

# או-צרות הים

רקפת דנאי, ענת סטולר, טלי טל



**הטכניון**

המכון הטכנולוגי לישראל,  
המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים  
מוסד הטכניון למחקר ולפיתוח



**משרד החינוך**

המזכירות הפדגוגית,  
האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימוד



**מל"מ**

המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי-  
ע"ש עמוס דה שליט





**מל"מ** - המרכז הישראלי לחינוך מדעי-  
טכנולוגי ע"ש עמוס דה- שליט



**הטכניון** - מכון טכנולוגי לישראל  
המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, מוסד  
הטכניון למחקר ופיתוח



**משרד החינוך**  
המזכירות הפדגוגית  
האגף לתכנון ולפיתוח  
תכניות לימודים



# או־צרות הים

רקפת דנאי, ענת סטולר, טלי טל





מאה תשעים קילומטר של חוף, ומי החופים של ישראל בים התיכון ובמפרץ אילת הם משאבי טבע ייחודיים ובעלי חשיבות רבה להתפתחות הכלכלית של המדינה ולרווחת תושביה כיום ובדורות הבאים. משאבי טבע מוגבלים בכמותם, ומצויים היום בליבו של ויכוח על ניצולם. הויכוח איננו רק על ניצול המשאבים, אלא עוסק גם בדמותה ובאופייה של המדינה (\*כהן, 1999).

יחידת הלימוד "או-צרות הים" מציגה את הקונפליקט בין ניצול הפוטנציאל הגלום בים כמקור להפקת מזון וחומרים לרפואה, לבין סכנת זיהום הים והרס המערכות האקולוגיות. במידת היחידה עולות שאלות רמת כגון: מה מקומו של האזרח בקבלת ההחלטות? איזה מידע מוצג בפניו? מה יכולתו להשפיע והאם הוא מעוניין להשפיע? בחלק משאלות אלו מטפלת יחידת לימוד זו.

יחידת הלימוד פותחה בגישת מדע-טכנולוגיה-חברה, במטרה להציג את נושאי הלימוד המורכבים כך שנושאים מדעיים שלובים בהיבטים חברתיים-סביבתיים וטכנולוגיים. פעמים רבות מוצגות שאלות, שאין עליהן תשובה ברורה או מלאה.

הרוצה ללמוד על הים וכל היבטיו נדרש לשנים רבות של לימוד בינתחומי. אנו בחרנו להציג נושאים אחדים, תוך הכרה בכך שאנו מוותרים על משאי לימוד רבים מעניינים, חדשניים ומעוררי דמיון. אנו מקווים, שהלומד ימשיך ויתעניין במשא וירחיב את ידיעותיו גם באמצעים אחרים.

יחידת הלימוד פותחה במחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים בטכניון.

## אל התלמידים

הספר או-צרות הים מציג בפניכם את אחד ממשאבי הטבע (אוצרות) החשובים בעולמם. משאב שרק חלק זעיר מסודותיו פרוש בפנים. מאז ימי קדם האדם עובר את הימים לאורכם ולרוחבם בדרכו לארצות רחוקות ולחיפוש אוצרות יבשתיים וימיים. מאז ימי קדם האדם מטיל רשת אל הים בתקווה להעלות בתוכה אוצרות שיאפשרו את קיומו. מיליוני אנשים בעולם מוצאים את פרנסתם בחוף הים ובמימיו. עם השנים, האדם מגלה יותר ויותר אמצעי קיום המצויים בים. בנוסף לדיג, ספנות ומסחר אותם פיתח האדם עוד לפני אלפי שנים, נוספו למגוון השימושים בים גם תיירות מודרנית, התפלת מים, חקלאות ימית לשם ייצור מזון, תרופות ומוצרים אחרים, ועוד.

האם בכך מסתיימת השפעתו של האדם? מפעלי תעשייה וערים שופכים את שפניהם אל הים, ערימות אשפה שמקורן ביבשה ובים מצטברות בחופים, יזמים זריזים מנים, סוללים, ומשנים את פני החופים. השאלה שנשאלת היא, כיצד אנו שומרים את האוצר החשוב הזה למענם (למען הדורות הבאים, ומנצלים אותו בתבונה)?

במהלך הלמידה תשאלו שאלות, תדונו ותציגו את עמדתכם בנושאים רבים שעדיין שטייס במחלוקת.

סדר הפרקים כולל:

1. היכרות כללית עם חקר הים והחופים, מדע האוקיינוגרפיה
  2. היבטים פיסיקאליים וכימיים של מי הים, החשובים להבנת המערכת הימית
  3. היכרות קצרצרה עם שלם היצורים החיים, שבהכרח היא חלקית בלבד
  4. ביוטכנולוגיה וחקלאות ימית. בפרק זה מוצגים שימושים חדשניים של צמחים (אצות) ובעלי חיים ימיים, המבוססים על מחקר מדעי וטכנולוגיות מתקדמות
  5. אימת הסביבה הימית. בפרק זה יוצגו סוגיות חשובות בשמירת אימת הסביבה הימית בארץ.
- הבעיות הסביבתיות העיקריות בחופים ובמימי החופים בישראל הן: הפרת מאזן החולות בחופי הים התיכון כתוצאה של בניית סכר אסואן ושל כריית חול ובינוי בחוף, זיהום הים והחופים, שיסיים במגוון הביולוגי והרס ערכי טבע ייחודיים.
- יתכן שלא תשלימו את כל נושאי הלימוד בזמן העומד לרשותכם, אולם אנו מקווים שלאחר הלמידה, נושא הים והחופים יהיה מוכר לכם על היבטיו השונים, ויהיה יקר ללבכם, כך שכאזרחים צעירים שכלו להשפיע על דמותו ואופיו של חוף הים בישראל.
- המחברות

## פרק 1 ייחודו של הים היבטים גיאוגרפיים וגיאולוגיים

9	-----	חקר הימים והאוקיינוסים
10	-----	גבולות, אוקיינוסים וימים
11	-----	היווצרות האוקיינוסים והימים
12	-----	טקטוניקת הלוחות
13	-----	וגנר ונדידת היבשות
15	-----	הכרות עם האזורים השונים של הים
16	-----	מסע אל תוך הים
17	-----	מסע אופקי לעומק האוקיינוסים
19	-----	מסע אנכי לעומק האוקיינוס
20	-----	האוקיינוסים כמשאב
21	-----	הים התיכון
21	-----	גבולות הים התיכון
22	-----	ישראל לחוף הים התיכון

## פרק 2 מי הים - חומרים וכוחות היבטים כימיים ופיסיקליים

25	-----	תכונות מי הים
25	-----	המים על פני כדור הארץ
27	-----	מליחות מי הים
28	-----	מי הים - תמיסת מלח
29	-----	היווצרות הימים המלוחים
30	-----	מליחות מי הים התיכון
31	-----	טמפרטורת הים התיכון
34	-----	תופעות בים
34	-----	גלים בים
34	-----	תנועת הגלים
35	-----	גלי רוח
37	-----	גלי הטסונמי
38	-----	גאות ושפל
40	-----	זרמים בימים ובאוקיינוסים
41	-----	הרוחות וזרמי הים
42	-----	צפיפות המים וזרמי הים
43	-----	זרמים בים התיכון



- 45 ----- האוקיאנוסים ומזג האוויר--
- 45 ----- תופעת ה"אל ניניו"-----

### פרק 3 יצורים חיים בים היבט ביולוגי

- 49 ----- מה הן אצות? -----
- 52 ----- האצות וחשיבותן בטבע-----
- 52 ----- אצות רבות בעולם-משותף ושונה-----
- 52 ----- אצות, שרשראות מזון ומארגי מזון-----
- 53 ----- אצות ומחזור הפחמן בטבע-----
- 58 ----- החיים באזור הכרית-----
- 58 ----- הכרית כסביבת חיים-----
- 61 ----- יצורים חיים באזור הכרית-----
- 62 ----- מילון "הכרית"-----
- 64 ----- חוטית נודדת - מדוזה חדשה בחופי הארץ-----
- 69 ----- צבי הים-----
- 73 ----- החיים החברתיים של הלווייתנאים-----

### פרק 4 חקלאות וביוטכנולוגיה ימית

- 78 ----- מהי חקלאות וביוטכנולוגיה ימית?-----
- 79 ----- אצות-----
- 79 ----- חשיבות האצות לבני האדם-----
- 79 ----- אצות ותזונה-----
- 83 ----- הערך התזונתי של אצות-----
- 87 ----- תזונה תרבות וסביבת חיים-----
- 89 ----- אצות, תרופות ותכשירים קוסמטיים -----
- 91 ----- אגר-----
- 93 ----- מה משותף למוצרים כל כך שונים?-----
- 96 ----- טכנולוגיות שונות לגידול והפקת תוצרים תעשייתיים מאצות-----
- 96 ----- גידול אצת הנורי למאכל-----
- 96 ----- לאן, לדעתכם, "יכולה האצה ל"היעלם"?-----
- 97 ----- מחזור החיים באצת הנורי-----
- 97 ----- סביבת חיי האצה נורי-----
- 98 ----- רביית מינית ורבייה אל מינית באצת נורי-----

100	שיטת גידול אצת נורי בישראל
101	גידול אצת גריצלריה להפקת אגר ולמאכל
102	חקלאות ימית לצורך גידול בעלי חיים ימיים
104	חווה המגדלת במערכת משולבת חלזונות ים סרטניות ואצות.
104	חלדון ימי-אבלוני
105	החסילון התלת קוצי המקומי
107	דג הדניס
108	מערך גידול משולב ידידותי לסביבה
109	מושגים

## פרק 5 איכות הסביבה

111	איכות הסביבה הימית
112	זיהום ים
113	מקורות זיהום הים
114	חומרים המזהמים את הסביבה הימית
115	הכספית - מתכת מזהמת
117	זיהום ים ממקורות יבשתיים
118	חקר מקרה: שפכי תעשייה - צינור עוקף קישון
123	זיהום הים התיכון בבוצת שפכי גוש דן (שפד"ן)
126	זיהום תרמי
130	חקלאות יבשתית מודרנית והשפעתה על איכות הסביבה הימית
131	זיהום ים ממקורות ימיים
132	זיהומי דלק בים
134	חיידקים כלוחמים סביבתיים
135	מפרץ אילת
138	כלובי הדגים
141	מהגרים "בלתי חוקיים"
145	שימושי רצועת החוף בישראל
152	ערמות אשפה בחופים
155	סיוור בנושא "איכות הסביבה הימית והחופית"
156	מפתח השמות

# פרק 1

## ייחודו של הים היבטים גיאוגרפיים וגיאולוגיים



משחר היסטוריה חיו בני האדם לאורך חופי הים ולמדו לנצל את המזון והמשאבים שניתן להפיק מהים. בעבר, היכרות האדם עם הים הייתה מוגבלת, אך באמצעים שהיו ברשותם בחנו בני האדם את סביבתם. הידע המדעי שנאסף גרר אחריו שינויים טכנולוגיים שהוסיפו ידע חדש.

גם כאשר סברו בני האדם כי האדמה שטוחה וסכנה צפויה למפליגים עליה, שמא יפלו, יצאו חוקרים למקומות שונים בסביבת מגוריהם.

עד למאה ה-16 בני האדם הכירו רק את הימים הסגורים ואת אזור החופים. כלומר, בני האדם הכירו רק כ-7% משטח הימים בעולם. מסעותיהם של קולומבוס ומגלן הרחיבו את טווח היכרות האדם עם האוקיינוסים, ומסעה של האונייה צ'לנג'ר במאה ה-19, פתח פתח למדע האוקיינוגרפיה.

ידיעותיהם של המדענים על מבנה האוקיינוסים והימים פחותות מידיעותיהם על מבנה היבשה. עד היום חלקים נרחבים מהאוקיינוסים לא נחקרו.

יש המציינים את שנת 1872 כשנה בה החל המחקר הימי ותחילתו של מדע האוקיינוגרפיה. בשנה זו יצאה משלחת של חוקרים באונייה האנגלית, צ'לנג'ר (שמשמעו מאתגר). החוקרים גרפו את קרקעית הים בעזרת מחפרים ומשקולות ואספו דוגמאות של סלעים ובוץ מהאוקיינוס האטלנטי, מהאוקיינוס השקט ומהאוקיינוס ההודי. החוקרים גילו יצורים ימיים, מדדו את הטמפרטורות במעמקי הים ושרטטו את זרמי האוקיינוס העיקריים. תיעוד תצפיותיהם הופיעו בספר שכלל 50 כרכים. היום משתמשים בטכנולוגיה מתקדמת לחקר קרקעית הים, הכוללת צוללות משוכללות, שימוש בסונרים ובלוווינים. הטכנולוגיה המתקדמת מאפשרת לאסוף מידע רב יותר.



### הידעת ש

על מונחים לועזיים בין לאומיים

גיא - ארץ

אוקיינו - ימים ואוקיינוסים

גרפיה - רישום, כתיבה

לוגיה - תורה, מדע

למדתם ארבע מילים לועזיות ומכאן

ניתן להבין את פירושן של כמה מילים

אוקיינוגרפיה, גיאולוגיה וגיאוגרפיה

שיופיעו בהמשך הפרק.

מחקרים העוסקים בים עוסקים בהיבטים רבים: חיפוש מזון (אצות, דגים ובעלי חיים ימיים אחרים), חיפוש מחצבים ואוצרות טבע, מחקר הפיסיקה והכימיה של הים, לימוד תבליט קרקעית הים והגאולוגיה שלו. מחקר העוסק בנושאים אלו משלב מידע מתחומים רבים: פיסיקה, גיאולוגיה, גיאופיסיקה, כימיה, ביולוגיה, מטאורולוגיה, גיאוגרפיה (גיאודזיה (מדידת הארץ)). לאיסוף מידע מגוון זה נדרשים אמצעים טכנולוגיים רבים, שפיתוחם תורם רבות להתפתחות המחקר אודות ייחודו של הים. המדע העוסק בחקר האוקיינוסים והימים ובפיתוח טכנולוגיה המתבססת על ידע זה הוא מדע **האוקיינוגרפיה**. המחקר האוקיינוגרפי נעזר באמצעים טכנולוגיים רבים: צוללות, סובר, חישה מרחוק, צילומי לוויין, לקיחת דוגמאות ואנליזה שלהם במעבדה.

הימים על פני כדור הארץ, מהווים שטח רציף, אך נוח להבחין בין שטחי המים השונים על פי אופיים והגבולות היבשתיים התוחמים אותם. מקובל להבחין בין אוקיינוסים, אוקיינוסים משניים, ימים וימות.

**אוקיינוס** הוא גוף מים רחב, המשתרע בין יבשות ומפריד ביניהן.

מבחינים בשלושה אוקיינוסים:

האוקיינוס השקט, האוקיינוס האטלנטי והאוקיינוס ההודי. מהם מסתעפים אוקיינוסים משניים: אוקיינוס הקרח הצפוני ואוקיינוס הקרח הדרומי.

האוקיינוסים חודרים לתוך היבשות ושם מתהווים מהם גופי מים קטנים יותר, הימים. בעולם קיימים 25 ימים. למשל, הים התיכון הגובל ביבשות אירופה ואפריקה או הים הבלטי המצוי כולו באירופה. בין הימים בעולם, הים התיכון הוא הגדול מכולם. הימים והאוקיינוסים מחוברים אך גם מופרדים אלה מאלו על ידי מיצרים טבעיים או תעלות מעשה ידי אדם. מיצר גיברלטר מחבר בין הים התיכון לאוקיינוס האטלנטי. תעלת סואץ מחברת בין הים התיכון לים סוף ותעלת פנמה מחברת בין האוקיינוס האטלנטי לאוקיינוס השקט. ימה היא גוף מים מלוחים בתוך היבשת המנותקת מהאוקיינוסים ומהימים כמו ים המלח או הים הכספי.

### הידעתם?



השם אוקיינוס מקורו במיתולוגיה היוונית, על שם אל הנהר אוקיאנוס המקיף את כל העולם והוא מקור החיים. היוונים האמינו כי העולם שטוח וסביבו זורם נהר האוקיינוס העצום והאינסופי.

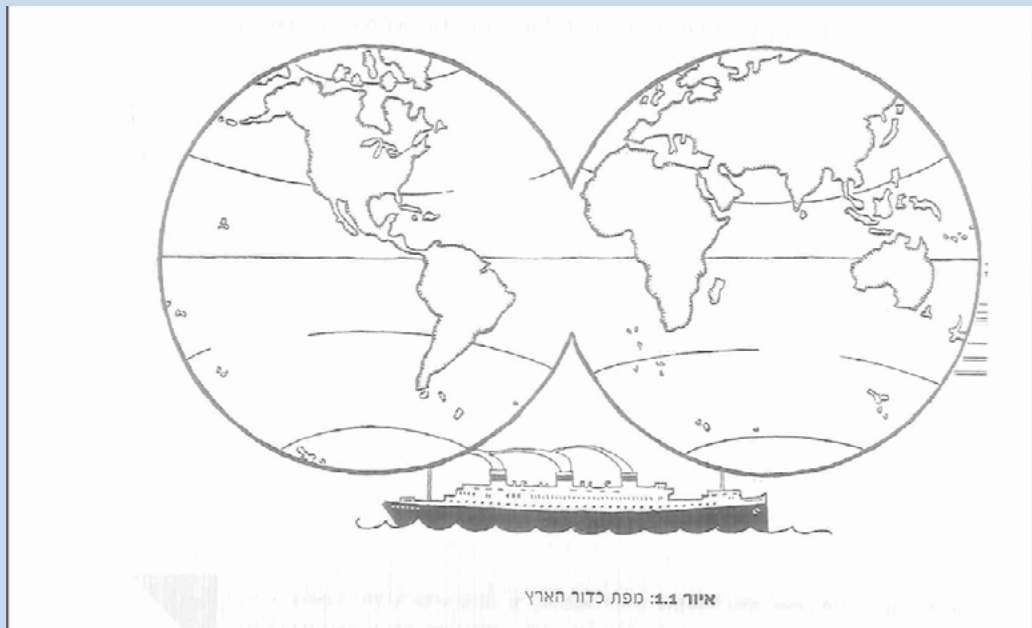
להיכרות עם מפת העולם והבחנה בין האוקיינוסים השונים, אוקיינוסים משניים, ימים וימות, נתבונן במפת כדור הארץ וננסה לזהות את הימים השונים.

### משימה 1.1 : זיהוי אוקיינוסים, ימים וימות



לפניכם מוצגת מפת כדור הארץ, צלמו אותה ועליה תוכלו לרשום את שמות האוקיינוסים, הימים והימות ולשרטט את גבולותיהם.

1. סמנו את גבולות ושמות האוקיינוסים בצבע כחול.
2. סמנו גבולות ושמות של לפחות שלושה ימים בצבע אדום.
3. סמנו גבולות ושמות של לפחות שלוש ימות בצבע ירוק.



הכרתם את מפת העולם וחלוקת הימים לאוקיינוסים, ימים וימות. בחרנו להציג בפניכם תיאוריות המקובלות על מדענים בדבר היווצרות הימים והחלוקה בין ימים ליבשות, כפי שאם מכירים אותה היום.

## היווצרות האוקיינוסים והימים

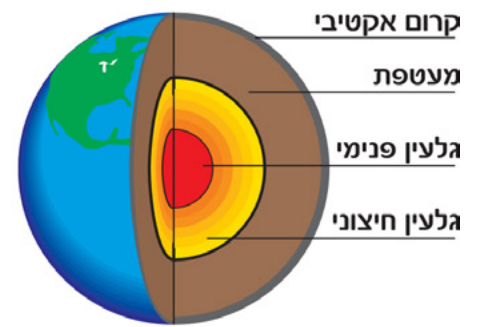
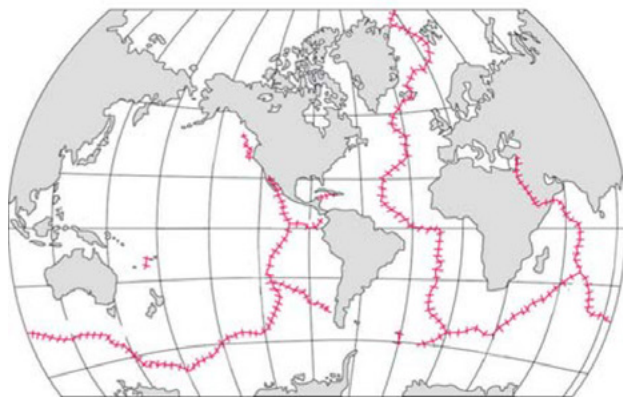
יש המשערים, כי במקביל להתקררות כדור הארץ, נפלטו גזים שונים ומי קיטור מהתפרצויות של הרי געש. אדי המים התעבו וירדו כגשם במשך עשרות מיליוני שנים. מי הגשם נקוו בשקעים על פני כדור הארץ ונוצרו הימים. במשך כמאה מיליוני שנים, הומלחו מי הים ממלחים שהגיעו באמצעות הנהרות מהיבשה ומהתפרצויות געשיות שהתרחשו מתחת לפני הים.

## טקטוניקת הלוחות

כדור הארץ מכוסה ברובו באוקיינוסים רמים וביניהם מצריות יבשות. אם נתבונן בחתך לאורכו של כדור הארץ נראה כי הוא בנוי משכמת שונות (ראה איור 1.2). השכבה החיצונית של כדור הארץ היא שכבה מוצקה ונקראת קרום כדור הארץ. קרום כדור הארץ מחולק לכ - 15 לוחות, כשבניהם קווי שבירה (ראה איור 1.3). לוחות אלו משתלבים אלו באלו כמו חלקים של פאזל ענק. המדענים נוהגים לאתר את הגבולות בין הלוחות באמצעות תצפיות על רעידות אדמה והתפרצויות של הרי געש. קרום כדור הארץ צפוף ודק באוקיינוסים (5-15 קילומטר) ופחות צפוף ועבה ביבשות (50-70 קילומטר). הלוחות נעים זה ביחס לזה בהתמדה. לעיתים הלוחות מתנגשים ולעיתים



הלוחות מתרחקים או מחליקים זה לצד זה. תנועת הלוחות נגרמת מכוחות הפועלים במעמקי כדור הארץ. תופעה זו של תנועת הלוחות אשר גרמה לשינוי מבנה ומיקום היבשות והאוקיינוסים, ידועה בשם טקטוניקת הלוחות (תורת מבנה הלוחות).



לפני כ- 200-250 מיליוני שנים הייתה על פני כדור הארץ יבשת-על אחת ואוקיינוס-על אחד. תנועת הלוחות גרמה לכך שיבשת העל נפרדה בשלב ראשון לשתי יבשות. הים שמצר ביניהן הוא ים התטיס. ים זה שינה את גודלו במשך מיליוני שנים, וכיום נותרו ממנו כמה ימים: הים התיכון, הים השחור, הים הכספי וימת אראל.

יבשת-העל המשיכה להיפרד ליבשות נוספות, אשר נדדו עד למקומן הנוכחי וביניהן נוצרו האוקיינוסים כפי שאנו מכירים אותם היום.

נדידת היבשות עדין לא פסקה. היבשות עדיין נודדות, ופני כדור הארץ מצויים בשינוי מתמיד. למשל, מדענים חישבו ומצאו, כי בעוד כמה מיליוני שנים יהיה לנו אוקיינוס ממזרח לארץ ישראל! ים סוף נוצר כתוצאה מהפרדות שני לוחות שבנים. קצב התזוזה של הלוחות, יחסית לישראל, הוא כסנטימטר בשנה. אם התהליך יימשך, ים סוף המכונה "אוקיינוס עוברי" יהפוך לאוקיינוס של ממש.



אלפרד וגנר (1880 - 1930) היה אסטרונום וגיאלוג גרמני. וגנר אסף עדויות רבות, מתחומים שונים שאפשרו לו לפתח תיאוריה בדבר נדידת היבשות. התיאוריה פורסמה לראשונה ב־1912. הוא טען, כי בעבר הייתה יבשת אחת וכי קיומן של היבשות היום והמרחק הקיים ביניהן הוא תולדה של נדידת היבשות. התאוריה נדחתה בזמנו, ורק 50 שנה מאוחר יותר התקבלה תיאוריית הלוחות המבוססת על תיאוריית וגנר.

### משימה 1.2: כיצד מאמתים תיאוריה?



- ככל שההוכחות הקיימות לאימות תיאוריה רבות ומגוונות יותר, כך גדלים הסיכויים לתקפותה של התיאוריה.
1. בטבלה שלפניכם מנוסחות עדויות התומכות בתיאוריית נדידת היבשות. מאילו תחומים מדעיים (מקצועות) הובאו העדויות? השלימו את הטבלה.
  2. מדוע לדעתכם לא נתקבלה התיאוריה בקרב הקהילייה המדעית בזמנו של וגנר? טבלה 1.1:

תחום (מקצוע)	עדויות התומכות בתיאוריית נדידת היבשות
	דמיון בין קווי המתאר של יבשות הרחוקות זו מזו. למשל, ניתן למצוא דמיון בין קווי המתאר של חופי מערב אפריקה ובין קווי המתאר של חופי מזרח דמם אמריקה. מכאן, ההשערה כי יבשות אלו היו בעבר הרחוק שכנות ונפרדו זו מזו.
	עדויות לאקלים, צומח וחי (מציאת מאובנים) קדומים דומים ביבשות שהיום נפרדות כמו: אפריקה ודרום אמריקה או אפריקה והודו ועוד.
	אקלים, צומח וחי קדומים (מציאת מאובנים) שאינם מתאימים למיקום הנוכחי של היבשת כמו: קרחונים בדרום יבשת אפריקה.
	רעידות אדמה לאורך קווי המגע
	קיומו של רכס מרכז אוקייני(רכס תת ימי)



למדנו כי:

- המדע העוסק בחקר האוקיינוסים והימים הוא מדע האוקיינוגרפיה, המשלב מידע מתחומים רבים: פיזיקה, גיאולוגיה, כימיה, ביולוגיה, גיאוגרפיה וגיאודזיה.  
- בעבר, כדור הארץ היה יבשת אחת ואוקיינוס אחד. תנועת הלוחות גרמה לכך, שהיבשת נפרדה ליבשות משניות וביניהן נוצרו האוקיינוסים. נדידת היבשות ממשיכה גם כיום.



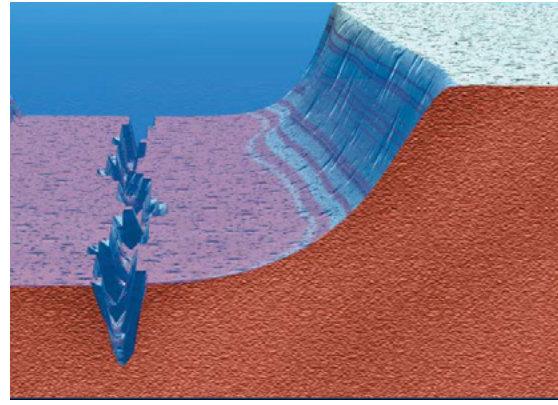
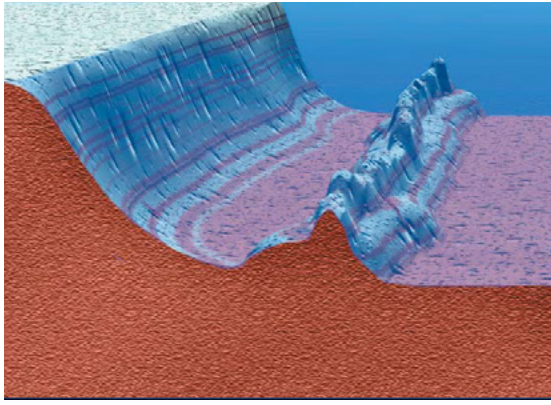
אתרי מידע מומלצים

מידע נוסף על מבנהו של היקום, כדור הארץ, הימים והיבשות ניתן למצוא באנגלית באתר נאס"א:  
<http://imagine.gsfc.nasa.gov>  
אתר יפה באנגלית שבו יש אנימציה של נדידת היבשות מלפני 700 מליון שנים עד ימינו:  
<http://www.crystalinks.com/index.html>  
אתר באנגלית המכיל איורים והסברים רבים:  
<http://pubs.usgs.gov/publications/text/dynamic.html>  
אתר באנגלית המכיל אנימציות להמחשת התהליכים על פני כדור הארץ:  
<http://www.pbs.org/wgbh/aso/tryit/tectonics>  
אתרים בהם ניתן למצוא מפות:  
[www.crystalinks.com/rof.html](http://www.crystalinks.com/rof.html)  
<http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/fire.html>

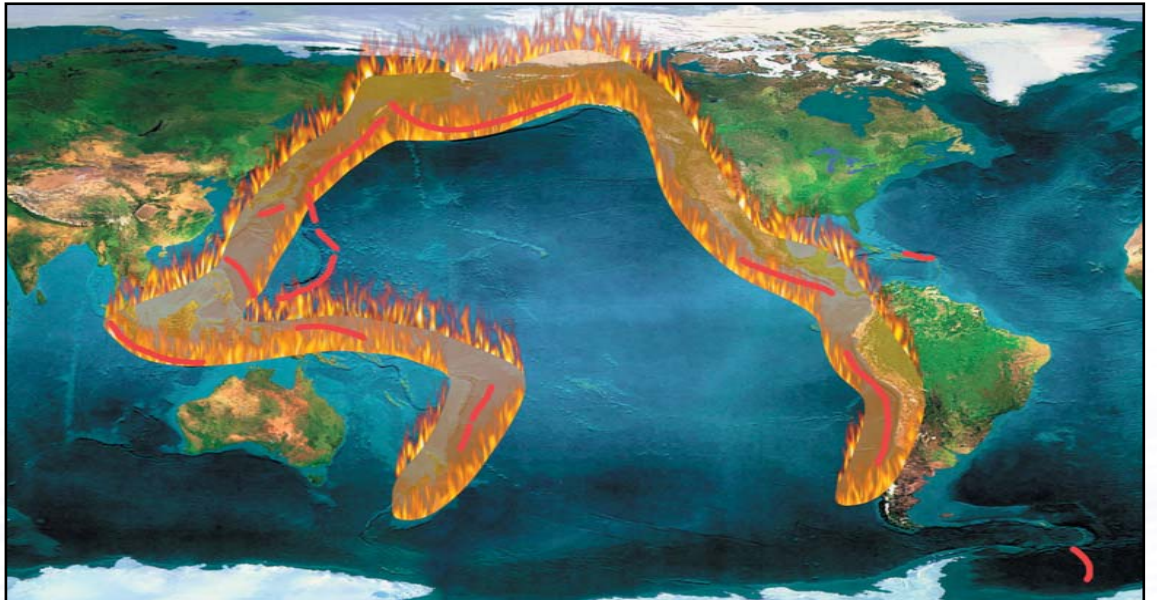
## הכרות עם האזורים השונים של הים

קרקעית הים אינה אחידה בעומקה ובצורתה. הנוף בקרקעית הים מזכיר את הנוף על פני היבשה. מתחת לפני האוקיינוסים מצויים: הרים גבוהים כמו ההימליה; רכסים ארוכים יותר ממה שקיימים על פני היבשה; מישורים עצומים, קניונים עמוקים ותהומות שעומקן מגיע עד מספר קילומטרים. נוף קרקעית האוקיינוס מושפע מתנועת הלוחות. במקומות שם מתרחקים הלוחות זה מזה, נוצר "סדק" בקרום הימי ודרכו עולה מגמה (כמו בהרי געש). חומר זה ממלא את החסר ויוצר קרום חדש בצורת רכס תת-ימי, המתחדש וגדל בשד קרקעית האוקיינוס מתפשטת. כך נוצרים הרכסים האוקייניים - מהתופעות הבולטות ביותר בקרקעית האוקיינוסים.





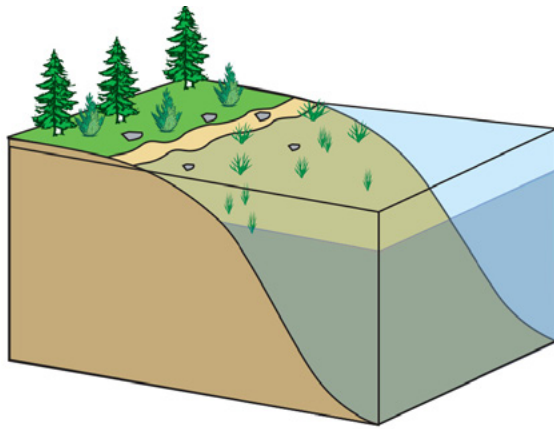
80% מהרי הגעש בעולם נמצאים בקרקעית האוקיינוס השקט. הם יוצרים צורת טבעת, המשתרעת לאורך חופי אוסטרליה ויפן ממערב וחופי יבשת אמריקה ממזרח. התנגשות של לוחות בקרקעית האוקיינוס גורמת להתכה חלקית של סלעים בעומק כדור הארץ. נתבי סלעים אלה פורצים בנקודות חולשה ונוצרת פעילות געשית. הרי געש אלו נקראים: "טבעת האש".





## מסע אל תוך הים

נדמיין לעצמם שכי מסעות אל תוך הים – מסע אופקי ומסע אנכי. המסע האופקי מתחיל מהיבשה, מחוף הים דרך מרכז האוקיינוס עד חוף הים של היבשת הנמצאת מעברו השני של האוקיינוס. במסע האנכי, המסע מתחיל ממקום המפגש של המים עם האוויר וממשיך לעומק האוקיינוס.

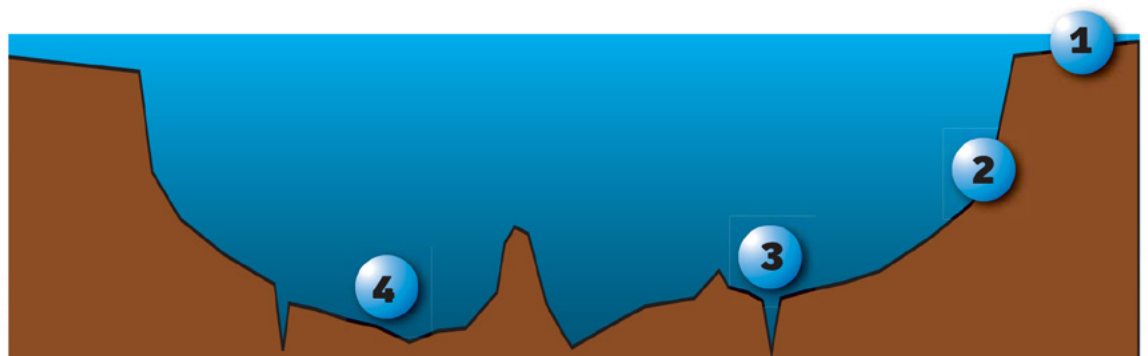


## מסע אופקי לעומק האוקיינוסים

המסע האופקי הוא חתך רוחב דמיוני, שנעשה בין היבשות שביניהן אוקיינוס. הגבול בין האוקיינוסים ליבשות ברור לכל המתבונן במפות. בעצם, קו גבול זה אינו הקו המבדיל בין היבשות לימים כי לכל יבשה ישנה תוספת של שוליים המכוסה בסיים. אם כך, כאשר אנו מתרחצים בים, אנו בעצם מתרחצים ביבשה, אך רטוב לנו. מקובל להבחין בין שני אזורים בכל האוקיינוסים: שולי היבשת, כלומר המשכה של היבשת ומישורי התהום, שהם קרקעית האוקיינוס. שני אזורים אלו מהווים ביחד ארבע יחידות סף, השונות זו מזו באופיין ובעומקן מתחת פני הים. ביחד הן יוצרות מבנה אופייני של אגן (דמוי קערה) שבמרכזו רכס גבוה.

1. אדן היבשת (אדן=מדף) מצוי בין יבשה לבין ים. הוא מכונה גם מדף היבשת, מפתן היבשת. אזור זה הוא בעל שיפוע מתון ביותר (ירידה של 1 מטר כל 1000 מסר), משתרע לאורך מספר קילומטרים ועד מאות קילומטרים, אך הממוצע הוא אורך של 50 קילומטרים. עומקו מגיע עד 200 מטרים מתחת לפני הים. אדן היבשת מעניין ביותר מבחינה כלכלית, על כן בחוק הים יש התייחסות רבה לחוקי אדן היבשת. באדן היבשת אפשר למצוא יהלומים, נפט, גז טבעי, פחם, חול ומתכות. מקורם בחומרים יבשתיים שנסחפו לים על ידי נחלים, גלים, זרמים ימיים וקרחונים, או שרידים של בעלי חיים וצמחים, שכוסו על ידי שכבות של אבן-חול ממוצא יבשתי.

2. מדרון היבשת (נקרא גם שיפוע היבשת), יורד בתלילות ממדף היבשת אל מישורי התהום. לעיתים, יש קניונים במדרון היבשת. בישראל קיים קניון רק מול חוף אכזיב שבצפון, שהוא המשכו של ערוץ נחל כזיב. מול חופי לבנון קיימים קניונים רבים.
3. שקעים אוקייניים - צורות מאורסת וצרות בהם נמדדו העומקים הגדולים ביותר באוקיינוסים. לשקעים מתלוות בדרך כלל שרשרות הרים או שרשרות איים געשיים.
4. אגנים אוקייניים - אינם אחידים בעומקם. הם מתפרסים על פני שטחים נרחבים. על פניהם מופיעים הרי געש תת ימיים, גבעות שטוחות ורכסים תת יסיים ארוכים וצרים.



טבלה 1.2:

היחידות המרכיבות את קרקעית הים, עומקן מתחת פני הים והשטח באחוזים אותם הן תופסות

אזורים	יחידת נוף	העומק במטרים	אתוז(%) מקרקעית הים
שולי היבשת	אדן היבשת	0 - 200	7.5
	מדרון היבשת	200 - 2000	3.5
מישורי התהום	אגן אוקייני	2000 - 5000	33.7
	שקע אוקייני	מתחת ל- 5000	1.2



1. קרקעית הים מורכבת מיחידות נוף שונות: אדן היבשת, מדרון היבשת, אגן אוקייני ושקע אוקייני.  
התבוננו באיור 1.8 וזהו את יחידות הנוף השונות. הוסיפו חיצים בין ההסברים על יחידות הנוף לבין אזורים אלו באיור.
2. אדן היבשת מעניין ביותר כיום את תושבי כדור הארץ. מדוע? איזה חלק הוא תופס מכלל השטחים? שימו לב לעומקים.

**בולבוסי מתכת.** על פני קרקעית כל האוקיינוסים נמצאו מפוזרים כדורים דמויי תפוחי אדמה (בולבוסים) בקוטר של כ-10 סנטימטרים. הבולבוסים מכילים בעיקר את מתכת המנגן, אן גם מתכות נסופות. איסוף בולבוסי המתכת יכול להוות מקור עשיר למתכות חשובות. הבעיה היא, כיצד ניתן למצוא דרך מתאימה לאיסוף אותם בולבוסים, שתהא בטוחה מבחינה אקולוגית וגם כדאית מבחינה כלכלית. חשוב לזכור, שקרקעית הים מצויה בעומק חמישה קילומטרים מתחת לפני המים.

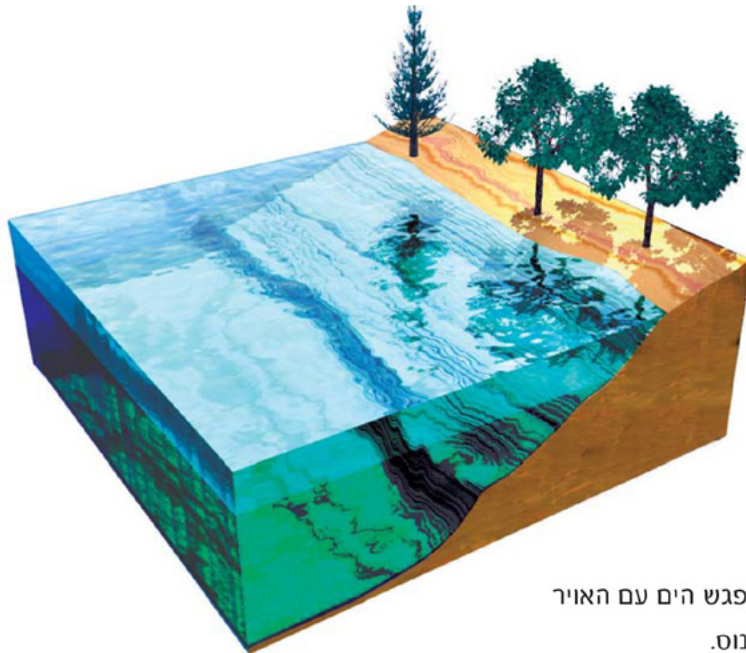
**ספורט הליכה בבוץ.** הים הבלטי והים הצפוני הם ימי מדף. עומקם אינו עולה על 200 מטרים.  
ההולנדים שארצם שוכנת לחוף הים הצפוני, פיתחו ספורט מעניין - הליכה בבוץ. זהו ספורט רציני, מאומץ ולפעמים מסוכן: מדובר בהליכה בשעות השפל בבוץ, המגיע לעתים לגובה הברכיים. ההליכה היא לאורך מסלול של כקילומטר בין היבשת לאי הקרוב. כן, יש אנשים שנהנים מזה!

**שטח המים הטריטוריאליים**  
נקבע תחילה על-פי טווח ירייה של פגז. מאוחר יותר הוא הורחב.



בבועות האוויר מידע מעניין על הים. הוסיפו עוד מידע על הים בבושת הריקות. היעזרו באטלס, ספרי גיאוגרפיה, ספרי מיתולוגיה ועוד.

אם נתרחק מהחופים ונרד בקו דמיוני ממקום המפגש של המים עם האוויר אל עומק האוקיינוס, נוכל לחוש במספר שינויים, שהבולט והמשמעותי ביניהם הוא חדירת האור למים. קיימים גם שינויים נוספים בלחץ המים, טמפרטורה, זרמי הים, גלים ומליחות. האחרים השונים והגבולות ביניהם נקבעו על פי חדירות אור השמש מבעד למים, המאפשרת קיומם של יצורים ימיים. נתבונן שוב באיור 1.7



איור 1.7:

חתך אנכי - ממפגש הים עם האויר עד עומק האוקיינוס.

