היה לנצלו למגוון רחב של שימושים, לדוגמה: להשבחת יבול חקלאי ולהגדלת העמידות של גידולים, לפיתוח תרופות חדשות ולהפקת חומרי גלם חדשים, להדברה ביולוגית למינים מזיקים לאדם ולחיקוי של תהליכים מועילים לאדם באמצעים של ביוטכנולוגיה מתקדמת.

יערות הם דבר נפלא

יערות הם דוגמה נפלאה לכך שמרכיבים מסוימים של המערכות יכולים לספק יותר משירות מערכת אחד. למשל יש בהם מיני עצים שמספקים מזון ועץ כחומר גלם (=עצה לבנייה, לנגרות, להכנת נייר ומוצריו), הם מספקים מקור אנרגיה לבערה; כמו כן אפשר להפיק מעצים תרופות ותבלינים. עצים מעשירים את האוויר בחמצן הנחוץ לקיומנו ולקיום יצורים חיים אחרים, והם מסוגלים לספוח אליהם מהאוויר חומרים רעילים מסוימים וכך לטהרו. יערות מהווים גורם ממתן של טמפרטורת הסביבה, והם מעודדים היווצרות מקומית של משקעים. יערות מסייעים להחדיר את מי הגשם אל תוך האדמה, למתן עוצמת גשמים וסערות וכך למנוע את התמוטטות הקרקע והיסחפותה. השהייה ביערות או לידם משרה על אנשים שלווה ומעוררת אותם ליצירה.

הם אינם זקוקים לנו

"הם אינם זקוקים לנו, אלא אנחנו להם"

האקולוג אדוארד או. וילסון[4]

דוגמה לדברים האלה שאמר האקולוג וילסון מגולמת ביצורים הזעירים שבקרקע. אלה תורמים לפוריות הקרקע, ליכולתה לקלוט מי גשמים ולמחזר חומרים ופסולת, וליכולת של הצמחים שבה לייצר מזון.
כמות היצורים הקטנים שבקרקע היא עצומה ובלתי נתפסת. הזכרנו למעלה שרבים מאוד ממיני היצורים הקטנים אינם מוכרים כלל למדע, והיצורים שבקרקע הם דוגמה מצוינת לכך. במחקר שנעשה לפני כחמישים שנה בדנמרק העריכו מדענים שבמטר רבוע של אדמת מרעה יש בערך 50,000 תולעים קטנות, 50,000 חרקים ואקריות[5], וכמעט 12 מיליון תולעים עגולות (קבוצה אחרת של תולעים). בעבודה אחרת שנעשתה על יצורים זעירים בקרקע הוערך שבגרם אחד של קרקע יש מיליארדי חיידקים, ועוד מאות אלפי יצורים זעירים אחרים - 400,000 פטריות, 50,000 אצות ועוד כ-30,000 יצורים חד-תאים אחרים, רובם ממינים שאינם מוכרים למדע.

ראוי לציין כי המונח מגוון ביולוגי מדגיש את החשיבות של **כל היצורים** במערכת האקולוגית (ולאו דווקא את אלה שמושכים מסיבות שונות את לב האדם) ואת חשיבותם של ה**תהליכים והתפקודים** שהם מקיימים **יחד**.

ומה אצלנו?

בתחומי ישראל יש מגוון עשיר ביותר של בתי גידול ועושר גדול של יצורים, וכל אלה יוצרים יחד פסיפס ייחודי של מגוון ביולוגי, ומעניקים לנו שירותי מערכת רבים. המגוון הביולוגי בישראל עשיר במיוחד הודות למקומה בצומת דרכים שם נפגשים יצורים שהגיעו ממקורות שונים (אזורי מוצא ביוגאוגרפיים) - יצורים ממקור צפוני (אקלים גשום באירופה), יצורים ממקור ערבתי (ממערב אסיה), יצורים ממקור מדברי (מצפון אפריקה), יצורים ממקור טרופי (דרך השבר הסורי-אפריקני ודרך ים סוף). למיקום הייחודי הזה נוסף מגוון פיזי - על פני שטח לא גדול יש בישראל מעבר בין טיפוסי אקלים, בין סוגי מסלע וקרקע ובין מופעים שונים של פני הקרקע (טופוגרפיה). ואם לא די באלה, פעילות האדם בתחומי הארץ במשך עשרות אלפי שנים גם היא השאירה את חותמה על הנוף ועל המינים שאפשר למצוא בנופים מסוימים.

הרכב המינים במקומות שונים בארץ משתנה כתלות בתנאי האקלים במקום, בקרבה לאזורי המוצא של היצורים השונים ובאינטראקציה בין מינים שונים החיים באותו אזור. תפוצת המינים (המקומות הגאוגרפיים שבהם הם נמצאים) נקבעת לפי זמינות בתי הגידול המתאימים להם, שאליה מתווספות השפעות של פעילות האדם. בישראל יש מינים יציבים, שחיים בה כל השנה, ונוסף להם יש בה מינים אורחים בעונות המעבר - ישראל מיוחדת בכך שהיא מצויה על ציר נדידה אווירי, ימי ויבשתי למינים רבים של בעלי חיים, ואלה מתעכבים בה לשהייה זמנית בבתי גידול לאורך נתיב נדידתם.

[4] מחשובי העוסקים היום במגוון הביולוגי בעולם, פעיל במיוחד במחקר באזורים טרופיים וממקדמי פעילויות לשמירת מגוון המינים העולמי. ספרו "רבגוניות החיים" תורגם לעברית בשנת 2003, ויצא לאור בהוצאת מאגנס, האוניברסיטה העברית, ירושלים.
[5] קבוצת פרוקי רגליים המשויכת למחלקת העכבישניים.

בתחומי ישראל חיים כיום כ-2,400 מינים של צמחי בר, כ-530 מיני עופות, כ-100 מיני יונקים וכ-100 מיני זוחלים; מלבדם יש בארץ עשרות אלפי (!) מינים של פרוקי רגליים ונציגים רבים של קבוצות נוספות - שעליהם איננו יודעים הרבה. כל אלה חיים בכ-20 מערכות אקולוגיות ביבשה ובמערכות אקולוגיות אחדות של מים - בנחלים, באגמים ובימים.

כמו בעולם כולו, גם בישראל יש איומים רבים על המגוון הביולוגי ועל שירותי המערכת שהוא מעניק לסביבה ולאדם. במדינת ישראל יש שילוב ייחודי של מאפיינים: מצד אחד שיעור גבוה של גידול האוכלוסייה שמאפיין מדינות מתפתחות ומצד אחר יכולות טכנולוגיות גבוהות שמאפיינות מדינות מפותחות; חלקה הצפוני של המדינה (מבאר שבע צפונה) הוא מהצפופים בעולם המערבי מבחינת מספר התושבים ליחידת שטח, ולפיכך לחצי הפיתוח על השטחים שעדיין נותרו פתוחים הם גבוהים במיוחד. במצב כזה יש חשיבות מיוחדת להגן על הטבע שנותר לא פגוע ועל שירותי המערכת ההולכים ומצטמצמים, משום שהם צריכים לתמוך באוכלוסייה שהולכת וגדלה.



הַקָּשֶׁר בין מערכי השיעור

יחידה זו מציעה פגישה מחודשת עם רבגוניות החיים עלי אדמות, והפעם כאמור מנקודת מבט אנתרופוצנטרית (שבה האדם במרכז): ננסה לבדוק כיצד המכלול של הטבע ומרכיבים מסוימים שבו הם שמאפשרים את קיומנו, נבין שהתשתית לקיומנו נתונה כיום בסכנה וננסה להבין את הסיבות המורכבות לכך.

איך מתקשרים מערכי השיעור לסיפור הכולל המוּצָע בפרזה?

1 בשיעור הראשון - **שירותי חינם מן הטבע** - אנו פותחים בהצגת הרעיון של שירותי המערכת האקולוגית וחשיבותם לקיום האנושי. נזהה את שירותי המערכת החיוניים ביותר, הקשורים באוויר, במים ובקרקע ונמצא דוגמאות לכל אחד מהם. באמצעות המפה המציגה את זמינות מי השתייה בעולם מודגמת בפרזה גם חלוקה לא שוויונית של תועלת משירותי מערכת בין אוכלוסיות בני האדם על פני כדור הארץ. ההבדלים בזמינות מי שתייה בעולם נובעים מהבדלים בין מדינות במידת המשקעים, ברמת הטכנולוגיה, באיכות התשתיות, בתנאי התברואה ובתרומת האדם להידרדרות מצב הסביבה, כמו מִדבּוּרוּ ודלדול מי התהום שבה.

2 בשיעור השני - **אספקה, בסיס לקיום והשראה** - אנו ממשיכים להציג שירותי מערכת נוספים ולסווגם לשלושה סוגים עיקריים. חשוב לציין את סוגי התועלת שקשה יותר לכמת אותם, כמו תועלת הקשורה בהשראה או תועלת הקשורה בקיום ובתחזוקה של הסביבה, מכיוון שהמערכות הכלכליות שלנו כיום אינן מקנות להן ערך ישיר. בפרזה - לצד תמונת עץ השקמה מפורטות דוגמאות אחדות לשירותי מערכת, כמו: ייצור חומר אורגני, קיבוע פחמן, שחרור חמצן, אספקת צל לנופש בחיק הטבע והשראה. אפשר להצביע על הדוגמאות המופיעות בתמונות למזון, תבלינים ותרופות ולאספקה של חומרי גלם.

3 השיעור השלישי - **מהו מגוון ביולוגי?** - מפגיש אותנו עם המושג "מגוון ביולוגי". ננסה להבין את מורכבותו של המושג - שכולל את המצאי בשטח (מה שיש) ואת התפקוד של מצאי זה (אופן הפעילות של המרכיבים - ביחד או בנפרד). עיקר המגוון הביולוגי בעולם מרוכז ביערות הטרופיים; מדענים מעריכים שאחוז גבוה של המגוון באזורים אלה עדיין אינו מוכר למדע. בפרזה מוצג היקף הפגיעה של האדם ביערות הטרופיים (ועוד על סכנות ואיומים למגוון הביולוגי נלמד בשיעור החמישי).

4 בשיעור הרביעי - **מבט מקרוב: מה יש לנו בארץ?** - מהמבט העולמי נעבור למבט אזורי ונתקרב יותר - למבט מקומי. נכיר נופים שונים של מערכות אקולוגיות בארץ, על המגוון הביולוגי שבהן. נבדוק אילו שירותי מערכת אנחנו יכולים למצוא בארץ, ואילו שירותי מערכת אפשר למצוא בסביבתנו הקרובה. רצוי לשלב סיור בשיעור זה כדי להקל על התלמידים לראות אלמנטים מוכרים מהסביבה מנקודת מבט שונה.
בפרזה עץ שקמה ענק מייצג מרכיב של המגוון הביולוגי בישראל. עץ כזה מספק שירותים הקשורים באוויר (קיבוע פחמן ושחרור חמצן, סילוק מזהמים), במים (מסייע בהחדרת גשם למי התהום), בקרקע (מייצב קרקע ומונע סחיפתה). הוא מספק פירות למאכל - שקמים - לאדם (בעבר) ולחיה (גם כיום, למשל לצבאים ולעזים). בצֵלו חיים יצורים אחרים, צמחים ובעלי חיים גדולים וקטנים. לאדם צֵלו מספק מקום מנוחה בחיק הטבע, ונופו המפואר הוא מקור להשראה ולשלווה. בעבר סיפקו ענפים ממנו גם מקור אנרגיה לבערה. כמין שיובא לארץ בתקופות קדומות הוא נושא עמו מורשת מקומית חקלאית והיסטורית, וחוקרים עסקו בביולוגיה המעניינת והייחודית שלו.

5 השיעור החמישי - **סיכונים ואיומים** - מציג תהליכים שמאיימים כיום על המגוון הביולוגי ולפיכך גם על שירותי המערכת שהוא מספק. בפרזה האיומים מודגמים בנתונים על היעלמות היערות הטרופיים ובקריקטורה המדברת על מינים בסכנת הכחדה. גם המחסור הגדל והולך במים הראויים לשתייה באזורים נרחבים בעולם נובע במידה רבה מממשק אנושי כושל של משאבי המים, משימוש יתר בהם ומהזנחתם וזיהומם. הדברים האלה מאיימים גם על שירותים נוספים של המערכת הקשורים באספקת מזון, ביכולת של מערכות מים מתוקים לתמוך בטיהור נוסף של המים, בקיבוע פחמן ובמִחזוּר החומרים בטבע.