קרינת השמש היא מקור האנרגיה לתהליך הפוטוסינתזה - תהליך ההזנה של צמחים ואצות. הצמחים מצויים בבסיסה של כל שרשרת מזון, והם חיוניים לקיומם של כל הישרים החיים. מכאן החשיבות הגדולה שיש לאור בכל בית גידול מימי וגם יבשתי.

### משימה 1.5: חדירת אור במים



ענו על השאלות הבאות.

1. מדוע חדירות אור השמש מבעד למים מאפשרת קיומם של ישרים ימיים?
2. עומק המים המרבי אליו חודר אור השמש אינו זהה בכל הימים. מה יכולות להיות הסיבות לכך?
3. מדוע החליט, לדעתכם, המאייר להעניק למים שני צבעים שונים, כחול בהיר וירוק עמוק?
4. הוסיפו לאיור סרגל המציין את העומק.
5. איזו יחידה מתוארת בחתך אנכי זה? (אדן היבשת, מדרון היבשת, אגן אוקייני, או שקע אוקייני). הסבירו את בחירתכם.



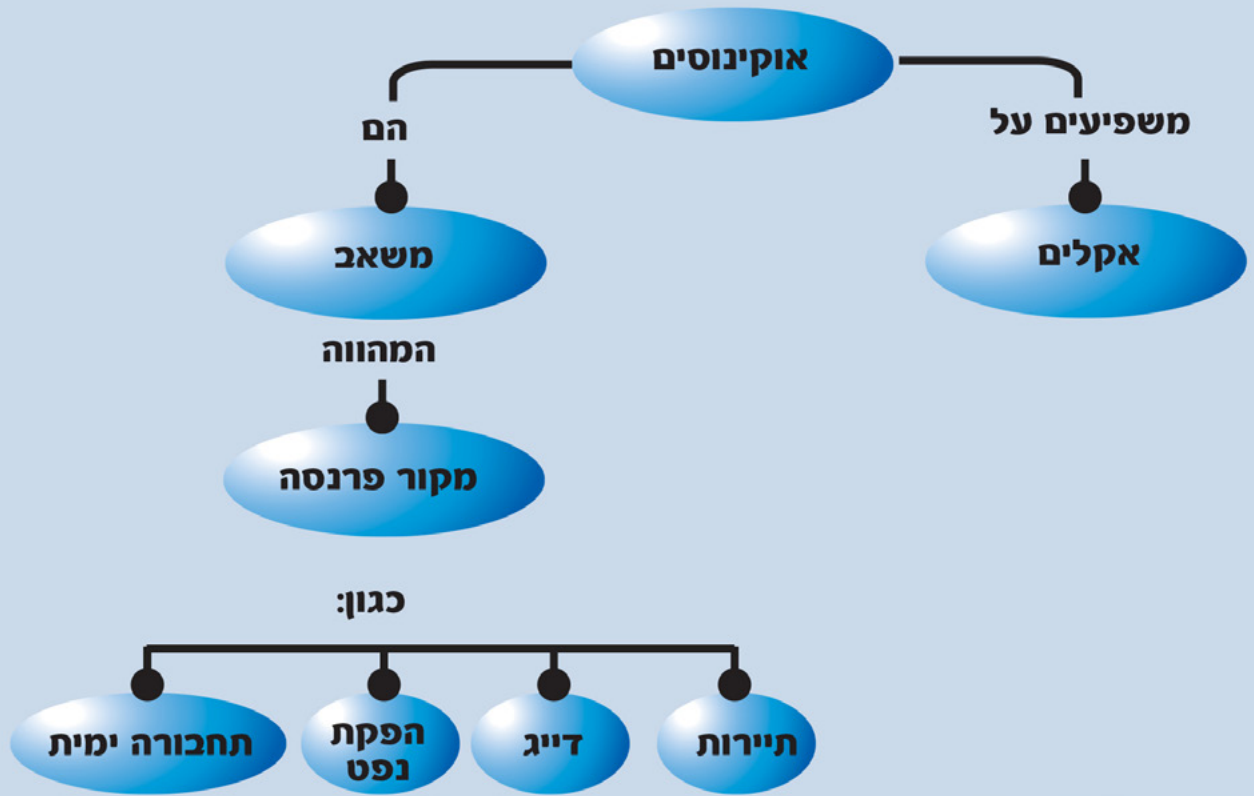
האוקיינוסים אינם רק גופי מים גדולים; חשיבותם רבה ומגוונת. למגמה, האוקיינוסים משפיעים על האקלים, והם מהווים מקור פרנסה מדיג, הפקת נפט, תיירות או תחבורה ימית. במשימה הבאה תחקרו את האוקיינוסים מנקודות מבטן השונות של קבוצות עניין שונות.

### משימה 1.6: הכרות עם האוקיינוסים מנקודות מבט שונות



במשימה זו תחקרו אודות אחד האוקיינוסים. במחקרכם תבחנו את היתרונות, החסרונות והבעיות של האזור בו בחרתם. נקודות המבט למחקר יכולות להיות רבות והן תלויות בתחומי העניין של החוקר. מהלך העבודה

1. הכיתה תבחר באחד האוקיינוסים.
2. הכיתה תחלק לקבוצות עניין. בכל קבוצה יהיו 2-4 תלמידים. כל קבוצה תייצג קבוצת עניין מתחום אחר. הקבוצות יכולות להיות של: דייגים, בעלי חוות לחקלאות ימית, מחפשי נפט או מחצבים ימיים אחרים, בעלי חברת ספנות, אנשי איכות הסביבה או קבוצות עניין אחרות.
3. העלאת בעיות: כל קבוצה תנסח בעיות העולות מהיותן בעלות עניין באוקיינוס (מבחינה כלכלית, מדעית, פוליטית או מתחום איכות הסביבה). ותערוך חיפוש במקורות מידע שונים (למשל, ספרים, אנציקלופדיות, אתרי אינטרנט), שיכולים לסייע לכם באיסוף המידע. הכינו רשימה, שבה יפורט המידע שנאסף אודות הבעיה שבחרתם לעסוק בה.
4. איסוף מידע: חפשו מידע במקורות שונים, אומת הבעיה שבחרתם לעסוק בה (למשל ספרים, אנציקלופדיות, אתרי אינטרנט)
5. הצגת המידע: את המידע שאספתם, עליכם להציג בפני הכיתה. המידע צריך להיות ברור, תמציתי ומעניין. חשבו על האופן המתאים ביותר להצגת המידע בפני הכיתה. אפשר להציג את הנתונים באמצעות טבלה, תיאור מפורט, תרשימים, מפות, דגמים או בכל דרך אחרת שתבחרו.
6. השוואה בין הנתונים: בזמן הצגת הנתונים של הקבוצות רשמו לעצמכם נקודות דמיון ונקודות שוני בין הקבוצות.
7. הסקת מסקנות וקבלת החלטות: ערכו דיון בכיתה המבוסס על עבודתכם במשא: "האוקיינוס והאדם, פיתוח מול שימור". בדיון יהיה ייצוג לכל אחת מקבוצות העניין ובסופו ינוסחו החלטות.



## הים התיכון

### גבולות הים התיכון

הים התיכון, שלחופו המזרחי נמצאת ישראל, הוא הים הגדול בעולם, אך קטן, יחסית, לאוקיינוסים. הוא מוקף על ידי שלוש יבשות: אפריקה, אסיה ואירופה. מיצר גיברלטר מקשר בין הים התיכון לאוקיינוס האטלנטי; תעלת סואץ מקשרת בין הים התיכון לים סוף ומיצרי הדרדנלים מקשרים בין הים התיכון לים השחור. לאוקיינוס האטלנטי עיקר ההשפעה על משק המים של הים התיכון. את הים התיכון ניתן לחלק לאגן מערבי ולאגן מזרחי. הגבול הוא במצרי מרסלה, המפרידים בין סיציליה לתוניס. ככל שמתרחקים מזרחה, יורדת השפעתו של האוקיינוס האטלנטי ועולה השפעתו של הנילוס.

### ישראל לחוף הים התיכון

מנקודת מבט של גיאוגרפים, החוף הוא קו המגע בין גוף המים ליבשה. נהוג להתייחס לחוף בישראל מנקודת מבט, המדגישה את סוג המשקע לאורך החוף: חוף מוצק-סלעי וחוף חולי. חלוקה זו מתארת גם שתי סביבות חיים שונות. בחוף החולי ובחוף הסלעי מתקיימים תנאי סביבה שונים, וחיים בהם צמחים ובעלי חיים שונים. רובו של חוף הים מדרום מדינת ישראל ועד עכו הוא חוף חולי. חוף סלעי נמצא בין עכו לבין ראש הנקרה.

רוב החוף של ישראל הוא חולי. במקומות מעטים מגיעים גם סלעים אל קו המים, או חודרים לעומק הים. החול בישראל עשוי מגררי קוורץ וחלקיקים גיריים. מקור הקוורץ מאזור ההרים בסודן ובאתיופיה. הסלעים באותם הרים נשחקו לגררי קוורץ והגיעו למקורות הנילוס ומשם לדלתא של הנילוס. גררי החול הוסעו לחופי סיני וישראל באמצעות רוחות וגלי הים. מקור החלקיקים הגיריים משחיקה של קונכיית ושלדי בעלי חיים ימיים.

הסלעים הנפוצים ביותר לאורך חופי ישראל הם הכורכר וסלעים ביוגנים. הכורכר נוצר לאורך חוף הים. הוא נוצר כתוצאה מהתלכדות של חול עם תמיסות גיריות. התלכדות זו אינה חזקה, ולכן סלעי הכורכר נסדקים ומתפוררים בקלות. סלעים ביוגנים (=נוצרו על ידי בעלי-חיים או צמחים) בחופי ישראל הם סלעים הבנויים ברובם מצינורותיהם של חלזונות ימיים, שצורת הקונכייה שלהם היא צורת צינור. לאחר מותם של החלזונות, חיים בקונכיית הריקות סרטנים, תולעים ורכיכות. ניתן למצוא גם מעט סלעי קרטון בראש הכרמל ובראש הנקרה. אלו סלעים עמידים יותר מסלעי הכורכר ומהסלעים הביוגניים.



**תמונה 1.3**

חוף סלעי מבט מקרוב



**תמונה 1.2**

חוף סלעי ליד ראש הנקרה





### למדנו כי:



- הים התיכון הוא הים הגדול בעולם.
- חוף הים בישראל הוא חוף חולי וחוף סלעי, שבו תנאי סביבה המשפיעים על חברות בעלי-החיים והצומח.
- הסלעים העיקרים הנפוצים לאורך חוף הים התיכון הם סלעי כורכר וסלעים ביוגניים.



## **פרק 2**

# **מי הים - חומרים וכוחות היבטים כימיים ופיסיקליים**

## המים על פני כדור הארץ

ככל הנראה, מים קיימים גם בכוכבי לכת אחרים, אך רק בכדור הארץ טווח הטמפרטורות מאפשר את קיומם של המים בשלושה מצבי צבירה (אפשר למצוא מעט מאוד חומרים בכדור הארץ המופיעים בשלושה מצבי צבירה).

75% משטח כמר הארץ מכוסה במים. מאגרי המים מצויים באוקיינוסים, בקרחונים, באגמים, בנהרות, בנחלים ובמי התהום. כמות מועטה של מים נמצאת גם באטמוספירה, ביצורים חיים ובמערכות טכנולוגיות. למרות שכמות המים באטמוספירה קטנה משמעותית מכמות המים באוקיינוסים, חשיבותה גדולה והכרחית לקיום חיים על פני כדור הארץ. אדי המים באטמוספירה אחראיים על שמירת החום על פני כדור הארץ. החום מאפשר קיומם של חיים.

מעטה המים של כדור הארץ נקרא ההידרוספירה (הידרו-מים, ספירה -סביבה). מים הם חומר מיוחד, בעל תכונות רבות ומעניינות. תכונות המים מסבירות תופעות רבות אותן ניתן לצפות בימים ובאוקיינוסים. כדי לערוך היכרות מעמיקה יותר עם המים על פני כדור הארץ, נסתייע בטבלה ובשאלות הנלוות אליה.

### משימה 2.1: פיזור המים על פני כדור הארץ

לפניכם מוצגת טבלה, המתארת את פיזור המים על פני כדור הארץ על פי נפחם ביחידות של קילומטר מעוקב (קמ"ק). התבוננו בטבלה וענו בכתב על השאלות המופיעות לאחריה.

#### טבלה 1.2: פיזור המים על פני כדור הארץ

מקור המים	נפח המים (בקמ"ק)
ימים ואוקיינוסים	1,457,000,000
קרחונים וקטבים	35,380,000
מי תהום	9,100,000
אגמי מים מתוקים	135,000
אגמים מלוחים וימות	104,000
לחות בקרקע	40,500
אטמוספירה	15,000
נהרות ונחלים	1,500

סך כל נפח המים 1,501,776,000 קמ"ק

הנתונים בטבלה מתוך: Nace, U.S. Geological Survey, 1967





קילומטר מעוקב (קמ"ק) היא יחידה למדידת נפח. יחידה זו מתארת קובייה שוות צלעות. בקובייה זו האורך, הגובה והרוחב הם 1 קילומטר. 1 קילומטר מעוקב = 1000 מטר מעוקב.

### שאלות

- את תשובותיכם לשאלות 1-3 רשמו בטבלה המורכבת מ- 4 שורות ו- 3 עמודות.
1. באילו מצבי צבירה מופיעים המים על פני כדור הארץ?
2. חשבו את כמות המים המופיעים בכל אחד ממצבי הצבירה.
3. חשבו את אחוז המים בכל אחד ממצבי הצבירה מסך כל נפח המים בעולם.
4. הציגו באמצעות תרשים את פיזור המים על פני כדור הארץ בהתאם למצב הצבירה שלהם. באיזה סוג תרשים תציגו את תשובתכם? מדוע בחרתם בהיצג זה? לצורך החישובים, היעזרו בתוכנת Excel.



מצבי הצבירה: מוצק, נוזל וגז נקבעים על-פי אופן סידור החלקיקים. במצבי צבירה שובים, התנועה וסידור החלקיקים שונה.

### החלקיקים במוצק:

ארזים קרוב אחד לשני, הרבה פעמים מסודרים בתבנית מסוימת, מתנוודדים בכל הכיוונים, נמשכים אחד לשני ו"נדבקים" אחד לשני.

### החלקיקים בנוזל:

ארזים קרוב אחד לשני, לא מסודרים בתבנית מסוימת, יכולים לעבור אחד את השני, נמשכים אחד לשני וקשורים (לא חזק) זה לזה.

### החלקיקים בגז:

רחוקים אחד מהשני, מסודרים בצורה אקראית, מסודרים בצורה שווה בחללים שהם תופסים, נעים לכל הכיוונים, לא נוגעים אחד בשני למעט בהתנגשויות. אפשר לגרום למעבר בין מצבי צבירה על-ידי הוספה או גריעה של אנרגיית חום ועל-ידי שינוי בלחץ.

המים על פני כדור הארץ מופיעים בשלושה מצבי צבירה. 98% מהמים בטבע נמצאים במצב נוזלי, בעיקר בימים ובאוקיינוסים, אך גם בנהרות, נחלים, ובאדמה. 2% מהמים נמצאים במצב צבירה מוצק. חלקם מתקיימים באופן זמני בקרח או שלג ובעיקר בקרחונים. אלפית האחוז מופיעים כאדי מים באטמוספירה. כאשר האוויר רווי, אדי המים מתעבים ויוצרים משקעים החוזרים לפני כדור הארץ. כמות המים בכדור הארץ נשמרת קבועה. רוב המים בעולם מצויים באוקיינוסים. המעברים בין מצבי הצבירה בטבע מאפשרים למים את תנועתם המחזורית. רק 0.005% מכמות המים בעולם משתתפים במחזור המים בטבע.

במשימה הבאה תתאימו לכל תכונה של המים תופעה המוכרת לכם מהים.

### משימה 2.2: תכונות המים ותופעות בים



בטבלה זו פירוט של תכונות האופייניות למים. עליכם לרשום מול כל תכונה המופיעה בטבלה, תופעה

המוכרת לכם מהים, שניתן להסבירה באמצעות תכונות המים.

### טבלה 2.2: הקשר שבין תכונות המים ותופעות הקיימות בים

תופעה בים	תכונות המים
	מים מופיעים על פני כדור הארץ בשלושה מצבי צבירה
	מים ממיסים חומרים רבים
	זרמים, גלים
	המים הם בעלי חום סגולי גבוה ויכולים לקלוט כמות חום ניכרת בלי שהטמפרטורה שלהם תעלה (המים מתחממים לאט ומתקררים לאט)
	משקל של קוביית קרח נמוך ממשקל קובית מים זהה בנפחה
	אור חודר מבעד למים
	צפיפות המים גדולה פי 800 מצפיפות האוויר

בהמשך נתמקד רק בחלק מתכונות המים ובחלק מהתופעות בהן ניתן לצפות בימים ובאוקיינוסים.

## מי הים – תמיסת מלח

מים הם ממיס מצוין. חומרים רבים נמסים במים, אך מידת ההתמוססות שונה ביו החומרים השונים. קשה מאוד למצוא בטבע מים טהורים, כלומר, מים שאין בהם חומרים מומסים. המים משמשים כמיס החשוב ביותר בעולם החי, הצומח, הדומם ואף במעבדה. מי נחלים ואגמים, הקרויים בפינו מים מתוקים, מכילים מלחים, אך בריכוז נמוך ממי הים. בגופם של היצורים החיים יש תמיסות מימיות. המים ממיסים נוזלים, מוצקים וגזים. אפילו מי גשם מכילים גזים מומסים כמו פחמן דו-חמצני או גופרית דו-חמצנית (שיוצרת גשם חומצי).



במי ים מומסים מלחים שונים. המלח הנפוץ ביותר במי הים הוא מלח בישול (NaCl) המהווה 85% מן המלחים. יסודות נוספים המופיעים במי ים: סידן, צורן, זרחן, גופרית וחנקן.

### טבלה 2.3: המלחים המומסים בים התיכון וריכוזם

הטבלה הבאה מציגה את המלחים העיקריים הנמצאים במי הים התיכון ואת ריכוזם. יש לציין, שהמלחים השונים מופיעים בצורת היונים שלהם, כיוון שמלח הנמס בתמיסה מימית מתפרק ליונים מהם הוא מורכב.

היון	סמל כימי	ריכוז (גרם ליטר)
כלור	$Cl^-$	9.21
נתרן	$Na^+$	0.71
גופרית	$SO_4^{2-}$	2.6
מגנזיום	$Mg^{+2}$	3.1
סידן	$Ca^{+2}$	0.4
אשלגן	$K^+$	0.4
ברום	$Br^-$	0.07
מימן-פחמתי	$HCO_3^-$	41.0

מהנתונים בטבלה 2.3 רואים שהיונים בעלי הריכוזים הגבוהים ביותר הם יון הנתרן ויון הכלוריד. הם היונים שמרכיבים את מלח הבישול. גם יוני מגנזיום ויוני גופרית נמצאים בריכוז גבוה. בגופי מים גדולים נשמרה יציבות החום והמליחות. מליחות מי הים קבועה והיא 38 גרם מלחים לליטר מים בממוצע.

כבר בימים קדומים, היובש והטמפרטורות אפשרו לנצל עובדה זו להפקת מלח בישול לאורך חופי הים התיכון בבריכות אידוי. בתקופות קדומות שימש מלח הבישול לשימור מזון, בעיקר בשר ודגים, אך גם לתעשיית הקוסמטיקה, דשנים, קוטלי חרקים. עקב חשיבותו הרבה שימש מלח הבישול גם כמטבע מקובל. המלח הופק בבריכות אידוי שהותקנו בחוף. לעיתים גובה פני הים עלה ופגע בבריכות האידוי ובתעשיית המלח.

בתהליך הפקת המלח שוקעים בתחילה חומרים קשיי תמס - גבס וגיר. רק כשנשארים 10% מהמים, מתחיל לשקוע גם מלח הבישול. על כן, לאחר שקיעת החומרים קשיי התמס, מעבירים את שארית המים לבריכת אידוי נוספת להפקת מלח בישול, בדומה לתהליך הפקת המלח היום בעתלית ובים המלח. בימינו, מלח בישול דרוש לתעשיית הסזון ולתעשייה הכימית.



## היווצרות הימים המלוחים

98% מהמים בכדור הארץ הם מים מלוחים הנמצאים בימים ובאוקיינוסים (כפי שניתן לראות בטבלה 2.1). מדענים רבים חקרו מהו מקור המים בימים ומאין הגיע המלח אל הים.

### הידעתם?



הים המלוח בעולם הוא ים המלח.

המקום הפחות מלוח בעולם נמצא באוקיינוס האטלנטי בשפך האמזונס ליד חופי ברזיל. ההסבר לכך הם מיליוני ליטרים של מים המגיעים בכל יום מהנהר לאוקיינוס, ומורידים את מליחות אותו אזור.

יש המשערים, כי במקביל להתקררות כדור הארץ, נפלטו גזים שונים ומי קיטור מהתפרצויות געשיות. אדי המים התעבו וירדו כגשם במשך עשרות מיליוני שנים. מי הגשם נקוו בשקעי כדור הארץ ונוצרו הימים. במשך כמאה מיליוני שנים, הומלחו מי ים מומסים, שהגיעו באמצעות הנהרות מהיבשה ומהתפרצויות געשיות מתחת לפני הים.

מי הים בכל העולם מלוחים. בכל ים ריכוז המלח שונה. באוקיינוסים המליחות משתנה והוא בין 35 גרם מלח לליטר מים לבין 14 גרם מלח לליטר מים. אפילו באגמים הנקראים "מתוקים" קיים מלח בריכוז נמוך מאוד. ריכוז המלח במי השתייה הוא 1-2 גרם מלח לליטר מים.

מליחות מי הים מושפעת מגורמים סביבתיים. ליד שפכי הנהרות הגדולים יורדת המליחות. מי הנהרות גורמים למיהול מי הים. לעומת זאת, באזורים חמים ויבשים, בהם אין תוספת של מי נהרות, האידוי רב והמליחות עולה.

הים התיכון הוא בעל מליחות קבועה. אמנם משקעים ומי נהרות שריכוז המלחים בהם נמוך מתווספים אל הים, אך כמותם קטנה (ארצות הים התיכון הן בעלות מיעוט משקעים ומיעוט נהרות). המליחות הקבועה נשמרת בעיקר אודות לזרמים בין הים התיכון לאוקיינוס האטלנטי. בין הים התיכון לאוקיינוס האטלנטי מפרידים/מקשרים מיצרי גיברלטר. עיקר השפעת האוקיינוס היא על מערב הים התיכון ופוחתת במזרחו.

בניסוי הבא נדגים את יצירת הזרמים בשל הבדלים בצפיפות המים.

### ניסוי 2.1: מפגש בין תמיסת מלח מרוכזת למים מזוקקים



#### כלים וחומרים:

תמיסת מלח מרוכזת (52 גרם מלח בישול ל - 100 מיליליטר מים) בתוספת 2 גרם נחושת גופרתית מים מזוקקים

4 מבחנות מסומנות מ 1 - 4

פיפטה של 5 מיליליטר

#### מהלך הניסוי:

1. מלאו את המבחנות עד מחציתן, על פי הפירוט הבא:  
מבחנה 1: תמיסת מלח מרוכזת + נחושת גופרתית  
מבחנה 2: תמיסת מלח מרוכזת + נחושת גופרתית  
מבחנה 3: מים מזוקקים  
מבחנה 4: מים מזוקקים
2. מלאו פיפטה בנוזל ממבחנה 3. טפטפו את תכולת הפיפטה בעדינות לתוך מבחנה 1, כך שהפיפטה תשען על דופן המבחנה המוחזקת באלכסון. אל תבכשו.
3. מלאו פיפטה בנוזל ממבחנה 2. טפטפו את תכולת הפיפטה בעדינות לתוך מבחנה 4, כך שהפיפטה תשען על דופן המבחנה המוחזקת באלכסון. אל תבכשו.

#### סיכום הניסוי:

1. תארו מה ראיתם לאחר שלב 2 במהלך הניסוי.
2. תארו מה ראיתם לאחר שלב 3 במהלך הניסוי.
3. נסו להסביר את התופעות שראיתם.
4. מהו "תפקיד" הנחושת הגופרתית בניסוי?
5. התופעה שראיתם היא הדגמה של הזרם המזרחי מהאוקיינוס האטלנטי למזרח הים התיכון, מה מייצגים המים המזוקקים?  
מה מייצגת תמיסת המלח?
6. במה דומה ההדגמה לתופעת הזרמים המזרחיים בים התיכון?
7. במה שונה ההדגמה מתופעת הזרמים המזרחיים בים התיכון?



הזרמים באוקיאנוסים מושפעים מן הגורמים הבאים:

- הבדלים בטמפרטורת המים
- הבדלים בצפיפות המים
- הבדלים בריכוז המלחים במים
- כוחות המשיכה, שמפעילים הירח והשמש על פני כדור הארץ.

הזרמים בים התיכון מושפעים בעיקר מהבדלים בצפיפות המים

## טמפרטורת הים התיכון

הים התיכון חם, יחסית, בסוף הקיץ ובתחילת הסתיו. טמפרטורת הים התיכון מגיעה לשיאה בחודש אוגוסט, כ-30 מעלות צלסיוס. הסיבה לכך שטמפרטורת הים לא מגיעה לשיאה בתחילת הקיץ, היא, שהים מתחמם ומתקרר באיטיות. איטיות ההתחממות (איטיות ההתקררות נובעות מהעובדה, שלמים קיבול חום גדול, יחסית לחומרים נוזלים ומוצקים אחרים וביניהם האדמה.

### הידעתם?



קיבול חום - כמות האנרגיה שיש להעניק ליחידת מסה של חומר לשם העלאת הטמפרטורה שלו במעלה אחת. חומר בעל קיבול חום גדול, יכול לקבל או למסור אנרגיה חום בכמות משמעותית, בעוד השינוי בטמפרטורה שלו יהיה קטן.

## משימה 2.3: קיבול חום



1. באיזו תקופה, ניתן לצפות, שמי הים יגיעו לטמפרטורה הנמוכה ביותר שלהם? תארו במילים את תהליך התקררות והתחממות מי הים לאורך שטת השנה.
2. המים משפיעים על טמפרטורת שכבת האוויר הקרובה אליהם. בדקו בתחזית, מה ההבדל בין הטמפרטורה ביום ובלילה באזורים הקרובים לים ובאזורים המרוחקים מהים.
3. נסו להסביר כיצד משפיעים המים על טמפרטורת הסביבה באזור חוף הים. רשמו השערותיכם.

טמפרטורת הים שלה במתינות משבוע לשבוע בתקופת הקיץ. לאחר שהטמפרטורה מגיעה לשיא בסוף חודש אוגוסט, מתחיל הים להתקרר באיטיות, אולם עקב קצב ההתקררות האיטי, הוא מגיע לטמפרטורה הנמוכה שלו רק לקראת סוף החורף, בסוף פברואר-תחילת מרץ. טמפרטורת הים כמעט ואינה משתנה במהלך היממה; השינוי בטמפרטורה בין היום והלילה, קטן ממעלת צלזיוס אחת, בעוד ההבדלים בטמפרטורת האוויר, לאורך היממה באזור יבשתי יכולים להגיע לערכים גבוהים מ-15 מעלות. במשימה הבאה כדגים קיבול חום של נוזלים שונים.





חימום חומרים גורם לעליית הטמפרטורה שלהם, אבל אם נחמם חומרים שונים באופן שווה, הם לא יגיעו לאותן טמפרטורות.

### כלים וחומרים:

אמצעי חימום

סיר (המתאים בגודלו להכלת כל הכלים עם הנוזלים)

משורה

מד-טמפרטורה

שעון

כלים עם נוזלים שונים כמו מים, תמיסת

מי-מלח, שמן בישול וחלב.

### מהלך הניסוי:

לפני הניסוי, הניחו בחדר ארבעה כלים,

המכילים את ארבעת הנוזלים במשך כשעה,

כדי שהטמפרטורה ההתחלתית של הניסוי תהיה

זהה בכל הנוזלים (טמפרטורת החדר).

1. הכניסו את הכלים המכילים את הנוזלים השונים לתוך סיר עם מים. חממו את הסיר על מקור חום. מדדו את טמפרטורת הנוזל בכל אחד מהכלים לאחר 1 דקה, 2 דקות, 4 דקות ו-10 דקות. איזה נוזל הגיע לטמפרטורה הגבוהה ביותר?
2. דרגו את הנוזלים על-פי דרגת קיבול החום שלהם מהנמוך לגבוה.
3. מה תוכלו להסיק מהתוצאות לגבי קיבול החום של כל אחד מהנוזלים?
4. למי הים יש קיבול חום גבוה יחסית מנוזלים אחרים. סכמו את ה"תועלות" וה-"הפסדים" בכך לבעלי-החיים ולצמחים, לאוויר שמעל הים, לחול הים וכו'.

### למדנו על תכונות מי-הים:



- מצבי צבירה - המים בים מופיעים בעיקר בשני מצבי צבירה: נוזל ומוצק
- מסיסות - במי הים מומסים מלחים רבים. ריכוזם שונה ממקום למקום. התנועה במים מתקיימת על-פי מפל ריכוזים.
- צפיפות - מי הים, בשל המלחים המומסים בהם - צפיפותם גבוהה משל צפיפות מים מתוקים.
- קיבול החום של מי הים גמה יותר בהשוואה למים רגילים.
- מי הים הם בעלי טמפרטורה שונה באזורים שונים. המים החמים קלים מן הקרים וזוהי אחת הסיבות לזרימת המים.

בשנת 1802, הצליח המדען הגרמני פרנץ גרסטנר לנסח את התיאוריה הראשונית של הגלים. הוא בחן מה קורה למים באמבט גלים. לשם היכרות מעמיקה יותר עם תנועת הגלים, נבצע את הניסוי הבא.

#### ניסוי 2.3: גופים הצפים על פני הגלים

##### כלים וחומרים:

אמבט גלים

גוף קטן יותר מהאמבט הצף על פני המים

##### מהלך הניסוי:

1. מלאו את אמבט הגלים במים.
2. הניחו את הגוף הקטן על פני המים.
3. הפעילו את אמבט הגלים.
4. התבוננו בתנועת הגוף הקטן.
5. רשמו את כיוון תנועת הגוף הקטן. התייחסו לכיוון המישורי (תנועה קדימה ו/או אחורה) ולכיוון אנכי (תנועה למעלה ו/או למטה). האם הגוף הקטן מתרחק מהמקום בו החלה תנועתו?

##### שאלות בעקבות הניסוי:

1. במה דומה ובמה שונה הניסוי שביצעתם למתרחש בים? ערכו תשובתכם בטבלה הבאה:  
ניתן להוסיף ממדים נוספים שבהם צפיתם או התייחסתם אליהם.
2. סכמו מסקנותיכם לגבי הדומה והשונה בין הגלים שמצרים בים ובאמבט הגלים.

ממדים להשוואה	באמבט הגלים	בים
התווך (הנוזל)		
מקור האנרגיה		
כיוון תנועת הגוף		
כיוון תנועת הגלים		

3. מה למדתם לגבי תנועת הגלים בים?



המדען גרסטנר הראה, שהמים נעים במעגלים סגורים. המים שבפסגת הגל נעים קדימה, בכיוון הגל, בעוד המים שבתחתית הגל חרמים בכיוון ההפוך. לכן, הגוף הצף באמבט הגלים (וכמוהו כל חלקיק מים), אינו מתקדם עם תנועת הגלים. ככל שאנו מעמיקים, הולך וקטן קוטר המעגלים. בפני הים, קוטר המעגלים הוא הגדול ביותר. עם הירידה לעומק הים, הקוטר הולך וקטן עד שבמעמקי הים, תנועת המים כמעט ואינה מורגשת.

## גלי רוח

מקורם של רוב גלי הים הוא ברוחות, המנשבות בשכבות הנמוכות של האטמוספירה והמחוללות בפני האוקיינוסים תנועת מים מתמשכת. ברוחות טמונה אנרגיה רבה, וכשזו שברת על פני הים היא יוצרת את התופעה שאט קוראים לה גלים. הגלים הם, למעשה, "חבילות אנרגיה", ההולכות ומתקדמות על פני האוקיינוס למרחקים עצומים. כשאנו מביטים בפני האוקיינוס, נדמה לנו, כי המים נעים קדימה עם הגל, אך זוהי רק אשליה. מה שבאמת מתקדם היא צורתו של הגל ועמה האנרגיה שהוא נושא.

ניתן לתאר שלושה שלבים עיקריים ב"חיי" הגלים:

1. היווצרות - בדרך כלל על ידי הרוח
2. תנועה באוקיינוס - לעיתים יכולים הגלים לנוע למרחק של אלפי קילומטרים
3. שבירה - הגלים מגיעים ליבשה ונשברים

### הידעת?



לאיזה גובה מגיעים הגלים?

חוקר גלים אנגלי בשם ווהאן קורניש, הגיע למסקנה, שגלים שגובה 15 מטר שכיחים למדי. בשני מקרים לפחות תועדו גלים גבוהים בהרבה: באוקטובר 1921 דיווח קפטן וילסון, קברניט ספינה, על סערה, אליה נקלעה הספינה שלו. גובה הגלים באותה סערה הגיע ל- 25 מטרים לפחות. קברניט אחר דיווח בפברואר 1923 על סופת הוריקן, שבה חווה צוות ספינתו גלים שגובהם הגיע ל- 20 עד 30 מטרים. הגל הגבוה ביותר, שתועד באופן רשמי, והוכר גם בספר השיאים של גינס, דווח על ידי קומנדר וויטמארש, קברניט המכלית "ראסאפו" מצי ארה"ב. היה זה גל בגובה של לפחות 34 מטרים, כאשר הזמן בין שיאי הגלים הגיע ל- 15 שניות ומהירות הרוח ל- 1000 קמ"ש.

### א. היווצרות

רוח קלה, הנושבת מעל מים שקטים, יוצרת גלים קטנים בשל חיכוכה עם פני המים. אם נושבת רוח ממושכת, הגלים הקטנים, הנוצרים בתחילה, סופגים עוד ועוד אנרגיה, ומתחילים להיווצר גלים בכל הגדלים. הקטנים שבהם אינם יציבים ונשברים מיד, או נבלעים בגלים גדולים יותר. כאשר הרוח נעה מהר יותר מן הגלים, נוצרים שוב גלים קטנים, וכך מתקבלת פריסה רחבה של גלים באורכים שונים. אזור ההיווצרות יכול להגיע לאלפי ק"מ רבועים בסערה גדולה.

כאשר רוח מספקת לגל יותר אנרגיה מאשר הוא מסוגל לשאת, הוא מתחדד, מאבד את יציבותו ונשבר. דבר זה מתרחש כשגובה הגל מגיע ליותר משביעית מאורכו.

גלים ארוכים יכולים לספוג אנרגיה מרוח נתונה ולגובה יותר מאשר גלים קצרים באותם תנאים. עוצמת הרוחות קובעת אם הגלים יהיו נמוכים, או יהפכו לגלי ענק המתנשאים לגובה רב. ככל שהוות חזקה יותר, בעלת מרחק נשיבה רב יותר ומשך נשיבה ארוך יותר, הגלים יהיו גבוהים יותר.

### ב. תנועה באוקיינוס

כאשר הגלים יוצאים אל מחוץ לתחום הרוחות המחוללות אותם, אופיים משתנה. שיא הגלים הופך לנמוך יותר וצורתם נעשית מעוגלת, סימטרית ואחידה יותר. גלים אלה יכולים לנוע למרחק אלפי קילומטרים מבלי לדעוך כמעט, עד הגיעם לחוף. הסיבה לכך היא, שכל עוד הם נעים במים עמוקים באוקיינוס הפתוח, הם כמעט ואינם מתחככים עם הקרקעית, ולכן, השפעת הקרקעית מועטה על התנועה.

### ג. שבירת הגלים

כשמגיעים הגלים אל החוף באתר בו עומק המים קטן ממחצית אורך הגל שלהם, הם מתחילים להתחכך בקרקעית. החיכוך מאט את מהירותם ואורכם מתקצר. הגלים נעשים גבוהים יותר, הם מאבדים את יציבותם ונשברים על החוף, תוך שהם פורקים את האנרגיה שהייתה אצורה בהם. במשימה הבאה נראה מה קורה לכלים כאשר הם מתקרבים אל החוף.

## ניסוי 2.4: מה קורה לגלים בקרבת החוף



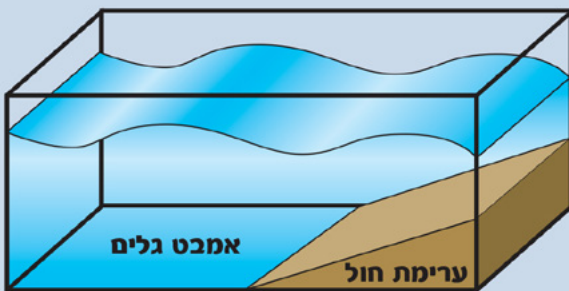
### כלים וחומרים:

אמבט גלים

חול או אדמה

### מהלך הניסוי:

1. קחו אמבט גלים. בצדו הרחוק ממחולל הגלים, ערמו חול או אדמה, בצורה המדמה את חוף הים, לפי הציור הבא:



2. מלאו את אמבט הגלים במים.

3. הפעילו את אמבט הגלים.

4. התבוננו בתנועת הגלים בשלב ההתקרבות אל החוף.

5. עליכם לערוך תצפית על אמבט הגלים ולהיזכר בתנועת הגלים בים. על מה תסתכלו?

6. תארו את ההבדלים בין תנועת הגלים ב"ים החופשי" לבין תנועתם בשעה שהם מתקרבים אל ה"חוף".



גלי טסונמי הינם גלי ענק, המצרים בעיקר באוקיינוס השקט. באזור זה, המוגדר כבלתי יציב, מתחוללות לעתים תכופות רעידות אדמה. האנרגיה העצומה המשתחררת בעקבות רעידות אלה היא שיוצרת את גלי הענק.

גלי הטסונמי כמעט שאינם מורגשים באוקיינוס הפתוח. הם בעלי אורך גל ארוך, גובהם נמוך (שניים עד שלושה מטרים), והם מגיעים למהירויות עצומות, לעתים עד 800 קילומטרים בשעה, מבלי לאבד אנרגיה בדרך. כשמגיעים גלים אלה אל המים הרדודים בחוף, הם משנים את אופיים – מהירותם פוחתת והם נישאים עד לגובה של 30 מטר! בניגוד לסופות ההוריקן, שנשקפת מהן סכנה לימאים הנמצאים בלב ים, בעת התרחשות הטסונמי, הסכנה אורבת לנמצאים באזור החוף.

גלי טסונמי מפורסמים, שתועדו ברשומות החברה המלכותית הלונדונית, התחוללו בעקבות התפרצות הר הגעש קרקטואה במזרח האוקיינוס ההודי, ב- 27 באוגוסט 1883. התוצאה הייתה גלים שגובהם כ- 30 מטרים, אשר מחקו כליל את העיירה מארק, במרחק 50 ק"מ מהר הגעש. 35 אלף איש נספו. גל טסונמי, ששטף את חופי בנגל ב- 1876, הותיר אחריו יותר מ- 200,000 הרוגים.

### משימה 2.4: גלים טסונמיים



1. מהם ההבדלים המשמעותיים בין גלי הטסונמי לבין רוב גלי הים?
2. מהי הסכנה הכרוכה בגלי הטסונמי?

על גלי הים ניתן לקרוא עוד במקורות המידע הבאים:



קליין, ר., יאיר, י. (1999). גלים וזרמים. רוח ים – מאגר מידע מתוקשב להכרת מערכות האטמוספירה

וההידרוספירה.

שמואלי, ח. גלי אוקיינוס. כמעט 2000 - כתב עת למדע וטכנולוגיה המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים.

האן, ג/ (1994). כיצד פועל המדע. האנציקלופדיה המדעית החדשה. תל אביב: ידיעות אחרונות, ספרי חמד.

### למדנו על הגלים כי:



- הגלים נוצרים מרוחות המנשבות על-פני המים.
- הגלים הם תנועת אנרגיה ההולכת ומתקדמת במים.
- במעמקי הים תנועת הגלים כמעט ואינה מורגשת.
- שלבי ה"חיים" של הגלים הם: היווצרות, תנועה ושבירה.

תופעה מעניינת נוספת היא מחזורי הגאות והשפל, המתייחסים לעלייה ולירידה בגובה פני המים יחסית ליבשה, בהם ניתן לצפות באזורי חופים. גלים אלה מצרים על ידי כוחות המשיכה של הירח ושל השמש, הפועלים על האוקיינוסים, הימים, האגמים והנהרות.

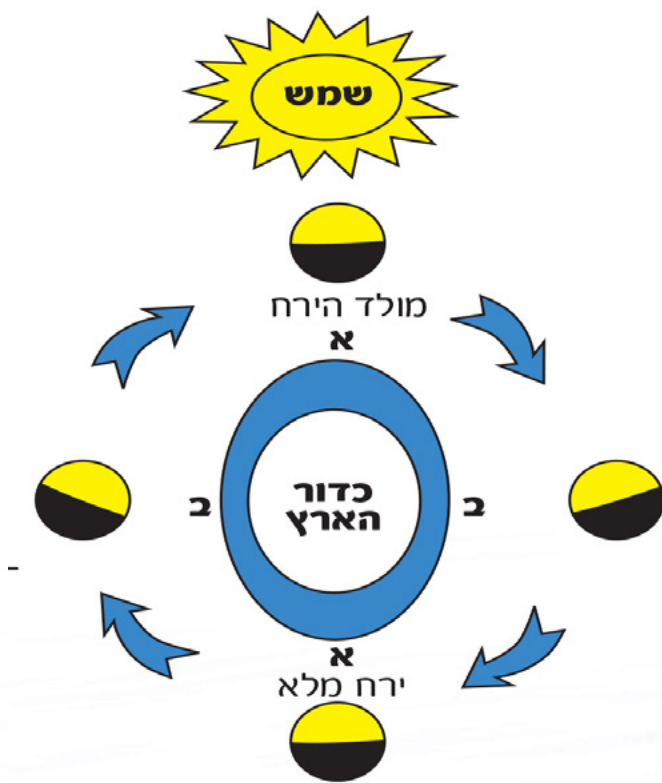
מי הים עולים ועולים עד שהם מגיעים לגובה שיא שממנו אינם עולים עוד - מצב זה נקרא גאות. ממצב זה הם מתחילים לרדת, עד שהם מגיעים לגובה מינימלי שממנו אינם יורדים עוד - מצב זה נקרא שפל. כל גוף מושך אליו גופים אחרים. ככל שמרחקו של הגוף המושך מן הגוף הנמשך גדול יותר, קטן כוח המשיכה שהוא מפעיל. אולם, הירידה בכוח המשיכה היא בחזקה שנייה, כלומר, כאשר המרחק מהסף גדל פי 2 - כוח המשיכה שלו קטן פי 4.

הירח הוא הגורם השמימי קרוב ביותר לכדור הארץ ועל כן השפעתו על כדור הארץ רבה ביותר. הוא מושך את כל הגופים על פני כדור הארץ ואת כדור הארץ עצמו. גאות ושפל מתרחשים מכיוון שכוחות המשיכה הללו אינם אחידים בגודלם. אזורים מסוימים בכדור הארץ קרובים יותר לירח מאזורים אחרים.

אזורים על פני כדור הארץ, הפונים אל הירח, ולכן גם קרובים אליו יותר, נמשכים בכוח חזק יותר מאשר אזורים על פני צדו השני של כדור הארץ, שהוא רחוק יותר מהירח.

צורתו של גוף אשר פועלים עליו כוחות שונים, נוטה להשתנות עקב הכוחות. כדור הארץ קשיח למדי ולכן צורתו אינה משתנה במידה רבה. אולם, מעטפת המים סביב כדור הארץ משנה צורתה לצורת אליפסה. לאליפסה זו יש ציר מוארך, בו המים נמשכים מעם הכדור - זהו מצב של גאות, וציר מקוצר, בו נצמדים המים אל הכדור זהו מצב של שפל. מאחר שכדור הארץ סובב במהלך היממה סיבוב מלא סביב צירו, עובר כל אחר על פניו, מלבד הקטבים, פעמיים בתחום הגאות ופעמיים בתחום השפל. למשרעת הגאות והשפל ישנן נקודות שיא ונקודות שפל במהלך החודש, על פי מצבם היחסי של כדור הארץ, הירח והשמש.

ההבדל בין הגאות והשפל במשך היום בחופי ישראל היא קטנה - עשרות סנטימטרים בלבד - וכמעט שאיננו שמים לב לשינויים אלה. לעומת זאת, ישנם מקומות שמשרעת השינויים בהם במהלך היממה מגיעה למספר מטרים, ובעת שפל נחשפים מישורים רחבי ידיים של קרקעית הים החולית.



הידעת?



בחבל נובה סקוטיה, שבקנדה, ניתן לראות הבדלים של 20 מטר בגובה המים במהלך אותו יום.

מקום טוב לבדיקת השפעת הגאות והשפל על מערכות החיים בים הוא החוף הסלעי.  
 עוד על אזור הכרית נלמד בפרק 3 - יצורים חיים בים, היבט ביולוגי.

## זרמים בימים ובאוקיינוסים

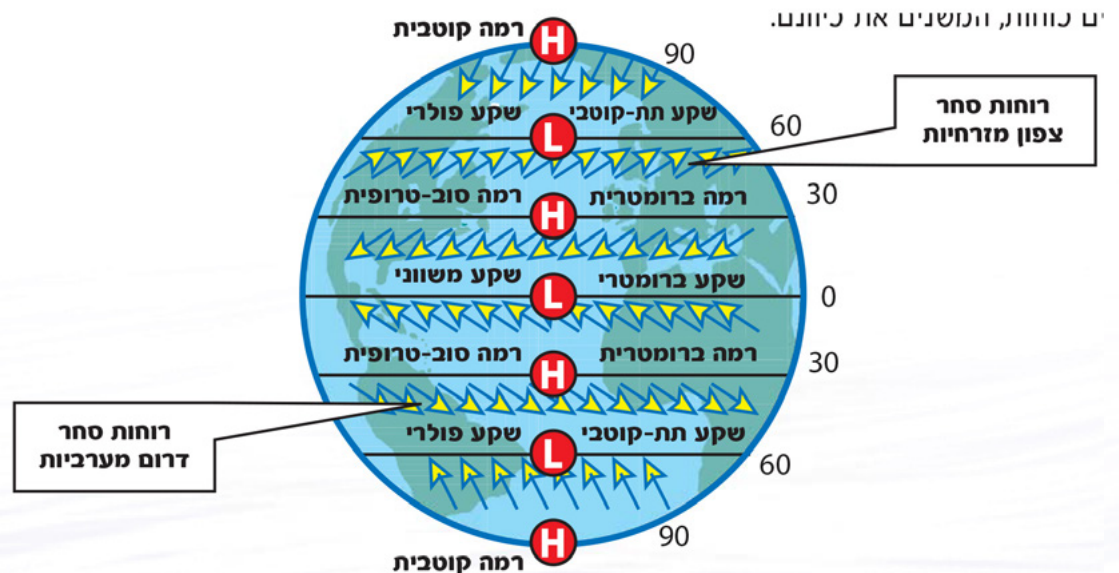
לתנועת המים באוקיינוסים אנו קוראים זרמים. לזרמי הים מקורות שונים:

- רוחות הנושבות מעל האוקיינוסים והימים
- שמש המחממת ומאדה את פני המים
- הבדלים בצפיפויות וריכוז המים
- כוחות המשיכה שמפעילים הירח והשמש על פני כדור הארץ.

זרמים יכולים להיות על פני המים, ואז אפשר לראותם אותם, אך הם גם יכולים להימצא מתחת לפני הים, נסתרים מהעין. לרוב הזרמים הם אופקיים, אך קיימת גם זרימה אנכית, למעלה ולמטה בעמוד המים. במשימה הבאה נלמד על סוגים שונים של זרמים בים ותכונותיהם.

## הרוחות וזרמי הים

מערכת הזרימה העולמית על פני האוקיינוסים מושפעת מכיוון נשיבתו של רוחות הסחר. רוחות אלה, בעזרתן התקדמו הסוחרים בים בימי קדם, מחוללות את הזרמים סביב לקו המשחה, וזרמים אלה נעים על פני כל האוקיינוסים בעולם.  
 תנועת הזרמים אינה מתרחשת במקביל לקו המשחה. עקב סיבוב כדור הארץ סביב צירו, פועלים על הזרמים המשנים את כיוונם.



זרמי הים תורמים תרומה חשובה להפצתם ולהגירתם של בעלי חיים ימיים. לאחר תהליך הרבייה, נושאים הזרמים את הצאצאים החדשים על פני האוקיינוס ומאפשרים להם למצוא בית גידול חדש.  
 הרוחות יכולות לגרום גם לזרימה אנכית - למעלה ולמטה - בעמוד המים. אחד הגורמים לתופעה זו הוא הרוחות המנשבות, אשר "גוררות" עמן כמויות של מים על פני הים. את המים החסרים מחליפים מים "חדשים" וקרים, העולים בזרימה אנכית מן העומק. זרמים אלה, הנקראים זרמי מעלה, מביאים עמם מן העומק חוסרי מזון, החיוניים לקיום כל תהליכי החיים באוקיינוסים.

אחת הדוגמאות לזרמים מסוג זה אם רואים בחופי פרו שבדרום אמריקה. חופי פרו מהווים את אחד מהמקורות הגדולים בעולם לדגי אנושבי. בנוסף לתנאים סביבתיים מתאימים להתפתחותם, האזור עשיר באצות מהן ניזונים דגי האנושבי. זרמים העולים בזרימה אנכית מעומק האוקיינוס עשירים בחומרי הזנה (בעיקר חנקן וזרחן). חומרי הזנה אלו דרושים להתפתחותן של האצות ומאפשרים את התרבותן. בשנים בהן מתרחשת תופעת "אל-ניניו", בה נעוסק בהמשך הפרק, מפסיקים זרמי העומק הקרים לעלות מעלה. עקב כך מפסיקים חומרי הזנה להגיע לשכבות העליונות של הים, כמות האצות פוחתת, דגי האנושבי מתים ותעשיית הדיג קורסת.

אחד הזרמים החשובים והמפורסמים בעולם הוא זרם הגולף. זרם הגולף הוא זרם חם ומהיר. במקום מוצאו - מפרץ מקסיקו - מגיע רוחבו ל-100 קילומטרים. הוא זורם בין קובה לפלורידה ולאחר מכן מתפצל לסעיפים המקיפים את ארצות מערב וצפון אירופה. לזרם הגולף, שאחד מסעיפיו עובר בין איי בריטניה לאיסלנד, יש השפעה עצומה על האקלים של צפון-מערב יבשת אירופה. מי הזרם החמים מתקררים תוך כדי תנועתם, ועקב כך משתחרר לאטמוספירה חום רב, המחמם את גושי האוויר שמעליו. דבר זה מסביר מדוע בלונדון, צרפת ובאזורים צפוניים נוספים, הסמוכים לזרם הגולף, החורף מתון, יחסית, והשלגים מועטים, בעוד שבערים אחרות בעולם, הנמצאות בקו רוחב דרומי יותר, החורף קשה יותר ויורדים שלגים בכמות רבה.

## צפיפות המים וזרמי הים

זרמי האוקיינוס מושפעים גם מצפיפות המים. במשימה הבאה נלמד לקבוע את צפיפות המים ונבחן, כיצד היא משפיעה על זרמי הים.

### ניסוי 2.5: קביעת צפיפות נוזלים

הדרך הפשוטה ביותר למדוד את צפיפות הנוזלים היא באמצעות מוט חלול שבקצהו משקולת. משקולת

זו גורמת למוט לצוף במצב ניצב. בנוזל קל, המוט שוקע עמוק יותר מאשר בנוזל כבד. בדרך כלל, משווים את גובה המוט מעל הנוזל לגובהו כאשר הוא טבול במים מזוקקים. היחס בין הגבהים נקרא "צפיפות יחסית".

כלים וחומרים:

שש כוסות זכוכית ובהן:

1. מים מזוקקים קרים
2. מי ברז קרים
3. מים מזוקקים קרים בהם מומסות 3 כפיות מלח בישול
4. מים מזוקקים בטמפרטורה של 50 מעלות צלסיוס
5. מי ברז בטמפרטורה של 60 מעלות צלסיוס
6. מים מזוקקים בטמפרטורה של 60 מעלות צלסיוס, בהם מומסים 3 כפיות מלח בישול

אמצעי לחימום המים, מד-טמפרטורה, קשית, פלסטלינה, סרגל, עט לסימון





## מהלך הניסוי:

1. הדביקו גוש פלסטלינה לקצה אחד של הקשית.
2. בכל כוס בנפרד, הכניסו את הקשית (המחוברת לגוש הפלסטלינה) ומדדו בעזרת סרגל את המרחק מקרקעית המס ועד לגוש הפלסטלינה שעליו הקשית. חזרו על פעולה זו בכל אחת משש הכוסות.
3. סדרו את הנוזלים לפי סדר הצפיפות (מהנוזל בעל הצפיפות הגבוהה ביותר ועד הנוזל בעל הצפיפות הנמוכה ביותר) והסבירו מדוע החלטתם על סדר זה?

## שאלות בעקבות הניסוי:

1. סכמו, מהי השפעת הטמפרטורה והמליחות על צפיפות המים?
2. מה ניתן ללמוד לגבי צפיפות מי הים לשמת מים אחרים?

## זרמים בים התיכון

הים התיכון הוא ימה של האוקיינוס האטלנטי, כפי שלמדנו בפרק הקודם. בין הים התיכון לאוקיינוס האטלנטי מפרידים/מקשרים מיצרי גיברלטר. עיקר השפעת האוקיינוס היא על מערב הים התיכון והיא פוחתת במזרחו.

במצרי גיברלטר קיימים זרמים עיליים ותחתיים. בזרם העילי זורמים מים מהאוקיינוס לים התיכון, ומתחתיו קיים זרם נגדי, המוציא את מי הים התיכון אל האוקיינוס. אלו זרמים חזקים וקבועים. זרמים אלו מאפשרים החלפה של כל מי הים התיכון במשך 80 שנים.

(במלחמת העולם השנייה השתמשו צוללות בזרמים אלו לחציית המיצר, ללא שימוש במנועים). מי האוקיינוס מלוחים פחות ממי הים התיכון. מי האוקיינוס קלים יותר וכמעט אינם מתערבבים עם מי הים התיכון. מים אלו זורמים לכיוון מזרח. שם הם מתחממים, האידיזי גובר ומליחות המים שלה ומגיעה לשיאה בקרבת חופי ישראל ולבנון, שם המליחות היא 39 גרם מלח לליטר מים. בחורף מתקררים מי הים ומתחיל הזרם הנגדי ממזרח הים התיכון למערב, לכיוון האוקיינוס האטלנטי.

## למדנו כי



- הזרמים באוקיינוסים מושפעים מן הגורמים הבאים:
- הבדלים בטמפרטורת המים
  - הבדלים בצפיפות המים
  - הבדלים בריכוז המלחים במים
  - כוחות המשיכה שמפעילים הירח והשמש על פני כדור הארץ
  - הזרמים בים התיכון מושפעים בעיקר מהבדל בצפיפות המים



קווי "פלימסול"

קווי "פלימסול" הם סימנים המופיעים על דופן אוניות. קווים אלה מסמנים מה הוא העומק המרבי שמותר לגוף האנייה לשקוע אליו בשעת העמסת מטען על האנייה. הקווים השונים מסמנים את עומק השקיעה המרבי המותר במי-ים שונים. אם יעמיסו את האנייה במים קרים, כך שגוף האנייה יבלוט מעט מעל פני המים, היא עלולה לשקוע ולטבוע כאשר תפליג למים חמים. קווים אלה נקראים על שם סמואל פלימסול, שחייב בשנת 1876 את צי האוניות הבריטי להשתמש בקווים אלה.

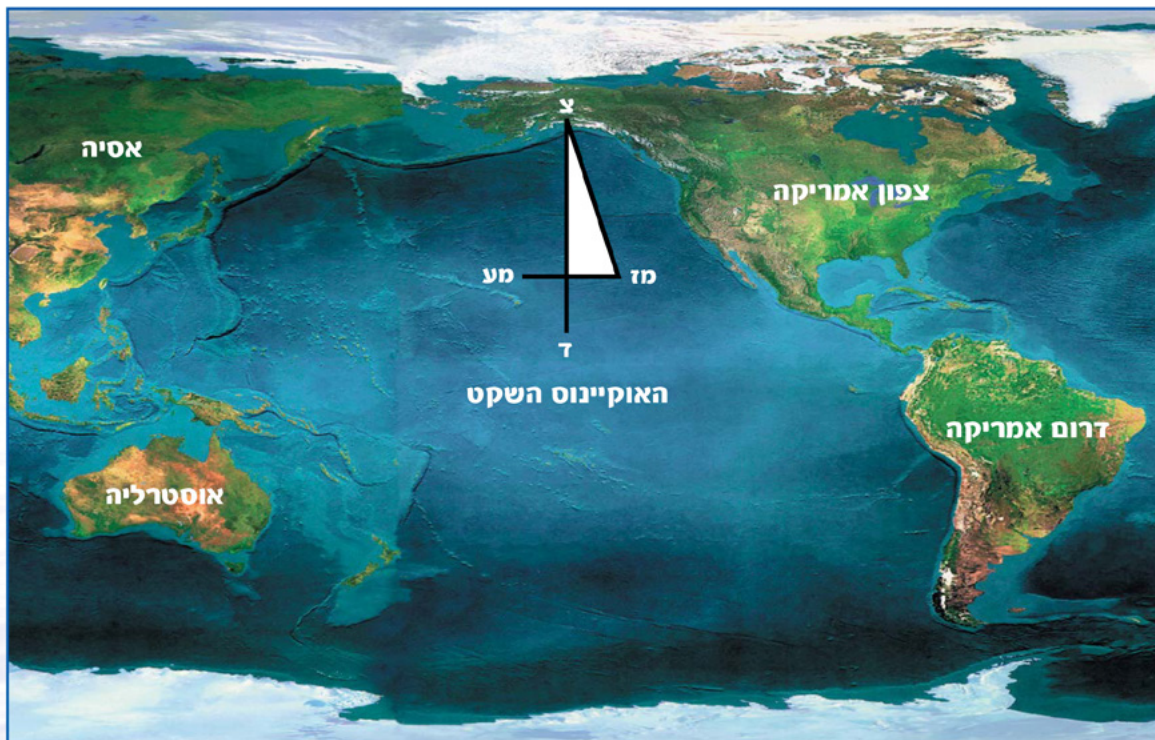


לימים ולאוקיינוסים השפעה רבה על עיצוב מזג האוויר והאקלים על פני כדור הארץ. אירועי מזג אוויר יוצאי דופן על פני כל כדור הארץ, בדרך כלל נגרמים כתוצאה משינויי אקלים באוקיינוסים.

### תופעת ה"אל ניניו"

אחד האירועים הבולטים, הממחישים את הקשר בין האוקיינוסים למזג האוויר, הוא ה"אל ניניו". חקר תופעת ה"אל ניניו" הגביר בשנים האחרונות את מודעות הציבור לכך, שאירועי מזג אוויר יוצאי דופן, כמו סערות והצפות חסרות תקדים, הוריקנים, מונסונים ועוד, נגרמים ישירות כתוצאה משינויי אקלים באוקיינוס.

מדי כמה שנים, סמוך לחג המולד, שב ה-"אל ניניו". אתו מגיעות רוחות מערביות חזקות אל חופי פרו ואקוודור, שבמזרח האוקיינוס השקט, ומימי האוקיינוס, הקרים בדרך כלל, הופכים לחמימים. נפסקים זרמי המעלה העשירים בחומרי הזנה. נפגעות האצות ודגי הטונה והאנשובי, המהווים פלח ניכר מפרנסת התושבים, נעלמים. בתקופה זו, כאילו חוברים יחדיו כל איתני הטבע ומתרחשות תופעות הרסניות כגשמי דלעפות ושיטפונות, המחסלים את יבולי הכפרים. הכפריים קראו לתופעה זו בספרדית "אל ניניו", שפירושו "הילד הנוצרי". בשם זה התכוונו לבעס הטבע. הכוונה לילד, ישו הנוצרי, שמגיע על מנת להעניש את האדם שחטא.





מה שתושבי פרו ואקוודור לא ידעו הוא, שבזמן שהם סובלים משפע מים לא רצוי ומהעלמות הדגים, סובלים שכניהם בצדו המערבי של האוקיינוס – באוסטרליה, באינדונזיה, בפפואה ובניו זילנד – מתופעות הקשורות בחוסר מים: בצורת ושריפות ממושכות. במרכז האוקיינוס השקט מתפתחות סופות ציקלון וטייפון.

### ההבדלים בין "מצב אקלימי רגיל" לבין תופעת "אל ניניו"

**מצב רגיל:** הרוחות נושבות מפרו ואקוודור במזרח לעבר אוסטרליה ואינדונזיה במערב. רוחות אלה, הנקראות "רוחות הסחר המזרחיות", גוררות עמן מערבה שכבה עליונה של מים חמים ממזרח האוקיינוס השקט. גרירת שכבת המים על פני האוקיינוס יוצרת "גרעון" במים ליד חופי דרום אמריקה (גובה פני הים שם נמוך ב- 60 ס"מ לעומת מערב האוקיינוס השקט), ו"הצטברות" מים חמים בחופי אינדונזיה. עקב כך, מופעל לחץ על שכבות המים התחתונות. מים קרים יותר, עולים אל פני השטח, מהשכבות העמוקות של האוקיינוס ומחליפים את המים החמים. בעקבות זאת מתקררים פני הים, ההתאדות מהם חלשה ואיטית יותר, וכמות ענני הגשם במזרח האוקיינוס השקט מתמעטת. באותה עת, במערב האוקיינוס השקט, שם הטמפרטורות של פני הים גבוהות יותר, מתרחשת סמוך לפני המים התאדות גבוהה של מי ים. התאדות זו מביאה להתהוות ענני גשם ולירידת גשמים רבים, וביניהם גשמי מונסון, באינדונזיה ובאסיה.

**בעת תופעת ה"אל ניניו":** נחלשות רוחות הסחר המזרחיות, המנשבות ממזרח למערב, ואינן מצליחות להביא לירידת גשמים באינדונזיה. אז מתחילה שרשרת תהליכים: זרימת מי הים מערבה נחלשת, ולכן "גרעון" המים נעלם. מי עומק קרים מפסיקים להגיע לפני השטח במזרח האוקיינוס השקט, ובמקומם נערים מים חמים המגיעים ממערבו. המים החמים הנעים מזרחה, גורמים להתחממות המים במזרח האוקיינוס השקט. בעקבות תנועת המים החמים, נעים מזרחה גם העננים ועמם קו הגשם.

### משימה 2.5: "אל-ניניו"



התנודות האוקיאניות והאטמוספיריות משפיעות גם על המערכת הביולוגית. על כך נלמד באמצעות קטע המידע והשאלות המופיעות לאחוריו. במצב רגיל, הרוחות המזרחיות, גורמות לעלייה של מי עומק קרים אל פני השטח. מים אלה עשירים מאוד בחומרי מזון. המים הקרים וחומרי המתן גורמים לשגשוג בעלי חיים שונים וכך שלה היקף הדגה בחופי דרום אמריקה. כתוצאה מן הרוחות הנושבות וזרמי העומק הקרים, מתרחש במזרח האוקיינוס השקט ערבול מתמיד של המים. ערבול זה גורם לכך שהמפגש בין המים החמים בשכבה העליונה והמים הקרים השלים ממעמקים, יתרחש קרוב מאוד לפני השטח. לעומת זאת, ככל שהמים זורמים מערבה בעזרת הרוחות המזרחיות, יתרחש המפגש עמוק יותר. בתנאים אלה, מקננות ציפורים על החופים והאיים במזרח האוקיינוס, ואילו במים שוחים דגים וצוללים כלבי ים רבים. בעת תופעת ה"אל ניניו": כשנחלשות הרוחות המזרחיות, מי עומק עשירים בחומרי מזון מפסיקים לעלות אל פני השטח במזרח האוקיינוס השקט, מים זורמים בכיוון ההפוך, מזרחה, ואילו התרמוקלינה (שכבת הגבול בין המים החמים והקרים) הולכת ומעמיקה. כתוצאה מכך, נוצר עמוד מים חמים, דל בחומר מזון. שרשרת תגובות אלה גורבות לדעיכה של אוכלוסיות הדגים, במיוחד דגי האנשובי.



כשמפלס האוקיינוס שלה במזרח, הוא יורד במערב.

התוצאה: הצפה של קו החוף במזרח, אזור קו החוף שהיה יבש, הופך לאזור ביצות. ציפורים נמלטות מאיכות המים ונוטשות את קניהן, זוחלים רבים מתים מרעב, כלבי ים ואריות ים צריכים לצלול עמוק יותר בחיפושים אחר מזון. אלה שלא מצליחים למצוא מזון גוועים ברעב. באותו זמן, נחשפות שוניות האלמוגים לאוויר וגוועות, עקב שפל במים במערב. כפרים רבים מוצפים.

בקיצור, הפרה של כל האיזון הקיים בתוך המערכת האקולוגית הימית והיבשתית.

שאלות:

1. סכמו בטבלה את ההבדלים המשמעותיים בין "מצב אקלימי רגיל" ובין תופעת ה- "אל ניניו"? קבעו את המדדים להשוואה ורשמו אותם בעמודה הימנית של הטבלה.
2. מהן התופעות האקלימיות המתרחשות במזרח, במערב ובמרכז האוקיינוס השקט, בעת התרחשות ה- "אל ניניו"?
3. כיצד משפיעה תופעת ה"אל- ניניו" על מערכת החיים הימית?
4. מה הם הגורמים הישירים להשפעה זו?
5. כיצד משפיעה תופעת ה"אל- ניניו" על מערכת החיים על פני היבשה?
6. מה הם הגורמים הישירים להשפעה זו?

אתרי מידע מומלצים:



<http://www.pmel.noaa.gov/tao/elnino/el-nino-story.html>

<http://www.elnino.noaa.gov/edu.html>

למדנו כי:



שיטתי האקלים באזור האוקיאנוס - באטמוספירה ובמים - גורמים לתופעות טבע קיצוניות והרסניות.

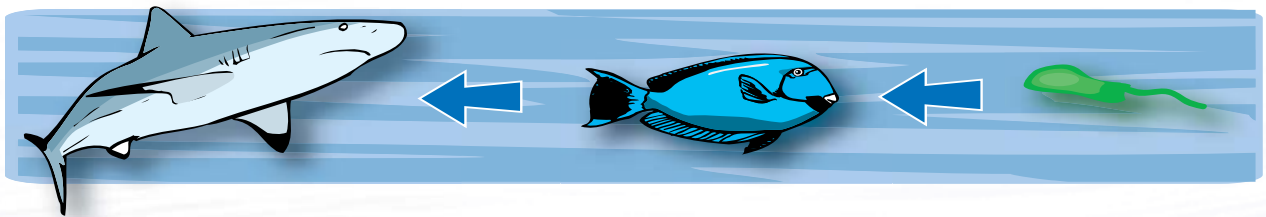
## פרק 3

# יצורים חיים בים היבט ביולוגי

מהתבוננות ביצורים החיים בים ניתן ללמוד על מאפיינים שונים של אותם יצורים: התאמת מבנה הגוף לחיים במים; אורח חייהם; רבייה; תזונה; נשימה; קשרי הגומלין בניהם לבין יצורים אחרים בסביבתם; היכחדות מינים מסוימים והשתלטות מינים אחרים; השפעת האדם על יצורים ימיים ועוד. בפרק זה נעסוק באצות, מדוזות, רכיכות, סרטנים, צבי-ים ולוייתנאים.

## מה הן אצות?

האצות הן קבוצה מגוונת של צמחים מבצעי פוטוסינתזה, החיים ברובם בסביבה מימית. ביחידה זו נעסוק רק באצות הים. מדענים הגדירו כ- 25,000 מינים של אצות. הרבגוניות של האצות מתבטאת במבנה ובהרכב הכימי של חלקי התא שלהן, בגודלן, במבנה החיצוני שלהן, בדרכי הרבייה ובמחזור החיים. לדעת חוקרים רבים, האצות היו הצמחים הראשונים שהופיעו על פני כדור הארץ, לפני 500 מיליון שנה. החוקרים מסתמכים על עדויות מתקופות גיאולוגיות קדומות. העדויות המשמשות את המדענים הם מאובנים בהם ניתן למצוא שרידי צמחים מתקופות קדומות. על פי עדויות אלו, ניתן לקבוע מה גילם של היצורים החיים אותם אנו מכירים היום. לפי צורת גידולן, מחלקים את האצות לשתי יחידות גדולות - אצות הפלנקטון (נוודד, ביוונית) ואצות הבנתוס (קבועות מקום, ביוונית). **הפלנקטון** כולל בעיקר אצות חד-תאיות זעירות, שדרוש מיקרוסקופ כדי לראותן, ולכן הן קרויות גם אצות מיקרו(מיקרוסקופ), גודלן 0.01 - 1 מילימטר. אצות אלו צפות במים, ורק לאחדות מהן תנועה עצמית בעזרת שוטונים. הן נמצאות בים הפתוח ובקרבת החופים. אצות הפלנקטון הן מקור המזון העיקרי לכל בעלי החיים שבמים. כלומר, הן **יצרניים**. ישנם בעלי חיים הניזונים מאצות הפלנקטון ועל כן הם נקראים **צרכנים ראשוניים**. ישנם בעלי חיים הניזונים מבעלי חיים אחרים שניזונו מאצות הפלנקטון. בעלי חיים אלו נקראים **צרכנים משניים**.



אצות הבנתוס הן אצות קבועות מקום. לרוב הן גדלות על גבי סלעים, אך גם על גבי אצות אחרות או צמחי מים, המשמשים להם מקום אחיזה. הן חיות רק בקרבת החוף ולא בים הפתוח. בדרך כלל אצות הבנתוס הן אצות גדולות, סאקרוסקופיות, שניתן לראותן בעין, ללא שימוש באמצעי הגדלה. יש אצות המגיעות לאורך של עשרות מטרים. באצות לא קיימת חלוקה לאברים: שורש, גבעול ועלים, כפי שקיימת בצמחי יבשה, וניתן לזהות בהן מבנה גדול דמוי עלה הנקרא "יצע" או תלוס. מיון נוסף של האצות הוא על פי צבען: ירוק, חום, זהוב ואדום. הצבעים השונים של האצות מקורם בחומרי צבע שונים, הנמצאים בתאי האצות. הקולטים את אנרגיית האור בתהליך הפוטוסינתזה.

תא הוא יחידת היסוד המשותפת לכל היצורים החיים. לתאים השונים מבנים שונים ותפקידים שונים.

**יצור חד-תאי** - יצור חי המורכב מתא אחד בלבד.

**יצור רב-תאי** - יצור חי המורכב מתאים רבים, השונים במבנם ובפעילותם.



### משימה 3.1: הכנת אוסף אצות



כדי להכין אוסף של אצות מיובשות, נשתמש במגוון אצות אותן נאסוף בחוף הים או נקבל מחווה לגידול אצות.

אצות אלו יהיו אצות מקרוסקופיות.

כלים וחומרים:

מינים שונים של אצות ים

קערה עם מים

בריסטול

מכחול

ניירות סופגים או עיתונים

מכבש צמחים או זוג לוחות עץ וגומיות חזקות

דבק פלסטי

ספרות עזר להגדרת האצות (כמומלץ בהמשך)

הנראות לייבוש אצות:

1. מניחים את האצה בקערת מים גדולה, האצה תצוף ותפרש (אפשר בעדינות, לעזור לה להיפרש).
2. מניחים מתחת לאצה בריסטול ופורשים את האצה בעזרת מכחול.
3. מוציאים את הבריסטול עם האצה. סופגים את המים בעזרת נייר סופג או עיתונים.
4. מחליפים את הניירות הסופגים, מניחים ניירות חדשים על האצה ועליהם מכבש.
5. האצות יבשות לאחר מספר ימים.
6. הדביקו את האצה על בריסטול נקי ורשמו את שמה, היכן ומתי היא נאספה.

לאחר שלמדתם מעט על אצות ואולי אף אספתם אצות על שפת הים, נערוך תצפית להכרות כללית עם המורפולוגיה - המבנה החיצוני של האצה (מורפו= צורה, מבכה, לוגי= תורה).

### משימה 3.2: תצפית באצות והכנת תעודת זהות



במשימה זו תצפו באצות ותבחינו במספר תחנות אופייניות. כדאי לסכם את התצפית באמצעות הכנת "תעודת זהות" לאצות השונות.

אצות חיות ניתן לאוסף על שפת הים. להעשרת התצפית ניתן גם להתבונן בתמונות של אצות ממקורות מגוונים.

1. לשם מה מכינים תעודת זהות (לאדם, לצמח)? מה תאפשר לכם הכנת תעודת הזהות לאצות?
2. לשם הכנת תעודת זהות לאצות, יש להחליט מה יהיו האפיונים שלהן. לאחר שקראתם את קטע המידע הקצר: "מה הן אצות", ערכו דיון ביתי בו תחליטו על סעיפי תעודת הזהות. שימו לב, תעודת זהות כוללת תיאורים מילוליים ואיורים.
3. צפו באצות, היעזרו במיקרוסקופ והכינו את תעודות הזהות.



4. לאחר שצפיתם באצות, האם יש לכם רעיונות לאפיונים נוספים אותם כדאי לכלול בתעודת הזהות?, אם כן, דונו על כך עם חבריכם והוסיפו פרטים נוספים על האצות בהן צפיתם.
5. מצאתם ודאי מאפיינים זהים ושונים אצל האצות שבדקתם. ערכו את תשובתכם בטבלה. מה שווה ומה שונה ביניהן? הוסיפו הסברים במידת האפשר.

## מקורות מידע מומלצים



- אלון, ע. (עורך). (1983). החי והצומח של ארץ ישראל, אנציקלופדיה שימושית מאוירת (כרך 9). הוצאת משרד הביטחון/ ההברה להגנת הטבע.
- נמליך, ח., ודנין, צ. (1964). אצות ים בישראל. הוצאת הקיבוץ המאוחד.
- 



### הידעתם כי:

- האצות הן הצמחים הקדומים ביותר הגדלים בבתי גידול של מים.
- קיימות אצות מקרוסקופיות, הבנויות מתא אחד ואצות מקרוסקופיות הבנויות מתאים רבים.

## האצות וחשיבותן בטבע

### אצות רבות בעולם – משותף ושונה

עד היום הוגדרו כ- 25,000 מיני אצות שונים. לכל אצה תכונות ייחודיות, אך ניתן למיין את האצות לקבוצות על פי קריטריונים שונים. מיון כזה יוצר קבוצות כאשר לכל מרכיבי הקבוצה תכונה משותפת בולטת. מדענים, מגדלים וצרכני אצות ממיינים את האצות בכמה שיטות. השיטה נבחרת על פי תרומת המיון לעבודתם ועל פי תחום התעניינות הממין.

מקובל למיין את האצות על פי המבנה שלהן וצבען (קימות אצות בצבעים שונים: ירוק, אדום וחום). חלוקה אחרת היא על פי סביבת הגידול שלהן בים (מיון אקולוגי), או על פי גודלן (אצות מאקרו= אצות שניתן לראותן בעין ללא אמצעי הגדלה ואצות מיקרו= אצות זעירות שדרוש מיקרוסקופ כדי לראותן).

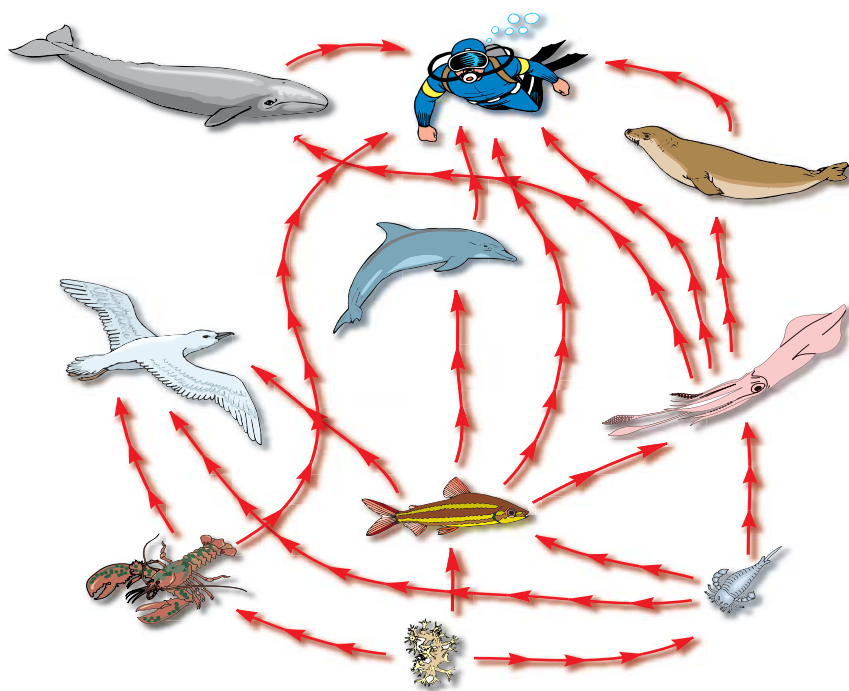
לדוגמה, את האצה "נוריי" (עליה נלמד בהרחבה בהמשך) אפשר להגדיר על פי אפשרויות המיון הרבות: אצה זו שייכת לחטיבת האצות האדומיות. אצות אלה מכילות כלורופיל ירוק, אך הוא מכוסה על ידי מרכיב אדום הנותן לאצות את צבען האדום (ומכאן שמה העברי - ארגמנית).

"הנוריי" היא גם אצה מקרוסקופית, כלומר נראית לעין. גודלה בישראל כ- 5-7 ס"מ, אך יש וגודלן מגיע עד 75 סנטימטר.

בחופי ישראל היא מופיעה באזור הכרית, המושפע מהבדלים בגובה פני הים בעקבות גאות ושפל (עוד על אזור הכרית ניתן לקרוא בפרק 3).

## אצות, שרשראות מזון ומארגי מזון

בים, כמו ביבשה, הצמחים הם הבסיס לקיומם של כל היצורים החיים. הם קולטים מים ופחמן דו-חמצני ואנרגית אור מסביבתם ומייצרים את מזונם בתהליך הפוטוסינתזה. הצמחים נאכלים על ידי בעלי חיים צמחוניים, ואלו נאכלים על ידי טורפים, הנטרפים על ידי טורפים אחרים החיים בים או ביבשה. צמחים ובעלי חיים ימיים מפורקים על ידי חיידקים ופטרייות ימיות. זו היא שרשרת מזון. תיאור שלם יותר של המציאות הוא רבות.



איור 3.1 מציג דוגמה למארג מזון אפשרי. החיצים המופיעים באיור יוצאים מהיצור הנאכל ומובילים אל היצור האוכל.

מארג המזון נתון לשינויים תמידיים. שינוי באחד ממרכיבי מארג המזון גורר אחריו שינויים בכל מרכיבי המארג. במשימה הבאה נבחן שינויים אפשריים והשפעתם. השינויים יכולים להתרחש בגלל גורמים שונים. לעיתים, גורמים אלו קשורים למעורבות האדם בטבע.

### משימה 3.3: מארג מזון אפשרי במערכת ימית

מה היה קורה, לדעתכם, למארג המזון במערכת הימית, כפי שהוצג כאן לאחר כל אחד מהשינויים הבאים:

1. עופות הים יחלו וכמותם תפחת.
2. ייאסר דייג לוויתנים על ידי בני אדם.
3. דייג הלווייתנים יגבר.
4. זיהום סביבתי יפגע בחדירת קרני האור לעומק מעל 20 מטרים מתחת לפני הים.

כמות החומרים בכדור הארץ קבועה. חומרים חדשים אינם נוספים לכדור הארץ. ללא תהליכי מיחזור של החומרים הנמצאים בגופם של יצורים חיים, היו נפסקים החיים בהיעדר חומרי גלם. כיצד מתרחש תהליך המיחזור? החומרים נקלטים בגופם של היצורים מסביבתם, משתנים בגופם של היצורים ונפלטים בחזרה אל הסביבה שם הם מנוצלים מחדש. בפרק זה נעקוב אחר מחזור היסוד פחמן, שהוא בעל חשיבות מרכזית לתהליכי חיים של כלל היצורים החיים על פני כדור הארץ. לאוקיינוסים ולאצות תפקיד חשוב ביותר במחזור הפחמן בטבע, כפי שיובהר בהמשך. היסוד פחמן מצוי בטבע בתרכובות שונות ובמקומות שונים:

### א. במערכות אביוטיות (= מרכיבי הסביבה שאינם חיים כלומר, הדוממים)

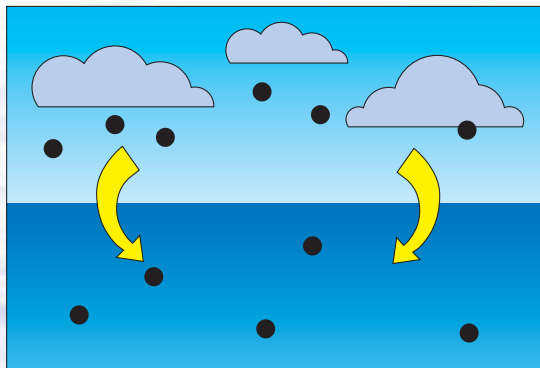
- גז פחמן דו-חמצני ( $\text{CO}_2$ ) המהווה 0.03% מהרכב האוויר.
- גז פחמן דו-חמצני ( $\text{CO}_2$ ) המומס במאגרי המים בכדור הארץ - אוקיינוסים, ימים, אגמים, נהרות ומים שבקרע.
- בסלעים שנוצרו בקרקעיתם של ימים קדומים - סלעי משקע כגון גיר, קרטון ודולומיט.
- בחומרי דלק כנפט, פחם וגז טבעי.

### ב. במערכות ביוטיות (מרכיבי הסביבה החיים)

- ביצורים חיים קיים פחמן בפחמימות, שומנים, חלבונים, חומצות גרעין ועוד.
- רובו של הפחמן בעולם מצוי בסלעי משקע ימיים, אך רובו של פחמן זה אינו זמין לצמחים ובעלי חיים. פחמן זה אינו מהווה חומר גלם הנקלט בגופם של היצורים החיים מסביבתם. הפחמן הזמין מצוי בארבעה מאגרים עיקריים: אוויר, מים, יבשה וחומרי דלק.

כמות פחמן במיליארד טונות	המאגר
748	אוויר
38000	מים
2000	יבשה
4000	כבול, פחם ונפט

**טבלה 3.1 : כמות פחמן במיליארד טונות במאגרים השונים**



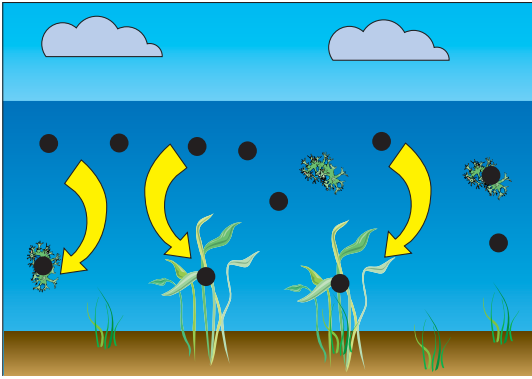
### מחזור הפחמן

באיורים הבאים נעקוב אחר מחזור הפחמן. כאשר בוחנים מחזור כלשהו, ניתן להתחיל לדון בו בנקודות שונות. כאן בחרנו להתחיל בגז הפחמן דו-חמצני המומס במים. הנקודות השחורות מייצגות את הפחמן ותרכובותיו.