חשוב לציין כאן שהבנת המשמעות והחשיבות של שירותי המערכת אינה פשוטה ומובנת מאליה. לכן מומלץ לחלק את הפעילות במהלך השיעורים כך שסיכום ואיסוף תובנות ייעשו פעמים אחדות במהלך השיעור, וליצור הֶקשרים וקישורים שונים בין ידע והתנסויות קודמים של התלמידים ובין הנלמד במקצועות אחרים לבין הנלמד כאן לצורך הבהרה והעמקת ההבנה.

הבחירה בעצים כדוגמה נעשתה מכמה סיבות:

- עצים מעורבים בשירותי מערכת רבים ומגוונים, אולי יותר מאשר מרכיבים אחרים במערכת האקולוגית.
- הם מעורבים בשירותים החשובים ביותר - הקשורים בקרקע, באוויר ובמים.
- לעצים יש נוכחות מרכזית בנוף, הם יוצרים מערכות קשרים מסועפות במארג המזון ובתהליכים נוספים במערכת האקולוגית.
- עצים מאריכי ימים לעומת יצורים חיים אחרים, ואפשר להיעזר בעובדה זו להוספת הפרספקטיבה של הזמן לדיון בשירותי המערכת.
- בני אדם קשורים לעצים במערכת ענפה של משמעויות והֶקשרים, הכוללת היבטים של אסתטיקה, רגש, תרבות ומורשת, אתיקה, רוחניות, השראה ויצירה ועוד. דרך העצים כדוגמה אפשר להציג מכלול עשיר של התייחסות האדם לטבע.

מושגים מרכזיים

- **אוכלוסיות ביולוגיות** ((populations (of a species - בביולוגיה, קבוצת פרטים מאותו מין (של יצור חי כלשהו) המאכלסים שטח מסוים. אוכלוסייה קטנה מאוד יכולה להיעלם בגלל אירועים מקריים כמו שרפה, בצורת או מחלה פתאומית שפוגעת במרבית הפרטים.
- **הכחדה** (extinction) - היעלמותם מעל פני האדמה של מיני יצורים או של בתי גידול וסביבות חיים שלמות (כמו יערות טרופיים). אמנם יש היכחדות שהיא חלק משינויים טבעיים שחלים בסביבה, אבל בתקופתנו הכחדות רבות מדי של מינים ושל בתי גידול הן תוצאה של פעילות האדם. מין בסכנת הכחדה הוא מין שמספר הפרטים שלו הצטמצם מאוד והוא קטן עד כדי כך שיש סכנה ליכולתו להמשיך להתקיים.
- **השפעות פעילות האדם** (human impacts) - פעילות האדם יכולה לפגוע בשירותי המערכת באופן מקומי, אזורי או עולמי: זאת למשל על ידי התמעטות שטחים פתוחים, הצטברות מזהמים במים בקרקע ובאוויר, מפגעי רעש ואור, דלדול משאבים, הכחדות מינים ושינויי אקלים.
- **חומר גלם** (raw material) - חומר שממנו מייצרים מוצרים וכלים. חומר הגלם משתנה בתהליך הפיכתו לחלק ממוצר או למוצר מוגמר. בתהליכי ייצור ועיבוד בתעשייה יש חומרי גלם מהטבע (מופקים מהאדמה, מהחי או מהצומח) ויש חומרי גלם שהאדם מייצר בעצמו באופן מלאכותי מחומרים שבטבע (או חומרי גלם שהם מוצרים אחרים).
- **יחסי גומלין** (interrelationship) - קשרים הדדיים בין שני "צדדים" - בין יצורים חיים או בין יצור חי לסביבתו הדוממת - ובהם כל צד גם משפיע וגם מושפע. ההשפעה יכולה לעזור לו או להפריע לו.
- **מגוון ביולוגי** (biodiversity) - המבחר והשוני שיש בצורות החיים על פני כדור הארץ: במונח הזה כוללים את הקשת הרחבה של מיני יצורים ושל תכונות אפשריות בכל מין, של צורות גידול ושל בתי גידול, של מערכות אקולוגיות וכן גם של כלל התהליכים ויחסי הגומלין בהן. המונח משמש להדגשת החשיבות של משאבי הטבע בעולם ולהדגשת הצורך בשמירתם.
- **מערכת אקולוגית** (ecosystem) - כל היצורים החיים בשטח מסוים בסביבה וכל התהליכים ויחסי הגומלין שבין היצורים האלה לבין עצמם ובינם לבין הגורמים הדוממים (לא-חיים) שבאותו שטח. הפעילות של המערכות האקולוגיות ויחסי הגומלין שבהן הם מאוד מורכבים.
- **שטחים פתוחים** (open landscape) - שטחים שאין בהם בנייה או כבישים ובהם מתקיימת מערכת אקולוגית כלשהי, טבעית או טבעית למחצה. כאלה הם לדוגמה שטחי בור, שטחים חקלאיים, יערות ושמורות טבע. בעשורים האחרונים כמות השטחים הפתוחים בישראל הולכת ומצטמצמת במהירות, בעיקר במרכז הארץ.
- **שירותי מערכת** (=שירותי החינם של הטבע ecosystem services) - הדרכים שבהן המערכות האקולוגיות בעולם תומכות בקיום החיים של בני האדם: השירותים שהן מספקות לנו בחינם כוללים אספקה של מזון וחומרי גלם, ניקוי (טיהור אוויר ומים) ופירוק פסולת, מִחזור והתחדשות של מרכיבים בעולם, ויסות ותחזוקה של הסביבה האזורית והעולמית בכדור הארץ. שירותי המערכת כוללים גם חוויות והשראה שאנו מקבלים ממפגש עם הטבע.

קישורים והרחבה

קישורים לדפי אינטרנט, למאמרים, לסרטים ולספרים שבהם תוכלו להיעזר כדי להרחיב את ידיעותיכם ולהעשיר את תוכן השיעורים תוכלו למצוא באתר האינטרנט של מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים.

כתובת הדף: **www.mada.org.il/kayamut**



1

שירותי חינם מן הטבע

האם נוכל לדמיין את חיינו בלי חמצן לנשימה, בלי מים נקיים לשתייה, או בלי מזון מן הטבע לגופנו ולרוחנו? האם אפשר בכלל להצליח ולקיים עולם שהוא כולו מלאכותי, מעשה ידי אדם, והאם נרצה לחיות בעולם כזה? עד כה נכשלו ניסיונות להפעלת דגמים ראשונים של מערכות מוקטנות כאלו (ראו "פרויקט ביוספרה" בעמוד 23).

שיעור זה פותח את העיסוק בנושא מורכב: התועלת הרבה והמגוּוָנת שאנו מקבלים חינם מהטבע ומשלל המערכות האקולוגיות שבעולם. נציג בו את הרעיון של שירותי מערכת ונפרט את השירותים החיוניים הקשורים למים, לקרקע ולאוויר.

מסרים

- לא ייתכנו חיים אנושיים בלי שירותים שהטבע מספק לנו.
- המערכות הטבעיות נותנות לנו מגוון עצום של שירותים, שמספקים צרכים של האדם בתחומים שונים.

מטרות השיעור

- התלמידים יתוודעו לתרומתם החיונית של שירותי המערכות האקולוגיות בשמירה על קיומנו.
- התלמידים יזהו מגוון של שירותים שאנו מקבלים ממערכות טבעיות על פני כדור הארץ, בעיקר ממים מקרקע ומאוויר.

מהלך השיעור

הצעות לפעילות

פתיחה

מה אנחנו מקבלים מהטבע? (שיחה כיתתית)

בסיס לקיום (שיחה כיתתית)

סיכום

פתיחה

מתבוננים יחד בכרזה, ומשוחחים בקצרה על נושאה בעזרת השאלות: במה הכרזה עוסקת, ואילו שאלות מתעוררות בהתבוננות ראשונית בה?

קוראים **קריאה פעילה** את תיבת המלל משמאל "שירותי מערכת", את תיבת המלל מימין "בסיס לקיום", ובמילון - את המונחים "מערכת אקולוגית" ו"שטחים פתוחים". מתבוננים בתמונת עץ השקמה שבכרזה וקוראים יחד את הדוגמאות לשירותי מערכת שמסומנים בחצים שחורים בתמונה.
דנים בשאלות: מה אנחנו מקבלים מהטבע? עד כמה כל דבר כזה חיוני לנו? האם נוכל להסתדר בלעדיו?

הערה:
לעתים קרובות יש בלבול בין המונחים "בית גידול" ו"מערכת אקולוגית". "בית גידול" (בכרזה ו "מה צריך כדי לחיות") הוא מונח שנועד לאפיין תנאי סביבה מסוימים ומינים אופייניים לתנאים הללו; לעומתו "מערכת אקולוגית" מתאפיינת גם בתיחומה הגאוגרפי (שיכול להיות שרירותי) וגם בתנאים שבה ובתהליכים שמתרחשים בה. לפיכך מערכת אקולוגית יכולה להיות חופפת לבית גידול, אך גם יכולה להכיל בתחומה כמה בתי גידול שמוגדרים בתחום שטח קטן יותר ומובחנים זה מזה בהגדרות מדויקות יותר. למשל מערכת אקולוגית של חוף ים יכולה לכלול בתוכה בתי גידול אלה: מים רדודים בחוף חולי או בחוף סלעי, אזור הכרית (הגיאות והשפל), רצועת חול בשפת הים מעבר לקו הגיאות, מצוק כורכר הגובל ברצועת החול, הפסגה והמורדות של רכס כורכר שנשלטים בידי רוחות הנושאות רסס של מי הים, וכדומה.

הצעות לפעילות

מה אנחנו מקבלים מהטבע?

קוראים יחד בכרזה על שירותי המערכת החיוניים ביותר, מתחת לתיבת המלל "שירותי מערכת". מציינים את חיוניותם לחיינו של שירותים הקשורים במים, בקרקע ובאוויר, ורושמים דוגמאות על הלוח (כדאי להעתיק דוגמאות אלו ולשמור אותן לתחילת השיעור הבא).
אפשר לעשות זאת גם באמצעות סיעור מוחות בזוגות בשני שלבים:
א) שמש של רעיונות: רושמים שירותי מערכת רבים בעבודה אסוציאטיבית ככל האפשר.
ב) מתוך הרעיונות שנרשמו סימון אלה הקשורים בשירותים של מים, קרקע ואוויר.

דוגמה לחיוניות של שירותי מערכת הקשורים במים היא חשיבות המים לקיום חיינו וחיי רוב היצורים בעולם (שחלקם מסייעים לקיום חיינו באופן ישיר או עקיף). מפרטים שימושים שונים שלנו במים. משוחחים בקצרה על מקורות המים בארץ. שואלים אם ידוע לנו עד כמה הם נקיים וטובים לשתייה, ומה נעשה במדינה כדי שהמים המגיעים אלינו בברזים יהיו ראויים לשתייה ולא יזיקו לבריאות. מציינים כי מתוך כלל המים שיש בעולם, רק אחוז קטן הם מים מתוקים שראויים לשתייה, וכי רק מעט מאוד מתוך כלל המים המתוקים שאנו צורכים משמש לצורך הקיום הבסיסי והמידי שלנו - לשתייה. (ראו הרחבה ביחידה 5 "המצאות וחידושים")

מתבוננים בפרזה במפה המציגה את הפריסה העולמית של זמינות מים ראויים לשתייה בשנת 2002 (אחוז האוכלוסייה במדינות שונות בעולם שהיו לרשותם מים נקיים). קוראים את תיבת המלל משמאל למפה וממנה לומדים שיש מקומות בעולם שבהם מים נקיים וזמינים אינם דבר מובן מאליו, כלומר אין בהם תחושת ביטחון או ודאות (כמו שיש אצלנו) שבכל זמן שצריכים מי שתייה - הם יסופקו בלא מאמץ ויזרמו ישירות מהברז.