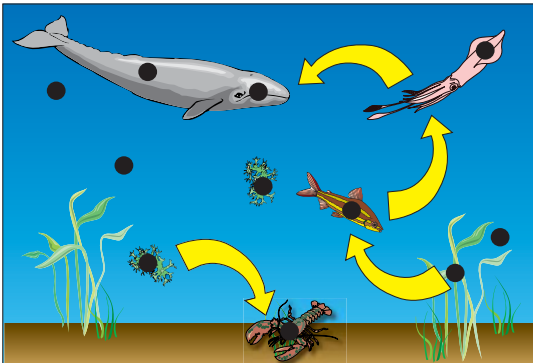
1. אטומי פחמן שבתרכובת פחמן דו-חמצני המצוי באוויר מוססים במים.

2. אטומי פחמן מתרכובת פחמן דו-חמצני המומסים במי הים מקובעים לפיטופלנקטון ולשאר הצמחים בים

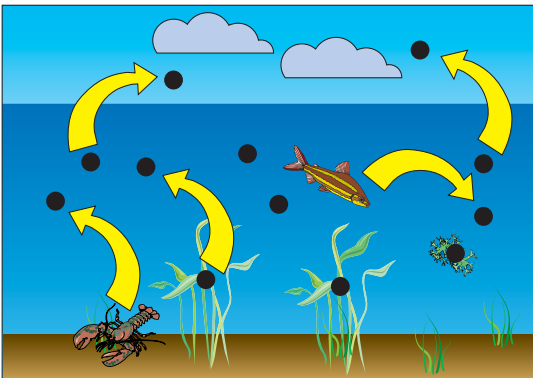
בתהליך הפוטוסינתזה.



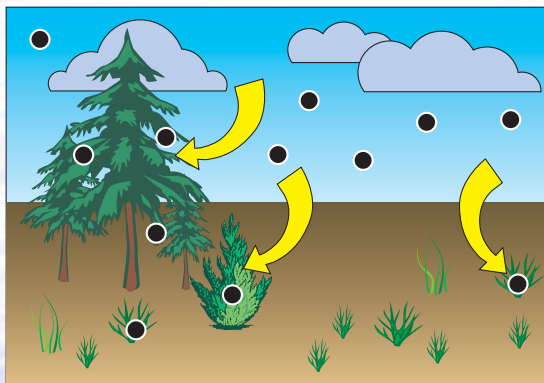
3. תרכובות הפחמן מתגלגלות דרך שלבי ההזנה לבעלי חיים ימיים.



4. נשימת הצמחים ובעלי החיים הימיים מחזירה חלק מהפחמן למי הים ומשם גם לאוויר. חלק אחר מגיע למי הים דרך הפרשות בעלי חיים, או מצמחים ובעלי חיים מתים, אותם מפרקים חיידקים ופטריית החיים במי הים.

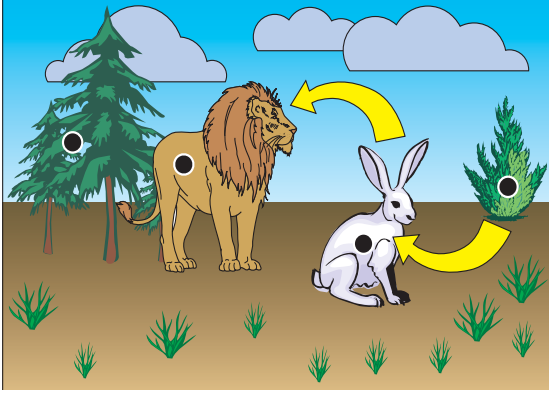


5. אטומי פחמן שבתרכובת פחמן דו-חמצני שבאוויר מקובעים לצמחים ביבשה בתהליך הפוטוסינתזה.

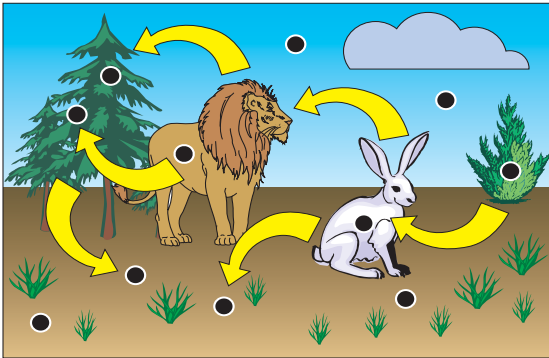




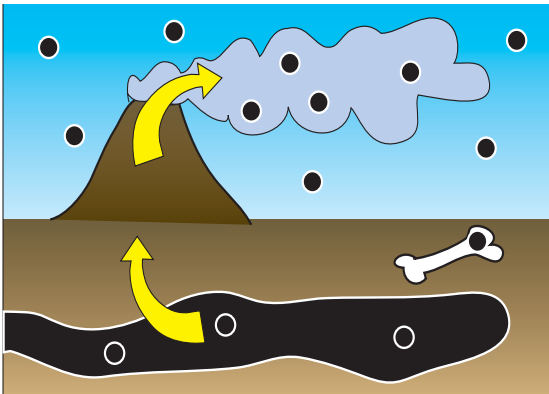
6. תרכובות הפחמן מתגלגל דרך שלבי ההזנה לבעלי חיים יבשתיים.



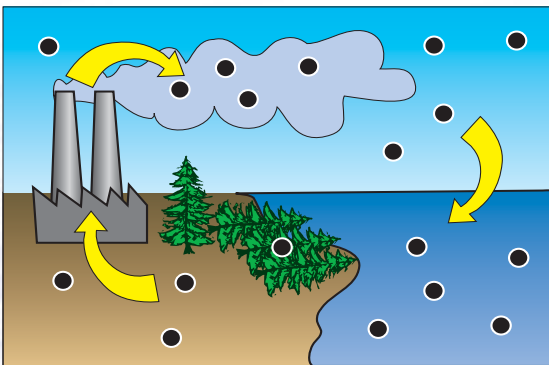
7. נשימת הצמחים ובעלי החיים היבשתיים מחזירה חלק מהפחמן לאוויר. חלק אחר מגיע לקרקע דרך הפרשות בעלי חיים או מצמחים ובעלי חיים מתים, אותם מפרקים חיידקים ופטריית יבשתיים.



8. שרידי בעלי חיים או צמחים שלא עברו פירוק, הופכים במשך עשרות מיליוני שנים לכבול, פחם ונפט או לסלעי משקע ימיים. בעת התפרצות של הרי געש נפלט פחמן דו חמצני לאוויר.



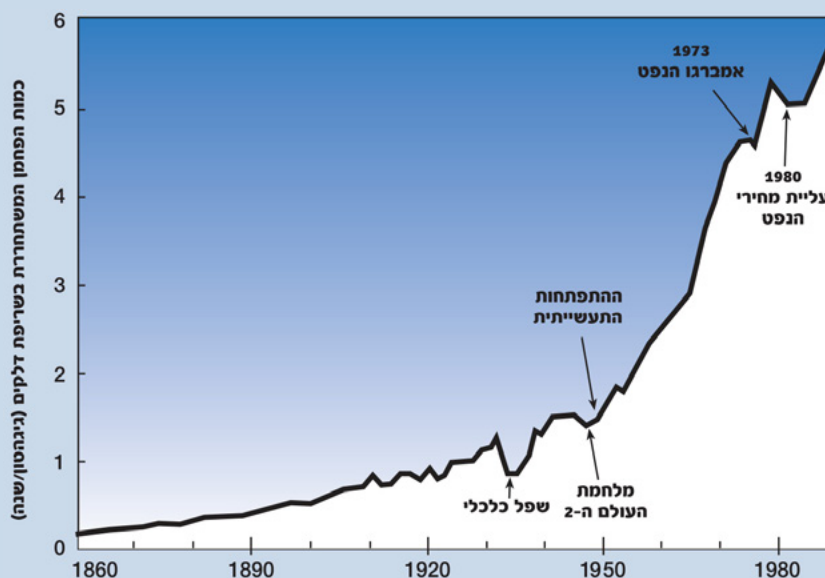
9. בני האדם שורפים חומרי דלק. שריפת חומרי הדלק מחזירה פחמן מקובע למעגל הפחמן. כריתת יערות פוגעת ביצור וקליטת פחמן דו-חמצני. בתהליכים אלו נפלטים אטומי הפחמן לאוויר בפחמן דו-חמצני, כ-30% מעודפי הפחמן שהאדם מיצר מגיעים אל מי האוקיינוסים.



השימוש המוגבר שעושה האדם בחומרי דלק כפחם או נפט, הוא מגורמי עליית רימז הפחמן הדו-חמצני באוויר ובמים. עליה זו היא כנראה אחד מהגורמים להתחממות כדור הארץ. במשימה הבאה נבחן את השפעת האדם על כמויות הפחמן המשתחררות לאטמוספירה, בשנים השונות.

התבוננו באיור 3.2 וענו על השאלות הבאות.

1. באלו שנים נבחנה כמות הפחמן המשתחררת לאטמוספירה?
2. בכמה מיליארד טונות עלתה כמות הפחמן באטמוספירה בתקופה זו?
3. כיצד ניתן להסביר את הירידה שחלה בכמויות הפחמן המשתחררות לאטמוספירה באמצע שנות השלושים של המאה העשרים?
4. באילו אירועים נוספים הייתה ירידה בכמויות הפחמן המשתחררות לאטמוספירה?
5. רשמו מספר משפטים המתארים כל אחד מהאירועים שציינתם בתשובה לשאלה 4.
6. כתבו מאמר קצר ובו תסבירו את השינוי שחל בכמויות הפחמן המשתחררות לאטמוספירה במאה וחמישים השנים האחרונות ואת הסיבות האפשריות לשינוי זה.
7. הציעו רעיונות רבים ומגוונים להאטת העלייה בכמויות הפחמן המשתחררות לאטמוספירה.



האוקיינוסים מהווים את מאגר הפחמן הזמין הגדול ביותר, כפי שניתן לראות מטבלה 3.1 מדענים מצאו כי

לאוקיינוסים תפקיד חשוב בשלבים השונים של מחזור הפחמן בטבע:

- א. מעבר של פחמן מהאטמוספירה לאוקיינוסים מושפע מהרוחות המנשבות על פני האוקיינוסים, כפי שניתן לראות בשלב 1 בתיאור מחזור הפחמן.
- ב. פחמן מהאטמוספירה ומשכבת המים העליונה מקובע בחלקו לצמחים ימיים בתהליך הפוטוסינתזה ומשם בשרשרת המזון לשאר היצורים הימיים. שלבים 2, 3.
- ג. פחמן מהאטמוספירה ומשכבת המים העליונה שוקע בחלקו לשכבות עמוקות יותר של האוקיינוסים.
- ד. האוקיינוסים משמשים כפילטר (מסנן) הסופח עודפי פחמן שמיצר האדם (בתהליכים שפורטו בסעיפים ב, ג). מדענים מצאו כי בין השנים 1958 - 1980 מחזרו האוקיינוסים 26% - 34% של הפחמן העודף שנוצר בשריפת דלקים.
- ה. זרמים באוקיינוסים מעבירים כמויות פחמן גדולות בין האוקיינוסים.

שריפת חומרי דלק מעלה את כמות הפחמן בעולם וגורמת ל"אפקט החממה" (ריכוז גבוה של  $CO_2$  באטמוספירה מגביל את פליטת הקרינה האינפורה אדומה מסביבת כדור הארץ ובכך מביא לידי התחממות האוויר).

## החיים באזור הכרית

בפרק 2 למדנו כי אזור הגאות והשפל כקרא כרית. הפעם נעסוק בכרית בהיבט ביולוגי. הכרית היא סביבת חיים שבה תנאי סביבה ייחודיים וחיים בה מינים רבים ומגוונים של יצורים חיים.

## הכרית כסביבת חיים

הכרית היא סביבת חיים הנחלקת לאזורי משנה:

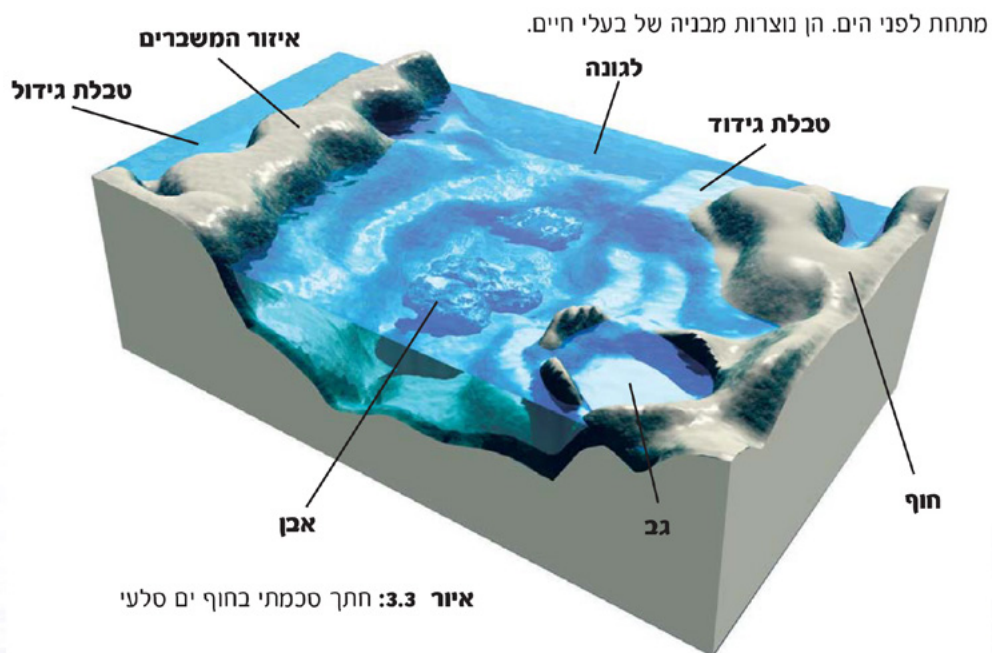
### כרית עליון

האזור הקרוב ביותר לחוף הים, מעל קו הגאות הגבוה ביותר. באתר זה לחות גבוהה ותקופות יובש ארוכות.

### כרית תחתון

האתר המרוחק ביותר מהחוף, מתחת לאתר השפל הנמוך ביותר. אתר זה מכוסה רוב הזמן במים.

באתר הכרית ניתן למצוא גם לגונה – בריכת חוף רדודה המוגנת מגלים. בחופי ישראל מוגנות רוב הלגונות על ידי טבלאות גידוד. טבלאות גידוד – טבלאות אופקיות (כמעט) של סלע כורכר שמשטחן העליון טבול מעט מתחת לפני הים. הן נוצרות מבניה של בעלי חיים.



איור 3.3: חתך סכמתי בחוף ים סלעי

סביבת חיים זו מתאפיינת בשינויים סביבתיים חדים. במעבר פתאומי ממצב של סביבה מימית למצב של סביבה יבשתית. השינויים הם בין קיץ לחורף, יום ולילה, שפל וגאות. תנאי הסביבה המשתנים הם:

**ההתייבשות** היא גורם משמעותי ביותר. יכולת העמידות של היצורים החיים ביובש קובעת את תפוצתם של היצורים החיים באתר הגאות והשפל.

**האור** משתנה בצורה בולטת עם העומק בסביבה ימית. הצמחים באזור צריכים להסתגל במהירות, כל פעם מחדש, לתנאים השונים, הדרושים לתהליך הפוטוסינתזה. עוצמת קרני האור וכמות הקרינה משתנים (ראו גם בנושא העכירות בפרק איכות הסביבה הימית).

טמפרטורת המים שונה מטמפרטורת האוויר (בוודאי הרגשתם בכך כאשר טיילתם על חוף הים החם ונכנסתם למים הקרירים) תהליכים רבים קשורים לטמפרטורת הסביבה ביצורים חיים. השפעה נוספת קשורה באיבוד מים והתייבשות.

גזים מומסים בשיעור נמוך יותר במים חמים.

תנועת המים – במים העמוקים הגל כמעט אינו מתקדם, המים רק עולים ויורדים. כאשר הגל מגיע לאזור של מים רדודים, הוא נשבר ומגיע לחוף. הכוח המופעל על ידי הגלים הנשברים קובע פעמים רבות את תפוצת היצורים החיים וכמותם.

סביבת החיים של הכרית מזמנת תנאי סביבה לא יציבים ליצורים החיים בה. היצורים החיים באזור הכרית פיתחו מנגנונים שונים להישרדות. במשימה הבאה נבחן מה הן הבעיות העולות בסביבת חיים זו ומה יכולים להיות הפתרונות השונים.

### משימה 3.5 : תכנון של יצור דמיוני (תרגיל מחשבתי)



במעבדות לחקר הים בגלקסיה רחוקה, מנסים לתכנן בעל חיים ימי, החי באזור ימי מיוחד. זהו קו המגע בין גוף המים ליבשה, המאופיין בשינויים קיצוניים בתנאי הסביבה במרחק מאוד קצר (כ- 50 סנטימטר) במהלך היום, החודש והשנה. היצורים החיים באזור זה צריכים לעבור בפרק זמן קצר יחסית ממצב של סביבה מימית למצב של סביבה יבשתית. הקרקעית של אזור זה אינה אחידה. היא עשויה סלעי כורכר. לעיתים, הסלעים בולטים מעל פני הים, ולעיתים, הם שקועים במים. בין הסלעים קיימים בורות המכוסים במים זמן רב.

מומלץ לבצע משימה זו בקבוצות של 2 – 4 תלמידים.

אתם התמניתם לעבוד בצוות התכנון של בעל החיים הימי הדמיוני. עבדו על פי השלבים הבאים:

- 1. קריאת מידע.** קראו את המידע על מבנה הכרית ותנאי הסביבה המיוחדים לה בסעיף " הכרית כסביבת חיים".
- 2. הגדרת הבעיות ותיאורן.** רשמו את הבעיות להן נחשפים יצורים החיים באזור הכרית.
- 3.** באמצעות הידע שרכשתם **תכננו** את בעל החיים הימי הדמיוני שלכם. **והציגו** אותו בפני הכיתה באמצעות הרצאה המלווה בשקפים, שרטוטים, ציורים, דגמים וכו'.
- מחפשים מידע נוסף על יצורים החיים באחר הכרית? היעזרו במילון המונחים, קטעי המידע אודות בעלי החיים השונים (סעיפים: יצורים חיים באזור הכרית ומילון הכרית) והמלצות לקריאה נוספת.
- 4.** השווו בין היצורים הדמיוניים אותם תכננתם אתם וחבריכם לכתה, לבין בעלי החיים המתוארים בהמשך. מה הן נקודות הדמיון? מה הן נקודות השוני? האם תוכלו להסביר את הדמיון והשוני שמצאתם?



## יצורים חיים באזור הכרית

### צלחית מכחילה

הצלחית המכחילה היא חלזון השייך לרכיכות. החלזון בעל קונכייה שטוחה, הדומה לצלחת קטנה או לכובע סיני. גודלו עד 4.5 ס"מ. צבעו צהבהב-אפור. צדו הפנימי מבריק בגוון כחלחל. הוא חי על-גבי סלעים שטוחים במים רדודים ועל כן הוא גלוי למשברי הגלים באזור הכרית התחתון. בשעת מגע של המים בקונכייה, באמצעות הרגל הרחבה והחזקה שלו, הוא נצמד בווקום לסלע, עליו הוא יושב ונאטם ליובש. הצלחית ניזונה מאצות וחומרי רקב, אותם היא מכרסמת בלילה תוך כדי זחילה. לאחר מכן, היא חוזרת למקום הישיבה הקבוע שלה, אליו מותאמת הקונכייה לאטימה מושלמת מפני יובש. על כן אם נתבונן בצלחית על שפת הים, יש להחזירה בדיוק למקום ממנו היא נלקחה.



### חד שן משובץ ("כיפה סרוגה")

חד שן משובץ, חלזון השייך לרכיכות. בעל קונכייה שצבעה לבן-צהבהב עם כתמים מלבניים שחורים אפורים, המסודרים בשורות מקבילות. הקונכייה גבוהה יחסית וגודלה 3.5 ס"מ. חד השן חי באזור בו חיה הצלחית המכחילה אך חבוי בנקיקי סלעים וסדקים. חד השן פעיל ביום וניזון מאצות.



## בלוטון מצוי

סרטן קטן, קבוע מקום. קוטרו כ - 10 מילימטרים. הגוף מוסתר בתוך שריון גירני הדומה לחרוט קטום, לא גבוה וצמוד לסלע. הפתח ניתן לסגירה באמצעות ארבע לוחיות. הפתח סגור כאשר הסרטן חשוף לאויבים או לאוויר. צבעו לבן -אפרפר. כאשר מי הים שוטפים אותו, הוא מוציא את רגלו דמוית הרשת מבעד לפתח ומסנן יצורים חיים מהים.



פרטים רבים ערוכים בצפיפות על גבי הסלעים. הנטייה להתקבץ מופיעה בשלב הזחל. השלבים הצעירים שוחים באופן חופשי בים ומדביקים עצמם בעזרת חומר דביק חזק למשטח בקרבת פרטים בוגרים.

התנהגותם מהווה מטרד לימאים, בגלל שהם נדבקים גם לדופן האנייה. התקווה היא להשתמש בתכונות ההצמדות של יצורים ימיים אלה כדי לפתח דבקים ידידותיים לסביבה.

## חופית מנוקדת

חלזון השייך לרכיכות. גודלו 13 מילימטרים. צבעו שחור בתוספת נקודות בהירות רבות. החילזון חי על פני הסלעים במעלה הכרית ובמים רדודים מאוד, בתנאים של לחות גבוהה ומחסור במים. עמיד מפני יובש ומסוגל להדביק את הפתח שלו לסלע בטבעת של ריר. כך שומר החילזון על סביבה לחה בתוך הקונכייה. יש מיני חופיות המסוגלים להתקיים כשנה מחוץ למים.



החופית ניזונה מאצות המצויות על-גבי הסלע וחומרי רקב. בקיץ נודדים הבוגרים לאזורי הכרית המצויים במים. הנקבה מטילה ביציה, ובתום תהליך ההתפתחות חוזרות החלזונות למקומות חיותם על סלעי החוף.

**גאות ושפל** – עליה וירידה מחזוריים של פני הים בהשפעת כוח המשיכה של הירח, ובמידה פחותה גם של השמש.

**גידוד** – פעילות בניה על ידי בעלי חיים ושחיקה והריסה של סלעים על-ידי מים, רוח, גרגרי חול ועוד.  
טבלאות גידוד – טבלאות אופקיות (כמעט) של סלע כורכר שמשטחן העליון טבול מעט מתחת לפני הים.

**זימים** – איבר לנשימה במים בעל שטח פנים גדול ועשיר בדם.

**חול** – קרקע עשויה מגרגרים שגודלם 0.2 – 2 מילימטר ואשר מורכבים בעיקר מקוורץ ולעיתים שלדים מרוסקים של אלמוגים, צדפים, שבלולים ואצות גירניות.

**חומרי הזנה** – חומרי מזון אנאורגניים שאצות שונות משתמשות בהן.

**חיגור** – ארגון אוכלוסיות של מינים בבית גידול נתון בו קיים גורם מגביל כלשהו. השפעתו של הגורם המגביל הולכת ופוחתת ככל שמתרחקים ממנו. כך, שבקרבתו יתקיימו יצורים חיים המותאמים אליו וככל שנתרחק ממנו נמצא יצורים חיים שמידת התאמתם אליו פחותה.

**כרית** – אזור הגאות והשפל בחוף הים.

**כרית עליון** – האזור הקרוב ביותר לחוף הים. בעל לחות גבוהה ותקופות יובש ארוכות.

**כרית תחתון** – האזור המרוחק ביותר מהחוף. מכוסה רוב הזמן במים.

**לגונה** – בריכת חוף רדודה המוגנת מגלים. בחופי ישראל מוגנות רוב הלגונות על ידי טבלאות גידוד.

**מארג מזון** – מעברי אנרגיה שראשיתה בשמש, דרך היצרנים – הצמחים – אל הצרכנים המצויים באותה סביבת חיים.

**מגרדת** – איבר המצוי בפה של חלזונות, דמוי לשון בעל שיניים זעירות. משמש לגרוד מזון מסלעים, או לקריעת בשר הטרף.

**מושבה** – פרטים של בני פרט אחד של בעלי חיים, החיים ביחד תוך שמירת קשר פיזי ביניהם.

**סלע חוף** – מצוי לאורך חוף הים. נוצר מהתמזגות של אבנים, חלוקי נחל, חול עם שברי קונכיות (כיסוי המגן על גוף הרכיכה).

**פלנקטון** – קבוצת יצורים חיים זעירים, המאכלסים ימים, אוקייאנוסים, אגמים ומקווי מים אחרים. בדרך כלל צפים ונסחפים במים. מהווים מרכיב חשוב בשרשרת המזון המתקיימת במים.  
**זאופלנקטון** – בעלי חיים זעירים המהווים חלק מהפלנקטון.  
**פיטופלנקטון** – אצות זעירות הצפות במים ומהוות את רוב הפלנקטון.

**רסס** – רסיסים של מי-ים הנישאים עם הרוח.

**רקבובית** – שרידים מתפוררים של יצורים שונים. לעיתים, מתלווים אליהם מיני חיידקים ופטריות.



## מקורות מידע מומלצים

על מינים נוספים החיים באזור הכרית תוכלו למצוא מידע רב בספרים הבאים:

- אלון, ע. (עורך). (1983) החי והצומח של ארץ ישראל, אנציקלופדיה שימושית מאוירת (12 כרכים). הוצאת משרד הביטחון/ החברה להגנת הטבע.
- ברש, א. וצנציפר, ד. (1991). רכיכות הים-התיכון בישראל. הוצאת החברה להגנת הטבע.
- דרום, ד. וגולני, ד. (1997) מדריך הדגים של ישראל. הוצאת כתר.
- דרום, ד. וגולני, מ. (1992) מדריך הים וחופיו. הוצאת כתר.
- נמליך, ח. ודנין, צ. (1964). אצות ים בישראל. הוצאת הקיבוץ המאוחד.
- ריכטר, ר. (1991) ים כחול שלי. ספריית מעריב.
- החוף הסלעי. הוצאת מל"מ.

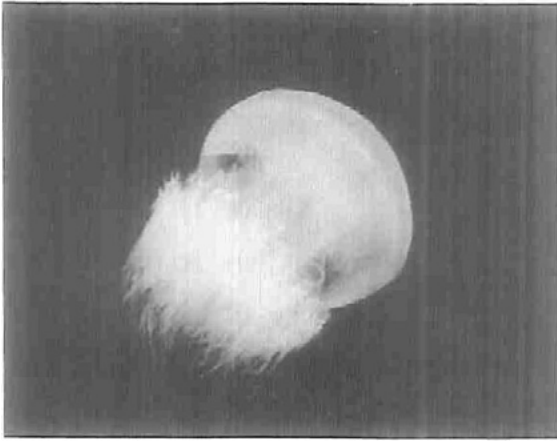


## למדנו כי:

- סביבת הגידול של הכרית מזמנת תנאי סביבה לא יציבים לבעלי-החיים.
- בעלי-החיים החיים באזור הכרית פיתחו מנגנונים שונים להישרדות.



## חוטית נודדת – מדוזה חדשה בחופי הארץ



המדוזה הבוגרת של החוטית הנודדת היא בעל-חיים ג'לטיני דמוי פעמון. גופה בנוי מ-95% מים, 3% מלחים ומינרלים ו-2% חלבון. קוטר הפעמון מגיע ל-80 ס"מ ומשקלה יכול להגיע ל-40 ק"ג. בשולים של כיפת הפעמון מצויות זרועות צייד,

המדוזות נפוצות במימי האוקיינוסים והימות בכל רחבי העולם. המדוזות מופיעות במגוון של גדלים וצורות, החל מיצורים זעירים ועד למדוזות הגדולות ביותר שזרועות הצייד שלהן נמתחות למרחק של 40 מטרים. לכולן תאים צורבים, אך יש מינים הצורבים אדם ויש שאינם צורבים אדם.

בשנות השמונים מדענים בישראל זיהו מין חדש של מדוזות, המופיעות בחודשי הקיץ, בתחילת עונת הרחצה. המדוזות הצורבות פלשו לים התיכון דרך תעלת סואץ, מים סוף והאוקיינוס ההודי.

ההופעה ההמונית שלהן גורמת לצרימת חזקות של מתרחצים. מין חדש זה נקרא "חוטית נודדת" בשל זרועות דמויות שרוכים, ובעזרתן לוכדת המדוזה את המזון.

המדוזה ניזונה מבעלי-חיים קטנים הנישאים בזרמי המים: דגים צעירים, זחלים של סרטניים ומדוזות קטנות. המדוזה אינה רודפת אחר מזונה, אלא משתקת את הטרף באמצעות עוקץ המפריש ארס. המדוזה מותאמת היטב לתנאים של ים פתוח ומסוגלת לעבור מרחק גדול, כשהיא נישאת על-גבי זרמי מים או בשחייה.

בנוסף לצרימת חזקות של מתרחצים, גורמות המדוזות נזק גם למפעלים, תחנות כוח ואוניות, המשתמשים במי-ים לקירור. במקומות אלו נסתמים פתחי השאיבה של מי הים במדוזות, והדבר מחייב השקעה מתמדת של עבודה ומשאבים לניקוי הסתימות. הופעת המדוזות מפריעה גם לענף הדייג. רשתות הדייג מתמלאות בכמויות גדולות של מדוזות, והדייג באזורים מסוימים לאורך החוף נפסק לחלוטין במהלך עונת המדוזות. העניין הרב שמעוררת החוטית הנודדת עודד מחקרים אודותיה. לשם כך נאספים נתונים על הופעת המדוזה בים התיכון ונלמדים מחזור החיים וצורת הרבייה של המדוזה. כמו כן, נחקרים גם מאפיינים כימיים ופיסיקליים של חומרי הארס של המדוזה, לצד לימוד מנגנון הארס.



לכריית תעלת סואץ, מבצע הנדסי ימי גדול יש השפעה עצומה על החי בים התיכון.

התעלה מחברת בין האוקיינוס האטלנטי לאוק"נוס ההודי והשקט. מאות מינים של יצורים ימיים היגרו מים סוף, באמצעות התעלה לים התיכון. הגירה זו מכונה הגירה לספסית על שם לספס הדיפלומט והמהנדס הצרפתי אשר ברה את תעלת סואץ בשנים 1859 - 1869.

מטרת איסוף הנתונים על הופעת המדוזות היא לנסות ולאתר את הכיוון ממנו מגיעות המדוזות לחופי ישראל,

ואת האזורים בהם ריכוזי המדוזות גדולים במיוחד.

הכרת מבנה המדוזה בשלבי הרבייה השונים מאפשרת חיפוש האתרים בהם מתפתחת החוטית הנודדת. נחקרים גם הגורמים המגבילים את קצב גידול המדוזות ואת הגורמים המעודדים התרבות של מדוזות. נתונים אלו יאפשרו בעתיד לחזות טוב יותר את מועדי הופעת המדוזות ואת המשך תפוצתן בים התיכון.

## **תפוצה**

המדוזות נעות בנחילים של מיליוני מדוזות, שיכולים להגיע לאורך של 100 קילומטר, חצי קילומטר רוחב ו-40 מטר עומק. בשנה יש בין ארבעה לחמישה נחילים של מדוזות הנעים לאורך החוף. הנחיל הראשון מופיע לראשונה באמצע חודש יוני במרחק של בערך קילומטר וחצי מהחוף, לאורך כל חופי ישראל. מדוזות מעטות יחסית נצפו על החוף או במרחק העולה על שבעה קילומטר מהחוף. הנתונים שנאספו מחזקים את האפשרות, שהחוטית הנודדת שוכנת באזורי החוף של ישראל ומקיימת באזורנו את כל שלבי מחזור החיים. נראה, שאין מדובר על גלי מדוזות המגיעים אליהם מהים העמוק.

## **גורמים מגבילים או מעודדים את תפוצת החוטית הנודדת**

באוקיינוס ההודי ובים סוף, יש טורפים וטפילים, שמורידים את רמת האוכלוסייה של החוטית הנודדת. בים התיכון, לעומת זאת, הם לא קיימים, והיא יכולה להתרבות ללא הפרעה.

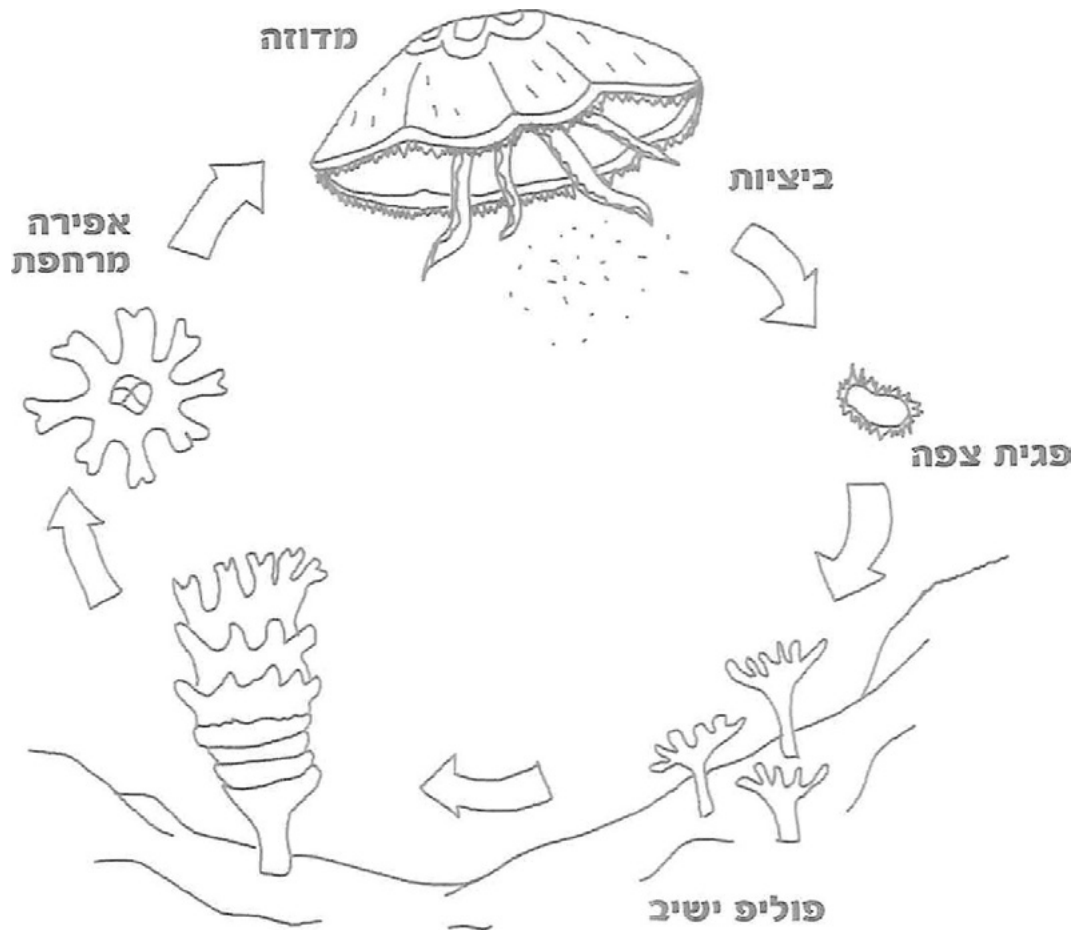
## **רבייה**

למדוזה ארבעה שלבי התפתחות שונים. בכל אחד מהם צורתה שונה לחלוטין מצורתה בשלבים האחרים. השלבים הם: פגית צפה, פוליפ ישיב, אפירה מרחפת ומדוזה - שלב המוכר לרובם. רביית המדוזה היא מינית ואל מינית.

בשלב המיני נקבת המדוזה מפרישה ביציות. הן מצויות בדרך כלל סביב פיה, או בתוך גופה (תלוי במין). תאי זרע של הזכר משתחררים במים. תנועת זרועות הציד וזרועות הפה של הנקבה מפגישים את תאי הזרע והביציות ומתרחשת הפריה. הביציות המופרות נשארות בין זרועות הפה של המדוזה או בגופה, עד שהן נהפכות לפגיות.

הפגיות נישאות בזרמי המים עד הגיען למצע קשיח כמו סלע או קונכייה ונצמדות אליו. לאחר מכן מתפתחת כל פגית לפוליפ. בתקופה זו, שיכולה לנוע בין כמה חודשים למספר שנים, משכפלים הפוליפים את עצמם ונוצרות מושבות של פרטים זהים בתהליך של רבייה אל מינית. בסופו של שלב זה, עובר הפוליפ שינוי צורה. הוא מקבל חריצים היקפיים ונראה לבסוף כגבעול ועליו ערמת דסקיות. בשלב זה, מתחילות הדסקיות המכונות אפירות להתנתק זו מזו ולצאת אל מרחבי הים כיצורים עצמאיים לגמרי. האפירות מפתחות זרועות פה וזרועות ציד והופכות למדוזות צעירות בצורתן המוכרת לנו. מדוזה בוגרת חיה 2 - 6 חודשים. בסופו של דבר, אם לא תילכד או תיטרף, היא תגווע כאשר תקלע למים סוערים שיטילו אותה אל החוף.

לימוד קצב הרבייה מראה, כי פוליפ בודד מייצר בתוך חודשיים מושבה של פוליפים, המסוגלת לשחרר למעלה ממאה מדוזות. נראה, כי היכולת להתרבות בצורה אל-מינית ליצירת מושבה של פוליפים, והעובדה שכל פוליפ מסוגל לשחרר מספר אפירות (מדוזות) למים, הם חלק מההסבר להתרבות המהירה של החוטית הנודדת.



### מנגנון הארס של המדוזה

המדוזות בעלות תאי צריבה המשמשים לצייד והגנה. כל תא צריבה מכיל בלוטת ארס, שערת חישה ועוקץ. כאשר שערת החישה מגורה על-ידי תנועה או מגע, העוקץ נורה מתוך הבלוטה, כמו צלצל. הארס המצוי בה מוחדר לגופו של בעל-החיים ומשתק אותו.

לעיתים, אנו חשים בצריבה מבלי שאנו רואים מדוזות. מה מקורם של מים צורבים אלו? מהמדוזות יכולות להשתחרר חתיכות של זרועות ציד בגודל 0.1-2 מ"מ. החתיכות נסחפות לחוף וגורמות את הצריבה ללא נוכחות המדוזה עצמה. גם מדוזה מתה שנסחפה אל החוף עלולה לצרוב. תאי הצריבה שלה עדיין עשויים לפעול ולשגר את העוקצים ואת הארס. גם לפגיות תאי צריבה.

לא לשטוף עם מי ברז את האזור הפגוע ולחטא עם חומץ. במקרים קשים לפנות לרופא.

### פתרונות לבעיות השונות

אחד הפתרונות הוא פיתוח תכשיר להגנה מצריבת מדוזות. פותח תכשיר המכיל חומר, הפוגע במנגנון הזרקת הארס של תאי הצריבה. זהו פתרון ביוטכנולוגי מעניין, המשלב ידע ביולוגי עם ידע טכנולוגי. פתרון אחר הוא לאכול את המדוזות. בני האדם כבר הצליחו בעבר לגרום למספר מינים של בעלי חיים שהיו בעלי ערך מסחרי להיעלם. גם המדוזות הן בעלות ערך מסחרי ובדרום מזרח אסיה יש לא מעט עמים שניזונים מהן, אבל הזן הזה לא מתאים למזרח הרחוק.

בחברת החשמל מסתייעים בטיסות סיוור ותצפיות של כלי שיט בלב ים כדי לדעת מתי המדוזות מתקרבות אל חוף הים. הם פיתחו מערכת ניקוי למסננים, שמרימה את המדוזות, זורקת אותן למכלים ומשם הן עוברות למשאיות המשליכות אותן לאתרי אשפה.

### משימה 3.6: הגירה, בעיות ופתרונות



בעזרת הידע שרכשתם ענו על השאלות הבאות:

1. ערכו רשימה של בעיות אותן יצרה הופעת מדוזת החוטית הנוודדת.
  2. רשמו אלו בעיות נחקרו כבר ונמצאו להן פתרונות. ערכו תשובותיכם בטבלה.
  3. הציעו פתרונות נוספים ונמקו בעזרת הידע שרכשתם.
  4. כתבו כתבה לשנתון בשם: "הים - עולם של פליאה"
- הכתבה צריכה לכלול: שם הכתבה, תקציר בן כ-5 שורות של עיקר הכתבה, פירוט הנושא, תוך דגש על השאלות שנחקרו והתשובות שניתנו (כולל שאלות שנותרו פתוחות), סיכום ומסקנות.



### למדנו כי:

- המדוזה, החוטית הנוודדת היא בעל-חיים שהיגר מים סוף והאוקיינוס ההודי לים התיכון.
- הכרות עם אורח חייה והביולוגיה של החוטית הנוודדת תאפשר מציאת פתרונות לבעיות שהיא יוצרת בסביבת האדם.



שמונה מינים של צבי ים מוכרים בעולם, וכולם נמצאים בסכנת הכחדה. בים התיכון ידועים שלשה מינים של צבי ים: צב גלדי, צב ים חום וצב ים ירוק. במינים אלו, פחות מאחוז אחד מן התטולה (כל הביצים של נקבת הצב שהוטלו לבור אחד בחוף הים, בשנה אחת), מצליח להגיע לבגרות. הצבים הימיים מותאמים היטב לחיים בים ולהטלה ביבשה. אצל הצבים הימיים התפתחו רגלי סנפיר המותאמות לשחייה, אך מסוגלות לשאת בקושי את הצב הבוגר ביבשה.

לשריון הצב צורה הידרודינמית (הידרו=מים, דינמי=תנועה), צורת גוף המותאמת לתנועה במים. שני מינים של צבי ים מקננים בחופי ישראל: צב הים הירוק וצב הים החום. מינים אלה משלימים בים התיכון את כל מחזור חייהם, מהטלה ובקיעה ועד בגרות מינית. מינים אלה נודדים ברחבי הים התיכון למרחק של אלפי קילומטרים בין אתרי הרבייה וההטלה במזרח הים התיכון אל אתרי ההזנה במערב הים התיכון.

התאמת צבי הים לחיים במים אינה מלאה. שתי תכונות, הקשורות לחיים ביבשה המעידות על המוצא היבשתי, שרדו בצבי הים: נשימת אוויר אטמוספרי והטלת הביצים ביבשה. אחת התופעות המעניינות באורח חייהם של צבי הים היא יצירת קשר חזק לחוף ההטלה ולסביבה הימית הקרובה אליו, המתרחשת בימיו הראשונים של הצעיר. קשר חזק זה נקרא "החתמה". הישרדותם של בעלי חיים רבים תלויה ביצירת קשר מידי בין הצאצאים להוריהם. הקשר מצר בתהליך שנקרא "החתמה". בטבע, האם היא הדמות הנעה הראשונה שבעלי חיים רבים נתקלים בה ולכן הם מוחתמים רק על ידה. החתמה מתרחשת רק בפרק זמן קצר לאחר שיצאו הצאצאים לאוויר העולם. לאחר תקופה זו, לא מתרחשת החתמה. ההחתמה בצבים איננה לאם, שכן נקבת הצב איננה מטפלת בצאצאיה. ההחתמה היא לחוף הים, למקום אליו יחזרו הנקבות להטיל. והיא נעשית כאשר הצבים הולכים ושוחים. מנגנון ההחתמה קשור כנראה למגנטיות כדור הארץ.

הזדווגות הצבים מתרחשת בים, מול חוף ההטלה. כאשר נקבת הצב מוצאת מקום מתאים, היא מסירה שכבת חול עליונה בעזרת גפיה וחופרת בתוכה גומה שעומקה כ- 50 ס"מ. הביצים שהיא מטילה אל הגומה נראות ככדורי פינג פונג. קליפת הביצה גמישה ואינה נשברת בנפילתה אל הגומה. לאחר ההטלה, מכסה הנקבה את הביצים בחול, כך שלא יתגלו לעין הטורפים וישמרו תנאים סביבתיים קבועים. לאחר-מכן חוזרת הנקבה לים.



מספר הביצים בהטלה אחת יכול להיות מעשרות ביצים ועד כמאתיים ביצים. משך הדגירה נמשך 50 - 70 ימים. מחקרים הראו, שבטמפרטורה מעל 30 מעלות צלסיוס יגילו יותר נקבות, ובטמפרטורה נמוכה - יותר זכרים. ומכאן, אפשר לצפות להשלכות קשות של תופעת התחממות כדור הארץ. ירידת הטמפרטורה במשך הלילה יש בה משום גירוי לבקיעה והתחלה של תנועה לעבר הים. הצבים הצעירים מנווטים את דרכם בחזרה לים באמצעות אור הכוכבים והירח, המנצנצים במים. הנקבה

הבוגרת תחזור לאותו חוף עצמו, בו בקעה כצעירה, לצורך רבייה. כיום, אוכלוסיית צבי הים כמעט ונעלמה. פעילותו של האדם בימים ובחופים במאות השנים האחרונות, היא הגורם העיקרי לפגיעה בצבי הים.

- תנועת כלי שיט מהירים סמוך לחוף פוצעת - ולעתים הורגת - צבים, המתרכזים במים רדודים לצורך הזדווגות.
- צבים רבים מסתבכים ברשתות דייגים כאשר הם עולים על פני המים כדי לנשום ומתים בטביעה.
- כריית החול הרסה חופים חוליים רבים.
- הקמת מתקנים בחוף ובים מונעת מהצבים אפשרות להטלה.
- פעילות אדם לאורך החוף (נסיעה, לינה, הבערת מדורות) גורמת לרעש ולאור, המפחידים את הנקבות ומרתיעים אותן מלעלות ולהטיל בחול. עיכוב ממושך בהטלה גורם להפלת הביצים בים.
- נקבות הצבים, העולות לחוף בלילה, הן כבדות תנועה, ובעבר ניצודו בהמוניהן. כיום, צבי הים הם בעלי חיים מוגנים בישראל.
- בעקבות תנועת רכב שטח (ג'יפים, טרקטורונים), ההולכת וגוברת בחוף, נמעכות ביצי צבים שהוטלו בחוף.
- הצבים הצעירים, הבוקעים מהביצים בלילה, רצים לכיוון הים לפי אור הירח והכוכבים המוחזרים מהגלים. תאורה לאורך החוף (כבישים, מבנים, כלי רכב) מטעה את הצבים הצעירים, העולים אל היבשה במקום לרדת לים.

בעיות אלו מתעצמות לאור העובדה, שצבי הים מתרבים בקיץ - תקופת שיא בפעילות הנופשים לאורך החוף.





### מאמצי ההצלה של צבי הים

בעקבות צמצום אוכלוסיות צבי הים בעולם כולו, הכריז ה-IUCN - הארגון הבינלאומי לשמירה על הטבע, על כל מיני צבי הים כנתונים בסכנת הכחדה. ה-CITES, הארגון הבינלאומי המופקד על מניעת סחר בבעלי חיים מוגנים, אסר על הסחר בבשרם, או במוצרי לוואי שלהם. במדינות רבות בעולם, בכלל זה ישראל, נחקקו חוקים להגנה על צבי הים במסגרת המאמצים הבינלאומיים.

החל משנת 1979, מבצעת רשות הטבע והגנים שורה של פעולות, שמטרתן שימור צבי הים וטיפוחם. כגון; הקמת מרכז הצלה ארצי לצבי ים; סריקת חופי ישראל בעונת ההטלה לאיתור גומות הטלה; מחקר ופעילות הסברה נרחבת.

על-פי התוכנית, סוקרים פקחי הרשות מדי בוקר את כל חופי הארץ, החל מתחילת עונת ההטלה בראשית יוני ועד סיומה במחצית אוגוסט. גומות ההטלה מאותרות על-פי עקבות הנקבות על החול. ביצים המתגלות במהלך סיור החוף, מוצאות מגומת ההטלה אל תוך צידנית ומובלות אל אתר חלופי מוגן, מגודר ומשולט. בתקופת הבקיעה, מובלים הצבים הצעירים כמעט עד לימי הים. על הצבים ללכת ולשחות מרחק של מטר או שניים מהגלים כדי שהנקבות יהיו מוחתמות ובבגרותן יחזרו להטיל, בדיוק במקום בו בקעו מהביצה.





### משימה 3.7: כיצד נציל את צבי הים?



משימה זו מומלץ לבצע בקבוצות של 2 - 4 תלמידים

1. ה-IUCN, הארגון הבינלאומי לשמירה על הטבע, הכריז על כל מיני צבי הים כנתונים בסכנת הכחדה. הסבירו מדוע.
2. הציעו דרכים לפעולה להצלת צבי הים.
3. מדינות רבות משקיעות מאמצים גדולים להצלת צבי הים האם יש הצדקה להשקעה כזו? הכינו חומר לדיון שבו יוצגו דעות של המצדדים והמתנגדים להשקעה כזו. העזרו בספרים, אנציקלופדיות ואתרי אינטרנט. אפשר להעזר במילות המפתח הבאות: צבי ים, מגוון ביולוגי, פיתוח בר-קימא.

בהעלאת טיעונים התייחסו לנקודות הבאות:

- השפעת האדם על אוכלוסיית צבי הים
- השפעת אוכלוסיית צבי הים על בני האדם.
- השפעת אוכלוסיית צבי הים על בית הגידול הימי שבו הם חיים.
- בהעלאת טיעון יש לתמוך בו באמצעות נתונים מתאימים אותם אספתם.
- הציגו את הטענות באמצעות עזרים כמו שקפים, מודל, שסטר, מצגת, תערוכה.

### למדנו כי:



- צבי הים נמצאים בסכנת הכחדה בשל קרבתם לאדם.
- הארגונים הבינלאומיים לשמירה על הטבע נוקטים בפעולות להצלתם.



## החיים החברתיים של הלווייתנאים



סדרת הלווייתנאים כוללת יונקים ימיים. ביניהם מזדמנים, לעיתים, לחופי ישראל לווייתני מזיפות, ראשתניים, דולפינים וזיפיוסיים. מחקרים רבים נערכו על חייהם החברתיים של לווייתנאים אלה. יונקים ימיים נושמים אוויר, כמו בני האדם ויונקים יבשתיים אחרים. תנועת הגלים מחייבת אותם להרים חלק גדול של הראש מעל פני הים, כדי לנשום וכדי לאפשר לאברי החוש לפעול. (אוזניים, עיניים, נחיריים). אברי התנועה של היונקים הימיים נראים כמו סנפירים.

### משימת 3.8: שאלת שאלות



- שאלות רבות יכולות לעלות בעקבות קריאת הכותרת: "החיים החברתיים של סדרת הלווייתנאים"
1. רשמו במחברותיכם שאלות רבות ככל האפשר העולות מתוך קריאת הכותרת. חשבו על שאלות שהתשובות להן יהיו ארוכות, מעניינות ומורכבות.
  2. הציגו בפני הכיתה את שאלותיכם והכינו ביחד מאגר של שאלות.
  3. קבצו את השאלות לקבוצות על-פי נושאים משותפים, תנו שמות לנושאים.
  4. בחרו נושא אחד והציעו כיצד לאסוף מידע במשא זה. רשמו מילות מפתח שתסייענה בחיפוש המידע.

בבחינת החיים החברתיים של הלווייתנאים בחרנו להגדיר מה הם חיים חברתיים, לנסות להסביר מה יכולים להיות היתרונות בחיים חברתיים ולמצוא עדויות על אמצעי התקשורת בין הפרטים החיים בחברה. בעלי חיים חברתיים הם אלו - שמתן לצפות בהם בקבוצה של פרטים, הנמצאים ברגע נתון באותו מיקום ונראים כמבצעים את אותה פעילות. בעלי חיים החיים בחברה מקיימים ביניהם תקשורת מסועפת ומורכבת, המאפשרת לכולם להתקיים זה לצד זה. חיים חברתיים מקנים יתרון לפרטים בהשגת מזון, בהגנה על חברי הקבוצה ובהעברה "תרבותית" של מסורת וניסיון בין הדורות.

ככל שבעלי החיים מפותחים ואינטליגנטיים יותר, תקופת הילדות שלהם ארוכה יותר ומרכיב הלמידה בהתנהגויות שלהם משמעותי יותר. בעלי חיים כאלה הם, למשל, קופים, דולפינים, כלבים, אריות ופילים. היכולת ללמוד מאפשרת לבעלי החיים להתאים את עצמם למצבים חדשים שהם נתקלים בהם במהלך חייהם. ההתנהגויות הנלמדות מצטרפות להתנהגויות המולדות, ויחד הן מגדילות את סיכויי ההישרדות של בעלי החיים.

בני סדרת הלווייתנאים שוחים בלהקות שגודלן מפרט אחד ועד אלפי פרטים. בישראל נצפו דולפינים השוחים במרחק של 0.4-25 קילומטר מהחוף בלהקות של 2 פרטים ועד 50 פרטים ללהקה.

להקות של לווייתנאים פעמים רבות הן להקות של נקבות וצאצאיהן. ניתן למצוא בהן שושלת הכוללת סבתא אם ובת. הנקבות ממליטות אחת לשנתיים-שלוש גור אחד או שני גורים. לפעמים הגורים נשארים בקשר עם האם עד 5 שנים.



בחוף הים בטאבה שבסיני נרקמו יחסי ידידות בין נקבת דולפין לבדואי חירש שגר לחוף הים. באמצעות נקישות על אבנים, יוצר עבאללה קשר עם הדולפינה. קשר זה כמשך שנים רבות ומושך אליו תיירים רבים, הבאים לראות ואף לגעת ב"דולפינה".

כאשר גורי הזכרים הופכים לעצמאים, הם יוצרים להקות של רווקים. אליהם מצטרפות, לעתים, גם צעירות מלהקת האם. עם הבגרות המינית, הנקבות הרווקות חוזרות, לעתים קרובות, ללהקת האם. להקות הזכרים המתבגרים והבוגרים משוטטות במרחק ניכר מהם ואין ביניהם תחרות על מזון. להקות הזכרים הולכות וקטנות בשל תמותה גבוהה יותר, או בשל עזיבת בוגרים בודדים את הלהקה והצטרפותם ללהקות של נקבות מזדמנות, לצורך הפריה.

דוגמאות **להתנהגות חברתית** של בני סדרת הלווייתנאים:

- נקמת הראשתן (מין שכיח בים התיכון), וגוריהן יוצרות "להקות גן". תפקידן, כנראה, לספק הגנה ומזון (הנקה) לגורים, שלא מסוגלים ללוות את האימהות בצלילותיהן העמוקות והממושכות. "להקות הגן" מאפשרות גם חופש פעולה לאם.
- להקה של הלווייתנאים יכולה לשתף פעולה במציאת מזון וטרפתו לעיתים קרובות, בעלי חיים ימיים קטנים חיים אף הם בלהקות. הלהקה מקנה יתרון לחבריה בכך שהיא יוצרת דימוי של יצור אחד גדול.
- כאשר מגיע טורף, פרטי הלהקה מתפזרים ומקשים על הטרף. להקה של הלווייתנאים תצוד להקת נטרפים ביתר קלות על ידי נהיגתה ואיסופה של להקת הנטרפים לכדור.
- נמצא שאצל ראשתנים, לווייתני שיניים ולווייתני מזיפות כאשר פרט אחד מהלהקה פצוע או מוחף (עלה על החוף) שאר פרטי הלהקה אינם בורחים ממוקד הסכנה ואפילו מגיעים מרחוק לקרבת חבר בלהקה לעזרה. הפרטים דואגים להרחיק את הפצוע ממקום הסכנה, או להגן עליו על ידי יצירת מעגל סביבו, כשנשקם העיקרי, הזנב, פונה לעבר הסכנה ולעיתים הם אף תוקפים את הגורם המאיים.

- אצל דולפינים נמצא כי כאשר אחד מחברי הלהקה נפצע, שאר חברי הלהקה מחזיקים את הפרט הפצוע מעל פני המים כדי לאפשר לו לנשום. התנהגות זו נצפתה גם כאשר הם החזיקו כך בני אדם, כרישים ואף חפצים דוממים. דולפין שנצפה בשבי, הקדיש זמן רב בניסיון לדחוף אל פני המים ("להציל")? כריש מת, אף שאותו דולפין עצמו הוא שהרג את הכריש זמן קצר לפני-כן...

**התקשורת** בין הפרטים בלהקה היא תקשורת קולית, או באמצעות תנועות גוף. היא משמשת לתאום פעילויות ולשמירה על ליכוד הלהקות. הלווייתנאים משמיעים מגוון רחב של קולות לתקשורת ביניהם. קולות אלו, במינים מסוימים, יכולים להיקלט על ידי לווייתנאים אחרים במרחק של אלפי קילומטרים. מתוך מגוון הקולות המושמעים, מוסכם על כל החוקרים, שהקולות המשמשים לתקשורת נשמעים לנו כשריקות או נביחות. החוקרים הראשונים שהקליטו שריקות הניחו, שהן מהוות מרכיבים של שפה אוניברסלית של המין. כלומר, כל פרט פולט וקולט מגוון של שריקות, כשכל אחת מסמלת משהו אחר (סכנה, פחד, מצוקה, קריאה לבן זוג, לאם וכו'). יותר מאוחר הבחינו, שלכל חיה יש שריקה בסיסית ספציפית משלה, אשר כונתה "שריקת חתימה", והיא שונה מפרט לפרט. הוכח, שדולפינים ודולפינים אחרים מוסגלים להבדיל בין "שריקות חתימה" טבעיות ומוקלטות של פרטים שונים, גם אם למראית עין (או למשמע אוזן אדם) הן מאד דומות. פרטים מחקים לעיתים באופן מדויק שריקה של פרט אחר. דולפין שגודל מינקות בשבי, אימץ שריקת חתימה הדומה לצליל משרוקית המאמן.

חוקרים בנו שפת **תנועות** של סדרת הלווייתנאים בעקמת תצפיות על התנהגותם בלהקות. תנועה המעידה על תוקפנות כוללת: הצלפות זנב ו\או סנפירים, נשיפה מאומצת קולנית לשחרור בועות אוויר מתחת לפני המים. הדולפינים יוצרים בניהם קשר לטריפת טרף על ידי תנועת התברגות, קפיצות וחבטת זנב היוצרים ענן בועות ומעבר גלי הדף בין חברי הלהקה. קיימות גם תנועות חיזור ומשחק. במשימה זו ניתנת האפשרות לכל כיתה או לקבוצת תלמידים לבחור אחת מתוך שלוש המשימות המופיעות בהמשך.

### משימה 3.9 : סיכום חיי הלווייתנאים



1. לאחר שקראתם את קטע המידע, רשמו במחברותיכם שאלות נוספות. התשובות לשאלות מ'מלות להופיע בקטע המידע "החיים החברתיים של הלווייתנאים", או שאינן מופיעות בקטע מידע זה.
2. ענו על 2 שאלות הנראות לכם מעניינות במיוחד.
  - אם חסר לכם מידע, חפשו במקורות מידע מגוונים. לפני החיפוש הגדירו לעצמכם נושאים בהם הייתם רוצים להתמקד בחיפוש, רשמו מילות מפתח לחיפוש.
  - שימו לב מי הם כותבי המידע שמצאתם. האם ניתן להסתמך על המידע שהם מוסרים?
  - שימו לב לתאריך שבו התפרסם המידע. האם הוא עדכני?



דיון:

דונו עם חבריכם בנושא: התפקידים שהתקשורת ממלאת בחיי הלווייתנאים. תכננו את הדרך שבה יתבצע הדיון. האם במסגרת הכתה כולה או בקבוצות?

- חלקו תפקידים למשתתפים בדיון. אל תשכחו למנות אחד מכם למנחה. רצוי שאחד מכם ירשום את פרוטוקול הדיון. חשבו על בעלי תפקידים נוספים.
- לוו את הדיון בדוגמאות שאספתם על סדרת הלווייתנאים. השתמשו במידע שמופיע כאן והוסיפו מידע נוסף ממקורות מידע מגוונים. לפני חיפוש מידע נוסף, הגדירו לעצמכם נושאים בהם הייתם רוצים להתמקד בחיפוש, רשמו מילות מפתח לחיפוש. שימו לב מי הם כותבי המידע שמצאתם והאם ניתן להסתמך על המידע שהם מוסרים.



עבדו בקבוצות של 2-4 חברים

1. קראו את המידע המופיע כאן ובצעו את המשימה שלאחר מכן. אחת התופעות המסתוריות ביותר הקשורות ללווייתנאים היא עלייה של בני הסדרה לחוף, כבודדים או כלהקה, בלי יכולת לחזור לים הפתוח. עלייה זו פירושה מוות. תועדו מאות מקרים של עליית "התאבדות" של לווייתנאים לחוף, ולכל המקרים מצאו הרבה מן המשותף:
  - מינים, הנוהגים לבלות לעיתים קרובות בקרבת חופים, גילו נטייה פחותה לעליה לחוף.
  - מינים שפרטיהם חיים בבדידות, או בזוגות, לא עלו לחוף.
  - מינים, החיים בלהקות גדולות שיכולות לכלול מאות פרטים, עלו לחוף, במקרים רבים, כעדר שלם.
2. היו גם אתם מדענים. נסו להסביר את התופעה ולנמק את הסברכם. העלו רעיונות אספו מידע על הלווייתנאים הציעו הסבר לתופעת ה"התאבדות" של בני הסדרה.
3. הציגו את ההסבר בפני הכיתה באמצעות הרצאה מלווה במצגת, פוסטר, דגם, תרשים, מפת מושגים או כל דרך אחרת שתבחרו.

**אתרי מידע מומלצים**



- אלדד א. ובן-טוביה א. (1990). לוייתנים וקולות. "מדע" עיתון מדעי לכל. מוסד ויצמן. כרך ל"ד מספר 1.

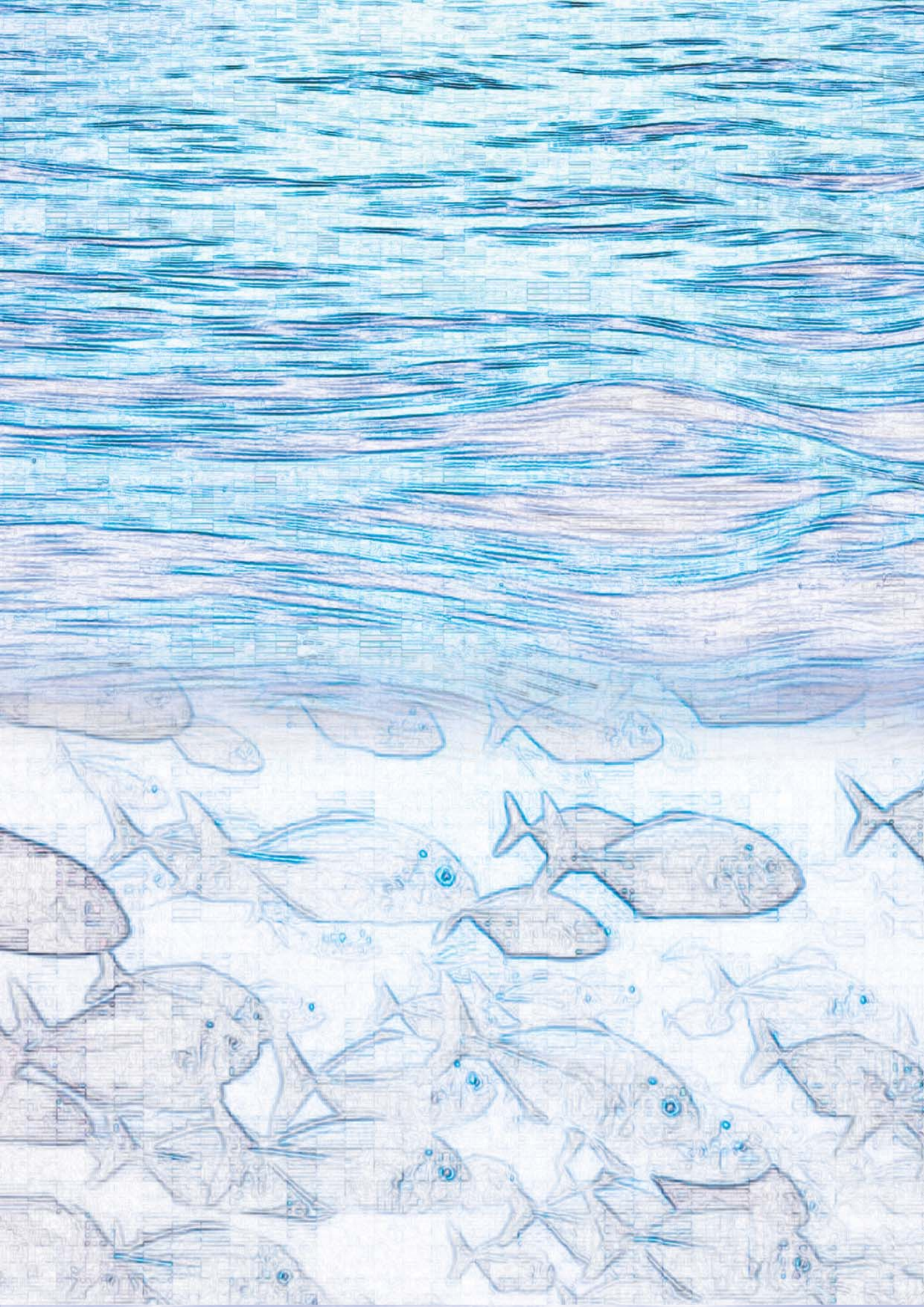
[www1.snunit.k12.il/heb\\_journals/mada/341011.html](http://www1.snunit.k12.il/heb_journals/mada/341011.html)

- אתר מחמל"י - המרכז למחקר מידע וסיוע ליונקים ימיים בישראל <http://immrac.haifa.ac.il/hebrew/immra.html>

- מולד נ. (1995) שפת היונקים הימיים. כמעט 2000 - כתב העת למדע וטכנולוגיה.
- האוניברסיטה העברית בירושלים - המרכז להוראת המדעים.

[http://www.snunit.k12.il/heb\\_journals/kimat2000/oo7021.html](http://www.snunit.k12.il/heb_journals/kimat2000/oo7021.html)







## פרק 4

# חקלאות וביוטכנולוגיה ימית

## מהי חקלאות וביוטכנולוגיה ימית?

בעבר, נהגו בני האדם ללקט את מזונם מן הצמחים, או לצוד ולדוג בעלי חיים בסביבתם הקרובה. כל שינוי בתנאי הסביבה (בצורת, שיטפונות, מחלות, מזיקים, מגפות) גרמו להקטנת מקורות המזון, ולכן מתו בני אדם רבים ברעב. מאוחר יותר, למדו בני האדם לגדל מזון צמחי ובעלי חיים. זו הייתה ראשית החקלאות. מאז ועד היום מתקדמת החקלאות ומשתכללת, והיבולים הולכים וגדלים. בכי האדם מעשירים את הקרקע על ידי דישון, מגלים מקורות מים חדשים, ממציאים שיטות השקיה, נלחמים במזיקים ומחלות, מפתחים זני צמחים ובעלי חיים חדשים, נוסף על כך, השתכללו דרכי עיבוד המזון ושימורו, וכך גדלה גם כמות המזון העומדת לרשות בני האדם והתאריך זמן השימוש בו.

היום מדברים פעמים רבות על ביוטכנולוגיה כעל חקלאות אחרת, שבה מדענים מפתחים חומרי הדברה שאינם רעילים לאדם, זנים חדשים העמידים למחלות, משפרים את יעילות הפוטוסינתזה והערך התזונתי של המזון. הביוטכנולוגיה, משפרת את יכולת ההגנה מפני מחלות, ועמידות כללית נגד פגעי טבע שונים של צמחים ופירותיהם. חיי המדף של הפרי ארוכים יותר, והארומה והצבע, שינויים בתכולת רכיבי המזון, מפתחים צמחים להפקת תרופות, ומפתחים טכנולוגיה-הנדסית לחקלאות מבוקרת אקלים.

**חקלאות וביוטכנולוגיה ימית** היא גידול של צמחים ובעלי חיים ימיים, תוך התערבות האדם כדי להשיג יבול גבוה יותר ואיכותי יותר. אותם יצורים ימיים גדלים במי ים, אך האדם משפיע על התנאים הסביבתיים כמו: אספקת חומרי הזנה, טמפרטורה והארה. האדם גם מתערב בתהליכים ביולוגים של אותם יצורים, כמו השפעה על מועד הרבייה או גודל היצור. הגידול יכול להיות בתוך הים כאשר היצורים הימיים מטופלים בתוך כלובים או בריכות. שיטה אחרת לגידול היא בבריכות יבשתיות - אלו הן בריכות הנמצאות ביבשה, בדרך-כלל בקרבת הים. מקור המים הוא מי הים, והם מוחזרים אל הים תוך הקפדה על איכותם כדי למנוע זיהום בסביבה הימית. החקלאות הימית החלה להתפתח בישראל במפרץ אילת בתחילת שנות השבעים. כיום הפיתוח נמשך הן באזור אילת והן לאורך חופי הים התיכון.

באמצעות **החקלאות והביוטכנולוגיה הימית** מתאפשרת אספקת מזון וייצור חומרים מצמחים ובעלי חיים ימיים לצרכנים במחירים סבירים לאורך כל השנה. ניצול יעיל של הסביבה הימית מתבסס על ידע בתחום המחקר הימי ועל מגדלים מנוסים ובקיאיים ביישום ידע זה. כל זאת תוך אחריות לשמירתה של הסביבה הימית.

החקלאות הימית כוללת את הייצור החקלאי עצמו שהוא: גידול צמחים ובעלי חיים ימיים, וגם את התעשיות הנלוות לייצור, כגון: כופתיות מזון לדגים; בנק זרע לדגים; חומרי דשן לגידול אצות. וכן את תעשיות טיפול בתוצרת כמו: אריזה, שימור דגים, ייבוש אצות, הקפאת דגים. כמו-כן, כוללת החקלאות והביוטכנולוגיה הימית גם תעשיות חדשות כמו: הפקת חומרים יקרים מאצות ובעלי חיים ימיים.

בפרק זה נכיר את אצות הים ואת השימוש שהאדם עושה בהן. נלמד מהי חקלאות וביוטכנולוגיה ימית וכיצד הן באות לידי ביטוי בגידול אצות שונות. בהמשך נכיר מערכת משולבת של חקלאות ימית לגידול בעלי-חיים

ימיים ואצות ימיות. הלמידה תהיה באמצעות משימות שונות, שבהן תהיה לכם, התלמידים, מעורבות פעילה בתהליכים של איתור מידע, ניתוחו ושימוש בו לשם פתרון בעיות.

## אצות

### חשיבות האצות לבני האדם

אצות ים הן חומר גלם לתעשיות מתחומים שונים ומגוונים כגון: מזון, תרופות, כימיקלים דשנים ואנרגיה. בפרק זה נכיר שלוש אצות שונות. בחרנו באצות אלו כי הן מייצגות שלושה שימושים שונים שהמחקר והתעשייה בישראל מתמקדים בהם. נלמד על תרומתן בתחום התזונה, תחפות וקוסמטיקה ובייצור חומר הגלם "אגר" שלו שימושים רבים. נלמד גם על הטכנולוגיות השונות הקיימות/נהוגות בישראל לגידול האצות השונות ולהפקת החומרים מהן. גידול והפקת חומרים מהאצות מתבססים על היכרות מעמיקה עם הביולוגיה של האצות והתנאים הסביבתיים הדרושים לגידולן.

### אצות ותזונה

אכילת אצות מזכירה לרבים מאתנו את הסושי ואת יפן. על כן, נתחיל את הלימוד על אצות ותזונה בהכנת סושי ואכילתו. וסושי מכינים מאצות מיובשות, הנראות כדף נייר, שבתוכן מילוי של אורז דביק ותוספות שונות. בשנים האחרונות הגיע הסושי גם למערב ונחשב כמעדן וכמזון בריאות.

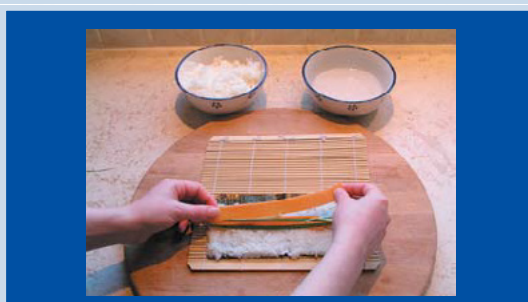
#### משימה 4.1 : טעימת אצות ים



#### הוראות עבודה:



1. לוקחים חצי דף אצה אחד ומניחים אותו כשציידו המבריק כלפי מטה. ניתן להיעזר במשטח גלגול.



2. מניחים על האצה שכבה דקה מן האורז הדביק, ועליו מניחים את הירקות, או הדגים, או החביתה.

במשימה זו נתנסה בהכנה וטעימה של סושי. את האצות המיובשות ניתן להשיג בחנויות טבע.

#### הוראות להכנת סושי

#### כלים וחומרים:

- משטח גלגול מקש, או כל משטח מתגלגל אחר.
- אורז דביק
- חומץ וסוכר (לטעם)
- דפי אצות נורי
- ירקות חתוכים לפסים ארוכים (אבוקדו, פטריות, קישואים, גזר, בצל ירוק, מלפפון), אפשר גם חביתה
- פיסות דג (סלמון, טונה)
- רוטב סויה







5. את הגליל שמתקבל חותכים בסכין לשש או שמונה חתיכות שוות.



3. מגלגלים את האצה עם המילוי, עד שמתקבל גליל הדוק. נעזרים במשטח הגלגול מקש.



6. טובלים ברוטב סויה ואוכלים מיד. בתיאבון.



4. את קצה הגליל אפשר להדביק עם טיפת מים.

קרוב לודאי שהשתמשתם באצת הנורי (nuri) להכנת הסושי.

"נורי" (nuri) הוא שמה היפני של אצת ים, הנקראת בעברית "ארגמנית" אצה זו גדלה בחופי ישראל ומגודלת בחקלאות הימית ברחבי העולם, כולל ישראל. על האצה וגידולה נלמד בהרחבה בהמשך. מקורו של הסושי הוא בשיטה לשימור דגים, שרווחה ביפן מאות בשנים. דגים פרוסים ומנוקים ואורז היו מונחים בשכבות בחביות עץ ומהודקים באבנים כבדות במשך שנה עד שלוש שנים. במשך תקופה זו היה האורז עובר תהליך תסיסה, והחומץ שנוצר בתהליך זה שימר את הדגים. האורז היה נזרק והדגים נאכלו.

במאה ה-18 העזו טבחים יפניים בעלי מעוף לוותר על תהליך התסיסה המסורתית, להוסיף חומץ אורז לאורז מבושל ולהגישו כחטיף קל בתוספת פיסת דג נא או פרי-ים אחר. התערובת כולה נעטפה באצות ים.





## משימה 4.2 : שאלון עמדות: אצות לשימוש האדם



- בפעילות זו נלמד מה חושבים אנשים שונים על אצות כמזון ועל אצות בכלל? לשם כך נלמד כיצד מכינים שאלון וכיצד הוא יכול לסייע לנו לדעת ולהבין מה אנשים שונים חושבים על אצות. עבדו בקבוצות קטנות של 2 - 4 תלמידים.
- **את מי אפשר לשאול?** תלמידים, חברים, מזרים, הורים, בעלי מסעדות, סועדים, בעלי חנויות טבע, קונים בחנויות טבע, בעלי חנויות מזון, קונים בחנויות מזון ועוד.
- **מה שואלים?** נסו לרשום שאלות שמעניינות אתכם. השאלות יכולות להיות על תכונות האצות או על שימוש אפשרי בהן לצרכנים שונים. (שימו לב, גם תשובה "אינני יודע" היא תשובה). אפשר ליצור שאלון אחיד לכל הכיתה, או שאלונים שונים לקבוצות השונות.
- **סוג השאלות:** השאלות יכולות להיות פתוחות או סגורות. בשאלות פתוחות העונה מתבקש לנסח את התשובה בלשונו הוא, החל מתשורה בת מילה אחת ועד משפט אחד או מספר משפטים. בשאלות סגורות העונה נדרש לבחור את התשובה הנראית לו כמתאימה ביותר, מתוך מבחר של אפשרויות, בדרך כלל התשובות מציינות רמות הסכמה שונות.
- **איסוף הנתונים:** לאחר שהחלטתם, על השאלות עליכם לאסוף את הנתונים מן הנשאל: הנשאל יכול לענות בעל-פה ואז אתם ממלאים את השאלון, או שהנשאל כותב את התשובה.
- **ארגון הנתונים:** הכינו לכם שאלון אחד ריק שבו תרכזו את הנתונים שאספתם. בשאלון זה רשמו את כל התשובות שקיבלתם לשאלות הפתוחות והסגורות. רשמו ליד כל תשובה, כמה פעמים היא חזרה על עצמה. ניתן לרכז את הנתונים בעזרת תוכנת Excel.
- **הצגת התוצאות:** הציגו את ממצאיכם בגרף, טבלה או בתרשים, כך שיהיו ברורים ומובנים לקורא. ניתן להציג את הממצאים בעזרת תוכנת Excel.
- **הסבר התוצאות:** מתוך הנתונים שאספתם וארגנתם, נסו למצוא מה חושבים רוב הנשאלים על אצות בכלל ועל אצות כמזון. האם ראיתם הבדלים בתשובות בין הנשאלים השונים? אם כן, ציינו מה הם ההבדלים.
- **הסקת מסקנות:** כיצד הייתם מסבירים את יחסם של הנשאלים לאצות?



לאצות ערך תזונתי רב. הן עשירות בחלבון (25% - 65% ממשקלן היבש לאחר אידוי המים מהווה החלבון), ויטמינים ומלחים כמו יוד וסידן. בהמשך נבדוק את ערכן התזונתי.



## ניסוי 4.1: הערך התזונתי של אצות

### מהלך הניסוי:

1. בצלחת פטרי 1 שימו אבקת עמילן, טפטפו מספר טיפות מתמיסת היוד ורשמו מה ראיתם.
2. בצלחת פטרי 2 שימו חלבון ביצה מרוסק, טפטפו מספר טיפות תמיסת ביורט A+B, ערבבו ורשמו מה ראיתם.
3. טפטפו טיפת שמן על הנייר. רשמו מה אתם רואים על הנייר (כתם שקוף שאינו מתייבש מעיד על נוכחות שמן).
4. רשמו את רכיבי המזון השונים אותם זיהיתם, את האינדיקטורים, את השיטה לזיהוי רכיבים אלו ואת התגובה המתקבלת. ערכו את תשובותיכם בטבלה.

שלב א. זיהוי רכיבי המזון במזונות שונים

### כלים וחומרים:

- 2 צלחות פטרי
- דף נייר
- כפית אבקת עמילן
- חלבון ביצה מרוסק (מביצה אחת)
- כפית שמן
- האינדיקטור תסיסת יוד
- האינדיקטור תמיסת ביורט A+B

### הידעת?

אינדיקטור הוא חומר אשר על פי שינוי צבעו נקבע קיומו של חומר אחר.



## שלב ב. בדיקת רכיבי המזון באצות

- שימו לב, זיהוי רכיבי האצות אינו כמותי הוא איכותי בלבד.

### כלים וחומרים:

- אצות יבשות (יבשו אותן היטב באמצעות נייר סופג או עיתון)
- 3 צלחות פטרי
- דף נייר
- האינדיקטור תמיסת יוד
- האינדיקטור תמיסת ביורט A+B

### מהלך הניסוי:

1. חלקו את האצה ל-3 חתיכות וזהו את רכיבי המזון באצות על-פי ההוראות המופיעות בשלב א' של המעבדה.
2. רשמו את רכיבי המזון השונים אותם זיהיתם, את האינדיקטורים לזיהוי רכיבים אלו ואת התגובה המתקבלת. ערכו את תשובתכם בטבלה.

## סיכום הניסוי והצגת ידע:

א. בניסוי זה הכרתם רכיבי מזון במזונות שונים. חפשו מידע על רכיבים אלו ורשמו בקצרה אודות תרומת רכיבי המזון השונים לתזונת האדם.

## המלצות למקורות מידע:

• משרד החינוך והאוניברסיטה העברית. (1995). תזונה באדם ובבעלי חיים, ירושלים: הוצאת מעלות



• עלוני מידע של משרד הבריאות או שירותי הבריאות

ב. הציגו את הידע שרכשתם אודות תרומת רכיבי המזון השונים לתזונת האדם באופן תמציתי באמצעות שקף, פוסטר, מצגת, מפת מושגים, תערוכה או כל אמצעי נוסף שייראה לכם מתאים (אל תשכחו לציין מהו מקור הידע שלכם).

**בניסוי 4.1 למדתם לזהות פחמימות, שומנים וחלבונים ובחנתם את הימצאותם באצות.**

**אך מה כמותם היחסית באצות? אילו רכיבי מזון נוספים, כגון ויטמינים ומינרלים, מצויים באצות?**

**זמה חלקם של רכיבים אלו באצות בהשוואה למזונות מוכרים אחרים? על שאלות אלו נענה באמצעות המשימה הבאה.**

## משימה 4.3: השוואה בין רכיבי מזון במוזנות שונים



לפניכם מוצגת טבלה ובה נתונים לגבי רכיבי מזון שונים, בגרמים, במזונות שונים. עיבוד על-פי: גוגנהיים (1991). תזונת האדם. ירושלים: הוצאת מאגנס, האוניברסיטה העברית.

טבלה 4.1: כמות יחסית של רכיבי מזון ב - 100 גרם מחן מעובד לאכילה

שם המזון	מים בגרם	חלבונים בגרם	פחמימות בגרם	שומנים בגרם	מינרלים	ויטמין A
					יוד	סידן
אורז לבן מבושל	70	2.2	24	0.2	0	6
האצה נורו	90	6.5	1.9	0.4	200 כמות יומית מנוצלת	440
ביצה מבושלת	74	12.4	0.9	11.9	0	54
בשר בקר כחוש מבושל	59	33.3	0	5.5	0	4
בשר עוף שמן במקצת מבושל או מטוגן	64	21.2	0	12.6	0	8
גבינה שה	48	22.7	3	21.8	0	740
דג מבושל	79	18.0	0	0.7	200 כמות יומית מנוצלת	20
חיטה	3	15	75.6	2.7	0	38
חלב	88	3	4.8	2.8	0	100
סויה דמויות בשר מבושלות	70	15.0	13.3	0.3	0	70
תפוז מקולף	87	0.9	9.6	0.2	מעט מאוד	36

\*מיקרוגרם - החלק המיליון של הגרם



1. סיכום - השוואה בין אצת הנורי לבין מזונות שונים

השלימו את החסר במשפטים הבאים:

אצת הנורי דומה ל	בכמות המים
אצת הנורי דומה ל	בכמות החלבונים
אצת הנורי דומה ל	בכמות הפחמימות
אצת הנורי דומה ל	בכמות השומנים
אצת הנורי דומה ל	בכמות היוד
אצת הנורי דומה ל	בכמות הסיידן
אצת הנורי דומה ל	בכמות ויטמין A

2. חברו מאמר/פרסומת/ג'יבלג (זמריר)/שיר בו אתם מספרים על יתרונות וחסרונות האצה כמזון.

התייחסו בעיקר לערכה התזונתי. אפשר גם להתייחס למחיר, זמינות, טעם, תרבות וכל רעיון אחר שיראה לכם מתאים.

מידע נוסף על אצות כמזון תוכלו למצוא באתרים רבים לשם כך חפשו במנועי החיפוש :

אצות, אצות מאכל, סושי, נורי

משימה 4.4 : האצה כמזון בריאות



בעקבות הידע שרכשתם על אצות מאכל, תוכלו לקרוא את הכתבה הבאה ב"עין ביקורתית" ולענות על השאלות המופיעות לאחר הכתבה. קראו את הכתבה שלפניכם.