מתבוננים בפיזור הצבעים במפת העולם ובמקרא שלצדה ומתמקדים בצבע הצהוב והאדום (מדינות שבהן יש נגישות למים נקיים רק ל-75% מהאוכלוסייה או אף לשיעור נמוך מזה). מנסים לשער מה הן הסיבות לכך (בדרך כלל שילוב בין גורמים אחדים: מיעוט משקעים; טיפול מועט מדי בשפכים, ואלה זורמים למקורות המים ומזהמים אותם; מיעוט בתקציבי המדינה; טכנולוגיות ברמה נמוכה שאינן מאפשרות להקים מערכות מודרניות לטיפול במים ולהובלתם לבתי התושבים. מדינות מתפתחות רבות מקבלות סיוע בין-לאומי כדי לשפר את מערכות המים בתחומן, אבל לעתים קרובות קשה ליישם את תכניות הסיוע בשל מצבי מלחמה, שחיתות שלטונית או חוסר יעילות בשלטון, היעדר תשתיות או מיעוט משאבים כללי במדינה).

נושאים אפשריים לסיכום הפעילות:

- איך מרכיבים חיים ומרכיבים שאינם חיים משתלבים בתפקודי המערכת האקולוגית ובשירותיה?
- האם שירותים אלה זמינים לכול באותה מידה?

בסיס לקיום

מה פירושו של "בסיס לקיום"? האם אנו רואים את תנאי החיים והאספקה שהטבע מעניק לנו כמובנים מאליהם? האם אנחנו מסוגלים לייצר להם תחליפים?

מדברים על הדוגמאות הקשורות בבסיס לקיום חיינו, שהן המורכבות ביותר להבנה מבין שלושת הסוגים של שירותי המערכת: האם אנחנו משלמים לטבע תמורת טיהור המים ותמורת טיהור האוויר? מה היה קורה, אילו היינו נאלצים לשלם עבור האוויר שאנו נושמים כמו שאנחנו משלמים עבור המים שאנו שותים? עבור סינון מי הגשם והחדרתם למקומות שמהם אנחנו יכולים לשאוב אותם? או עבור שמירה על הקרקע שבה גדל מזוננו ועל פוריותה? כדאי לציין את חיוניותם לחיינו של שירותים הקשורים במים, בקרקע ובאוויר ולהביא דוגמאות.

מספרים לתלמידים על ניסוי שנעשה בארצות הברית לייצר מערכת סגורה עצמאית, שאחת ממטרותיו הייתה לבדוק אם במקרה של קטסטרופה יוכל האדם להתיישב על כוכבי לכת אחרים ולייצר לעצמו את תנאי החיים הדרושים לקיומו (ראו בעמוד 23).

משוחחים יחד על השאלות:

- מה דעתכם על הניסוי ועל תוצאותיו?
- האם קראתם סיפורי מדע בדיוני שבהם האדם מייצר לעצמו את תנאי החיים הנדרשים לו? ספרו אילו תנאים מיוצרים שם באופן מלאכותי.
- תנו דוגמאות אחרות שבהן אנחנו לומדים מהטבע ומנסים לחקות את תנאי הטבע באופן מלאכותי (למשל ויסות טמפרטורה החל בתקופות קדומות על ידי חימום ועל ידי קירור באמצעים שונים; ייצור במערכות חקלאיות שמחליפות מערכות טבעיות בשטחים הפתוחים וביות וגידול בעלי חיים; ייצור סיבים מלאכותיים; ויסות זרימה בנחלים ובנהרות ושינוי ערוצי הזרימה שלהם; התפלת מים; יצירת נופים מלאכותיים לבילוי למנוחה ולהשראה; מערכות לטיהור אוויר ומים; ייצור חומרי הדברה לצרכים שונים).

סיכום

משוחחים על הדוגמאות לשירותי מערכת שהוזכרו במהלך השיעור. נקודות לשיחה:

- לחזור על השירותים החשובים ביותר לקיומנו.
- להדגיש ששירותי המערכת קשורים בהיבטים שונים של חיינו: היבטים פיזיים, כלכליים, בריאותיים, תרבותיים, ועוד.
- לקשר ליחידה 1 "מה צריך כדי לחיות?" שעוסקת בצרכים שלנו, ולבדוק איך השירותים עונים עליהם.
- האם אפשר לייצר באופן מלאכותי את כל שירותי המערכת?
- באיזו מידה אנו יכולים להחליף כיום שירותי מערכת בייצור מלאכותי (למשל, סיבים סינתטיים המחליפים כיום את הסיבים הטבעיים)? האם זו תופעה רצויה? מדוע?
- משוחחים על חוסר שוויוניות בחלוקת המשאבים ושירותי המערכות האקולוגיות בעולם. אפשר להרחיב לדיון על צדק חלוקתי ועל חקיקה או שימוש באמצעים כלכליים כדי לשפרו.

אפשר לסיים את השיעור באחת מהמצגות על שירותי המערכת האקולוגית (ראו בקישורים) או לעשות זאת בשיעור הבא, (ראו הנחיות מפורטות במערך השיעור הבא).

2

אספקה, בסיס לקיום והשראה

בשיעור זה נמיין את שירותי המערכת (שבהם עסקנו בשיעור הקודם) לשלושה סוגים, וננסה להבחין ביניהם. כדאי לעבוד בצורה חווייתית ולא רק שִׂכלית, כלומר לעורר גם תחושות ורגשות, כדי להדגיש ששירותי המערכת עונים על מכלול של צרכים אנושיים. אם אפשר מומלץ מאוד לצאת, לפחות בחלקו של השיעור, אל מחוץ לבית הספר, ולבלותו בצל עצים בחורשה או בפארק סמוכים, כדי לגוון ולרענן את הלימוד, ובעיקר כדי להמחיש את ההשראה והחוויה שהטבע עשוי לשוהים בו.

לאחר מכן נתמקד במגוון שירותי מערכת שאפשר לקבל מעצים, כדי להדגים שמרכיבים מסוימים במערכת האקולוגית יכולים לספק כמה וכמה שירותים.

לסיום נתוודע לקושי לכַמֵּת את שירותי המערכת ולנקוב בערכם הכלכלי, ונסביר שבמקרים רבים קושי זה מגביר התלבטויות בקשר לשימוש במשאבי טבע. לדוגמה: חשיבותם של בתי גידול שנעלמים בהדרגה במישור החוף (שלוליות חורף, קרקעות חמרה ורכסי כורכר) אינה ניתנת לכימות כלכלי משכנע, והדבר יכול להביא להחלטה לפתח שטח על אף הנדירות היחסית של בתי הגידול המצויים בו.

מסרים

- מערכות אקולוגיות מספקות לנו מזון, חומרי גלם, אנרגיה וגם צרכים שאינם פיזיים (למשל הנאה, רוגע והשראה).
- מערכות אקולוגיות תורמות גם לוויסות תהליכים (למשל מיזוג האקלים, טיהור האוויר והמים).
- מערכות אקולוגיות ואף מרכיבים מסוימים בהן יכולים לספק יותר משירות מערכת אחד.

מטרות השיעור

- התלמידים יזהו מגוון שירותים שמתקבלים ממערכות טבעיות על פני כדור הארץ, לפי שלושת הסוגים שהוגדרו בפִּרזה: אספקה, קיום, השראה.
- התלמידים יבחינו בין משאבים מתחדשים למשאבים מתכלים.
- התלמידים ישתמשו בדוגמה של העצים כדי להמחיש שירותי מערכת רבים שמתקבלים ממרכיב מסוים במערכת אקולוגית.
- התלמידים יתוודעו לקושי לכַמֵּת שירותים שמערכות אקולוגיות יכולות לספק.

מהלך השיעור

הצעות לפעילות

- פתיחה
- **אספקה, בסיס לקיום והשראה (פעילות בזוגות או בשלשות ושיחה כיתתית)**
- **מה עצים נותנים לנו? (פעילות בזוגות או בשלשות ושיחה כיתתית)**
- **באילו שירותים מדובר? (פעילות בזוגות)**
- סיכום

פתיחה

ציוד נדרש:

- מצגת על שירותי המערכת האקולוגית: אפשר להיעזר בהפניות שבקישורים, לשלוף מהמצגות המתאימות לכם את השקפים על שירותי המערכת האקולוגית לפי שלושת הסוגים, ולעבות אותם בתמונות נוספות להדגמה.
- מחשב ומקרן.

חוזרים על הסיכום של השיעור הקודם. קוראים בקול מהפִּרזה את שלושת השמות של סוגי השירותים המרכזיים (כתובים בלבן על כתום - בסיס לקיום, אספקה, השראה).

מתבוננים בדוגמאות המזון וחומרי גלם המוצגות מתחת לתמונת העץ בפִּרזה. מביאים דוגמאות לשירותי מערכת נוספים הקשורים לאספקת מזון, מים וחומרי גלם ומקורות אנרגיה שונים (מקורות מתכלים כמו נפט, פחם, גז, עצים לבערה, מקורות מתחדשים כמו שמש,

רוח ומים; עץ לבערה, שמן או חומר אורגני אחר). מדברים על משאבים מתחדשים ועל משאבים מתכלים ובודקים אילו מהדוגמאות שהבאנו הן של משאבים מתחדשים ואילו מהן - של משאבים מתכלים.

מסתכלים על המטיילים וחושבים יחד על דוגמאות נוספות להשראה, לבילוי, להנאה גופנית ונפשית, לרגיעה, ללימוד ומחקר, ולהקשרים של תרבות ומסורת בנוגע לנוף ולערכי טבע.

קוראים שוב את השמות של שירותי המערכת המצוינים בחצים השחורים, ומנסים להביא דוגמאות לשירותים הקשורים בבסיס לקיום חיינו: בוויסות, בקרה ותמיכה בתהליכים של מערכות אקולוגיות מקומיות, אזוריות ועולמיות. חשוב להסביר שרבים מהשירותים הללו אינם נצרכים באופן ישיר אך עדיין חיוניים לקיומנו.
כדי להדגים שירותי בקרה וויסות של תהליכים טבעיים ומיתון עוצמתם של שיטפונות ושל כוחות הרס של הרוח אפשר להזכיר את הצונַמי שאירע בדרום מזרח אסיה ב-2004, ובו נהרגו למעלה מרבע מיליון בני אדם ומיליונים נוספים נותרו בלא קורת גג. בדיקות שנעשו בעקבות הצונמי הזה מספקות דוגמה לתפקיד שמערכות חוֹפיוֹת ממלאות בהגנה פיזית על אנשים וקרקע מפני התפרצויות של סופות ובמיתון שיטפונות. נמצא כי באזורים שבהם היו שוניות אלמוגים, ריכוזי אצות, דיונות מכוסות צומח ויערות מנגרובים הנזק שגרם הצונַמי לאזורי החוף היה מצומצם יחסית. מרכיבי המערכת הטבעיים האלה מיתנו במידה ניכרת את כוחו ההרסני.

קוראים שוב את רשימת השירותים שהובאה לדוגמה בשיעור הראשון, וממיינים אותם לפי שלושת סוגי השירותים ולפי מהותם - מתחדשים או מתכלים.

מקרינים מצגת על שירותי המערכת האקולוגית. (אם מעוניינים לקיים את כל השיעור מתחילתו מחוץ לכיתה, מקרינים את המצגת כבר לסיכום השיעור הקודם ויוצאים לסיור בחוץ עם הפִּרזה).

הצעות לפעילות

אספקה, בסיס לקיום והשראה

ציוד נדרש:
- דף עבודה (משני צדיו), לפי המפורט בדוגמה (ראו בעמוד 13). נדרשים עותקים לעבודה בזוגות או בשלשות.

המורה מכינה מראש דף עבודה מהטבלה המצורפת. התלמידים עובדים בזוגות או בשלשות. עליהם לשקול ולסמן בטורים משמאל אם השירות ניתן ברמה מקומית, אזורית או עולמית, וכן לחשוב ולסמן אילו מהשירותים מוגבלים בכמותם או באיכותם, ואילו מהם קשורים למשאבים מתחדשים או מתכלים?
בשורות הריקות שמסומנות מתחת לפריטים מסוימים התלמידים מתבקשים לפרט או להביא דוגמאות. לסיכום הפעילות מרכזים בשיחה במליאה את תובנות התלמידים ממנה.

מה עצים נותנים לנו?

ציוד נדרש:
- כרזה 2 "המערכות האקולוגיות - הבסיס לקיומנו" (אם יוצאים לפעילות מחוץ לכיתה).
- ספר - "העץ הנדיב", מאת של סילברסטיין, אדם מוציאים לאור, ירושלים, 1980.

יערות הם דוגמה נפלאה לכך שמרכיבים מסוימים של המערכות האקולוגיות יכולים לספק יותר משירות מערכת אחד (ראו הרחבה על כך ברקע הכללי). מתבוננים יחד בפִּרזה וקוראים שוב את תיבת המלל "שירותי מערכת".

בפעילות זו מביאים דוגמאות לשירותי מערכת שעצים בודדים ויערות מספקים. אפשר להתחיל ממה שמצוין על עץ השקמה שבפִּרזה. מזכירים את הדוגמאות שניתנו קודם לשלושת הסוגים של שירותי מערכת ומקשרים אותן לעצים.

התלמידים מתחלקים לזוגות או לשלשות, ובסיעור מוחות רושמים שירותי מערכת שונים שעצים מספקים. כדי לאפשר לעבודה להיות אסוציאטיבית ככל האפשר כדאי להשתמש בטכניקה של "שמש של רעיונות": כותבים במרכז הדף "עצים ויערות". משם מותחים קווים לכל הכיוונים, ועליהם כותבים אסוציאציות שמתקשרות לכתוב במרכז הדף.

במליאה מרכזים את תוצרי הפעילות לפי דיווחי התלמידים. במיוחד חשוב להזכיר שירותים הקשורים לוויסות ולבקרה של תהליכים, לטיהור האוויר והמים, למיזוג האקלים המקומי והאזורי - משום שהם חשובים מאוד אך פחות מוכרים או נתפסים אינטואיטיבית. במקום בזוגות או בשלשות אפשר לקיים את כל הפעילות במליאה, להיעזר לשם כך בטבלה שצורפה לפעילות הקודמת ולבחון מה מתוכה קשור לעצים.

לסיום הפעילות אפשר להקריא את הסיפור "העץ הנדיב", ולדבר על שפע המתנות שהעץ העניק בלא תמורה לילד/לאיש. רצוי לעודד את התלמידים לשוחח גם על תחושות ורגשות שהסיפור עורר בהם.

באילו שירותים מדובר?

ציוד נדרש:

שני קטעי קריאה קצרים שמתמקדים בתועלת מהטבע. חשוב להתאים את הקטעים לגילם ולרמתם של התלמידים, לפי ההיכרות של המורה עמם. אפשר לבחור 2-3 קטעי ידיעות מהאינטרנט שמודגמים בהם שירותי מערכת (למשל, ידיעות על דאגה בארצות הברית מהתמעטות האוכלוסיות הטבעיות של דבורים, על הצפות וסחף קרקע באזורים טרופיים שנכרתו בהם יערות עד, על מסלולי טיול בחיק הטבע ומה הם מציעים למטייל או על האפשרות לגלות חומרים חדשים לתרופות, ראו על יערות האמזונס בקישורים לשיעור זה).

(לפני הפעילות עצמה אפשר לקרוא יחד את הקטעים ולהבהיר משפטים קשים להבנה או לחלופין לתת לתלמידים להתמודד בעצמם עם הכתוב, לפי יכולותיהם).

התלמידים עובדים בזוגות: הם קוראים את שני הקטעים, ועונים על השאלות האלה:

- אילו שירותי מערכת מודגמים בקטעים שקראנו?
- עד כמה חשובים השירותים האלה? איך אפשר למדוד אותם ובאילו שיקולים (קריטריונים) אפשר להשתמש כדי להעריך אותם?

במליאה מרכזים רעיונות שהועלו בעבודה בזוגות.

אפשרות אחרת היא גם כאן לקיים את כל הפעילות במליאה, ולהיעזר לשם כך בטבלה שצורפה לפעילות על אספקה, בסיס לקיום והשראה במקום בקטעים לקריאה. משוחחים על השאלות שלמעלה וכן גם על:

- כמה "שווה" כל שירות? מהי החשיבות של כל אחד מהם לעומת חשיבותם של האחרים?
- כמה היינו צריכים לשלם, אילו שירות מסוים לא היה והיינו צריכים לייצר אותו?

סיכום

ציוד נדרש:

שיר או סיפור קצר, על פי הרמה של התלמידים, להדגמת הקשר העמוק שיש לנו למראות, לצלילים ולריחות בטבע, ולתחושות ולהשראה שהם מעוררים (למשל תיאור ריחות מהטבע ומתוצרי האדם "ריחות שאני אוהב..." מתוך הספר "גם הילד הזה הוא אני", מאת יהודה אטלס, הוצאת כתר 1979; שימוש בדימויי הטבע לתיאור מצב רגשות אנושי: "הנשר", מאת זרובבל גלעד, פשוט ספרות לכיתה ז', עמ' 29; "הילדה שאהבנוה", מאת נתן יונתן, פשוט ספרות לכיתה ז', עמ' 121; אוכל כמזכיר זיכרונות: "גן עדן לאורז", מאת רוני סומק, פשוט ספרות לכיתה ח', עמ' 95).

לסיום נסתכל שוב בפרזה וניזכר בסיפור "העץ הנדיב" (אם הוקרא קודם).

משוחחים על התובנות שעלו במהלך השיעור. אפשר להיעזר בשאלות הללו:

- מה מבין השירותים הללו נראה לנו מובן מאליו?
- האם אנחנו משלמים לטבע תמורת השירותים שאנו מקבלים? תמורת טיהור המים ותמורת טיהור האוויר? מה היה קורה, אילו היינו נאלצים לשלם עבור האוויר שאנו נושמים כמו שאנחנו משלמים עבור המים שאנו שותים? או אילו היינו צריכים לשלם עבור סינון מי הגשם, החדרתם לקרקע ואגירתם במקומות שמהם אנחנו יכולים לשאוב אותם?
- האם אפשר לייצר באופן מלאכותי את כל שירותי המערכת?
- במהלך פעולות פיתוח, במיוחד לבנייה שבה נדרשים שטחים נרחבים, נפגעים ונגרעים שטחים פתוחים שמספקים מגוון של שירותי מערכת. איך אפשר לשקול ולהחליט על מיקום של פיתוח? איך לשקול אם התועלת מהפיתוח עולה על הנזק לשירותי המערכת (או על התועלת שאנחנו יכולים להפיק משטחים אלה באמצעות שירותי מערכת במצבם הקיים או במצב אחר, למשל אילו בשטחים שאינם מיוערים היה ניטע יער)? (אפשר להשמיע בהקשר זה גם את השיר Big Yellow Taxi או לצטט ממנו
"They paved paradise and put up a parking lot... you don't know what you've got 'till it's gone...").

אפשר לסיים בהקראת שיר או סיפור, לפי הרמה המתאימה לתלמידים, ובהם דימויים מתוך מראות, צלילים וריחות של טבע או של מאכלים כמקור לרגשות ולהשראה.

דוגמאות לשירותי מערכות אקולוגיות, לפי סוגים	תחום ההשפעה			סוג המשאב	
	מקומי	אזורי/ לאומי	עולמי	מתחדש	מתכלה
שירותי אספקה					
מגוון עשיר של מזון מהחי ומהצומח	✓	✓	✓		
מים: לשתייה לשימוש ביתי לייצור מזון, לחקלאות יבשתית וימית לנוי לתעשייה לאתרי נופש ובילוי (פארקי מים, בתי מלון, ברכות)					
חומרי דלק ובערה מהצומח ומהחי					
כוח הידרואלקטרי (כוח של מים להפקת חשמל)					
הובלת מטענים ונוסעים באמצעות זרימת המים בנהרות					
חומרי גלם לבנייה ולתעשייה					
חומרי גלם לתרופות					
משאבים גנטיים כמקור לפיתוחים כלכליים בתעשיית התרופות ובתעשייה כימית אחרת					
שירותי השראה					
תמיכה בתרבויות אדם מגוונות					
אספקת יופי הנקלט בכל החושים וגירוי אינטלקטואלי המרוממים את הרוח האנושית ומעודדים ליצירה					
מתן אפשרות ומקום למגוון פעילויות תיירות, פנאי ונופש					
מתן מענה לצרכים נפשיים ורגשיים של בני אדם, כרוגע ושלווה, הנאה ואתגר, השראה ליצירה, וכדומה.					
העלאת ערכם של נכסים הסמוכים למוקדי משיכה					
בסיס לקיום (=שירותי בקרה ותמיכה)					
ייצור חומר אורגני חדש (ייצור ראשוני) על ידי צמחים					
טיהור אוויר					
טיהור מים					
בקרה על זרימת מים					
מיתון העוצמה של שיטפונות והתדירות של שנות בצורת					
נטרול רעלים ופירוק פסולת					
שמירה ובקרה על הרכב הגזים באטמוספרה					
ייצוב חלקי של האקלים, בקרת האקלים ומיתונו (למשל קיבוע פחמן דו-חמצני ופירוק מֶתָן)					
הגנה מפני קרינת UV המזיקה					
מיתון טמפרטורות קיצוניות וכוחות הרס של רוחות וגלים					
יצירת קרקע, התחדשותה וקיום פוריותה					
דישון קרקע והעשרתה במומסים במי נחלים ונהרות					
שימור קרקע מפני סחיפה					
שירותי הקרקע: אגירה של מים ומיתון של מחזור המים תמיכה פיזית בצמחים אחיזה של חומרי הזנה (נוטריינטים) ושחרורם לצמחים פירוק חומר אורגני מת ופסולת התחדשות של פוריות הקרקע (וקיבוע חנקן) בקרה של מחזורי היסודות העיקריים (ראו בשורה הבאה)					
מְחזוּר חומרים וחומרי הזנה (נוטריינטים כפחמן, חנקן, זרחן ואחרים) והנעתם במערכות אקולוגיות					
האבקת גידולים חקלאיים וצומח טבעי					
הפצת זרעים					
בקרה על מזיקים וגורמי מחלות לצומח הטבעי ולחקלאות, לחי ולאדם					
שמירה על קיומו של מגוון ביולוגי, שממנו בודד האדם בעבר מרכיבי מפתח לחקלאות, לרפואה ולתעשייה, ושמירה על "ספרייה גנטית" כעתודה (מקור אפשרי לשימוש בעתיד) לפיתוח זנים עמידים, מינים מתורבתים, חומרי גלם, תרופות, תבלינים ומזונות חדשים.					

3 מהו מגוון ביולוגי?

המונח "מגוון ביולוגי", שכבר הוזכר קודם, נוגע לשפע העצום של מינים החיים בעולם ולאופן שבו הם מתקיימים ומתפקדים זה לצד זה. בעקבות הבנתנו את חשיבות המגוון הביולוגי בטבע אנו מוזמנים לבדוק את יחסנו לרבגוניות ולהיצע עשיר בתחומים אחרים לעומת אחידות בהם. מונח זה אינו קל להבנה הן בגלל המורכבות המבנית שלו (משום שהוא מורכב מרמות ארגון שונות הכלולות זו בתוך זו, ובכל אחת יש את השפע הייחודי הכלול בה), הן בגלל שהוא כולל בתוכו מונחים רבים שאינם מוכרים לתלמידים, הן בגלל שיש בו תיאור גם של מצאי (מה יש) וגם של תפקוד (איך נעשה).

בתיאור המגוון הביולוגי אנחנו מסתכלים על היבטים שונים של רבגוניותו, ולהלן נפרטם.

מגוון ביולוגי ברמה הגנטית בתוך המין: פעמים רבות יש באוכלוסייה של מין כלשהו החיה במקום אחד תכונות שאינן באוכלוסיות של אותו מין החיות במקומות אחרים. ייחוד כזה יכול להתבטא למשל בעמידותן של אוכלוסיות מסוימות של מיני דגנים בפני מחלות, ומאוכלוסיות כאלו מפתחים זני תבואה חקלאיים העמידים בפני אותן מחלות. לעתים קרובות תכונות ייחודיות באוכלוסיות מסוימות מתגלות רק במקרה. יש חשיבות כלכלית גדולה בשימור אוכלוסיות הבר הללו כעתודה לפיתוח זנים חדשים לחקלאות. המערכת האקולוגית שתומכת בקיומם של מינים כאלה מספקת אם כן את השירות של הימצאות המגוון הגנטי המסוים.