האצה - סיפור אישי

"במשך שנים ניסיתי לפתור את בעיות הבריאות שלי בדרכים שונות. לרופא המשפחה שלי לא היה כל פתרון, על-כן פניתי לכל חומר כתוב שמצאתי או לכל רעיון אחר שנשמע הגיוני. ניסיתי ויטמינים שונים ועשבי מרפא שונים, אך לשווא. איבדתי כל תקווה. יום אחד שמעתי על תכשיר אצה העושה ניסים, אכלתי ממנו ומיד הרגשתי בשינוי, מאז אני ממשיך לאכול מאותה אצה מדי יום, אני פעיל. משחק עם נכדי, מבחינה נפשית טוב לי יותר ואפילו מצאתי כוחות וזמן כדי לפרסם את ניסיוני באתר אינטרנט אותו בניתי בעצמי. האם האצה תשפיע על כל אחד כפי שהשפיעה עלי? לצערי, לא. לכל אדם צרכים משלו. המשותף לכולנו שאנו זקוקים לחלבונים, ויטמינים ומינרלים במזוננו. מעטים מאתנו מקבלים את המזון האיכותי לו זקוק גופנו. לי תכשיר האצה עזר. התכשיר הוא מתוצרת "חיים אחרים" והוא יעיל וזול יותר מתכשירים דומים."

לאחר שקראתם את הכתבה ענו על השאלות הבאות:

1. מי הוא הכותב לדעתכם?
2. איזה רעיון ניסה הכותב להביע?
3. איזו בעיה הטרידה את הכותב?
4. למי מופנית הכתבה?
5. אילו מושגים מדעיים נזכרים בכתבה? הסבירו אותם.
6. אילו מושגים לא מדעיים, אך הכתובים כאילו הם מדעיים, מוזכרים בכתבה? נמקו את תשובתכם.
7. הציעו כותרת חדשה או איור מלווה לכתבה.
8. לו הייתם אנשי שיווק של אצות, מה הייתם מדגישים בפני קונים אפשריים?
9. לאור תשובותיכם בסעיפים הקודמים, סכמו בקצרה את דעתכם המנומקת על הכתבה שקראתם. התייחסו לאובייקטיביות, לנכונות המושגים המדעיים וכו'.

## תזונה תרבות וסביבת חיים



למרות ערכה התזונתי הגבוה של האצה, היא אינה מאכל נפוץ במקומות רבים בעולם. עיקר הצריכה היא ביפן. כיצד ניתן להסביר זאת? יפן היא קשת איים באוקיינוס השקט. רובה של הארץ הררי, ואין ביפן עמקים ומישורים גדולים. רוב ההרים הם הרי געש ורק 13% מהקרקע ראויה לעיבוד חקלאי. המזונות הנפוצים ביפן הם אורז, דגים ואצות (שמקורם בים). על כן, מאכל יפני מקובל הוא הסושי. לא רק ביפן אוכלים אצות. אצות למאכל מקובלות במידה פחותה באזורים נוספים בעולם, כמו דרום אמריקה, המזרח הרחוק וחופי אפריקה. מדוע תרבות האכילה של אצות התפתחה בארצות מסוימות ובארצות אחרות לא? האם כיום, בעידן בו הפצת הידע והתרבות מהירים וקלים, תתפשט גם תרבות אכילת אצות? האם האצות הן מזון העתיד? האם האצות יפתרו את בעיית הרעב בעולם? מה דעתכם?

### משימה 4.5 : קבלת החלטות בקשר לבעיית הרעב במדינת גזנה (מדינה דמיונית)



מדינת גזנה שוכנת לחוף הים. השטחים הראויים לעיבוד תופסים את מחצית שטחה והשנה היבשה נמשכת חצי שנה. זו היא ארץ ענייה ביותר, שתושבים רבים בה סובלים מתת תזונה. אצות אינן מצויות בתפריטם. קבוצת מנהיגים צעירים ומשכילים שוקלת האם להשקיע משאבים בפיתוח הענפים הקיימים באותה ארץ - בקר ותירס, או לפתח ענף מזון חדש - אצות למאכל.

המנהיגים הצעירים קיבלו 5 חוות דעת שונות לגבי האצות, כפתרון לבעיית הרעב בארצם. הדעות, לעיתים מנוגדות זו לזו, לעיתים משלימות זו את זו, או מתייחסות לבעיה מהיבטים שונים. עזרו למנהיגים הצעירים להחליט כיצד לנהוג במדינתם. לשם כך נלמד מה הם השלבים השונים בפתרון בעיות וקבלת החלטות.

מומלץ לבצע משימה זו בקבוצות.

עבדו על פי השלבים הבאים:

1. **קריאת מידע.** קראו את חוות הדעת השונות שהוצגו בפני מנהיגי מדינת גזנה.

אנשים רעבים צריכים לגדל את המזון השייך לתרבותם ולשפר את טכנולוגיית הגידול ולא לחפש מקורות מזון חלופיים.

חוות הדעת של ארגון המזון מטעם האו"ם (FAO) "במסגרת תפקידנו עלינו לדאוג למזון בטוח (security food) בעולם השלישי (ארצות מתפתחות) באמצעות ידע, הדרכה ומימון פרויקטים לגידול ועיבוד מזון. אנו טוענים שבארצות מתפתחות החברה מסורתית ופתוחה פחות לשינויים ועל-כן נשקיע בפרויקטים, שמגדילים את כמות ואיכות המזון אליו רגילה האוכלוסייה, ואיננו ממליצים לנסות ללמד את האוכלוסייה לצרוך מזונות חדשים".

חלבון האצות דומה בתכונותיו לחלבון הצמחי המופק מצמח הסויה. ומכאן ברור, שעלות הייצור של חלבון האצות חייבת להיות שווה או אף נמוכה מעלות ייצורו של חלבון הסויה. האצות מכילות ריכוז גבוה של חלבון (עד 50% ממשקלן היבש), אלא שהערך התזונתי של האצות נמוך ממזונות חלבוניים, כמו חלב וביצים. לבסוף עולה שאלה הטעם והמסורת: כל עוד מצויים מקורות חלבון מסורתיים, לפחות בעולם המערבי, יעמוד שיווק אצות כמזון לאדם בפני קשיים (בעקבות מאמרים של בן אמוץ ואברון. מדע כ"ד 1, 18 - 20, 1980).

שטחי הקרקע המתאימים לגידול מזון ביבשה מוגבלים. הם צריכים לספק תנאי קרקע מתאימים, מקורות מים ותנאים אקלימיים נאותים. בניגוד לצמחי היבשה, גדלות האצות בשטחים נרחבים שאינם ניתנים לניצול אחר. אצות נפוצות בתחום רחב של מליחיות וטמפרטורות. בנוסף לכך כ-70% משטח כדור הארץ מכוסה מים.

אחה הטענות של הבנק העולמי היא שבעיית הרעב בעולם נובעת מחלוקת משאבים לא נכונה ולא ממחסור במשאבים.

2. **הגדרה הבעיה ותיאורה:** תארו את הבעיה בה נתקלו מנהיגי הצעירים של מדינת גזנה.
3. **העלאת אפשרויות לפתרונות רבים ומגוונים ככל האפשר:** הציעו פתרונות רבים ככל האפשר לבעיה שהגדרתם. השתמשו בחוות הדעת שניתנו למנהיגים הצעירים והוסיפו רעיונות נוספים משלכם. בשלב זה כל רעיון מתקבל.
4. **בחינת השלכות:** רשמו לגבי כל אפשרות לפתרון שהעליתם, את השלכותיה הצפויות עם יישום ההחלטה. התייחסו להיבטים כלכליים, סוציאליים, תרבותיים, דמוגרפיים ופוליטיים (ניתן להתייחס רק לחלקם).
5. בשלב זה יתכן שתעלנה **שאלות נוספות**, שלא תמצאו להן תשובות בחוות הדעת. לשם כך תצטרכו להוסיף לעבודתכם את השלבים הבאים:
6. **אסוף מידע** ממקורות מגוונים.
7. **התייחסות ביקורתית** לחומרים שונים. יש לשאול: מי חיבר? מתי, כיצד ומדוע הוכן החומר? היכן פורסם? מה המקור של כל פריט מידע ועל איזה רקע סופק?
8. **קבלת החלטות.** לאחר סקירת כל האפשרויות על השלכותיהן השונות, בחרו את הפתרון הנראה לכם כמ- תאים ביותר למדינת גזנה במקרה זה. רשמו את ההחלטה שלכם והוסיפו נימוקים להחלטתכם.

## אצות, תרופות ותכשירים קוסמטיים

המדע נמצא בחיפוש מתמיד אחר תרופות חדשות ויעילות. חיפוש כזה נערך גם בים. בים יש מספר עצום של יצורים חיים, והם מהווים מאגר רב ערך לתרופות. ההנחה היא, שמכיוון, שיצורים ימיים ותיקים ביותר בעולמנו, בתהליכי הברירה הטבעית רבת השנים התפתחו מנגנונים וחומרים שיאפשרו התגוננות מפני אויבים. יתכן, שאלו חומרים הטובים להתמודדות עם מחלות אנושיות מודרניות.

לפני כשלושים שנה גילו חוקרים ישראלים את אצת הדונאליאלה שגדלה בימת ברדאויל - שבצפון חצי האי סיני.

האצה דונאליאלה היא אצה חד-תאית שכל גופה הוא תא אחד. האצה מייצרת כמות גדולה מאוד של שלושה חומרים: בטא-קרוטן, גליצרול וחלבון למאכל. האצה גדלה בתנאים של קרינה גבוהה וטווח מליחות גבוה מ-3% בדומה למליחות בים התיכון ועד 30% כמו בים המלח. בתהליכי ההגנה מהמליחות הגבוהה והקרינה הגבוהה מייצרת האצה בטא -קרוטן וגליצרול.

כיום מגדלים אצה זו בבריכות ליד אילת. החומרים המופקים ממנה משווקים לתעשיית המזון, התרופות והקוסמטיקה בארצות רבות, ובעיקר ביפן.

### מה הוא בטא-קרוטן ומה ייחודו ?

הצמחים הירוקים, וביניהם האצות, יוצרים חומרים מורכבים מחומרים פשוטים יותר. בעזרת האנרגיה של האור, יוצרים הצמחים הירוקים מן הפחמן הדו-חמצני והמים, שהם חומרים פשוטים, סוכר שהוא חומר מורכב יותר. מלבד הסוכר נוצר בתהליך זה חמצן הנפלט החוצה.

בטא-קרוטן הוא חומר צבע המצוי בתאים של אצות רבות. חומר זה קולט את אנרגיית האור הדרושה לתהליך הפוטוסינתזה.



בטא-קרוטן מצוי גם בצמחי יבשה, בעיקר בפירות וירקות צהובים כמו גזר (גזר = carrot באנגלית ומקנה לחומר את שמו), בטטה, דלעת ומנגו וכן בירקות ירוקים כהים, כמו תרד ופטרוזיליה. באצת הדונאליאלה כמות הבטא-קרוטן גדולה פי 100 מזו המצויה בגזר! (כמות רבה של הבטא-קרוטן ניתן למצוא באצות נוספות המשתייכות לחטיבת האצות הירוקות).

חשיבות חומר זה הוא בהיותו **נוגד חמצון** ומקור לוויטמין A. בגופם של בני אדם ובעלי חיים הופך הבטא-קרוטן לוויטמין A. תזונה, המבוססת על בעלי חיים שניזונו מבטא-קרוטן, גם היא מקור לוויטמין A. דגים נחשבים כעשירים בוויטמין A כי הם ניזונים מאצות עשירות בבטא-קרוטן. בזכות היות הבטא-קרוטן נוגד חמצון חזק, הוא מסייע במניעת סוגי סרטן שונים. ויטמין A דרוש לראייה בחושך, גדילה, רבייה, מחזק את מערכת החיסון ומשפר את יכולת הגוף להתמודד עם זיהומים ומונע נזקים של שיזוף יתר.

בוודאי נתקלתם בפרסומות שונות, או על גבי תוויות של מוצרים שונים, בביטוי **אנטי-אוקסידנטיים** או **נוגדי חמצון** בעברית. למשל, בתווית של קרם הגנה לעור הפנים. נוגדי חמצון מתפקדים כקבוצת "בקרת נזקים". הם מגבילים את ההרס הנגרם על-ידי **רדיקלים חופשיים**. רדיקלים חופשיים הם מולקולות חמצן לא יציבות בעלות אלקטרון נוסף. האלקטרונים הלא מזווגים מחפשים "בן-זוג" על-ידי "גניבת" אלקטרונים מתאים בריאים ויוצרים מעגל הרסני. כשהגוף בריא ובמצב טוב, הוא מסוגל לשמור על מינון נמוך של רדיקלים חופשיים בעזרת נוגדי החמצון שהוא עצמו מייצר. כשכמות הרדיקלים החופשיים אינה נבלמת על-ידי גופנו, התוצאה היא הזדקנות ומחלות כגון: סרטן, ראומטיזם, התקפי לב או סניליות. מעבדות רבות בעולם מנסות לאתר מונעי חמצון ולבדוק את תפקודם כאמצעי להגנה בפני חמצן. אחד החומרים הנבדקים כמונעי חמצון הוא בטא-קרוטן המופק מאצות.

**אתרי מידע מומלצים:**

עוד על נוגדי חמצון ניתן לקרוא במאמר "נוגדי חמצון - סם החיים המודרני?!" המופיע בעלון למורי הכימיה באתר סנונית:



[http://www.snunit.k12.il/heb\\_journals/chimia/68007.html](http://www.snunit.k12.il/heb_journals/chimia/68007.html)



אגר הוא סוג סוכר, אופייני לאצות אדומיות (קבוצה של אצות שצבען אדום). הוא חומר בעל תכונות קרישה (כמו ג'לטין) ולכן משמש להקרשת מזון, תרופות, חומרים קוסמטיים ומצעי מזון מעבדתיים. ריכוז וטיבו שונים באצות השונות. בהמשך נלמד להכיר את האגר, נלמד על תכונותיו ושימושיו המגוונים בתעשיות השונות. הפקת אגר אורכת כשעה, על-כן נתחיל את הלימוד על האגר בהפקה שלו. לאחר מכן נדון מהו האגר ונצפה באגר שהפקנו לאחר הדיון.

ניסוי 4.2 : הפקת אגר



**מהלך הניסוי:**

1. חתכו את האצה לפיסות קטנות (כ- 2 סנטימטר) והבניסו אותן לכוס עם 100 מיליליטר מי-ברז וכסו את הכוס.
2. הרתיחו את האצה עם המים על אמצעי החימום. שמרו לבל יגלשו המים
3. בשלו את האצה במשך כ- 10 דקות.
4. סננו מיד את הנוזל מהאצה, דרך משפך ובתוכו מעט צמר גפן, לתוך בקבוק ארלנמייר. היעזרו באטב עץ כדי להחזיק בכוס החמה.
5. שפכו את הנוזל המסונן מבקבוק הארלנמייר לצלחות פטרי וקררו את הנוזל במקרר.

בעבודה זו נפיק את החומר אגר על ידי בישול ומיצוי החומר מתוך אצות אדומיות. הזמן הדרוש לקרישת הג'ל הוא כשעה. על כן מומלץ להקדים את הכנת האגר לדיון בחומר זה ולצפות בתוצרי העבודה בשיעור הבא.

כדי לא לפגוע באצות רבות מדי, מומלץ כי הפקת האגר תהיה משותפת לכתה.

**כלים וחומרים:**

- כחצי קילו אצות אדומיות כמו רבנוצה אדמו-ני, הניתנת לאיסוף בכל חופי ישראל לאורך כל השנה.



**סיכום:**

קיבלתם ג'ל של אגר. התבוננו בו, הריחו אותו, לחצו עליו עם אצבע (זו היא שיטה פשוטה לקביעת חוזק האגר). רשמו מה קלטתם בעזרת חושיכם.

- כוס כימית 250 מיליליטר
- אמצעי חימום
- משפך עם מעט צמר גפן
- בקבוק ארלנמייר 100 מיליליטר
- אטב עץ
- 2 צלחות פטרי מזכוכית או פלסטיק בקוטר 10 ס"מ
- כ- 100 מיליליטר מי ברז

## למתעניינים

אצות נבדלות זו מזו בכמות האגר שניתן להפיק מהן ובחוזק האגר. ניתן להשוות בין אגר שמקורו מאצות שונות באמצעות הפקתו על פי ההוראות בסעיף הקודם. לעבודה זו נדרשים מאזניים דיגיטליים.

### השוואה בין כמויות האגר המתקבלות מאצות שונות:

1. לשם השוואה, השתמשו במשקל זהה של 250 גרם של אצות שונות להפקת האגר. (ספגו את המים מהאצה, כך שמשקל האצות יהיה דומה ככל שניתן).
2. הכינו צלחות פטרי כמספר האצות ביניהן בחרתם להשוות. סמנו את צלחות הפטרי באמצעות מדבקות. שקלו ורשמו את משקלן.
3. רשמו את שם האצה ואת מספר צלחת הפטרי אליה שפכתם את הנוזל המסונן. לאחר שהאגר מתקרר, שקלו ורשמו את משקלן של הצלחות המכילות אגר. חשבו ורשמו את משקל האגר שהתקבל מכל אחת מהאצות.
4. דרגו את האצות על פי תכולת האגר שלהן.
5. השוו את חוזק הג'לים השונים באמצעות לחיצה על הג'ל עם אצבע. דרגו את האצות על פי חוזק הג'לים המופקים מהן.
6. השוו בין דרוג האצות על פי תכולת האגר לבין דירוג האצות על פי חוזק הג'ל. רשמו, האם הרשימות שוות או שונות?

### לטועמים:

ניתן להפיק אגר מאצת מאכל אדומית ולהוסיף לה סוכר וקופסת שימורים של פירות טרופיים. לשם כך יש לקנות אצות למאכל המכילות אגר (גריצלריה, למשל). מפיקים את האגר בשיטה שתוארה למעלה, אך משתמשים בכמות גדולה יותר של אצות. כל 750 גר' אצות מרתיחים בליטר מים. את התסנין עם האגר מערבבים עם כף סוכר וקופסת שימורים של פירות טרופיים. בתיאבון.

## מה משותף למוצרים כל כך שונים?

לפניכם מוצגת תמונה של מוצרים רבים הנראים לנו כשונים זה מזה, אך לכולם משהו משותף.





בכל אחד מהמוצרים הללו נמצא החומר אגר, המצוי גם במוצרים רבים נוספים. בישראל, מגדלים את האצה האדומה גרצילריה (*Gracilaria*) לשם הפקת אגר. אצה זו נפוצה בחופי הארץ. היא מתאימה לגידול לשם הפקת אגר מכיוון שאחוז גבוה מהחומר היבש שלה (40%-20%) הוא אגר. גם אם בתחומים אחרים לא מובן מקומן של האצות כמזון, הרי שבתחום הפקת האגר לתעשיות השונות האצות הן המובילות.

#### משימה 4.6: תכונות רצויות באגר




1. מה הן, לדעתכם, התכונות אשר רצוי שתהיינה לאגר, המהווה מרכיב בתעשיית הקוסמטיקה, תעשיית המזון, ובמצע לגידול חיידקים חיידיקים, פטריות או תרביות רקמה. חשבו ורשמו רעיונות רבים ומגוונים ככל האפשר. נמקו את רעיונותיכם. ארגנו תשובתכם בטבלה הבאה:

שימושים באגר	תכונות האגר	נימוקים
תעשיית המזון		
תעשיית הקוסמטיקה		
מצע (חיידקים, פטריות תרביות רקמה)		



2. האם מצאתם תכונות משותפות לשימושים? מה הן ומדוע?
3. התחלקו לקבוצות על-פי סוגי השימושים השונים של האגר: מזון, קוסמטיקה ומצע. הכינו מסע פרסום המופנה מטעם המפעל המייצר אגר ומעוניין למכור את תוצרתו לתעשיות השונות. השתמשו באמצעי פרסומת מגוונים ככל האפשר.

**אתרי מידע מומלצים:**

באתר "עמלנט" תמצאו את הסיפור: "מסיר הבישול לצלחת הפטרי - סיפור קליטת האגר כמצע מוצק לגידול חיידקים" 

<http://www.amalnet.k12.il/micro/micoo254.htm#p4>



**למדנו כי:**



- לאצות ערך תזונתי גבוה. רכיבי מזון חיוניים נמצאים בהם באחוזים גבוהים - בעיקר חלבון.
- ניתן להפיק מהאצות חומרים נוספים, כמו: אגר ובטא-קרוטן, הטובים לתעשיית המזון, התרופות והקוסמטיקה.
- הכרנו את:
  - האצה נורי המשמשת למאכל ומוכרת כאצה מיובשת במאכל היפני - סושי.
  - אצת הדונאיליאלה ממנה מפיקים את החומר בטא-קרוטן שהוא חומר נוגד חמצון ומקור לויטמין A.
  - אצת הגריצלריה ממנה מפיקים אגר.

## טכנולוגיות שונות לגידול והפקת תוצרים תעשייתיים מאצות

בישראל, למרות היותה שוככת לחוף הים, לא התפתחה תרבות של איסוף אצות ותעשייה להפקת חומרים מאצות. בחמש עשרה השנים האחרונות החלו לפתח שיטות ייחודיות לגידולן ולהפקת התוצרים התעשייתיים מהן. כיום, מגדלים אצות בבריכות יבשתיות, ולשם כך פיתחו המדענים שיטות טכנולוגיות. שיטת הגידול מתבססת על היכרות מעמיקה עם הביולוגיה של האצה, התנאים הסביבתיים הדרושים לגידולה ופיתוח טכנולוגי מתאים, כפי שניתן ללמוד מסיפורן של האצות מרי וגריצלריה.

### גידול אצת הנורי למאכל

#### סיפורה של אצת נורי או: להיכן היא "נעלמת" כשהטמפרטורה יורדת?

האצה מרי (Porphyra) מוכרת ליפנים מזה כ- 1500 שנים. האצות נאספו מחופי הים בחודשי הקיץ, כאשר טמפרטורת המים הייתה מעל לעשרים מעלות צלסיוס. בשאר ימות השנה "נעלמה" האצה וחזרה שוב בשנה שלאחר מכן. הביקוש ההולך וגדל לאצה, והניצול האינטנסיבי שלה, העמיד את קיומה בסכנה. נעשו ניסיונות רבים לגדל את האצה על מקלות במבוק בתוך הים, אך ללא הצלחה רבה. מחיר האצה עלה, ורק מעטים הרשו לעצמם לצרוך אותה. מחיר פיסת אצה שגודלה ככף יד, הגיע ביפן למחיר של 1.5 קילוגרם אורז. דורות רבים הוטרדו בשאלה לאן נעלמת אצת הנורי כאשר הטמפרטורה יורדת?

#### לאן, לדעתכם, "יכולה האצה ל"היעלם"?

הפתרון לתעלומה נמצא ומאז, כל שנה, ב- 14 לאפריל, נאספים אנשי תעשיית הנורי בעיר קונמוטו שביפן סביב פסל אישה. את פסלה מלבישים בגלימה האקדמית שלה, וטקס זיכרון נערך לזכרה. מי היא אותה אישה? ומה הקשר בינה לבין תעשיית הנורי?



האישה שסביב פסלה נערך טקס זה, היא דר' דריו. דר' דריו הייתה מדענית אנגליה מאוניברסיטת מנצ'סטר, אשר חקרה את מחזור החיים של האצה. ב- 1949 מצאה המדענית את הפתרון לשאלה "היכן נמצאת הנורי כשהטמפרטורה יורדת?" היא גילתה, שלאצת הנורי מחזור חיים, הכולל שני שלבים, שבהם לאצה מראה שונה וסביבת גידול שונה. עד אז נחשבו השלבים השונים לסוגים שונים של אצות. נבגי האצה שוקעים בחורף בים ומתיישבים על מושבת צדפות, שם הם נובטים לחוט של תאים, החודר, מסתעף וממלא את חללי הצדפה. כאשר הטמפרטורה עולה, מקצות החוטים משתחררים נבגים, היוצאים מהצדפה ונישאים על ידי זרמי המים עד שהם מתיישבים על סלע ומתפתחים לצמחים אופייניים דמויי עלה.

גילוייה של דר' דריו נוצל בהצלחה ניכרת, וכיום מגדלים את הנורי במיכלי ענק על מצע של צדפות מלאכותיות. לאות הוקרה הוקמה אנדרטה לזכרה של האישה שהצילה את הנורי.

היום תעשיית גידול הנורי ביפן מגלגלת סכומים של שלושה מיליארד דולר בשנה. התעשייה הזו מקיפה כ-90% מתעשיית אצות המאכל.

## מחזור החיים באצת הנורי

מדענים בכל רחבי העולם חקרו את אצת הנורי וסביבת חייה והציעו מספר טכניקות לגידולה. מחקרה של דר' דריו גילה למדענים, שלאצת הנורי מחזור חיים הכולל שני שלבים, שבהם לאצה מראה שונה וסביבת גידול שונה. שלב אחד כולל רבייה מינית, השלב השני רבייה אל מינית. המעבר משלב של רבייה מינית לרבייה אל מינית מושפע מסביבת הגידול בה חיה האצה. ביצורים חיים בהם יש מעבר משלב של רבייה מינית לרבייה אל מינית, גורמים סביבתיים שונים משפיעים על המעבר בין השלבים. גורמים אלו יכולים להיות שינויים בטמפרטורה, שינויים בעוצמת הקרינה, שינויים באורך היום, שינויים במליחות וכדומה.

## סביבת חיי האצה נורי

הנורי מופיעה באופן טבעי על סלעי החוף במקומות רבים בעולם ובחופים הסלעיים בישראל. סביבת חייה היא, אם כן, אזור הכרית, עליו למדתם בפרקים קודמים. סביבה זו מושפעת מההבדלים הקיימים בין גאות לבין שפל. מרכיבי סביבת החיים שלה כוללים תנאים של אור, מליחות, אורך יום, טמפרטורה, ריכוז גזים וחומרי הזנה, מצע הגידול, גובה הגלים, מהירות הזרם והיצורים החיים בסביבתה.

## רביית מינית ורבייה אל מינית באצת נורי

בסתיו ובחורף יורדת טמפרטורת המים, עוצמת האור יורדת, והיום מתקצר. עם ירידת הטמפרטורה בסביבת הגידול של האצה, מתחיל שלב הגידול המיני. בשולי התלוס, דמויי העלה, נוצרים תאי מין זכריים ונקביים, בלא שחל בהם שינוי חיצוני. תאי מין בצמחים מכוונים גמטות. הגמטות הזכריות משתחררות מהאצה, נישאות במים ומפרות את הגמטות הנקביות הנמצאות בשולי העלה. לאחר ההפריה, מתחלק התא המופרה, הזימטה, ל 4 - 16 נבגים, המשתחררים למים, נישאים בהם ומתיישבים על קונכיות ריקות של צדפות. עם נביטתם של הנבגים, מתחיל הדור האל מיני של האצה. הנבגים נובטים לחוט של תאים, החודר, מסתעף וממלא את חללי הקונכיה. בשלב זה, האצה בקונכיה נראית כפקעת חוטים בתוך הקונכיה (החוטים בקונכיה נחשבו בעבר לסוג אחר של אצה). כאשר הטמפרטורה שלה, מקצות החוטים משתחררים נבגים אל מיניים, היוצאים מהצדפה ונישאים על ידי זרמי המים עד שהם מתיישבים על סלע ומתפתחים לצמחים אופייניים דמויי עלה של הנורי.

המעבר מרבייה אל-מינית למינית מושפע משינויים בתנאי הסביבה. הגורם המשפיע על המעבר, שונה במקומות שונים בעולם. בישראל וביפן שינויים בטמפרטורה ובאורך היום, הם הגורמים המשפיעים על מעבר

**נבג** - יחידת ריבוי אל מינית של האצה.

**גן** - תכונות היצורים החיים עוברות מדור לדור בתורשה. הגורם לתכונה מסוימת לעבור מדור לדור מכונה גן (שפירושו "יוצר"). בכל תא מתאי גופו של היצור החי יש זוג גנים אללים, גן לכל תכונה. הם יכולים להתבטא באופנים שונים. לדוגמה: גן לגודל התלוס יכול להיות גן אללי לתלוס גדול, או גן אללי לתלוס קטן. בכל זוג גנים גן אחד מקורו זכרי וגן שני מקורו נקבי.

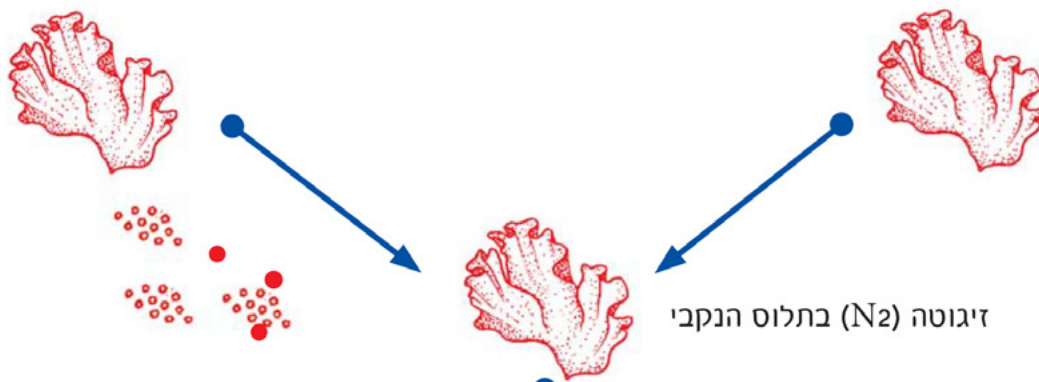
**גמטות** - הקשר בין דור ההורים לדור הצאצאים הוא באמצעות תאי רבייה, הנקראים גמטות. במהלך יצירת הגמטות, כל אחד מהגנים האללים נפרד מבן זוגו ועובר לגמטה אחרת (הפלואידי).

**זיגוטה** - הפרייה היא התלכדות הגמטה הזכרית עם הגמטה הנקבית והיווצרות תא אחד מופרה המכונה זיגוטה. בזיגוטה יש שוב זוג גנים אללים עבור כל תכונה (דיפלואידי). הזיגוטה מתחלקת פעמים רבות, וכך

נוצרים תאים רבים, שכל אחד מהם מכיל זוג גנים אללים, גן אחד לכל תכונה.

תלוס (עלה) היוצר תאי מין הפלואידיים (N)  
הניתקים ומשתחררים אל המים, חסרי שוטונים

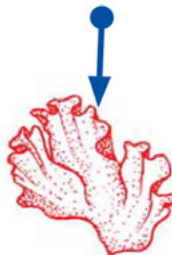
תלוס (עלה) ניקבי בו תאי מין הפלואידיים (N)



שחרור הנבגים לים. הנבגים (N<sub>2</sub>) חודרים לתוך קונכייה חשוכה של רכיכה, ועוברים את הקיץ בתרדמה



עם תחילת החורף, חלוקת הפחמה ונוצרים נבטים הפלואידיים



הנבגים מתיישבים על סלעים ומתפתחים לאצה דמוית עלה





יזם ישראלי, בעל ניסיון רב בגידול אצות בישראל, הקים חווה לגידול אצת נורי לחוף הים התאילנדי. האצות היו מזן מקומי. מתוך הידע שרכש בגידול נורי בישראל, ניסה היזם ליצור רבייה מינית באצה באמצעות שינוי הטמפרטורה, אך שינוי זה לא הביא לתוצאה המצופה ולא נוצר שלב מיני.

#### שאלות:

1. מה הייתה בעייתו של מגדל האצות הישראלי?
2. מה הייתה השערתו של מגדל האצות הישראלי?
3. בעקבות ידיעתך את האפשרויות למעבר משלב גידול אל-מיני לשלב גידול מיני באצות, אילו השערות חדשות יכול לשער המגדל הישראלי?
4. הציעו פתרון ליצירת/השריית רבייה מינית באצת הנורי התאילנדית (בדקו בעזרת האטלס היכן ממוקמת תאילנד ואילו תנאי סביבה קבועים ואילו משתנים לאורך השנה).



על הנורי בעולם ניתן לקרוא בשפה האנגלית באתר:

<http://megasun.bch.umontreal.ca/protists/porph/appearance.html>

### שיטת גידול אצת נורי בישראל

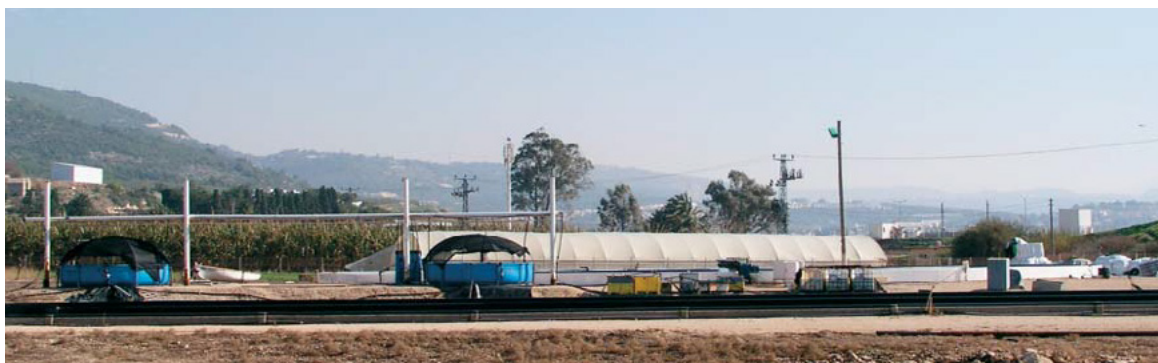
גידול אצת הנורי בישראל מתבצע בשני שלבים: שלב גידול מעבדתי ולאחריו שלב של גידול האצות בבריכות יבשתיות עם מי-ים.

שלבי הגידול:

1. גידול במעבדות - בתחילת הקיץ, כאשר אצת הנורי נמצאת בשלב המיני, מועברות גמטות האצה לחדר גידול מקורר, שבו תלויות קונכיות שהחילזון שבהן מת. מהגמטות נובטים חוטים דקיקים החודרים לקונכיות. האצה גדלה רק מספר מילימטרים ואז נעצר גידולה. במשך הקיץ נשמרות האצות בתוך הקונכיות.



2. **גידול בבריכות גידול יבשתיות** - בסוף הקיץ מועברות האצות בעלות המראה החוטי לבריכות גידול שעל חוף הים, המכילות מי ים. בבריכות החוטים משחררים נבגים, והם מתחילים להתפתח לאצות בעלות מראה של עלה.



3. **קציר האצות** - לאחר חודשיים וחצי ניתן לקצור את האצות.
4. **טיפול באצות** - ייבוש האצות באוויר או באמצעות הזרמת אוויר יבש סביב האצות.
5. **שווק האצות היבשות** כמצע לסושי, או כשהן - טריות למאכל.

## גידול אצת גריצלריה להפקת אגר ולמאכל

אם את אצת הנורי מגדלים בעקבות הצטברות ידע נרחב על מחזור חייה, הרי שאת האצה גריצלריה, ממנה מפיקים אגר, מגדלים בשיטה המתבססת על הכרת מבנה הגוף של האצה ותנאי הסביבה הדרושים לגידולה.

אצות נורי וגריצלריה מגדלים בבריכות על יד חוף הים, כאשר מקור המים הוא מן הים. שיטת הגידול של האצות בבריכות דומה.

גידול אצות בבריכות התפתח בעקבות דרישות השוק הגבוהות לאגר במשך השנים (כמו גם לאצות מאכל). הדרישה לאגר גברה, בעיקר בעקבות התרחבות ענפי הביוטכנולוגיה והמיקרוביולוגיה, הזקוקים לאגר כמצע לגידול, אך גם בגלל ניצול יתר של המקורות הטבעיים - איסוף בכמויות עצומות בחופי הים וקציר בתוך הים. לכן, בשנים האחרונות עוסקים בפיתוח שיטות לגידול האצה. האטת גדלות בבריכות גידול, הנמצאות סמוך לחוף הים, ועומקן 40 סנטימטר. אחד הגורמים המבדילים בין צמחי יבשה לצמחי מים, הוא התהוות שכבת גבול עבה, יחסית, מסביב לצמח. זו היא שכבה של מים, הנמצאת ללא תנועה בקרבת גוף האצה. עובייה יכול להראות לנו קטן ביותר, אך למגדלי האצות הוא משמעותי. שכבה זו מאיטה את פעפוע החומרים הדרושים לאצה לשם גידולה. כך, גידול האצה נפגע והמגדל מפסיד מסה של אצות בעת הקציר. עובי **שכבת הגבול** נקבע על ידי מהירות זרימת המים ליד האצה. ועל כן, לאחר חישובים רבים מצאו, שיש לאפשר לאצות לחיות בתנועה מתמדת, במהירות מסוימת בתוך הבריכה. תנועת האצות נגרמת על ידי דוושות המערבלות את המים וגורמות לאצות לנוע. מטרה נוספת לערבול היא להגדיל את חשיפת האצה לאור.

## הידעת?



מסה - כמות החומר

**פעפוע (דיפוזיה)** - חלקיקי החומר השונים מתערבבים מעצמם. הפעפוע קורה כי חלקיקי כל חומר נעים מעצמם בתנועה מתמדת. כיוון שבמצבי צבירה שונים התנועה המתמדת וסידור החלקיקים שונה, מהירות הפעפוע שונה בין מצבי הצבירה השונים.

**החלקיקים בגז:** רחוקים אחד מהשני, מסודרים בצורה אקראית, מסודרים בצורה שווה בחללים שהם תופסים, נעים לכל הכיוונים, לא מגעים אחד בשני למעט בהתנגשויות. והפעפוע לכן מהיר.

**החלקיקים בנוזל:** ארוזים קרוב אחד לשני, לא מסודרים בתבנית מסוימת, יכולים לעבור אחד את השני, נמשכים אחד לשני וקשורים (לא חזק) זה לזה. ולכן הפעפוע מהיר פחות.

**החלקיקים במוצק:** ארוזים קרוב אחד לשני, הרבה פעמים מסודרים בתבנית מסוימת, מתנוודדים בכל הכיוונים, נמשכים אחד לשני ו"נדבקים" אחד לשני. ועל כן הפעפוע איטי ביותר.

כיצד הייתם מסבירים את העובדה, שבצמחי יבשה לא קיימת בעיה של שכבת גבול?



מומחים לענף החקלאות הימית בישראל חיברו דו"ח המתאר את המצב הקיים בענף. לפניכם תמצית של עיקרי הדו"ח. התוכנית הוגשה על ידי: האגף לדיג וחקלאות מים – משרד החקלאות, שה"מ משרד החקלאות – המחלקה למדגה, ארגון מגדלי דגים בישראל, שנת 2000.

### קראו את תמצית הדו"ח. וענו על השאלות שלאחריו.

בעלי חיים ימיים מהווים מקור זמין וזול, יחסית, של חלבון מן החי.

- הדרישה למוצרים ימיים הולכת וגדלה.
- בישראל המקורות האפשריים לענף הדיג הם: הים התיכון, הכינרת, בריכות מים מתוקים, הכלובים במפרץ אילת, בריכות על חוף הים.
- תפוקות הדיג הימי בארץ, כמו בעולם כולו, הולכות וקטנות בשל דיג יתר וזיהום סביבתי.
- הדיג בכינרת מוגבל מהיותו מאגר מי השתייה של ישראל ויש לשמור על איזונו האקולוגי.
- החקלאות הימית במפרץ אילת מוגבלת בגלל מגבלות איכות הסביבה.
- קיימות אפשרויות לפיתוח ענף הדיג.
- מתקיימת חקלאות ימית לחופי הים התיכון.
- ניתן לנצל את המים החמים מתחנות הכוח של חברת החשמל לטובת קיום חקלאות ימית (עוד קראו על כך בפרק העסוק באיכות הסביבה).
- בישראל קיים ידע מדעי נרחב לפיתוח חקלאות ימית. הידע כולל היבטים ביולוגיים והיבטים הנדסיים.

### שאלות

1. מה הן הבעיות אותן מציג הדו"ח?
2. מיינו את הבעיות על פי הקריטריונים הבאים: בעיות כלכליות, בעיות איכות הסביבה הימית.
3. מהם הפתרונות המוצעים לבעיה?
4. כיצד הייתם מסבירים את טענתם של כותבי הדו"ח בדבר גידול בצריכת התוצרת הימית?

אמנם קיימת תחזית בדבר העלייה ההולכת וגדלה בצריכת דגים ובעלי חיים ימיים אחרים, אך התחזית יכולה להשתנות כיוון שדגי-ים לא מהווים מזון בסיסי בישראל ומחירם מושפע מאוד מהמצב הכלכלי בארץ. חקלאות ימית בבריכות יבשתיות יכולה לענות על כמה מהבעיות הצפויות בשוק הדגים.



חקלאות ימית יכולה לספק כמות רבה של דגים במשך כל השנה ברמת אימת גבוהה. לשם כך יש צורך בשיטות טכנולוגיות הנדסיות וביולוגיות, שעלותן גבוהה והן מייקרות את הוצאות הייצור. דגים הגדלים בשיטות של חקלאות ימית, גדלים בצפיפות גבוהה ולכן חשופים יותר למחלות הפוגעות ביבול. בנוסף, קיימות מגבלות של איכות סביבה, עליהן יש להקפיד במערכת הגיגול. מתוך רצון לפזר סיכונים ולחסוך בעלויות, יש יתרון להגדלת "סל הדגים". כלומר, חקלאות ימית במערכת המשלבת גידול של מספר יצורים ימיים.

#### משימה 4.9 - חווה המגדלת במערכת משולבת חלזונות ים, דגים, סרטנים ואצות



במשימה הבאה נלמד על חוות "שיאור מרין" לחקלאות ימית, המצויה במכמורת. בחווה פותחה מערכת ייחודית לגידול משולב של ארבעה יצורים ימיים שונים. נציג את אשר למדם בדרכים מגוונות.