מגוון ביולוגי ברמה של תפקוד מינים במערכת: מדובר בקיומן של דרכים רבות לעשות פעולה דומה. למשל שני מיני העצים אורן ואלון מעורבים בקיבוע פחמן (ראו עמוד 3) ובספיחת חלקיקים מרחפים מהאוויר וכל מין מבצע את שני התפקודים האלה, אך לא באותו אופן (הם שונים זה מזה בקצב ובעונתיות של קיבוע הפחמן, לעלי המחט של האורן שטח פנים כולל גדול יותר מאשר לעלים הרחבים של האלון ויכולתם לספוח מזהמים לשטח הפנים של העלה גדולה יותר). ככל שתפקודי המערכת האקולוגית נעשים ביותר דרכים, המערכת יציבה יותר, משום שאם למשל מין אחד אינו מקיים תפקוד מסוים מסיבה כלשהי, המינים האחרים "מחפים" עליו וכך התפקוד המסוים ממשיך להתקיים ברמה מסוימת במערכת.

מגוון ביולוגי ברמת הנוף והגאוגרפיה: מידת הקרבה הגנטית בין מינים שונים של יצורים חיים או הפיזור הגאוגרפי של מינים שונים והתקבצותם במרחב. לדוגמה: האזורים הטרופיים הם העשירים ביותר במינים; באגן הים התיכון יש ריכוז ייחודי של מגוון ביולוגי: כ-60% ממיני הצמחים שבו וכשליש ממיני בעלי החיים שבו הם ייחודיים לאזור ואינם במקומות אחרים (הם נקראים מינים אנדמיים).

אפשר להרחיב ולצאת מהתבוננות במגוון הביולוגי שבעולם הטבע לתחומים אחרים ולראות דרכים אחדות לעשיית אותה פעולה בהקשר חברתי או תרבותי. ראייה כזו יכולה להדגיש את הערך הגבוה של רבגוניות בכל תחום, לעודד יצירתיות ולהוביל לסובלנות בחברה. אמנם המונח מגוון ביולוגי כפי שהוא מוצג כאן עוסק ברמה האקולוגית בלבד, אך חשוב לציין שבעולם יש מי שכוללים במונח "מגוון ביולוגי" גם את המגוון התרבותי של חברות שונות של בני אדם בעולם, במיוחד את האופן שבו הן מתייחסות לעולם הטבע, משתמשות בו ומשמרות אותו.

יש לזכור כי המרכיב החי במערכת האקולוגית, זה המורכב ממגוון גדול של יצורים, הוא האחראי למרבית השירותים שהמערכת יכולה להעניק; מבחינת שירותי המערכת יש חשיבות גדולה (אף על פי שמשמעותה אינה מובנת לנו במלואה) למספר המינים הנכללים במערכת ולזהותם, למגוון שבתוך כל מין ומין (מגוון גנטי), לכמויותיהם היחסיות (זה לעומת זה), לאופן תפקודם של המינים במערכת ולמורכבות קשרי הגומלין שביניהם. כלומר כמה מינים מבצעים אותו תפקוד במערכת, מה יציבותה של המערכת ויציבות קשרי הגומלין שבה, כיצד היא קשורה למערכות אקולוגיות אחרות, וכדומה. רבים מהמינים במערכות האקולוגיות המעורבים במכלול התהליכים אינם מוכרים לנו כלל וכך גם חלקם היחסי בתהליך, אבל מכלול מרכיבי המערכת האקולוגית הוא שמשפיע על תפקודה לאורך זמן ועל השירותים שאנו יכולים לקבל ממנה.

מסרים

- אפשר לראות את המגוון הביולוגי ברמות שונות: מגוון של תכונות בתוך מין (מגוון גנטי), מגוון של מינים, מגוון של מערכות אקולוגיות ומגוון של תפקודים בהן.
- המגוון הביולוגי הוא המאפשר למערכות האקולוגיות לספק לנו שירותי מערכת.

מטרות השיעור

- התלמידים יכירו את המונח "מגוון ביולוגי" ואת רמותיו.
- התלמידים יתוודעו לחשיבותו של המגוון הביולוגי לקיום חיים.

מהלך השיעור

הצעות לפעילות

פתיחה

מהו מגוון ביולוגי? (שיחה כיתתית)

הקרנת סרט/ים

סיכום

ציוד נדרש:

- סרטונים על המגוון הביולוגי ועל ערכו (מהאינטרנט או מסרטי DVD, ראו בקישורים).
- מחשב ומקרן.

מתבוננים יחד בפרזה וקוראים במילון **קריאה פעילה** את ההגדרה ל"מגוון ביולוגי" ול"אוכלוסייה ביולוגית". קוראים שוב את תיבת המלל "בסיס לקיום".
צופים יחד בסרטון קצר (או ביותר מאחד) על מהותו של המגוון הביולוגי ועל ערכו באספקת שירותי מערכת (ראו בקישורים - למשל באתר של umac.org כולל כתוביות באנגלית שאפשר לתרגם מראש לפני הצפייה בסרט).

הצעות לפעילות

מהו מגוון ביולוגי?

מנסים להבין את משמעות המונח "מגוון ביולוגי", מתוך דוגמאות פשוטות לרמות הארגון השונות: הרמה הגנטית במין, רמת האוכלוסייה של מין, רמת המין, עושר המינים, המערכות האקולוגיות והתפקודים בהן.

מביאים דוגמאות לרמות ארגון במגוון הביולוגי. בעולם הטבע יש כל מיני סוגים של:

- תכונות באותו מין (צבע עיניים, שׂער ועור, עמידות בפני מחלות, כישורים גופניים ושכליים. מתקשר גם לאופן התפקוד שיוזכר בהמשך);
- זנים וגזעים בתוך מינים (בני אדם, כלבים);
- מינים שונים (לדוגמה קבוצות עיקריות של יצורים וכמה דוגמאות למינים ממשפחה אחת, כמו החתוליים - חתול, נמר, אריה, טיגריס, קרקל; או הכלביים - כלב, שועל, תן, זאב);
- נופים ובתי גידול שבהם (חוף ים, חולות מיוצבים, חולות נודדים, ים רדוד, ים עמוק, נחל איתן, נחל אכזב, חורש, יער, שטחי שיחים נמוכים, שדות פרחים, אגמים (כמו הכינרת), מצוקים בנחלים, אזורים מישוריים וערוצים במדבר);
- תפקודים במערכת האקולוגית - הבדלים ביכולת של מינים ושל מערכות אקולוגיות לביצוע אותו תפקוד (מארגי מזון שונים, הבדלים ביכולת לגדל חומר צמחי, לאכול טיפוסים שונים של צומח או של חי, להחדיר מים לקרקע, לשמור על איכות האוויר או על איכות המים).
מומלץ לעודד את התלמידים להציע דוגמאות נוספות.

הערות:
1) אפשר להזכיר את החשיבות שבקיום מערכות אקולוגיות יציבות: במערכת אקולוגית יש מינים שונים, לאחדים יש תְפקוד דומה, ולאחרים יש תפקוד שונה זה מזה. למשל, בהקשר של מזון - שכבה אחת של יצרנים, שנייה - של צרכנים ראשוניים, שלישית - של צרכנים שניוניים (טורפים), וכולי. אפשר גם להגדיר רמות ארגון גבוהות יותר במערכת האקולוגית או קבוצות שלמות של מינים שיש להן תפקוד דומה (למשל קבוצה של מינים שונים של עופות מים שניזונים מחסרי חוליות בחוף הים, במים הרדודים, קבוצה של חסרי חוליות הניזונים מעלים צעירים של עצים). אם ייעלמו ממערכת מינים מעטים, על פי רוב עדיין יהיו מינים אחרים ש"ימלאו תפקיד" דומה וישמרו על יציבות המערכת. ככל שייעלמו מינים שתפקודם במערכת מרכזי יותר, או כמה קבוצות שתפקודן דומה, המערכת האקולוגית בכללותה תהיה פחות יציבה.
2) בהתייחסות למגוון הביולוגי, אנשי מקצוע מתארים בדרך כלל את המרכיב של מגוון המינים שבו: אילו מינים נמצאים היכן, באיזו שכיחות ובהשוואה לשכיחותם של מינים אחרים באותו אזור. מרכיב זה ישיר, קל יותר למדידה ושגור יותר בתרבויותינו לעומת המחקר הסבוך והיקר של מגוון גנטי או לעומת ההגדרות והמדידה של תפקודים במערכות אקולוגיות ושירותי המערכת שהן נותנות או כימות שלהן בערכים כספיים. כדאי להזכיר כי כבר מתקופות קדומות הבחינו בני האדם בין מינים שונים, סיווגו ומיינו אותם וכינו אותם בשם "ויקרא האדם שמות לכל הבהמה ולעוף השמים ולכל חית השדה" בראשית ב': כ'.

הקרנת סרטים

ציוד נדרש:

- סרטונים, קטעים מסרטים וסיפורים העוסקים בקשרים במערכות אקולוגיות ובחשיבות המגוון הביולוגי (ראו דוגמאות בקישורים לשיעור זה).

(לדוגמה כדאי להקרין קטעים נבחרים מתוך הפרק על העתיד בסדרה "עולם מופלא" של BBC. אורכו כשעה, ויש בו ראיונות עם חוקרים).

הקרנת סרט או קטעים ממנו.
בשיחה לאחר הסרט מומלץ לקשור בין המידע שהובא בו ובין מרכיבי המגוון שדובר עליהם קודם בכיתה.

סיכום

לסיום ניזכר שוב בתיבות המלל שקראנו בפרזה.

נקודות לשיחה:

- המגוון הביולוגי מוגדר ומתואר ברמות ארגון שונות.
- המגוון הביולוגי הוא התומך בשירותים הניתנים לנו חינם מן הטבע - שירותי המערכת האקולוגית.
- יציבות המגוון הביולוגי תלויה גם בריבוי מרכיביו (לכמה מינים יש אותו תפקוד או תפקוד דומה). אם מסירים חלק מהמרכיבים, היציבות עלולה להתערער וחלק מהשירותים עלולים להיעלם. מערכת שלמה ויציבה יכולה לתת שירותי מערכת במידה גדולה יותר מסכום השירותים של מרכיביה הבודדים, בגלל הערך המוסף שנוצר מתפקודם המשותף.

הצעה לפעילות המשך:

- הכנת מצגת של דוגמאות למגוון הביולוגי ולרבגוניותו. ברשת האינטרנט יש תמונות מרהיבות זמינות ומצגות שמועברות ברשת.
- פעילות חקר בקבוצות על מצבם של מינים, של קבוצות מינים, של בתי גידול או של מערכות אקולוגיות בארץ או בעולם (כהקדמה לשני השיעורים הבאים): האם יש הרבה מינים בסכנת הכחדה? מדוע? האם לבתי גידול מסוימים או לקבוצות מינים מסוימות יש סיכוי גדול יותר או נטייה גדולה יותר להימצא בסכנת הכחדה?

4

מבט מקרוב: מה יש לנו בארץ?

המגוון הביולוגי בישראל גדול ביותר - שטחה הקטן יחסית עשיר במיוחד בנופים ובטיפוסים רבים של בתי גידול ומערכות אקולוגיות ובהם מינים רבים של צמחים ובעלי חיים.

המגוון הביולוגי הגדול בישראל נובע משילוב של כמה גורמים: א) מקומה של ישראל בצומת ביולוגי שבו נפגשים יצורים מאזורים שונים בעולם (בשפת הביולוגים: מקום מפגש בין אזורים ביוגאוגרפיים); ב) ריבוי של מעברים באופי של האקלים ושל פני השטח (טופוגרפיה) שבה; ג) היסטוריה אנושית עשירה באזור שהשפיעה על נופיו במשך עשרות אלפי שנים; ד) ישראל היא ציר נדידה ראשי לבעלי חיים יבשתיים וימיים, ומעברם ושהותם בה תורמים למגוון הביולוגי שלה.

המגוון הביולוגי הוכרז במערכת החינוך כנושא השנתי לשנת הלימודים תש"ע. רצוי לערוך את השיעור בשיתוף עם המורה לגיאוגרפיה ו/או לשל"ח.

כדאי לקשר את הדיון במגוון הביולוגי שבישראל לשירותי המערכת המתקבלים מהמערכות הטבעיות בארץ. ראו הרחבה בקישורים לשיעור זה.

מסרים

- המגוון ביולוגי בישראל הוא גדול ביותר וייחודי, וכולל עושר של נופים, בתי גידול, מערכות אקולוגיות ומיני יצורים.
- חבלים גיאוגרפיים נבדלים זה מזה בחלק משירותי המערכת שהם מספקים.

מטרות השיעור

- התלמידים יתוודעו למגוון שירותים ממערכות אקולוגיות שיש בישראל.
- התלמידים יתוודעו למגוון שירותים ממערכות אקולוגיות שיש בסביבתם הקרובה.

מהלך השיעור

הצעות לפעילות

- פתיחה
- **מה יש לנו בארץ? (מצגת או סרטונים ושיחה)**
- **מה יש בסביבתנו הקרובה? (סיור בקרבת בית הספר)**
- סיכום

פתיחה

קוראים שוב בפרזה את ההגדרה ל"מגוון ביולוגי", ומציגים את השאלה: איזה מגוון ביולוגי יש לנו בארץ?
אפשר לקרוא לתלמידים מהמבוא לשיעור נתונים על ריבוי מרכיבי המגוון בישראל, ולהוסיף עליהם נתונים ודוגמאות מהאינטרנט (ראו בקישורים).

הצעות לפעילות

מה יש לנו בארץ?

ציוד נדרש:

◄ מצגת תמונות של נופים שונים ומרכיבים של מערכות אקולוגיות בארץ, כולל תמונות תקריב של עצים, צמחים אחרים ומיני בעלי חיים. יש מצגות זמינות באינטרנט (ראו בקישורים). אפשר להשתמש ברשימה "שירותי מערכת לפי מערכות אקולוגיות באזורים שונים בארץ", (ראו בעמוד 19) וליצור ממנה שלד למצגת בצירוף תמונות מתאימות.

מקרינים מצגת אחת או יותר על מגוון ביולוגי שיש בטבע בישראל.
משוחחים עם התלמידים על המרכיבים השונים של מגוון ביולוגי שאפשר לראות בכל תמונה במצגת: צורות שונות בנוף, שחלקן מושפע מפעילות יצורים חיים, ומינים שונים של צמחים ושל בעלי חיים. כדאי לעודד את התלמידים לנסות לשער אילו יצורים חיים בסביבה שבתמונה אף כי אינם נראים בה. מומלץ להפנות תשומת לב מיוחדת ליצורים קטנים שחיים באוויר, בקרקע ובמים: חרקים

וחסרי חוליות אחרים וחיידקים. אפשר להציג ולהכיר שירותי מערכת לפי אזורים שונים בארץ.

מוצע להתעכב על כמה תמונות ולנסות לשער יחד אילו שירותי מערכת מתקבלים מן המגוון הנראה בכל תמונה, ומכאן להסיק אם באזורים שונים בארץ יש אותו מגוון ביולוגי, או אם יש אזורים בארץ שהמגוון הביולוגי בהם רב יותר או שהם מעניקים יותר שירותי מערכת מאשר באזורים אחרים.

אפשר לפתוח בתמונות של אזורים שבהם עצים ולקשר זאת לנלמד בשיעורים הקודמים, ומשם להמשיך למרכיבים נוספים במערכות טבעיות, כמו מים זורמים בנחלים, חופי ים, שדות בפריחה, מישורי לס במדבר.

רצוי לקשר את הנראה בתמונות לנלמד בשיעורי גאוגרפיה או של"ח.

מה יש בסביבתנו הקרובה?

ציוד נדרש:

- מצלמה דיגיטלית פשוטה (או מצלמה בטלפון נייד).

בפעילות זו נבדוק אם נוכל לזהות אילו שירותי מערכת ניתנים לנו מן הסביבה הקרובה, לפי שלושת הסוגים הראשיים: אספקה, בסיס לקיום, השראה.

יוצאים לסביבת בית הספר, מתחלקים לקבוצות (4-5 תלמידים בקבוצה) ומנסים לזהות מספר מרבי של שירותי מערכת הניתנים לנו מן הסביבה הקרובה. רצוי לצלם במהלך הפעילות מאפיינים של מרכיבי מגוון ביולוגי או שירותי מערכת.

לאחר כ-20-30 דקות מתאספים במליאה בשטח ומנסים למנות מספר מרבי של שירותי מערכת בסביבה הקרובה של בית הספר. את הממצאים מסכמים בטבלה בשלושה טורים: אספקה, בסיס לקיום, השראה.

לסיכום הסיור אפשר להעלות את השאלה: האם חיוני שכל השירותים הללו יהיו קרוב לביתנו? איך היינו מרגישים בלי כל השירותים האלה ליד הבית?

הערות:
לפעמים לא קל לצאת מבית הספר. עם זאת יש פעילויות על מרכיבים טבעיים שאפשר לחוות רק במגע עם הדברים עצמם. גם הליכה לאורך רחובות בסביבה עירונית ובילוי של שעה בגן ציבורי יכולים להניב מפגש עם מרכיבים של המגוון הביולוגי (כמו צמחייה בצדי כביש (סופחת חלקיקי עשן שנפלט ממכוניות), ציפורים (מראות וקולות נעימים ומרגיעים)). בסביבה העירונית אפשר לדבר על מיעוט מרכיבים כאלה לעומת מה שיש "בטבע" הרחוק יותר, ולדבר על החשיבות בקיום מגוון ביולוגי גם בסביבה העירונית.

על השאלות שהוצבו כאן אין בהכרח תשובה פשוטה או חד-משמעית. פעילות זו מזמינה את המורה לתהות עם התלמידים ולגלות ביחד מה יש בסביבה הקרובה, לְמה מאלה יש תרומה חיונית לחיינו, וכדומה.

אפשר גם לעשות פעילות כזו בטיולי בית הספר ולבדוק את המגוון ביולוגי ושירותי מערכת שמגלים במקומות טבעיים יותר.

סיכום

חוזרים ומתבוננים בפרזה ומסכמים את מה שנלמד במהלך השיעור.
לטיפוח הקשר שלנו לטבע הארץ וליצירת "גאווה מקומית" בהקשר היישובי והארצי, חשוב להבהיר לתלמידים שישראל בורכה במגוון ביולוגי עשיר במיוחד, שאזורים מסוימים שבה שונים מאוד מאחרים (שוני שמתבטא במקומות אחרים בעולם בהבדלים בין מדינות או בין חבלי יבשת), ומכאן יש להדגיש את חשיבות היתר של תפקידנו בשמירתו.

פעילות המשך אפשרית:
להדפיס תמונות שצולמו בסיור ולתלות אותן על קיר בכיתה בצירוף כתוביות הסבר על מה שנראה בהן ועל הקשר לחומר שנלמד.

הרחבה למבוא:
כדאי לקשר את הדיון במגוון הביולוגי שבישראל לשירותי המערכת המתקבלים מהמערכות הטבעיות בארץ.

בין אלה אפשר למנות שירותים הקשורים בקרקע, במים, באוויר ובאטמוספרה - שירותים של אספקת מזון לאדם מהצומח ומהחי, אספקת חומרי גלם (כגון סיבים, חומרים לתרופות ותבלינים) ושירותי השראה והעשרה תרבותית ורוחנית. חשיבותם של אחדים מהשירותים היא ברמה מקומית, לתושבי אזור מסוים (כגון מיקרו-אקלים נוח, יצירת קרקע, שימורה ושימור פוריותה, קרקע חקלאית ומרעה, ואפשרויות תעסוקה ופרנסה חקלאית), או ברמה אזורית וארצית (כגון שירותי טיהור מים ואוויר, החדרת מים והקטנת נגר עילי, מניעת סחף קרקע והגנה על אגני ניקוז, אזורים לנופש ופנאי). חשיבות גדולה במיוחד יש לשירותים שמשפיעים בקנה מידה עולמי, כמו אספקת חומרי גלם

לתרופות וקיום דינמי של מאגר גנטי של מינים (שמהם בויתו מיני צומח וחי) ושל חסינותם הטבעית בפני תנודות אקלימיות, הפרעות וגורמי מחלה (תוצאת בררה טבעית במשך דורות רבים). לדוגמה מאזורנו - מיני בר רבים הגדלים בתחומי ישראל הם המקור העולמי למיני תרבות המשמשים למזון ולחומרי גלם. דוגמאות נוספות והפניה למקורות אפשר למצוא בחוברת "המגוון הביולוגי ופיתוח בר-קיימא בישראל" (ראו בקישורים).

כמה נתונים מספריים על מגוון מיני הצומח הייחודי שבישראל:
יותר מ-120 מיני צמחים הגדלים בר בארץ קשורים למאכל אדם. בהם חיטת הבר (אֶם החיטה המבויתת), אגס סורי ושזיף הדוב (אבות הפירות המתורבתים), עדשה מצויה ושיפון ההרים (קרובי בר של מינים מתורבתים), גרגיר הנחלים וכרפס הביצות (קרובי בר של מינים מתורבתים ונאכלים כשלעצמם). על עצי בר מרכיבים עצי פרי רבים ופרחיהם של מספר רב של צמחי בר משמשים לייצור דבש בכוורות. למעלה מ-400 מיני צמחים הם מקור לחומרי רפואה או לתבלינים, דוגמת ער אציל, אזוב מצוי, מיני מנתה. צמחים אחרים משמשים למאכל בעלי חיים שהאדם מגדל למזון (כגון אספסת או נשרן שעיר), מספקים מקור אנרגיה (עצי זית - כשמן או כעצה), משמשים לנוי (אדר סורי) או לריח (אזוביון דגול).

בישראל עוברים גבולות תפוצה של מינים רבים, כלומר כאן הוא הגבול של התחום הגאוגרפי שבו הם חיים בעולם. לפי תאוריות אקולוגיות, באזורים כאלה עשויות להימצא תכונות גנטיות שונות מאלו שבמרכז תחום התפוצה של המין, ומכאן חשיבותה הרבה של עובדה זו. בישראל יש גם מספר גדול של מינים נדירים ואנדמיים (מינים שתחום תפוצתם האזורי או העולמי מצומצם).

בתי הגידול הטבעיים בארץ אינם אחידים במגוון הביולוגי שבהם ובשירותי המערכת שהם מספקים. יש בתי גידול שעשירים יותר במינים המקיימים תפקודי מערכת מסוימים, כגון קיבוע חנקן, שימור קרקע או החדרת משקעים למי תהום; יש אזורים שבהם יש מפגש ייחודי של אורגניזמים מאזורי תפוצה שונים. להלן דוגמאות לשירותי מערכת, לפי מערכות אקולוגיות באזורים שונים בארץ:

• נחלי החרמון והגולן מספקים מים לשתייה, לחקלאות, לברכות דגים ולקיום דגי מאכל בנחלים. הדגים שבנחלים מספקים גם שירותי הדברת יתושים ושירותי ניקוי המים מאצות; הנחלים הם מוקדי משיכה לתיירות ולפעילויות פנאי ונופש.

• החורש הים-תיכוני בגליל מסייע ביצירת קרקע ובהעשרתה על ידי צמחים, בעלי-חיים ומיקרו-אורגניזמים החיים בקרקע; הצומח שבו מונע סחף קרקע, מפחית תדירות שיטפונות ומקטין את עוצמתם; הוא תורם למיתון השפעות מזג האוויר; מסייע לקיום אוכלוסיות בעלי חיים להאבקה ולהפצת זרעים של צמחי בר ותרבות; הוא מוקד לתיירות ולשירותים הנלווים לה; מסייע למחזור פסולת על ידי מיקרואורגניזמים, טורפים ועופות דורסים החיים בו; והוא מקיים עושר גדול של מיני חי, צומח ונוף.

• המערכת שבים התיכון מסייעת במיתון השפעות מזג אוויר ובהגברת משקעים, מספקת חול למערכות יבשתיות ולרצועת החוף, מים לברכות דגים ולהתפלה, מים לצינון תחנות כוח, מלח לבישול, דגה למאכל, עושר רב של בעלי-חיים ונופים, ותומכת בפעילויות פנאי, נופש וספורט.

• הקרקעות החוליות בשרון הן שטחי החדרה למילוי חוזר של אקוויפרים שמהם נשאבים מים לשתייה ולחקלאות, הן בית גידול ייחודי לצומח וחי, וגדלים בהן אבות וקרובי בר של מיני צמחים מתורבתים.

• יערות נטע אדם בשפלת יהודה מסייעים ביצירה של קרקע ובהעשרתה על ידי צומח ומיקרואורגניזמים שבקרקע ומונעים סחף קרקע, הם מוקד לתיירות ולשירותים הנלווים לה, מספקים עץ לתעשייה מיערות נטועים, ומרחיבים את תחום המחיה של בעלי חיים שחיים בשטחים פתוחים בסביבתם.