לשם כך עליכם:

1. לקרוא את קטעי המידע הבאים.
  2. להתבונן בתמונות המצורפות לקטעי המידע.
  3. להציג את הידע שרכשתם בכל דרך מעניינת שתבחרו. אתם יכולים לכתוב מאמר, לצייר כרזה המנסה להעביר מסר, לתכנן משחק המלמד את העקרונות החשובים שלמדתם. או כל רעיון אחר שנראה לכם מתאים.
- שלבו בהצגת הידע גם שרטוט, המתאר את מערכת יחסי הגומלין ומארג המזון בין האורגניזמים שבחווה.
  - הוסיפו רשימת מושגים רלבנטיים (מדעיים, חברתיים, משפטיים, מתחום המדיניות הציבורית וכו') והסבירו אותם או שרטטו מפת מושגים שלהם (מפת המושגים יכולה לייצג נקודת מבט מסויימת שבחרתם).
  - נסו להציג את הידע מתוך עמדה מסויימת של: פוליטיקאי או חקלאי, או איש איכות הסביבה או ביולוג וכד'.
  - ניתן גם לקיים דיון ציבורי או משפם ציבורי בנושא כאשר כל בעל תפקיד מומחה מציג את נקודת המבט שלו על הנושא.

### חווה המגדלת במערכת משולבת חלזונות ים סרטניות ואצות.

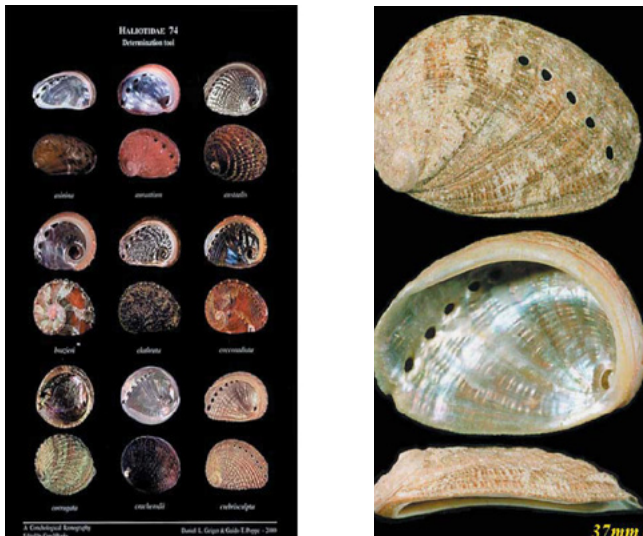
על חוף הים התיכון הוקמה חווה ידידותית לסביבה העוסקת בחקלאות ימית. "סל הדגים" של החווה מגוון וכולל:

- חלזון ימי - אבלוני
- חסילון(שרימפס) - חסילון תלת קוצי
- דג דניס
- אצות מאקרו (גדולות) - חסנית מצויה

#### חלזון ימי-אבלוני

האבלוני הוא חילזון ימי השייך למערכת הרכיכות. לאבלוני קונכייה דמויית אוזן, המגינה מבחוץ על הגוף הרך. הקונכייה קשה ושטוחה ולאורכה שורת נקבים. צידה הפנימי עשוי מחומר ממנו עשויות הפנינים, ועל כן הוא נוצץ. החילזון פעיל בלילה וניזון מאצות ורקבובית. בשר החילזון, שנחשב למעדן, יקר ביותר ומחירו עשוי להגיע עד 800 שקלים לקילוגרם. בנוסף לכך, אפשר לייצר תכשיטים מקונכיית האבלוני. גידול הקונכייה, משלב הביצה ועד לשיווק, נמשך עד חמש שנים.

בגלל ערכו הגבוה והאיסוף הרב חלזונות האבלוני נמצאים בסכנת הכחדה בטבע. באוסטרליה למשל מציעים פרסים כספיים למי שידווח על הוצאת חלזונות האבלוני מהים.



### החסילון התלת קוצי המקומי

(החסילון נקרא בעברית גם סרטנית בגלל מבנה גופו המוארך, להבדיל מסרטנים בעלי גוף עגול יותר). חסילונים הם סרטנים ימיים מבוקשים מאוד בשוקי העולם. בשנת 1998 ערך הייצור היה שמונה מיליארד דולרים.

צרכניות החסילונים הגדולות בעולם הן ארה"ב, יפן ומדינות הקהילה האירופית. מין זה של החסילון מצוי בים סוף ולאורך חופי מזרח הים התיכון עד טורקיה בצפון. מוצאו מהאוקיינוס ההודי. הוא חדר דרך תעלת סואץ לים התיכון המזרחי. לאחר כמאה שנים בים התיכון, הוא נחשב לזן מקומי.

מדענים בישראל בחרו לגדל את הזן המקומי כדי למנוע בעיות סביבתיות בשל הכנסת מין זר לים התיכון. בשלב המחקר הם התמקדו בכמה בעיות המהוות "צוואר בקבוק" בתהליך גידול החסילונים: **רבייה** - עד לתחילת המחקר היה נהוג לדוג מהים נקבות לפני הטלה ולגדל את הביצים שהוטלו. לא הצליחו לגרום לנקמת החסילונים להטיל בשבי.

מכיון שהגידול היה תלוי בנקבות מטילות מהים, ייצור החסילונים היה תלוי בעונת הרבייה, ולא ניתן היה להשפיע על עונות הרבייה ומספר ההטלות בשנה.

**מחלות** - החסילונים סבלו ממחלות, שהתפתחו בעיקר במערכות בהן גידלו חסילונים בצפיפות גבוהה. מחלות בחסילונים גרמו להתמוטטות תעשיית גידול הסרטנים בטיוואן ואקוודור, שהן יצרניות הסרטנים הגדולות בעולם.

**משך הגידול** - תלוי באיכות המזון, טמפרטורת מי הגידול וצפיפות הסרטניות. השאלה היא מה הם תנאי הגידול המיטביים (אופטימליים), לעומת עלותם הרווח המתקבל מהחסילונים. לדוגמה, חימום מי הים מאיץ את התפתחות החסילונים, אך האם חימום יגרום לעליה בתפוקת החסילונים כך שהרווח מהם יכסה על הוצאות החימום? על כן, המחקר התמקד בפיתוח שיטות להשגת ביצים מופרות במהלך רוב השנה מנקבות בוגרות הגדלות בשבי; פיתוח שיטות למעקב והערכת המצב התברואתי של הסרטנים ומעקב אתר תנאי האכלה, הטמפרטורה וצפיפות המתאימים מותר.





מקורו של דג הדנים בים התיכון. בשנות השבעים החלו המחקר והפיתוח לעסוק בגידול הדניס בשיטות של חקלאות ימית. הסיבות לבחירת דג זה היו, בעיקר, כלכליות. מחירו הגבוה של הדנים בשווקי אירופה, והשוק הגדול שנמצא שם. בתחילת הפיתוח, מחיר קילוגרם דגי דניס היה 12 דולרים. בשנת-2000 המחיר ירד ל-6 דולרים לקילוגרם. הירידה במחיר פגעה בכדאיות היצוא.

המחקר והפיתוח התרכזו בנושאים הבאים: רבייה, גידול הדגיגים הצעירים, פיתוח שרשרת מזון, בריאות הדגים והזנת הדגים.

את גידול הדגים מתחילים במכון רבייה על החוף. במכון הרבייה מגדלים הורים במיכלים גדולים. מטרת הגידול במיכלים היא לקבל ביצים מופרות לאורך כל השנה. לשם כך משנים את אורך החם באמצעות הארה מלאכותית ומשנים את טמפרטורת המים. על ידי שינוי אורך היום והטמפרטורה, יוצרים "עונות שנה" שונות במיכלים השונים, ומתקבלות ביצים מופרות לאורך כל השנה.

הביצים המופרות נאספות ומועברות לחדר בקיעת הביצים. עד לגיל של חודש ניזונים הדגיגים ממזון חי. בימים הראשונים, כאשר מתקשים הדגיגים לחפש מזון בעצמם, מזינים אותם ביצור ימי זעיר שגודלו כמילימטר (גלגלית - Rotifera) השוחה אל תוך פיו של הדגיג. כשהדגיגים גדלים מעט, הם מקבלים יצור ימי זעיר אחר, אותו עליהם לטרוף בכוחות עצמם. לאחר חודש הם מתרגלים לאכילת מזון יבש המורכב מקמח דגים + שמן דגים.

לאחר כחודשיים מועברים הדגים לכלובים בים או לבריכות גידול יבשתיות. שם הם שוהים כשנה עד שנה וחצי בהתאם לגודלם. מעל הכלובים או הבריכות ישנה תאורה, אשר בעזרתה מאריכים את אורך היום, ובכך מונעים את התפתחות מערכת הרבייה אצל הדגים (על ידי פעולה זאת מתקבלת כמות בשר גדולה יותר מכל דג). שווק הדגים מתבצע בשעות הלילה המאוחרות. מוציאים את הדגים למיכלים עם קרח למספר שעות, כך שטמפרטורת גופם יורדת ל-0 מעלות צלסיוס והדג מתקשה. כך ניתן לשמור את הדג לתקופה ארוכה יותר.



### מערך גידול משולב ידידותי לסביבה

מערך הגידול מתבסס על מחזור חומרי הזנה בין היצורים הימיים והשבת מים נקיים לים. מי-ים נשאבים אל חווה יבשתית. בשלב הראשון מי הים משמשים לגידול אבלוני. משם המים זורמים לבריכות החסילונים ובריכות דגי הדניס. בהמשך מועברים מים אלה לבריכות בהן גדלות אצות.

האצות מייצרות את מזונן בתהליך הפוטוסינתזה ומקבלות תוספת של חומרי הזנה, שמקורם בהפרשות האבלוני, הדגים והחסילונים. לאחר טיהור מי הים מן הזיהומים, באמצעות האצות ובאמצעים נוספים, מוחזרים המים הנקיים אל הים.

המעגל נסגר כאשר האצות עצמן מועברות כמזון לאבלוני ומסייעות להתפתחותם. מאחר שלא כל הגידולים



במערכת כדאיים מבחינה כלכלית (דניס, חסילונים) נבדקות אפשרויות לשילוב גידול של מינים נוספים של בעלי חיים כגון קיפודי ים, המשמשים למאכל ושושנת ים, המשמשת להפקת חומרים לתעשיית התרופות והקוסמטיקה.

## מושגים

**אגר** – אגר הוא סוג של רב סוכר, אופייני לאצות אדומיות (קבוצה של אצות שצבען אדום). בעל יכולת לסיפוח מים בכמות גדולה מאוד. זה הוא חומר בעל תכונות קרישה (כמו ג'לטין) ולכן משמש להקרשת מזון, תרופות, חומרים קוסמטיים ומצעי מזון מעבדתיים. ריכוזו וטיבו שונים בין האצות השונות. החומר אינו מוצק ואינו נוזל הוא נמצא במצב ביניים, כמו ריבה.

**אצנה (algae)** – קבוצה מגוונת של צמחים מבצעי פוטוסינתזה שהמבנה שלהם פשוט. רובם חיים בסביבה מימית, של מים מתוקים או מים מלוחים. גליצרו, גליצרין – חומר שומני. גליצרו ממש כמרכך בתכשירים לעור, כמשלשל וכממתיק בתעשיית התרופות.

**חומרים אורגניים** – חומרים שמקורם מאורגניזמים: חלבונים, פחמימות ושומנים. חומרים אלו בנויים בעיקר מפחמן, מימן, חנקן וגופרית. חומצות הגרעין מכילות גם זרחן.

**חומרים אנאורגניים** – כלל החומרים בטבע שאינם תרכובות של פחמן ומימן. לדוגמא: יסודות, מלחים, חומצות ובסיסים.

**חומרי הזנה (נוטריאנטים)** – חומרי מזון אנאורגניים שאצות שונות משתמשות בהן.

**בטא קרוטן** – חומר צבע קולט אור, המיוצר על ידי צמחים ומשמש אותם בתהליך הפוטוסינתזה. הוא מצוי בעיקר בפירות וירקות צהובים כמו גזר (גזר הוא carrot באנגלית ומקנה לחומר את שמו), בטטה, דלעת ומנגו. וכן בירקות ירוקים כהים כמו תרד ופטרזיליה. ובאצות ירוקות, כמו הדונאליאלה. חשיבותו של חומר זה הוא בהיותו נוגד חמצון ובהיותו מקור לויטמין A.

**כלורופיל** – חומר צבע ירוק, הנמצא באצות ובצמחים וקולט את אנרגיית האור המשמשת לפוטוסינתזה.

**חקלאות ימית (Aquaculture)** – חקלאות ימית היא גידול של צמחים ובעלי חיים ימיים תוך התערבות האדם כדי להשיג יבול גבוה יותר ואיכותי יותר.

**מוצרים קוסמטיים** – מוצרים לטיפול הגוף, העור, השערות וכיוצא בזה.

**מערכת גידול משולבת** – מערך גידול של יצורים ימיים, המתבסס על מחזור חומרי הזנה בין היצורים הימיים והשבת מים נקיים לים. **נוגדי חמצון** – נוגדי חמצון מתפקדים כקבוצת "בקרת נזקים". הם מגבילים את ההרס הנגרם על-ידי רדיקלים חופשיים. רדיקלים חופשיים הם מולקולות חמצן לא יציבות בעלות אלקטרון נוסף. האלקטרונים הלא מזווגים מחפשים "בן-זוג" על-ידי "גניבת" אלקטרונים מתאים בריאים ויוצרים מעגל הרסני. כשהגוף בריא ובמצב טוב, הוא מסוגל לשמור על מינון נמוך של רדיקלים חופשיים בעזרת נוגדי החמצון שהוא עצמו מייצר. כשכמות הרדיקלים החופשיים אינה נבלמת על-ידי גופם, התוצאה היא חולי והזדקנות. מעבדות רבות בעולם מנסות לאתר מונעי חמצון ולבדוק את תפקודם כאמצעי להגנה בפני חמצן. אחד החומרים הנבדקים כמונעי חמצון הוא בטא-קרוטן המופק מאצות.

**סרטנים** – מחלקה של בעלי חיים החיים במים וביבשה, בעלי שלד חיצוני המגן על גופם הרך. הגוף נחלק לראשחזה (התלכדות של פרקי הראש והחזה) ובטן המחולקת לפרקים.

**פוטוסינתזה** – תהליך ייצור של חומר מזון מפחמן דו-חמצני ומים באמצעות אנרגיית האור. זהו תהליך המתבצע רק בצמחים ירוקים (ואצות ביניהם).

**רבייה אל מינית** – רבייה באמצעות נבגים, תא או מאיבר של יצור אחד. אינה מתרחשת כתוצאה מהתלכדות של שני תאי מין.

**רבייה מינית** – רבייה המתרחשת כתוצאה מהתלכדות של שני תאי מין.

**רכיבי מזון** – המזון הוא תנאי הכרחי לקיומו של כל יצור חי. יצורים חיים מנצלים את המזון לבניית הגוף ולהפקת אנרגיה (אתם משתמשים באנרגיה לעבודת השרירים ולשמירת חום גופכם). רכיבי מזון הם חומרים שיש לספק לגוף לשם תפקודו התקין. את רכיבי המזון מחלקים לשש קבוצות: מים, פחמימות, שומנים, חלבונים, ויטמינים ומינרלים.

**רכיכות** – הרכיכות חיות ברובן בימים ומיעוטן ביבשה ובמים מתוקים. לרובן קונכייה קשה, המגינה מבחוץ על הגוף החי. הגוף נחלק לראש, לגוף של קרביים ולרגל. במערכת הרכיכות נכללים גם חלזונות וצדפות.

**שכבת גבול** – שכבה של מים, הנמצאת ללא תנועה בקרבת גוף האצה. עובי שכבת הגבול נקבע על ידי מהירות זרימת המים ליד האצה. עובייה יכול להראות לנו קטן ביותר, אך למגדלי האצות הוא משמעותי. שכבה זו מאיטה את פעפוע החומרים הדרושים לאצה לשם גידולה. כתוצאה מכך, גידול האצה נפגע, והמגדל מפסיד מסה של אצות בעת הקציר.

**שרשרת מזון** – תיאור הרצף והקשר של מעברי מזון ואנרגיה בין יצורים חיים ("מי אוכל את מי")

לעיון נוסף במונחים מתחום הביולוגיה, כימיה, אקולוגיה ואיכות הסביבה ניתן להיעזר באתרי האינטרנט



הבאים:

מילון מונחים באקולוגיה – מכללת קיי בבאר שבע:

<http://web.macam98.ac.il/~rafid/ecology/ecodict1.html>

# פרק 5 איכות הסביבה



המושג "סביבה" מוכר לכולנו (סביבת הבית, סביבת בית הספר ועוד). הרי כולם חיים ופועלים בסביבה מסוימת, מושפעים מסביבה כלשהי ומבקשים לעיתים "לשנות סביבה" הגורמים הסביבתיים הם גורמים **אביוטים** (פיסיקליים-כימיים) וגורמים **ביוטים** (חיים). בין הגורמים הסביבתיים קיימים יחסי גומלין מורכבים. גורמים **אביוטים**: קרינה, טמפרטורה, אוויר, משקעים, מזהמים, רוחות, מים, קרקע, רוחב גיאוגרפי, גובה ועוד.

גורמים **ביוטים**: צמחים, בעלי חיים ומיקרואורגניזמים.

החוף החולי הוא דוגמה לסביבה ימית שבה מתקיימים יחסי גומלין בין הגורמים **הביוטים** לבין הגורמים **האביוטים**.

### החוף החולי

#### • גורמים אביוטים:

- מינרלים ורכובות שונות המכילות חנקן, זרחן, אשלגן ועוד.
- חלקיקי חול בגדלים שונים
- חמצן ( $O_2$ ) בריכוז גבוה יחסית המתערבל עם המים כתוצאה מהתנפצות הגלים
- קרקע בלתי יציבה
- מים מלוחים
- קרינה
- טמפרטורה

ועוד..

#### • גורמים ביוטים:

- דגים ודיונונים בעלי כושר שחייה טוב כנגד הזרם
- חלזונות, צדפות, כוכבי ים, סרטנים בעלי כושר התחפרות בחול
- תולעים זעירות החיות בחללים שבין גרגירי החול ועוד..

"איכות הסביבה" הוא תחום יישומי-מעשי המתמקד ביחסי הגומלין שבין האדם לסביבתו, תוך איזון בין צרכי הפיתוח לצרכי הסביבה והדורות הבאים.

"איכות הסביבה הימית" מתמקדת בים ובחופים: באיכות מי הים; טמפרטורה של הים; איכות וכמות החול; מגוון וכמות המינים החיים בים; מזהמים ובפעילויות השונות של האדם בים ועוד.

הים הוא מוקד לפעילות האדם בתחומים שונים. המדדים לאיכות הסביבה הימית הנדרשת אינם קבועים. לדוגמה, איכות מי הים תלויה בצרכים של בני האדם. במשימה הלימודית הבאה נכיר שימושים שונים של מי הים והשפעתם השונה על קביעת איכות מי הים הרצויה.



מי ים משמשים אותנו בתחומים רבים. במשימה מוצגים שימושים שונים של מי הים. שימושים שונים של מי הים: חקלאות ימית; דייג; מים לקירור מנועים; מי כטל (מים שממלאים בחלל התחתון של ספינות, כדי לאזן אותן); שייט למטרות נופש; רכיבה על אופנוע ים; שחייה; התפלת מי ים לשתייה; קידוח נפט (מחצבים); סביבת חיים ליצורים חיים שונים בים.

1. מיינו רשימה זו לשלוש רמות איכות נדרשות: רמת איכות גבוהה, רמת איכות בינונית ורמת איכות נמוכה.

רמת איכות גבוהה	רמת איכות בינונית	רמת איכות נמוכה

2. מה הם המדדים (קריטריונים) בהם השתמשתם למיון השימושים השונים של מי הים לרמות האיכות השונות?

## זיהום ים



### הידעת?

**אמנת ברצלונה** – בשנת 1995, מתוך הדאגה המשותפת לעתיד הים התיכון חתמו 27 מדינות, השוכנות לחופיו, על אמנה (הסכם) משותפת לשמירה על הסביבה הימית ועל חופי הים התיכון. ראשיתה של אמנה זו כבר בשנת 1976, אז נכתב הנוסח הראשון שלה, שנכנס לתוקף בשנת 1978. המדינות החתומות על אמנת ברצלונה, ביניהן ישראל, התחייבו לנקוט בכל האמצעים הדרושים על מנת למנוע את זיהום הים התיכון ולהגן על הסביבה הימית בו, תוך איזון בין צרכי הפיתוח לצרכי הסביבה והדורות הבאים.

ההגדרה המקובלת לזיהום ים היא "החדרה על ידי האדם, במישרין או בעקיפין, של חומר או אנרגיה אל הסביבה הימית, העלולים לגרום לתוצאות מזיקות" (מתוך אמנת ברצלונה – האמנה להגנה על הים התיכון בפני זיהום, 1978).

אם נבחן הגדרה זו, נוכל ללמוד כי זיהום הים גורם לנזקים לסביבה הימית ונגרם רק על ידי האדם. הזיהום יכול להיות חומר או אנרגיה. לדוגמה: מתכות, שפכים ונפט הם חומרים. חום המים שמקורם בתחנת הכח לייצור חשמל ופיצוצים תת-ימיים הוא אנרגיה.

מקור הזיהום יכול להיות מוחדר לים באופן ישיר או בעקיפין. צינור ביוב הנשפך לים הוא החדרה ישירה של זיהום למי הים. אדים של עופרת (סוג של מתכת), נפלטים מכלי רכב וממפעלי תעשייה לאוויר. אוויר זה נע מעל הים. הורדת משקעים או מגע בין האוויר המזוהם לפני הים מחדירים בעקיפין עופרת לים. רוב גורמי

הזיהום אינם נמצאים בכמויות משמעותיות באופן טבעי בים. מקור חומרים אלה, בדרך כלל, בפעילות אנושית, והם מוגדרים חומרים ממקור **אנתרופוגני** (אנתרופו - אדם, גני - מקור), לא טבעי. חלק מהחומרים נמצאים באופן טבעי במי הים, במקומות שאינם מזוהמים. לדוגמה, כספית נמצאת בים כתוצאה מפעילות של הרי געש מתחת לפני הים. הריכוז של חומרים אלו, המצוי באופן טבעי בים, ללא תוספת הנובעת מזיהום על ידי בני האדם, נקרא **רקע הים**.

## מקורות זיהום הים

### מקורות יבשתיים

- תעשייה - שפכים (פסולת נוזלית)
- ביוב עירוני
- קולחין - שפכים עירוניים שעברו טיפול להרחקת מזהמים והגיעו לאיכות מים גבוהה יותר. במקומות רבים בארץ שפכים עירוניים מטופלים במכון טיהור. המים המתקבלים נקראים קולחין. מטרות הטיפול בשפכים: מניעת מטרדים תברואתיים ושימוש חוזר בקולחין למטרות שונות (בעיקר להשקיה חקלאית).
- חקלאות - עודפי דשנים וחומרי הדברה המחלחלים לקרקע או נשטפים עם הנחלים ומגיעים אל הים.
- מקורות זיהום אטמוספריים - כגשם חומצי ואבק רעיל שהגיעו לאטמוספירה עקב פעילות האדם.

### מקורות ימיים

- תעבורת אניות
    - מי נטל ומי שיפולים.
  - מי הנטל נועדו לייצב את האנייה לאחר שרוקנה את מטענה. אלו הם מי ים הנשאבים לתוך המחסנים הריקים במכליות, בדרכן חזרה לנמל הטעינה. במקרים רבים, מכילים מי הנטל כמות ניכרת של שאריות נפט או יצורים ימיים, העלולים להשפיע על אוכלוסיות בים, כתוצאה מהחדרתם לסביבה ימית חדשה. כיום, ברוב נמלי העולם, אסור לשפוך את מי הנטל לים, אלא יש לטפל בהם בנמל הטעינה, או להחליף מים אלה בלב ים. מי שיפולים הם שיירים של דלק ושמן המצטברים בשיפולי חדר המכונות של האנייה, כתוצאה מתפעול מנועיה ורחיצת משטחי העמדה וחלקי מכונות.
  - תאונות ימיות של מכליות נפט
  - נזילות ממכליות נפט ומאניות המובילות כימיקלים
  - הזרמת שפכים מאניות
- תעלת סואץ היא מעשה ידי אדם. חפירת התעלה גרמה לנדידת בעלי חיים וצמחים מהאוקיינוס לים התיכון והשפיעה על הסביבה הימית (לדוגמה, הופעת מדוזות בים התיכון)
  - מתקנים ימיים - כגון אסדות קידוח נפט
  - חקלאות ימית - עודף מזון ותרופות לדגים והפרשות הדגים



אתר הגיאוגרפיה של בית-ספר שיפמן (טירת הכרמל): המאמר "זיהום הים התיכון"

<http://cshlomi.tripod.com/10a.htm>

המאמר "מקומת הזיהום העיקריים של הים התיכון"

<http://cshlomi.tripod.com/4a.htm>

## חומרים המזהמים את הסביבה הימית

### PCBs (Polychlorinated Biphenils) מזהמים סינטטיים.

PCBs היא קבוצת חומרים סינטטיים (מעשה ידי אדם), המשתייכת לקבוצת תרכובות אורגנו-כלוריות. ייצור ה-PCBs התחיל בשנת ה-30. ה-PCBs משמשים כנוזלים המיועדים למעברי חום, חומרי סיכה, ממסים שונים, חומרי הדברה ועוד. משתמשים בהם בתעשיית הפלסטיק, הצבע, הסבון, הקוסמטיקה, הדבק ובתעשיית הרכיבים החשמליים.

החומרים לא קיימים בטבע ולכן, ניתן לאמור כי מקורם הוא בפעילות אנתרופו גנית בלבד. אלו הם חומרים רעילים, שתהליכי הפירוק שלהם נמשכים שנים רבות.

שחרור שפכים ופסולת לים הייתה אחת הדרכים העיקריות דרכן הגיעה קבוצת מזהמים זו לסביבה הימית. כיום ניתן למצוא אותם אפילו באוקיינוס הפתוח, באזורים המוגדרים כ- "לא מזהמים". אולם, לא ניתן להגדיר את ריכוזם באזור זה כ- רקע הים, כיוון שמקורם אינו טבעי. ריכוז ה-PCBs במי האוקיינוס הפתוח נע בין  $0.0003 - 0.15 \mu\text{g}/\text{L}$ .

הריכוז במי החופים (קרוב לשפך המזהמים) נמצא בתחום שבין  $0.036 - 0.7 \mu\text{g}/\text{L}$ .

חשבו פי כמה גדול הזיהום במי החופים, מהזיהום במי האוקיינוס הפתוח.





$L/\mu g$  – יחידת מדידת ריכוז חומר, שמשמעותה היא כמות החומר במיליונית גרם, בנפח של ליטר מי-ים.  $\mu$  – מיקרו(מיליונית) g – גרם L – ליטר  
 $L/\mu g =$  מיקרו גרם חומר לליטר מי ים = מיליונית גרם לליטר =  $10^{-6}$  גרם לליטר = 0.000001 גרם לליטר.

### משימה 5.2: המזהמים הסינתטיים והשפעתם על היצורים החיים בים



קראו את קטע המידע וענו על השאלה שלאחריו.  
 ה- PCBs נמסים בשומני בעלי החיים. הם יציבים מאוד בסביבה הימית ואינם מתפרקים בתהליכי חילוף החומרים של בעלי החיים. תכונה זו מקנה להם יכולת הצטברות בגופם של אורגניזמים שונים ובשרשרת המזון.

ה- PCBs נקלטים בגופם של צמחים או בעלי חיים זעירים ואינם מתפרקים. צמחים ובעלי חיים אלו נאכלים בכמות רבה על ידי בעלי חיים גדולים יותר, וכך מצטברים בגופם. כך ריכוז ה- PCBs בגופם של יצורים חיים עולה משלב לשלב בשרשרת המזון. במחקר בנושא השפעה ה- PCBs על אורגניזמים ימיים שונים, נמצאה ירידה בהתחלקות התאים ברכיכות שנחשפו למי ים, שהכילו PCBs בריכוז  $0.6 L/\mu g$ . 40% ממין מסוים של דגיגים, נמצאו רגישים הרבה יותר. הם מתו לאחר שנחשפו למי ים שהכילו PCBs בריכוז  $0.16 L/\mu g$ .

### שאלה:



למה הכוונה ב"הצטברות בשרשרת המזון"?

### מתוך:

\*CCREM, 1987, Canadian water quality guidelines. Freshwater Aquatic Life. Report  
 .Canadian Council of Resource and Environment Ministers

### אתרי מידע מומלצים



חומר נוסף להעשרה בנושא ה- PCBs ניתן למצוא באתר הספרייה הווירטואלית של המרכז לטכנולוגיה חינוכית:

<http://lib.cet.ac.il/Pages/item.asp?item=2843>

## הכספית – מתכת מזהמת

המקרה הידוע ביותר של הרעלת כספית התרחש ביפן, במפרץ מינמטה, כאשר מפעל תעשייתי שפך בין השנים 1932 – 1968 שפכים תעשייתיים, שהכילו לפחות 27 טונות של תרכובות כספית, למימי המפרץ. בעלי חיים מיקרוסקופיים החיים בים ספגו תרכובות אלו, ולבסוף הן נקלטו גם על ידי דגים ששימשו כמזון לבני אדם. באירוע זה דווח על 111 מקרי הרעלה, אשר גרמה לפגיעה במערכת העצבים המרכזית של הנפגעים, שהתבטאה בפיגור שכלי, שיתוק ומוות של 45 בני אדם. בנוסף לכך, דווח על מומים מולדים בתינוקות שנולדו באוכלוסייה שנפגעה. הרופאים אליהם הגיעו החולים התקשו לזהות את הגורם למחלה. נסו אתם, על פי הנתונים המופיעים בסיפור האירוע, להצביע על גורם המחלה (ויורוס, חיידק, חומר וכד') מהו מקורו של גורם זה, ומה הוא לדעתכם התהליך שמביא בסופו לפגיעה באדם.

### הידעת?



רקע הים התיכון קטן מ-  $0.02-0.01$  L/ng כספית.  
 $L/ng =$  ננו גרם כספית לליטר מי ים = מיליארדית גרם לליטר =  $10^{-9}$  גרם לליטר  
 $= 0.000000001$  גרם לליטר.



### משימה 5.3: הכספית – חומר ממקור המזהם את הים

לפניכם שאלות בנושא הכספית והשפעותיה. את התשובות לשאלות תוכלו למצוא באתרים המומלצים בהמשך.

1. האם אתם מכירים כספית מחיי יום יום? היכן?
2. מהם המקורות הטבעיים של הכספית במי הים?
3. מהם המקורות האנתרופוגניים (שמקורם באדם) של הכספית? כיצד הכספית מגיעה למי הים?
4. האם הכספית רעילה לאדם? לבעלי חיים? אם כן, לאלו בעיות היא גורמת?

אתרי מידע מומלצים

אתר הספרייה הווירטואלית של המרכז לטכנולוגיה חינוכית "כספית – תיאור כללי, שימושים בכספית, חדירה לשרשרת המזון, רעילות".

<http://lib.cet.ac.il/Pages/item.asp?item=2745>

אתר הגיאוגרפיה של בי"ס שיפמן | (טירת הכרמל) "רעילות מתכות כבדות ובהן גם הכספית"

<http://cshlomi.tripod.com/5a.htm>

אתר כתבי עת ומאגרי מידע בסנונית - העלון למורי הכימיה - "היסוד כספית, תכונות כימיות ופיסיקליות, ייצור כספית, רעילות"

[http://www.snunit.k12.il/heb\\_journals/chimia/61041.html](http://www.snunit.k12.il/heb_journals/chimia/61041.html)



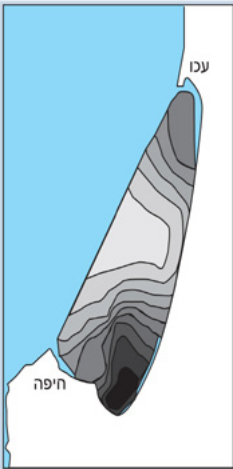


לפניכם איור, שפורסם בספר "ים וחופים – מאמרים 2000"\* , המראה את תפוצת ריכוזי הכספית במפרץ חיפה. עיינו באיור וענו על השאלות שאחריו.

### שאלות:

1. היכן גבוהים יותר ריכוזי הכספית: סמוך לערים (חיפה ועכו), בעומק הים או לאורך כל קו החוף? (שימו לב, ככל שהצבע כהה יותר, רימז הכספית גבוה יותר).
2. האם תוכלו להעריך מהם הגורמים התורמים לריכוזי הכספית הגבוהים באתרים אלה?

\* ברק חרות, "מתכות כבדות ומזהמים אורגניים", "ים וחופים – מאמרים 2000", המשרד לאיכות הסביבה, 2000.



חומרים שונים, המוחדרים לים בכמויות ובמקומות לא נכונים, עלולים להוות "חומרים מזהמים", למרות שבמקום אחר ובכמות אחרת יהוו גורם מועיל. למשל: חוות החקלאות הימית המצויות בים הפתוח במפרץ אילת. הזנת הדגים הגדלים בכלובי הדגים בכמות מזון הגדולה מצרכי הדגים, עלולה להפר את האיזון האקולוגי, ובכך עודף המזון יהפוך ל"מזהם". במידה ומתגלה מחלה באוכלוסיית הדגים, הדורשת טיפול תרופתי, הרי אם התרופה, אינה מנוצלת במלואה על ידי הדגים בחווה, היא עלולה להגיע לים הפתוח ולהפוך ל"מזהם".

## זיהום ים ממקורות יבשתיים

בהמשך, יוצגו בפניכם מגוון בעיות בשמירת איכות הסביבה הימית בישראל בצורה של חקר מקרה. בחקר מקרה מוצגת בעיה אמיתית אליה אתם נדרשים להתייחס. יוצגו בפניכם מסמכים רשמיים, קטעי עיתונות ממגוון מקורות כגון עיתונות יומית וכתבי עת. אתם תתבקשו לקרוא קטעי מידע ולבצע משימות לימודיות שונות.

## חקר מקרה: שפכי תעשייה – צינור עוקף קישון

בהמשך, יוצגו בפניכם קטעי מידע, וביניהם תשולבנה משימות לימודיות 5 ו-6. קראו בתשומת לב וענו על השאלות.

- אל מפרץ חיפה מتركזים שפכים מכל רחבי העיר והקריות ומפעלי התעשייה שבאזור. השפכים העירוניים מטופלים במכון הטיהור העירוני חיפה. לאחר תהליך הטיהור, השפכים מגיעים לאיכות המתאימה להשקיה חקלאית, אך לא להזרמה לנחלים. חלק מהשפכים המטופלים, הנקראים "קולחין", חוזר להשקיה בעמק יזרעאל, עמק זבולון ובמפרץ עצמו. עודפים מהקולחין, אשר אינם מנוצלים להשקיה, מוזרמים לנחל הקישון, הנשפך לים התיכון במפרץ חיפה.
- מפעלי התעשייה הכימית במפרץ חיפה כוללים את מפעל דשנים, חיפה כימיקלים, כרמל אולפינים, גדיב, בתי זיקוק וגדות פטרוכימיה. כיום, כל מפעל מטפל בשפכיו, ומרבית הקולחין מוזרמים לקישון. באיור 5.1 נראה צינור, המזרים קולחין מאחד ממפעלי התעשייה באזור נחל הקישון אל הנחל. פעמים רבות, כאשר עוברים על גשר הקישון מצפון לחיפה, עולה מן הנחל ריח רע.



האם שפכים מטוהרים הם מים נקיים? במשימה 5.5 נבחן סוגיה זו. נבחן מהו הפיתרון האפשרי, מנקודת מבט סביבתית, לסילוק שפכי התעשייה באזור מפרץ חיפה.





לפניכם קטעים מתוך מסמך שנכתב על ידי דובר המשרד לאיכות הסביבה ב- 1.1.02 ופורסם באתר של המשרד לאיכות הסביבה: <http://www.environment.gov.il>  
עיינו בקטעים וענו על השאלות שבסופם:

• הוראות השר לאיכות הסביבה צחי הנגבי:

”החל מ- 1.1.02 חל איסור מוחלט להזרים שפכים בלתי מטוהרים לקישון.”

”מפעלים שלא יעמדו בדרישות היתרי ההזרמה לים\* ויזרימו שפכים שאינם מטוהרים למימי

נחל הקישון, יזומנו על ידי המשרד לאימת הסביבה לחקירה פלילית.”

”לאחר ביצוע ההנחיות של המשרד לאיכות הסביבה, יוזרמו תמלחות מטופלות בלבד על ידי

המפעלים לנחל הקישון.”

• סמנכ”ל תשתיות במשרד לאיכות הסביבה ד”ר ענבר ציין שהזרמת התמלחות לנחל תפגע בתהליך שיקום

הקישון בגלל ריכוזים גבוהים של **תומרי הזנה\***: חנקן וזרחן...

בעקבות בחינת כל הפתרונות האפשריים להזרמה זו, שגם היא מזיקה, הוחלט במשרד לאיכות הסביבה על בניית צינור, שדרכו יוזרמו התמלחות המטופלות היישר מן המפעלים אל עומק הים, שם ימהלו אותם מי הים. לדברי השר, רק צינור ימי יאפשר את השגת היעד: הפסקת זיהום הקישון, שיקומו המוחלט והשבתו לציבור הרחב כנחל חי.

ההחלטה בדבר אימוץ פתרון הצינור לעומק הים, נפלה לאחר שנבחנו מספר חלופות לסילוק תמלחות המפעלים, ביניהן, הטמנת **התמלחות** באדמה או הזרמתן למכון הטיהור בחיפה.

\* **היתרי הזרמה לים** – קיים חוק האוסר על זיהום ים ממקורות יבשתיים. החוק מחייב כל גוף

המעוניין להזרים שפכים לים, לבקש היתר הזרמה לים. ההיתרים ניתנים רק במידה ואין פיתרון סביר לשפכים על היבשה או טכנולוגיה אחרת לטיפול בשפכים או לסילוקם. קיימת וועדה, בראשות סמנכ”ל המשרד לאיכות הסביבה ושישה נציגי משרדי ממשלה נוספים, הדנה בכל בקשה ומאשרת הזרמת שפכים לים. האישור ניתן רק במקרים בהם קבעו מומחים כי אין בנמצא פיתרון סביר לסילוק השפכים ביבשה. אישור הוועדה מלווה בתנאים מחמירים לגבי הטיפול בשפכים, דרישות לאימתם וביצוע ניטור לבקרה על האיכות.

\* **חומרי הזנה** הם תחמוצות זרחן (פוספאט  $PO_4^-$ ) ותרכובות חנקן (ניטראט  $NO_3^-$ , אמוניה  $NH_4^+$ ).

מקורם בשפכים ביתיים ותעשייתיים, בפליטות לאטמוספירה מהתעשייה ומהחקלאות (דשן). חומרי ההזנה מהווים מרכיבים הכרחיים בתהליך הפוטוסינתזה של אצות מיקרוסקופיות, ונדרשים לגידולם של צמחים. נוכחות כמות גדולה של חומרי ההזנה, עלולה לגרום לזיהום מקורות מים, לצמיחת יתר של אצות ולשינויים באוכלוסיית האצות המיקרוסקופיות (הפיטופלנקטון).

\* **תמלחות** הן שפכים המכילים מלחים שונים בריכת גבוה, שמקורן בתהליך ייצור במפעל. המלח הנו חומר מסיס ביותר ולכן מגיע עם המים אל מי התהום, או פוגע במבנה הקרקע וביבולים רבים. לכן, אחד הפתרונות המקובלים להרחקת תמלחות, הוא הזרמת התמלחות לים. זאת לאחר קבלת היתר להזרמת התמלחת לים, ובתנאי שהתמלחת אינה מכילה חומרים מזיקים לים.

חומר להעשרה והרחבת הידע במשא היתרי הזרמה לים, החוק למניעה זיהום ים מסקורות יבשתיים, דרך פעולת החוק ודרך פעולת הוועדה הבין-משרדית למתן היתרים, נמצא באתר הגיאוגרפיה של בית-ספר שיפמן, מטירת הכרמל: <http://lib.cet.ac.il/Pages/item.asp?item=270>

### שאלות

1. מהי הבעיה המוצגת בקטע שקראתם?
  2. כיצד חומרי ההזנה, המצויים בתמלחות, עלולים להשפיע על מערכת החיים בנחל?
  3. מהו הפיתרון שנבחר לבסוף על ידי המשרד לאיכות הסביבה והוצג על ידי השר? מהם יתרונותיו של הפיתרון ומה חסרונותיו האפשריים?
  4. העלו הסברים אפשריים לפסילת החלופות לצינור.
  5. נניח, שמפעל יבקש מהמשרד לאימת הסביבה היתר להזרמת שפכים מטוהרים לים.
- א. רשמו את התנאים הבסיסיים שעל המשרד לאיכות הסביבה להגדיר עבור המפעל, על מנת לשמור על איכות הסביבה הימית.
- ב. מהם הקשיים שבהם ייתקלו בעלי המפעל אם יפעלו תוך התחשבות בדרישות המשרד לאיכות הסביבה?

### משימה 5.6: צינור עוקף קישון

1. לפניכם שני קטעי קריאה. קראו אותם וסכמו את העיקר.

### שיטות לסיכום:

- הדגישו משפטים חשובים.
- חלקו את הקטעים לפסקאות וסכמו את עיקרי הדברים במשפט או שניים.



"נראה, כי הטיפול בנחל הקישון סובב בצורה מעגלית. בתחילת שנות ה-90 דרש מפעל "חיפה כימיקלים" כי ירשו לו להזרים לים שפכים ברמת טיפול ירודה. לאחר משא ומתן עם המשרד לאיכות הסביבה, במקביל למשפט של עמותת "אדם טבע ודין" נגד "חיפה כימיקלים", הודיע השר יוסי שריד כי הוא פוסל את הקמת הצינור ומחייב טיפול יבשתי בשפכי חיפה כימיקלים. לא עברו מספר שנים, ושוב חזרה אותה גברה בשינוי אדרת: צינור מוצא לים בטרם הושלם הטיפול בשפכי המפעלים.