• מכתש רמון שבהר הנגב מספק נוף ייחודי התומך בפעילויות תיירות, פנאי ונופש; הוא מספק חומרי גלם לתעשייה ולחקלאות המופקים באתרי כרייה וחציבה; מקיים עושר מינים ייחודי; מיני דורסים וטורפים החיים בו מספקים שירותי פירוק פסולת ומחזורה.

• חוף מפרץ אילת מספק נוף מרהיב, וכן מערכת של שונית אלמוגים המקיימת מגוון מינים ייחודי ועשיר ומספקת מזון ומקומות לרבייה ולמחסה למיני דגים החיים בים הפתוח. כל אלה הם מוקד משיכה לתיירות מכל העולם. השונית גם מספקת הגנה מכנית לחוף מפני סערות.

5

סכנות ואיומים

טביעת המונח "שירותי המערכת האקולוגית" ותשומת הלב הגוברת לו בעשורים האחרונים נובעות מהניסיון לשמור על שירותים אלה מפני פעילות האדם שמאיימת על קיומם. על אף הפעילות הגוברת בתחום שמירת הטבע, שירותי המערכת עדיין מאוימים, וכיום יותר מתמיד בעקבות הגידול באוכלוסייה האנושית והעלייה בעוצמה ובהיקף של פעילותה. כפי שמוזכר ברקע הכללי, כיום יש אבדן מינים מואץ בכל העולם. בשיעור זה נציג סכנות ואיומים למגוון הביולוגי ברמה הארצית וברמה העולמית. מומלץ לייחד לפעילות זו שיעור כפול.

הסיבות העיקריות לפגיעה במגוון הביולוגי הן כמה: גידול האוכלוסייה האנושית וצרכיה, אבדן בתי גידול או קיטועם, התפשטות מינים פולשים, זיהום, צריכת יתר ודפוסי פעילות אחרים שפוגעים במרכיבי המגוון שלא במכוון. ביחידת הלימוד הבאה "טביעת הרגל האקולוגית" יעסוק השיעור הראשון בהדגמה מפורטת של שימוש יתר במשאב מתחדש (שימוש במשאב במידה הגדולה מקצב התחדשותו, וכך כמותו הולכת ופוחתת ולעתים קרובות גם איכותו נפגעת). אולם הנזק הישיר שנובע מניצול יתר של משאב הוא רק אחת מהסיבות לפגיעה במגוון הביולוגי.

פגיעות רבות במערכות אקולוגיות ובשירותים שהן מעניקות נגרמות בעקיפין בגלל אופי פעילות האדם. פגיעות אלו מוחמרות כשמעלים את רמת הפיתוח (יותר תשתיות ושימוש אינטנסיבי יותר בשטחים), דבר שקורה גם במדינות שאוכלוסייתן כמעט שאינה גדלה, כמו בכמה מהמדינות באירופה. במדינות שיש בהן גידול אוכלוסייה מואץ (כמו בישראל ובמדינות מתפתחות) האיום גדול פי כמה כאשר הגידול באוכלוסייה חובר לשאיפה להעלות את רמת החיים לרמת פיתוח המקובלת בארצות המערב. דוגמאות לתופעות ותהליכים המאיימים על המגוון הביולוגי תוכלו למצוא בקישורים לשיעור זה.

מסרים

- ניצול יתר של משאב פוגע במשאב עצמו וביכולתן של מערכות אקולוגיות לספק שירותים שונים.
- סכנות נוספות לקיום שירותי מערכת נובעות מגידול האוכלוסייה האנושית, מפיתוח מואץ, ומדפוסי פעילות מסוימים של בני האדם.

מטרות השיעור

- התלמידים יתוודעו לקשר שבין פעילות האדם לבין פגיעה במגוון הביולוגי ובשירותי המערכת.
- התלמידים יתוודעו לניסיונות של בני האדם לצמצם את הפגיעה הזו.

מהלך השיעור

הצעות לפעילות

- פתיחה
- **מתחילים בעצים וממשיכים ב... (שיחה כיתתית)**
- **מה אפשר לעשות? (שיחה כיתתית)**
- **האיש שנטע עצים (הקרנת סרט או הקראת הסיפור)**
- סיכום

פתיחה

מתבוננים יחד בפרזה וקוראים **קריאה פעילה** את הטקסט שעל העץ "זה כבר בכלל לא מובן מאליו", ואת תיבת המלל "הכחדת מינים". קוראים במילון את הגדרות ל"השפעת פעילות האדם" ול"הכחדה". מסתכלים באיור המציג את הסיבות להיעלמות יערות באגן האמזונס, אחד האזורים בעולם העשירים ביותר במגוון ביולוגי יש חוקרים המגדירים אותו כבית המרקחת הגדול בעולם משום שחומרי גלם רבים נלקחים ממנו לתרופות חיוניות ועוד רבים אחרים ודאי טמונים בו עד שיתגלו (ראו בקישורים).

מדברים על הסכנות ההולכות וגדלות למגוון הביולוגי בעולם: אפשר לתת בקצרה תמונה עולמית על שיעור הכחדות בעבר ובהווה ועל אבדן המינים המואץ כיום ולקשרו לנתוני כריתת היערות המוצגים בפרזה.

נקודות אפשריות לשיחה:

- איך אבדן מינים קשור לאבדן של יערות ושל בתי גידול אחרים ולאיום על שירותי המערכות האקולוגיות?
- כיצד השינויים המוצגים בכרזה - היעלמות היערות, מצוקת המים והכחדות מינים - קשורים לשימוש יתר במשאבים? האם מדובר במשאבים מתכלים או במשאבים מתחדשים?

• פעילות האדם פוגעת במגוון הביולוגי בכל מיני דרכים, ולא לכולן אנו מודעים. להציג לתלמידים דוגמאות אחדות (ראו ברקע הכללי), ורצוי לבקש מהתלמידים להביא דוגמאות משלהם.

הצעות לפעילות

מתחילים בעצים וממשיכים ב...

ציוד נדרש:

◀ רצוי להדפיס פירוט סכנות ואיומים למגוון הביולוגי בישראל מתוך החוברת "מגוון ביולוגי ופיתוח בר-קיימא" ולהיעזר במידע המובא בה לצורך השיעור (ראו בקישורים).

בונים טבלה על הלוח המפרטת סיכונים ואיומים למגוון הביולוגי בעולם ובישראל. אפשר לחלק אותה לשניים: א) איומים על שירותי מערכת שונים (בדגש תפקודי של השירותים);
ב) איומים על מערכות אקולוגיות שונות (בדגש על היבט גאוגרפי ומצאי בתי גידול ומערכות אקולוגיות, בעיקר בארץ).

כדאי להציג לתלמידים כמה דוגמאות של סכנות למגוון הביולוגי עקב פיתוח מואץ, פלישת מינים זרים, דפוסי פעילות אנושית, ולהמשיך לפתח את הנושא עם התלמידים, על הלוח או במחברותיהם. לרשום סכנות שונות למגוון הביולוגי ולתאר כל אחת בעזרת הנקודות האלה: מהי הפעילות? מה במגוון היא מסכנת? אילו שירותי מערכת מאוימים בעקבות זאת?

אפשר להתחיל מדוגמת העצים והיערות הכרותים ולהמשיך בבניית יישובים ובסלילת כבישים כדוגמה נוספת לפגיעה בשטחים פתוחים שמאכלסים מגוון ביולוגי, בזיהום הסביבה בחומרים שפוגעים במגוון הביולוגי ובשירותי המערכת (שפכים לנחלים ולים, עשן מכלי רכב) ובדפוסי פעילות נוספים המתוארים ברקע הכללי.
אם הרישום נעשה במחברות, רצוי לסכם את הדברים על הלוח בכיתה.

מה אפשר לעשות?

המסר העולה משיעור זה הוא קודר ומאיים. לפיכך מוצע להעלות לצד טבלת הסיכונים והאיומים הצעות ודוגמאות למזעור נזקים. הרחבה בנושא זה מובאת בכרזה 4 "מהמקומי לעולמי" ובמערכי השיעור הקשורים לה. אפשר להזכיר פעולות שונות לשמירת הטבע ולשינוי דפוסי פעילות אנושית, רבות מהן מתמקדות בהעלאת המודעות של אנשים לעצם קיום הבעיה.

רצוי להזכיר בקצרה שיש אמנות בין-לאומיות להגנה על המגוון הביולוגי, על מינים ועל בתי גידול (ראו בקישורים). המדינות החתומות על אמנות אלו מחויבות לפעילות המקדמת הגנה כזו בתחומן וגם לפעילות בין-לאומית בעניין.

שאלות מוצעות לדיון:
• האם בכלל ניתן לשנות את מצב המגוון הביולוגי בעולם?
• מה אפשר לעשות כדי לצמצם פגיעה במגוון הביולוגי?
• מי צריך לפעול בעניין?
• אם שירותי מערכת מסוימים נפגעים, האם יכולות להיות להם חלופות טכנולוגיות?
• האם יש בכוחו של הפרט לעשות משהו לשיפור המצב?
• מה כוחם של ארגונים (כמו למשל החברה להגנת הטבע או עמותת "צלול") וארגונים בין-לאומיים שפועלים למניעת פגיעה בטבע?

האיש שנטע עצים

ציוד נדרש:

◀ הסרט או הספר "האיש שנטע עצים" לפי סיפור מאת ז'אן ג'יונו (יצא לאור בעברית בהוצאת קיקרו, 1998; או בהוצאת צימוק 2007) סרט האנימציה מומלץ ביותר. אורכו כחצי שעה, והוא זמין בגרסאות אחדות גם ברשת האינטרנט (ראו בקישורים).

הקראת הספר או הקרנת הסרט. אפשר לחלק (את הסרט או הספר) לכמה קטעים ולעבוד בהמשכים.

"האיש שנטע עצים" מביא מסר אופטימי חשוב: מסופר על מפגש של המחבר עם איכר זקן וחסר השכלה בצרפת בתקופת מלחמת העולם הראשונה ואחריה. איש זה הצליח לבדו להפוך אזור פגוע ונטוש לשופע ומשגשג, מתוך תפיסת עולם נועזת: "הזמן הטוב ביותר לשתול עץ היה אתמול".

כדאי לשוחח עם התלמידים על התחושות שעולות בעקבות שמיעת הסיפור או הצפייה בסרט. פעילות זו מתאימה גם לחלק מהשיעורים של יחידה 4 "מהמקומי לעולמי".

סיכום

חוזרים שוב אל הכרזה ומדברים על סכנות שונות שמאיימות על המגוון הביולוגי ועל שירותי המערכת שהוא מעניק. מתבוננים בקומיקס ומשוחחים על המצב המוצג בו: אילו שאלות עולות ממנו? מי כאן הזן הנכחד? האם יש סיכוי רב להמשך הקיום של המין האנושי, אם אנו פוגעים פגיעה חמורה במגוון הביולוגי שנדרש לקיומנו?
מזכירים שיש דרכים שונות למזעור נזקים ואף לשיקום מערכות אקולוגיות, ומוצע למנותן יחד עם התלמידים.

אפשרות לפעילות המשך או לשיעורי בית:

- עבודה בקבוצות: בניית מסע הסברה לקידום פעילויות למזעור נזקים במערכת אקולוגית מסוימת (לפי בחירת התלמידים) ולשיקומה.
- אפשרות במסגרת מחויבות אישית או פעילות עם ארגון או התארגנות מקומית: טיפוח ושיקום אתר טבע; נטיעות (חשוב לזכור שפעילות כזו כרוכה במחויבות לתחזוקה ומעקב לאורך זמן).

דוגמאות לתופעות ותהליכים המאיימים על המגוון הביולוגי:

אבדן בתי גידול וקיטועם: אבדן שטחים פתוחים בעקבות פיתוח מביא להפרדה פיזית בין השטחים שנותרו בלי פיתוח, שטחים אלה הם לרוב קטנים יותר בגודלם מהשטחים המקוריים, האוכלוסיות של מיני בר בהם קטנות והתנאים הפיזיים בהם מידרדרים; צמצום שטחי חלחול לאקוויפר והקטנת זמינות מים גם למערכות טבעיות; קיטוע שטחים על ידי תשתיות קוויות (כבישים, מסילות ברזל, קווי חשמל) מקשה על קיום קשר בין חלקי אוכלוסיות של בעלי חיים וצמחים וגורם לעתים גם להיפגעות מהם (דריסה, התנגשות, התחשמלות); בארץ יוצרת גדר ההפרדה גם בעיה אקולוגית קשה של קיטוע בין שטחים פתוחים; שטח לא מבוטל נדרש גם לסילוק הפסולת האנושית במטמנות.

הידרדרות במצבו של בית גידול בלי שינוי בגודלו יכולה לקרות בגלל אופי הניצול של המשאבים שבו או בגלל השפעות של פעילות אנושית אחרת, לדוגמה: שטח לבילוי ונופש ש"מתבלה" עקב שימוש יתר (למשל בטיולים ברכבי 4X4, הפרעה לעופות מקננים על ידי צלמים, מטיילים); שאיבת מים במעלה נחלים במקום במורדם או שאיבת יתר של מים גורמות לייבוש מערכות אקולוגיות בנחל ובסביבתו (ורצף של שנות בצורת מחמיר את מצוקת המים בטבע); שינויים באופי זרימת המים (סכירה, ייבוש ערוצים, "הסדרת נחלים" למניעת הצפות, תיעול להשקיה, ניקוז ביצות בעבר); כרייה וחציבה המשנים לגמרי את פני הקרקע ופוגעים באופי בית הגידול; פעולות חקלאיות שהשפעותיהן ניכרות גם מחוץ לתחום המעובד (כמו שימוש בדשנים, זיהום מחומרי הדברה ומפסולת חקלאית אחרת, גידור) ויוצרות התנגשות בין האינטרס החקלאי לבין התנהגותן של חיות הבר וצורכיהן (והן גם גורמות נזקים רבים לחקלאים); אימוני צבא הפוגעים בבית גידול (במבנה הקרקע, בהרס צומח ובהרג והפרעה לפעילות בעלי חיים); שרפות ענק שנגרמות בגלל רשלנות או מלחמות, וכריתה ורעייה בֵּיתר עלולות לשנות את אופיים של שטחים נרחבים ואת הרכב המינים בהם ולצמצם את המגוון הביולוגי שלהם; מציאות של עצמים התנגשות או הסתבכות בהם (למשל בסביבה ימית: ברשתות דיג, בכבלים או מחסומים ימיים והיפגעות מסירות מרוץ או מדפוסי ציד לא ממוקדים כמו דיג באמצעות חומרי נפץ).

התפשטות של מינים פולשים (על חשבון מינים מקומיים) **והתפרצות של מינים מקומיים** (שביכולתם לנצל בקלות וביעילות פסולת אנושית או את קרבת האדם, כמו שועלים, תנים, חולדות, עורבים - גם אלה על חשבון מינים מקומיים אחרים) גורמות לצמצום המגוון הביולוגי, ולעתים כרוכות אף בנזקי בריאות לאדם. תופעות אלה נגרמות בעיקר בעקבות פעילות האדם או שינויים שהוא גורם בתפקוד מערכות אקולוגיות, והן נחשבות בעולם כיום אחת הסכנות החמורות ביותר במערכות אקולוגיות מסוימות.

זיהום ביתי, תעשייתי וחקלאי של אוויר, מים וקרקע מדרדר את איכות בית הגידול ופוגע בצמחים ובבעלי חיים. בעלי חיים נפגעים גם מהרעלות מחומרי הדברה (מכוונות ולא מכוונות, כמו הפגיעה החמורה באוכלוסיית הנשרים בגולן עשור האחרון), מהרעלות משיירי מתכות שהם בולעים או מהרעלות אחרות כשניזונים בפסולת מוצקה. הם גם עלולים להיחנק מהסתבכות בשקיות פלסטיק, בחבלים ובכבלים. זיהום אור ורעש, שלאחרונה מתחילים לפתח מודעות אליו, יכול להשפיע בעיקר על דפוסי התנהגות של בעלי חיים, אך גם על השעון הביולוגי של צמחים (שעלול לפגוע בהתרבות בעקבות שינוי מועדי הפריחה, למשל).

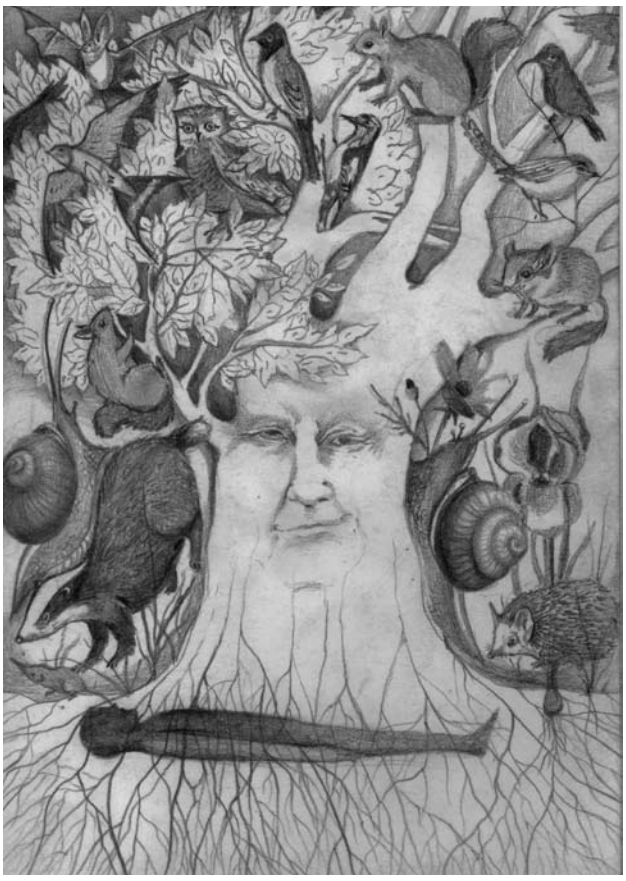
פגיעה במשאבים גנטיים בעקבות אבדן אוכלוסיות שיש בהן תכונות ייחודיות (אוכלוסיות קטנות ומקוטעות מאבדות תכונות עוד לפני הכחדתן). אבדן משאבים גנטיים יכול להיגרם גם ב"זיהום גנטי": כשבני אדם מעבירים פרטים בין אוכלוסיות נפרדות או כשפרטים מאוכלוסיות בבר מתרבים עם פרטים מבויתים (חי וצומח) שהתפראו וחזרו לחיות בבר.

איומי העתיד בישראל קשורים בעיקר בגידול בצפיפות האוכלוסייה ובלחצי הפיתוח המואץ בשילוב עם שינויי האקלים שיגרמו לשינויים בתנאים הפיזיים ויביאו לדרישה הולכת וגוברת למשאבים (בעיקר למים).

בעולם ובארץ נעשות פעולות רבות להגנה על המגוון הביולוגי, שעיקרן הגנה על מינים, הגנה על בתי גידול או על חבלי ארץ באמצעות הכרזה בחוק על שטחים מוגנים (שמורות, גנים לאומיים ויערות) ופעילות אחרת לשמירת הטבע. השטחים המוגנים בארץ הולכים וגדלים בהיקפם; בארץ מתפתח מאז קום המדינה מפעל ייעור בהיקף שאין דומה לו בעולם (אם כי בין אנשי מקצוע ואף בציבור הרחב יש ויכוח על אופי

הייעור הרצוי ועל השפעותיו האקולוגיות), ובשמירת הטבע מושקעים מאמצים ותקציבים רבים.

השאלות הנשאלות לבחינת הפעילויות הנעשות בתחום שמירת הטבע הן: מהי השפעתן על המגוון הביולוגי? האם די בפעילות שנעשית? האם היא מניבה את התוצאות המיוחלות - לעצור את ההידרדרות במצבו של המגוון הביולוגי ואף להגיע לשיפור בו? האם די בשטחים המוגנים כדי להבטיח שירותי מערכת בני-קיימא לתושבי ישראל? האם כל המערכות האקולוגיות בישראל מיוצגות בשטחים שמורים ויש סיכויים להישרדותן לזמן רב? למשל: טיפוסים שונים של יערות וחורשים ושטחים של שיחים; חופים וים; חולות ומדבר; נופי מים כנחלים, שלוליות חורף, ביצות, אגמים, מלחות וים המלח (בעיה חריפה במיוחד); מערכות הקשורות באדם - מגוון ביולוגי חקלאי, מגוון בשטחי מרעה ומגוון ביולוגי בשטחים עירוניים.



איור: סהר חופי מתוך הספר "האיש שנטע עצים" בהוצאת צימוק 2007.

לשיעור מספר 1

פרויקט Biosphere II באריזונה: החיים בטראריום*

בפרויקט שאפתני שנעשה בארצות הברית לפני כעשרים שנה ניסו להנדס באופן מלאכותי מערכות אקולוגיות. אף שהושקעו בו כ-200 מיליון דולר, נכשל הניסוי בשל הקושי לספק באופן מלאכותי ולאורך זמן שירותי מערכת מורכבים.

בשטח שגודלו כ-13,000 מ"ר (13 דונם) בנו בשנים 1991-1987 מבנה ענק מכוסה בכיפת זכוכית כמערכת אקולוגית סגורה, הגדולה ביותר שיצר האדם אי פעם. לפרויקט היו מטרות אחדות: א) לבדוק עד כמה גדולה צריכה להיות כיפת הזכוכית כדי שיישוב שמתחתיה יוכל להתקיים בכוחות עצמו; ב) לחקור את מורכבות קשרי הגומלין במערכות של חיים; ג) לבחון את האפשרות לקיים בעתיד ביוספרות** סגורות בהתנחלות אדם בחלל; ד) לאפשר מחקר וניסוי יזום ברמה של ביוספרה בלי לפגוע בסביבה.

מתחת לכיפת הזכוכית הענקית יצרו פסיפס של מערכות אקולוגיות, שמייצגות מקצת ממגוון המערכות שבכדור הארץ, ונכללו בהן: 1,900 מ"ר של יער גשם טרופי, 850 מ"ר של אוקיינוס ובו שונית אלמוגים, 450 מ"ר של יער מנגרובים, 1,300 מ"ר של סוונה עשבונית, 1,400 מ"ר של מדבר (כל השטחים הללו הם כתמים קטנים ביותר לקיום מערכות טבעיות ולתהליכים שמתרחשים בהן), 2,500 מ"ר של מערכת חקלאית, בית מגורים ומשרד ששימשו צוות של כ-10 אנשים ואזור טכני תת-קרקעי, שסיפק לצוות החוקרים מים, חשמל ושאר צרכים בסיסיים. מים מחוממים ומקוררים סוחררו בצנרת סגורה, וכוח חשמלי סופק מאנרגיית גז טבעי. ההרכב הכימי של האוויר, המים והקרקע בכל המערכת נמדד ונבחן באופן קבוע, ובריאות הצוות האנושי שאכלס את המבנה נבדקה בקביעות על ידי צוות רפואי.

במחקר ראשון, שהתנהל בשנים 1991-1993, גידלו במערכת בננות, בטטות ובוטנים: הצוות לא הצליח לגדל די מזון לצרכיו ודיווח על רעב מתמיד; ריכוז החמצן (באוויר ריכוזו כ-20%) ירד בהתמדה עד 14.5% לאחר 16 חודשים, ונרשמו תנודות לא רצויות בריכוז ה- CO_2; אחרי פחות משנה ומחצה מתחילת המחקר הזה מתו רוב החולייתנים וכל החרקים המאביקים.

אחרי המחקר הזה היה מחקר נוסף שמסיבות אחרות לא הוכתר בהצלחה גדולה יותר, וכיום השטח מוחזק על ידי אוניברסיטת אריזונה, למחקרים אחרים ולחינוך בלא כל קשר למחקר המקורי.

---

* מעין "אקווריום" לגידול צמחים ובעלי חיים של יבשה

** ביוספרה = כל המקומות בכדור הארץ ובאטמוספרה שבהם מתקיימים יצורים חיים. לפי ראייה ביוספרית, העולם כולו נחשב למערכת אקולוגית אחת גדולה.



מוזיאון המדע ע"ש ברנרד בלומפילד ירושלים (ע.ר)
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس
Bloomfield Science Museum Jerusalem

המשרד להגנת הסביבה
وزارة حماية البيئة
Ministry of Environmental Protection
שלום עם הסביבה

מדינת ישראל
משרד החינוך