יש לזכור כי הקישון פגוע מבחינה אקולוגיה, וכי יש להימנע מפגיעה דומה בסביבה הימית עקב העברת הזיהום הקשה אל הים הפתוח. הים אינו בעל קיבול אינסופי ואינו יכול לקבל שפכים תעשייתיים רעילים בכמויות אדירות. החשש של הארגונים הירוקים הוא כי הצינור מהווה פתח להתחמקות מטיפול נאות. החיסרון הגדול הוא שבלב ים הציבור אינו מבחין בזיהום בבחינה "רחוק מהעין רחוק מהלב". במדינה מתוקנת היו נאכפים על מפעלים מזהמים תקנים חמורים, ורק לאחר וידוא כי המפעלים אכן מטפלים בשפכיהם בצורה המניחה את הדעה, ניתן היה לבחון חלופות נוספות. בנקודה זו יש גם להביא בחשבון, כי המשמעויות האקולוגיות במקרה של כשל או תקלה, אשר יובילו לשחרור מזהמים בלתי מטופלים לים, עלולות להיות כבדות. מכאן, שיש להציג 'חבילה' שלמה של אמצעים, אשר יבטיחו אפס תקלות, אם באמצעות מחיצות פיזיות כגון מאגרים, מתקני טיפול וכיוצא בזה ואם על ידי מחיצות אדמיניסטרטיביות, המבוססות על חוזים משפטיים, שבהם מעוגן למשל הנושא של הפסקת ייצור"

קארו-יפת, א. ופאי, נ. (2001), זיהום הים התיכון - שפכי הקישון. בתוך: חופי ישראל 2001, דו"ח פורום ארגוני החוף על מצב חופי הים התיכון (אדם טבע ודין', והחברה להגנת הטבע).

## הידעת?



עמותת אדם טבע ודין הוקמה ב-1990 על ידי אנשי מקצוע מתחום המדע, המשפט והתכנון, במטרה להוות גוף מקצועי בלתי תלוי, שידאג לאינטרס הציבורי בשמירה על איכות הסביבה בישראל. בעמותה למעלה מ-3,000 חברים וכ-52 עובדים. צוות העובדים הכולל עורכי דין, מדענים, מתכננים, אנשי תקשורת ואחרים, פועל על מנת להרחיק ולמנוע מפגעים סביבתיים וסכנות לציבור, לקדם חוקים סביבתיים ולפקח על אכיפתם, להגביר באמצעות חינוך והסברה את מודעות הציבור לצורך האמיתי בשמירה על הסביבה ועל המשאבים הטבעיים ולקדם את האינטרסים הסביבתיים של מדינת ישראל.

"...לטענת עמותת "אדם טבע ודין" התקבלה בימים אלה במשרד לאיכות הסביבה החלטה על הקמת צינור עוקף קישון, שתפקידו לקלוט את שפכי תעשיות המפרץ ולהזרים ישירות למימי המפרץ... "חששותינו הם כי הצינור ישמש עילה לתקנים מקילים של איכות השפכים. אין שום צורך בעקיפת הקישון אם שפכי המפעלים יטופלו ברמה גבוהה לפני הזרמתם לקישון. הצינור הוא בסך הכל העברה של הבעיה ממקום אחד לאחר" טוען דניאל פיש. מנכ"ל עמותת יאדם טבע ודין".

הודעה של עמותת 'אדם, טבע ודין' לעיתונות ב- 26.6.00. ההודעה פורסמה באתר של עמותת "אדם טבע ודין"

#### שאלות:

2. חברו שתי שאלות. האחת - שאלה שאת התשובה לה ניתן למצוא בקטעי הקריאה האחרונים (המסומנים 1 ו-2), והשנייה - שאלה המעוררת למחשבה ולדיון בעקבות כל קטעי הקריאה העוסקים בנושא צינור עוקף קישון. ענו על השאלה הראשונה.
3. רשמו על הלוח את כל השאלות שהתשובה להן אינה מופיעה בקטע. מיינו את השאלות לקבוצות שונות (בקבוצות או בעזרת המורה). תנו שם ודוגמא לכל קבוצה. בחרו שאלה אחת, שלא ניתנה לה תשובה בקטעים 1 ו-2 וחפשו מענה במקורות נוספים (מומחים, מקורות מידע, וכו').
4. בנו טבלה המשושה את היתרונות והחסרונות של פיתרון "צינור עוקף קישון", כפי שהוצגו על ידי הגורמים השונים. מה למדתם מההשוואה? הסבירו.

מיהול השפכים, כאשר הם מוזרמים לים, לא יכול להיחשב כפיתרון לזיהום. מכאן, שאין להזרים שפכים לים, ללא טיפול. אולם, אנשי מקצוע בתחום איכות הסביבה מכנים את השימוש במוצא ימי לשחרור שפכים מטוהרים לים בשם "טיפול בים". "טיפול", מפני שהמערכת מתייחסת לים כאל **ראקטור** (מתקן בו מתרחשת תגובה) בעל זמן שהייה ארוך מאוד, המסוגל לפרק את כל **החומרים הפריקים\***, לנטרל את כל **החומרים דורשי הנטרול\*\*** ולהכיל חומרי הזנה בתוך המחזוריים הביולוגיים הטבעיים שלהם. גישת ה"טיפול בים" מנצלת את היכולת של מי הים למהול חומרים המוכנסים אליו. בדרך זו, מזהמים, המוכנסים לים בריכוז גבוה יחסית, נמהלים עם מי הים וריכוזם יורד. רב המזהמים מתפרקים, מנוטרלים או נצרכים, עם הזמן, בים. מיהול המזהמים עם מי הים, מונע הצטברותם באזורים מסוימים, לפני פירוקם, נטרולם או צריכתם.

\* **חומרים פריקים** - חומרים הניתנים לפירוק על ידי מיקרואורגניזמים שונים, כגון חיידקים, בסביבה הימית. לדוגמא, החומר האורגני מתפרק בחלקו הגדול, אבל מתכות כבדות\*\*\*, כגון כספית, אינן מתפרקות ומוגדרות כחומר בלתי פריק.

\*\* **חומרים דורשי נטרול** - לדוגמא, חומצה מנוטרלת על ידי בסיס ולהפך.

\*\*\* **מתכות כבדות** - קדמיום, כספית, עופרת, נחושת, אבץ, בדיל וכרום, הינם יסודות המצויים בכמויות זעירות בטבע וגם במי הים, בקרקעיתו וברקמות של אורגניזמים ומיקרואורגניזמים שונים שם הם אפילו חיוניים



לקיום תהליכים בייצורים חיים. אולם, ברגע שכמותם גדלה מעל לנחוץ, הופכות מתכות אלה לרעילות, משבשות תהליכים חיים וגורמות נזקים למערכות עצביות. מתכות כבדות ותרכובותיהן האורגניות והאנאורגניות אינן פריקות ביולוגית. לרוב הן מצטברות בשרשרת המזון ונזקן ארוך טווח.

## אתרי מידע מומלצים



חומר נוסף, להעשרה בנושא המתכות הכבדות, תוכלו למצוא באתרים הבאים:

אתר הגיאוגרפיה של בית ספר שיפמן (טירת הכרמל): "מתכות כבדות בים, רעילות"

<http://cshlomi.tripod.com/5a.htm>

"ניטור מתכות כבדות לאורך חופי הים התיכון של ישראל"

<http://cshlomi.tripod.com/16a.htm>

"מקורות הזיהום העיקריים של הים התיכון - זיהום הים בשפכים, המכילים מתכות כבדות"

<http://cshlomi.tripod.com/4a.htm>

אתר הספרייה הווירטואלית של המרכז לטכנולוגיה חינוכית - "הגדרת מתכות כבדות, מוצאן, רעילותן"

<http://lib.cet.ac.il/Pages/item.asp?item=2810>

## זיהום הים התיכון בבוצת שפכי גוש דן (שפד"ן)

אחד ממקורות הזיהום והפגיעה באיכות הסביבה הימית הוא שפכים. מדי פעם אם שומעים על הזרמת שפכים לים עקב תקלה זו או אחרת במתקן לטיהור שפכים. בפרק זה נלמד על שפכים, בוצה, תכונות הבוצה, והנזקים הכרוכים בהזרמתה לים.

### משימה 5.7: בוצת שפכי גוש דן



התחלקו לקבוצות. קראו את הכתוב בקטעים הבאים, שפורסמו ב- "חופי ישראל 2001". ענו על השאלות שבין הקטעים ובצעו את המשימות תוך התייעצות ביניכם. קארו-יפת, א. ופפאי, נ. (2001), זיהום הים התיכון - שפכי הקישון. בתוך: חופי ישראל 2001, דו"ח פורום ארגוני החוף על מצב חופי הים התיכון ('אדם טבע ודין', והחברה להגנת הטבע).

... "כשליש משפכי מדינת ישראל מטופלים במתקן שפד"ן (שפכי גוש דן), המיועד לטיפול בשפכים עירוניים, אך מוזרמים אליו גם שפכים תעשייתיים. בסוף תהליך הטיפול בשפכים, נותרת הבוצה, שהינה החומר המוצק, אשר הופרד מהשפכים. הבוצה מכילה בעיקר צואה, המכילה מחוללי מחלות, חומרים אורגניים רעילים ובלתי פריקים, כמו כן, מכילה הבוצה מאות טונות של מתכות כבדות, שמקורן בשפכי תעשייה המוזרמים לשפד"ן. המתכות הכבדות הנן חומרים רעילים ומסרטנים, בעלי השפעה מזיקה ביותר לבריאות האדם ובעלי חיים. ריכוזים נמוכים מאוד שלהן עלולים לגרום נזק בלתי הפיך לסביבה הימית ולשרשרת המזון. המתכות הרעילות ביותר מבין אלה המוזרמות לים הן כספית, קדמיום וכרום. השפד"ן מזרים ישירות לים באמצעות צינור מוצא כ- 5 מיליון מ"ק בוצה בשנה. הבוצה שוקעת מסביב לנקודת השחרור מצינור המוצא. השטח המזוהם, כתוצאה משיקוע הבוצה, מגיע ל- 4.5 קמ"ר, והוא גדל עם הזמן"....

### שאלות

1. מהם שלושת סוגי החומרים ה"בעייתיים" הקיימים בבוצת השפד"ן?
2. מה קורה לבוצה באזור נקודת השחרור? מה, לדעתכם, הנזק שנגרם?
3. מה יש בבוצה, שעלול לגרום לנזקים לכלל הסביבה הימית (לא בהכרח בנקודת השחרור) ומהם הנזקים?
4. הניחו, שאתם פעילים בארגונים ירוקים. הכינו קווים מנחים למסע פרסום, שיהווה לחץ ציבורי להפסקת הזרמת המצה המזוהמת לים. השתמשו בידע שרכשתם מתוך הקטע שקראתם ורשמו את העקרונות של מסע הפרסום שלכם. התייחסו לתכנים אותם תרצו להעביר ולאמצעים בהם תשתמשו על מנת להעביר את המסר.
5. הכינו מסע פרסום, בו תשתמשו בתכנים ובעקרונות, אותם רשמתם בתשובתכם לשאלה 4. לצורך מסע הפרסום, ניתן להשתמש בציורים, כרזות, שירים, זמרירים (גי'נגלים), סרט, קטעים מוזיקאליים, הצגות וכד'.

"באוגוסט 2000, עתר ארגון "אדם טבע ודין" לבית המשפט הגבוה לצדק, בעתירה דרש "אדם טבע ודין" ... לשלול את היתר ההזרמה שניהן לשפד"ן. לטענת 'אדם טבע ודין', אסור היה להעניק אה היתר לשפד"ן, משום שזה לא עמד בתנאים הקבועים בחוק - ובראשם הדרישה לטיפול בשפכים ב'אמצעים הטכנולוגיים הטובים ביותר'. בוצת השפד"ן היא בוצה גולמית, אשר לא עברה כל תהליכים של ייצוב או ניקוי, והיא מכילה גורמים פתוגניים (גורמי מתלות כחיידקים, וירוסים וטפילים) ומתכות כבדות (הגורמות לבעיות עצביות קשות) בכמויות גדולות. בינתיים, בעקבות הלחץ הציבורי והעתירה התלויה ועומדת. החליטה הוועדה למתן היתרים כי על השפד"ן להפסיק את הזרמת הבוצה המזוהמת לים בתוך שלוש שנים והצי, בחודשים הקרובים על השפד"ן ועל רשויות המדינה להציג לציבור ולהוכיח כי יש להם תכניה רצינית, ישימה ואפשרית לסילוק הביצה מן הים ולהפסיק את זיהומו"

#### שאלה:

6. מהי הדרישה המוצגת בעתירת עמותת "אדם טבע ודין" ומהי הטענה להצדקת הדרישה?

.... "מוצא השפד"ן הוא אתר דיג פופולרי בקרב הדייגים המסחריים בשל ריבוי הדגה הבאה להיזון מן החומר האורגני המוזרם דרך הצינור. מקורם של לא מעט מהדגים שאנו רוכשים בשווקים או במסעדות הוא מאזור צינור השפד"ן. המתכות המוזרמות בכמויות גדולות, עלולות לפגוע בסביבה הימית ובשרשרת המזון ולהזיק לבני האדם, אשר יאכלו דגים שניזונו מן הביצה המזוהמת. תחקיר, שבוצע באוגוסט 2000 על ידי העיתון "ידיעות אחרונות" בסיוע 'אדם טבע ודין', העלה כי דגים שנתפסו באזור מוצא הצינור של השפד"ן מכילים חומרים רעילים ביותר האסורים למאכל אדם. המפגע הסביבתי הפך לסיכון בריאותי קרוב וממשי לכלל הציבור הרחב"....

#### שאלות:

7. מה הסיבה לכך, שאזור מוצא הבוצה בשפד"ן הפך לאתר דיג פופולרי בקרב הדייגים המסחריים?
8. האם, לאור הקטע האחרון שקראתם, נוספו לכם רעיונות חדשים למסע הפרסום, שהבנתם בסעיף 5, של משימה זו? אם כן, הוסיפו רעיונות אלה ל"מסע הפרסום".
9. היכן, לדעתכם, כדאי לבצע את מסע הפרסום על מנת להשיג השפעה ציבורית משמעותית?

במשימה הבאה נבחן את סוגיית המתכות הכבדות בשפכי גוש דן, שפד"ן, ובבוצה.



טבלה 5.1 מציגה את כמויות המתכות בשפד"ן, בשנת 2001, ביחידות ק"ג / לשנה.

ענו על השאלות, המופיעות לאחר הטבלה.

מתוך: "מאזן מזהמים בשפכים - שפד"ן", אגף שפכי תעשייה ודלקים, הכושר 1 לאיכות הסביבה, 2001.

סיווג	מזהם	כמות שנתית בשפכים ק"ג / לשנה	כמות שנתית בבוצה ק"ג / לשנה
רעילות נמוכה	אבץ (Zn)	73,431	72,287
	מנגן (Mn)	9,471	5,417
	נחושת (Cu)	22,755	21,114
	סה"כ רעילות נמוכה		
רעילות גבוהה	כסף (Ag)	3,198	2,600
	כספית (Hg)	74	75
	כרום (Cr)	11,070	8,964
	ניקל (Ni)	5,535	4,145
	עופרת (Pb)	2,337	2,698
	קדמיום (Cd)	111	289
	סה"כ רעילות גבוהה		

מתוך: "מאזן מזהמים בשפכים - שפד"ן", אגף שפכי תעשייה ודלקים, המשרד לאיכות הסביבה, 2001.

1. סכמו את סך כל כמות המתכות בשפד"ן (ק"ג/שנה), בעלות הרעילות הנמוכה ובעלות הרעילות הגבוהה, הן בשפכים והן בבוצה ומלאו במקומות המתאימים בטבלה.
2. סכמו את סך כל כמות המתכות בשפד"ן (ק"ג/שנה), הן בשפכים והן בבוצה, ומלאו את השורה התחתונה בטבלה.
3. שרטטו גרף, המראה את התפלגות המזהמים בשפכים ובבוצה המוזרמת לים על פי סיווג רעילותם (השתמשו בנייר מילימטרי או בתוכנת Excel). תנו כותרת לגרף ולצירים.
4. מה ניתן ללמוד מן הגרף?
5. האם ניתן "להתנחם" בעובדה, שכמות המתכות בעלות הרעילות הנמוכה גדולה בהרבה מכמות המתכות בעלות הרעילות הגבוהה? נמקו.





**טבלה 5.2**, משווה בין ריכוז המתכות בבוצה, בפועל, לבין הריכוז המותר בהיתר ההזרמה לים.

1. חשבו את רמת החריגה של כל מתכת ואת אחוז החריגה.

רשמו את התוצאות בטבלה במקום המיועד לכך.

סיווג	מתכת	היתר הזרימה לים ( רמה מיותרת)	בפועל בבוצה	רמת החריגה
		ריכוז מרבי (מ"ג/ק"ג חומר יבש)	ריכוז ממוצע (מ"ג/ק"ג חומר יבש)	רמת החריגה (הפרש בין ההיתר לבין הריכוז בפועל)
רעילות נמוכה	אבץ (Zn)	1050	1,137	
	מנגן (Mn)	אין דרישה	85	
	נחושת (Cu)	400	332	
רעילות גבוהה	כסף (Ag)	אין דרישה	41	
	כספית (Hg)	0.8	1.2	
	כרום (Cr)	176	141	
	ניקל (Ni)	53	65	
	עופרת (Pb)	40	42	
	קדמיום (Cd)	5.3	4.6	

### שאלות:

- עבור כל מזהם בטבלה 5.2, חשבו את רמת החריגה ואחוז החריגה. והשלימו במקום המתאים בטבלה.
- מי הוא "מלך המזהמים"?
- כאשר מותר ריכוז מרבי נמוך מאוד של מתכת בבוצה, מה ניתן ללמד מכך על אותו מזהם (לדוגמה, מותר ריכוז מרבי של 0.8 מ"ג/ק"ג חומר יבש כספית, לעומת 53 מ"ג/ק"ג חומר יבש ניקל)?
- מה ניתן ללמוד על החומרים עבורם לא נדרש ריכוז מרבי בהיתר ההזרמה לים?
- לאחר ניתוח טבלאות 5.1 ו-5.2, וקריאת הקטעים בנושא "זיהום הים התיכון בבוצת שפכי גוש דן", מה דעתכם על אכיפת חוקי איכות סביבה במדינה?

### זיהום תרמי

לאורך חופי ישראל פרושות תחנות כוח, המופעלות באמצעות קיטור, בחמישה אתרים: חיפה, חדרה, תל-אביב, אשדוד ואשקלון. בתחנת כוח מסוג זה, מופק קיטור על ידי שריפת חומרי דלק. הקיטור משמש לסיבוב הטורבינה שמסובבת את הגנרטור ומופק חשמל. בתהליך זה נוצר חום רב. תחנות הכוח נבנו צמוד לחופי הים במטרה להשתמש בכמויות אדירות של מי ים לצורך קירור המערכת. מי הים, שהתחממו תוך כדי תהליך הקירור, מוחזרים לים. בפרק זה נדון בהשפעת שינוי טמפרטורת מי הים על האורגניזמים הימיים כתוצאה מהחזרת המים החמים לים.



קראו את הקטע הבא וענו על השאלה שבסופו:

מתוך: מנליס, רמי (1996). "חילזון למחשבה", "ירוק כחול לבן", פורום המשק והכלכלה לאיכות הסביבה.

"תהליך החזרת המים ממערכות הקירור בתחנות הכוח לים, גורם להתחממות של מי הים בסביבה ב- $10^{\circ}\text{C}$  עד  $12^{\circ}\text{C}$ . בקיץ עלול חום מי הים, בסביבת תחנת הכוח, להגיע ל- $35^{\circ}\text{C}$ . חום המים הגבוה גורם להשפעות שליליות שונות על אורגניזמים חיים, השפעה שלילית זו נקראת עקה - (stress) בשפת המדענים.

דוגמא בולטת להשפעות עקת החום, משמשים ממצאי מחקר, שהתמקד בחילזון צלחית מכחילה, המצוי באזור החוף הסלעי. בחודשי הקיץ החלזונות נעלמים כליל מאזור שבו קיימת שפיעת המים החמים מתחנת הכוח. בעונה הקרה מגיע לשם קומץ חלזונות בוגרים, אך אלה אינם מהרבים. הסיבה: העלייה בטמפרטורת המים פוגעת בשחלותיהם. חמור מכך, חלקם הפכו דו-מיניים ומייצרים תאי ביציה ותאי זרע גם יחד, דבר הפוגע בתפקודם התקין. חילזון נוסף המצוי באזור, המכונה "כיפה סרוגה", נפגע אף הוא מהמים החמים, אך הודות לכושר הניידות שלו, הוא נע לאזור בו הטמפרטורה מתאימה יותר לצרכיו".

\* **עקה** - שינוי קיצוני של תנאי מחייה, המביא להשפעות שליליות שונות על אורגניזמים חיים.

**שאלה:**

מהי השפעת השינויים בטמפרטורת מי הים הרדודים, באזור תחנת הכוח, על החיים בסביבה?

בסביבת המים הרדודים, סמוך למוצא מי הקירור של תחנות הכוח, באזור בו המים "חמימים", אנו עדים לשינוי כימי - פיזיקלי נוסף המושפע מהעלייה בטמפרטורה. בהמשך נלמד מהו.

הבדלי הטמפרטורות בעונות השנה משמשים לאורגניזמים רבים כסימן להתחלת תהליכי הרבייה ולשינויים במחזורי החיים. חימום מי הים על ידי החזרת מי הקירור, משבש את הסימנים ומביא לשיבוש בתהליכי החיים של האוכלוסיות הימיות באזור זה. בנוסף, מביא השינוי בטמפרטורת המים לשינוי בריכוז החמצן המומס במים. רוב החמצן המומס במים מקורו בחמצן האטמוספרי.

הגורמים המשפיעים על מסיוסות החמצן בסיים הם:

**לחץ אטמוספרי:** מסיוסות גזים במים נמצאת ביחס ישר ללחץ האטמוספרי. בטמפרטורה נתונה, מסיוסות החמצן עולה עם עליית הלחץ האטמוספרי, ולהפך.  
**טמפרטורה:** מסיוסות גזים במים נמצאת ביחס הפוך לטמפרטורה. עם הירידה בטמפרטורה, עולה מסיוסות החמצן, ולהפך.

**ריכוז המלחים:** נוכחות מלחים בתמיסה, מקטינה במעט את מסיוסות החמצן (השפעה מועטה).  
**עומק המים:** במים שקטים, עם הירידה לעומק המים, יורד ריכוז החמצן במים מעורבלים, נמצא ריכוז גבוה של חמצן בכל השכבות.

#### משימה 5.11 : מה קורה למסיוסות החמצן



##### שאלות:

1. איזה גורם מבין הגורמים המשפיעים על מסיוסות החמצן במים, יהיה המשמעותי ביותר באזור המים הרדודים, סמוך לתחנת הכוח?
2. שערך מה יקרה לריכוז החמצן המומס באזור זה?
3. מה יקרה לאוכלוסיות בעלי החיים באזור המים הרדודים, כתוצאה מהשינוי בריכוז החמצן?
4. קראו שוב את ההגדרה המקובלת לזיהום ים. האם החזרת מי הים בטמפרטורה הגבוהה מטמפרטורת סביבת מי הים הטבעית, לאחר השימוש בהם לקירור מתקנים בתחנות כוח, יכולה להיות מוגדרת "זיהום ים"? נמקו דעתכם.

המים החמימים, באזור צינורות המוצא של מי הקירור, ליד תחנת הכוח, חביבים על אנשים השוחים בים בשנת החורף. במשימה הבאה, נראה, האם גם בעלי חיים ימיים נמשכים למים אלה.

#### משימה 5.12 : תחנות כוח וחקלאות ימית



עיינו בקטע הבא וענו על השאלות בסופו.

מתוך: אשל, (1999). חקלאות ימית מתפתחת במלוא הקיטור. "ירוק כחול לבן", פורום המשק והכלכלה לאיכות הסביבה.

".....השוחים בים בחודשי החורף נמשכים אל סביבת צינורות המוצא של 'מי הקירור' ליד תחנת הכוח, אזור בו מי הים חמימים מעט יותר. את היתרון הזה 'זיהו' גם כמה מיני דגים. בעקבותיהם הגיעו לאזור דייגים ואחריהם החוקרים, שבדקו את השינוי במארג החיים באתר עקב העלייה בטמפרטורת המים. כלכלנים ומומחי חקלאות ימית מנסים גם הם ללמוד וליישם את יתרונות המים החמים. ענת גלזר, ביולוגית ימית..... מתייחסת בראיון זה לתופעה ולפוטנציאל הניצול של המים החמים לחקלאות ימית-מסחרית.

.....בסקר שנעשה התברר, כי למעלה מ־150 תחנות כוח בעולם, השוכנות לשפת ים או נהר, הקימו אתרי חקלאות ימית ובהם פותחו מגוון גידולים: מינים רבים של דגי מאכל, כגון סלמון, צלופחים, שפמנונים או קרפיונים. גידולים משולבים, בהם הפסולת של האחד משמשת מקור מזון לשני. בבריכה אחת מגדלים אצות, אשר משמשות מזון לדגים הגדלים בבריכה הסמוכה. את המים העשירים בהפרשות הדגים, מעבירים לבריכה שלישית בה גדלות צדפות אשר ניזונות מהפרשות אלה. אצות ים שונות. רכיכות ואפילו צדפות מייצרות פנינים. כמו כן, גידולים מסחריים של מיני סרטנים, כמו הסילונים.

### שאלות:

1. האם הנכם יכולים לשער היכן עובדת המרואיינת בכתבה?
  2. האם מתוך הקטע ניתן ללמוד על בעיה סביבתית כלשהי?
  3. האם, לדעתכם, יש קשר בין התשובות לשאלות 1 ו-2? מה ניתן להסיק מכך?
  4. על סמך הלמידה בפרק זה, כיצד ניתן להגדיר את הבעיה הסביבתית המוזכרת בקטע זה?
  5. באיזו דרך מתכוונת המרואיינת וה"חברה" בה היא עובדת לטפל ב"בעיה הסביבתית"?
  6. האם, לאור הכתבה, ניתן להפוך את "פסולת החום" למשאב בעל ערך? הסבירו תשובתכם.
  7. מה דעתכם על הפיכת פסולת למשאב בעל ערך? ציינו דוגמאות נוספות המוכרות לכם.
  8. קראו שוב את כל קטעי המאמרים בסעיף "זיהום תרמי" וחפשו מידע במקורות נוספים.
- התחלקו לקבוצות של 4-5 תלמידים. כל קבוצה תקבל תפקיד מבין התפקידים הבאים:
- נציגי המשרד לאיכות הסביבה
  - נציגי האיגודים הירוקים (החברה להגנת הטבע, Greenpeace, "אדם טבע ודין" ועוד)
  - נציגי תחנת הכוח
  - מדענים
- דונו בקבוצה ונסחו עמדה מקצועית של בעל התפקיד אותו הנכם מייצגים, בשאלה: "מי קירור המוחזרים לים מתחנת כוח - זיהום תרמי או משאב בעל ערך?"
- בתום הדיון, תציג כל קבוצה את עיקרי הדיון בפני כל הכתה.



## חקלאות יבשתית מודרנית והשפעתה על איכות הסביבה הימית

בפרק קודם בספר זה למדתם על חקלאות ימית. כאן נתייחס לחקלאות היבשתית המוכרת.

התפתחות החקלאות המודרנית אפשרה שימוש בחומרים משפרי צמיחה וחומרים כנגד מחלות ומזיקים. במשימה הבאה, נלמד כיצד משפיעים חומרים אלה על איכות הסביבה הימית.

### משימה 5.13: השפעת החקלאות היבשתית על איכות הסביבה



לפניכם שני קטעים ממאמרים העוסקים בהשפעת החקלאות היבשתית על איכות הסביבה הימית. קראו את שני הקטעים וענו במחברת על השאלות המוצגות בסופם. מתוך: זילברמן, ל. (2000). "תחת זיהומי ים התיכון", "ירוק כחול לבן", פורום המשק והכלכלה לאיכות הסביבה, 2-3.

.... "עם התפתחות החקלאות המודרנית, גבר השימוש בקוטלי חרקים, בכלל ובקוטלי חרקים על בסיס כלור, בפרט. כתוצאה מכך, בשטחים גדולים של אדמה חקלאית, שרוססה בחומרים אלה, הגשמים שוטפים את הקרקע המזוהמת ונושאים עמם את הזיהום למקומות רבים, בין השאר לים. המזהמים נספגים בשרשרת המזון בטבע, החל מיצורים מיקרוסקופיים, המשך באורגניזמים גדולים יותר ומהם לדגים ולעופות ים. בנוסף, מאזורים חקלאיים מופרש לסביבה זיהום, המכיל הרבה חומרי דשן (חומרי הזנה). כמות דשן זו, עולה לרוב על יכולת המיקרואורגניזמים במערכות המים לפרק אותה. עודף הדשן, גורם לפריחה של אצות, אשר במותן מוסיפות למים חומר אורגני. האצות צורכות הרבה חמצן, דבר הגורם להידלדלות החמצן בשכבת המים שמתחתיהן. העדר החמצן גורם למיקרואורגניזמים שונים, המותאמים לחיים ללא חמצן, להתרבות במהירות. יצורים אלה מפרקים אה הדשן, תוך שחרור גזים רעילים כמו מתאן ( $CH_4$ ), ומימן גופריתי ( $H_2S$ ), שריחו קשה מנשוא".

מתוך: אדלר, אליק "כל השפכים הולכים אל הים?", "ים וחופים – מאמרים 2000", אגף ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה:

"כמות עצומה של חומרי הדברה, שרוססו בשדות ובמטעים, שלא "נקלטו" או לא "נוצלו", והושארו בשטח כתוצאה מאחסון לקוי או מהשלכת אריזות ריקות, מוצאים בסופו של דבר את דרכם לים. מי הגשמים שוטפים את חומרי ההדברה הללו (שחלקם אף אינו פריק ביולוגית ועמיד לזמן רב) לתעלות ניקוז, לנחלים, לנהרות ומשם לים. קיימה הערכה, כי כמויות גדולות ביותר של חומרי הדברה מגיעות למי הים לא רק דרך נגר עילי אלא באמצעות הסעה אטמוספרית, כלומר באמצעות גושי אוויר נושאי רסס של חומרי הדברה, הבאים במגע ישיר עם מי הים או מוחדרים אליהם באמצעות משקעים. לדעת כמה חוקרים, תרומת מנגנון הסעה זה לזיהום הים אף עולה על זו של הזרמת חומרי ההדברה לים דרך מי נגר ונהרות. גם כמויות עצומות של חומרי דשן, הניתנים בכמות עודפת, מעל יכולת הצריכה של הגידולים החקלאיים, מוצאים דרכם לים באמצעות נגר עילי. חנקות, זרחות ועודפי עומסים אורגניים, הם הגורמים העיקריים לתהליכי פריחת אצות".

#### שאלות:

1. כיצד גורמת החקלאות היבשתית המודרנית לזיהום מי הים? מנו שני גורמים עיקריים.
2. מהי ההשפעה האפשרית של שני גורמים אלה על הים?
3. האם לאור הקטעים שקראתם, קיימת "אשמה" של החקלאי בזיהום הים? הסבירו דעתכם.
4. האם לדעתכם ניתן להקטין את הנזקים? אם כן, כיצד?

אתרי מידע מומלצים:



ניתן למצוא חומר להעשרה בנושא "חומרי הדברה" באתרים הבאים:  
אתר הספרייה הוירטואלית של המרכז לטכנולוגיה חינוכית: "חומרי הדברה, יציבות, פיזור, זיהום מים, הצטברות בגופם של אורגניזמים, התפשטות חומרי הדברה"

<http://lib.cet.ac.il/Pages/item.asp?item=2709>



- חל איסור להזרים שפכים לא מטהרים לים.
- היתר הזרמה לים ניתן רק במידה ואין פתרון סביר על היבשה והוא מלווה בתנאים מחמירים לגבי הטיפול בשפכים ודרישות לאיכותם.
- כשליש מהשפכים העירוניים של המדינה מטופלים בשפד"ן.
- זיהום תרמי נגרם כתוצאה מהחזרת מים חמים ששימשו לקירור תחנות הכוח ומשפיע לרעה על האורגניזמים הימיים.
- כמות גדולה של חומרי הדברה וחומרי דשן, שלא נקלטו או שנמצאים בעודף, מגיע לים וגורמת נזקים לאוכלוסייה הימית.

## זיהום ים ממקורות ימיים

זיהום הים ממקורות ימיים, נובע מתאונות ימיות, מכליות נפט, מי נטל, מתקנים ימיים כאסדות נפט, השלכת פסולת ושפכים מאניות, חקלאות ימית ועוד.

## זיהומי דלק בים

האם כשהייתם על חוף הים, ראיתם אי פעם גושי זפת שחורים המפוזרים על החוף?  
האם לאחר טיול בחוף הים, קרוב לקו המים, הרגשתם צורך לנקות את רגליכם מהגושים השחורים, שנדבקו אליהם?  
גושים שחורים אלה הנם גושי דלק גולמי המפוזרים בחוף ומזהמים את החול.

### משימה 5.14: זיהום דלק בים - בעיה אקולוגית



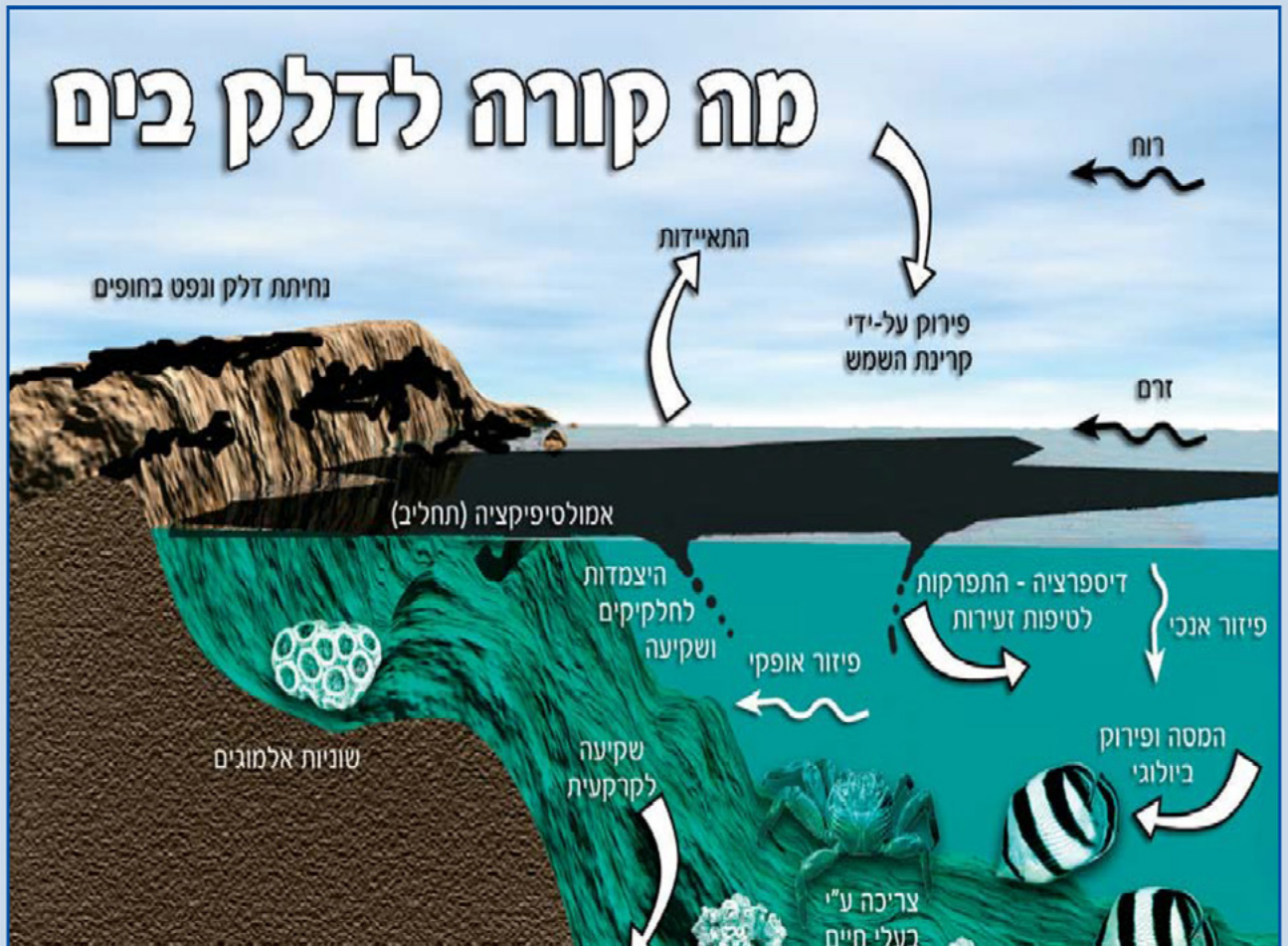
קראו את קטע המידע וענו על השאלות, שלאחריו:

"זיהומי דלק בים מהווים בעיה אקולוגית כלכלית ובריאותית ועשויים לגרום לנזקים סביבתיים כבדים. הדלק מורכב מתרכובות אורגניות רבות. המרכיבים הקלים יותר של הדלק הם נדיפים ומסוכנים בשל היותם רעילים ובעלי תבונות מסרטנות. המרכיבים הכבדים יותר. מסוכנים פחות, אולם הם פחות נדיפים ונשארים זמן רב במקום הזיהום. ברוב המקרים. הסביבה הימית והחופית הנפגעת מהזיהום משתקמת לאחר מספר שנים, הודות לפריקותו הביולוגיה של הדלק. אולם. השפעתו של אירוע רציני בודד עלולה להיות הרת אסון לסביבתו ולכלכלת האזור הנפגע, עיקר הנזקים מזיהומי ים קשים בדלק אינם מתרחשים בלב ים, אלא דווקא כתוצאה מנחיתת הדלק בחופי הים. הנזק למשאבים חופיים, למערכות חיים חופיות ולמים הרדודים עלול להמשך שנים רבות. כמויות גדולות של דלק, הנשפכות לים הפתוח ואינן פוגעות בחופים, עשויות להתפרק בתהליכים טבעיים ולהיעלם מבלי להותיר נזק".

- רון, א. רוזנברג, א. ואדלר, א. (2000) טיפול מיקרוב אלי בזיהומי דלק בים ובחופים. "ים וחופים - מאמרים 2000", אגף ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה.
- אדלר, א. (2000) הגאות השחורה - זיהומי דלק בים ובחופים. "ים וחופים - מאמרים 2000", אגף ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה.
- אדלר, "זיהום הים בשמן עקב טביעת המכלית 'איל'". הביוספרה.

## שאלות:

1. מנו את ההבדלים העיקריים בין מרכיבי הדלק הקלים למרכיבי הדלק הכבדים (התייחסו לבריאות האדם ולסביבה). הציגו את תשובתכם בטבלה, חשבו על הדרך הטובה ביותר להציג אה התשובה בטבלה: מה תכלול הטבלה? כמה טורים? כמה שורות? מהם הנושאים שיופיעו בכותרות, בטורים ובשורות וכו'.
2. היכן יגרמו כתמי שמן נזק גדול יותר - בים הפתוח או בקרבת החוף? הסבירו.
3. מהם לדעתכם, הנזקים לפעילות חברתית-כלכלית הנגרמים מזיהומי נפט בחופי הים? כאשר דלק נשפך לים הוא עובר סידרה של תהליכים כימיים, פיסיקליים וביולוגיים, שחלקם גורם לו להתפרק ו"להיעלם", וחלקם האחר דווקא מגביר את יכולת ההישרדות שלו בסביבה הימית.



4. ציור 5.3, מתאר מה קורה לדלק בים. חלקו את התהליכים המופיעים בציור לתהליכים כימיים, פיסיקליים וביולוגיים. אלו מהתהליכים, לדעתכם, גורמים לדלק להתפרק ו"להיעלם" מהים, ואלו תהליכים גורמים להגברת יכולת ההישרדות שלו בסביבה הימית?



הדרכים העיקריות הקיימות לטיפול בכתמי שמן וניקויים הן:

- לא לעשות דבר - הימנעות מחושבת מטיפול בים, המלחה במעקב.
- שיטות מכאניות - סכירה (מניעת התפשטות) ושאיבה מהים.
- טיפול כימי בכתמי השמן.
- טיפול ביולוגי בכתמי השמן.

אתרי מידע מומלצים:



קטעי העשרה בנושא זיהום ים בנפט, ניתן למצוא באתרים:

אתר ונושא אתר הגיאוגרפיה של בית ספר שיפמן (טירת הכרמל): "פגיעת הנפט בחי הימי, החוק למניעת זיהום הים בנפט".

<http://cshlomi.tripod.com/9a.htm>

"אירועי נפט בים התיכון"

<http://cshlomi.tripod.com/13a.htm>

## חיידקים כלוחמים סביבתיים

בחזית המחקר נוקטים היום בשיטות ביולוגיות, המבוססות על פירוק דלק על ידי חיידקים, ומשמשות לטיפול בזיהומי דלק בחופי הים. בפרק זה נלמד על שיטה לפירוק והרחקת זיהומי דלק.

משימה 5.15: הביולוגיה לשרות והלוחמה בזיהומי דלק



קראו את הקטעים הבאים וענו על השאלות.

הקטעים בפרק זה, עובדו מתוך: רון, א., רוזנברג, י. ואלדר, א. (2000). טיפול מיקרוב אלי בזיהומי דלק בים ובחופים. ים וחופים - מאמרים 2000. המשרד לאיכות הסביבה.

"התרכובות השונות של הדלק מהוות מקור פחמן עבור החיידקים המסוגלים לפרק אותן. אולם, הדלק עני בחנקן, ולכן החיידקים "מורעבים" לחנקן ואינם מסוגלים להתרבות ולטפל בזיהום ביעילות. לכן, על מנת לאפשר התרבות ופעילות של חיידקים מפרקי נפט, יש צורך בהוספה חנקן. הוספת מלחי חנקן מסיסים אינה מהווה פתרון, היות שהם נמהלים מיידית במים ואינם זמינים יותר לחיידקים מפרקי הדלק. על מנת לפתור את בעיית הטיפול בזיהומי דלק, החליטה קבוצה חוקרים מהפקולטה למדעי החיים באוניברסיטת תל-אביב, לפתח תרכובות חנקן שכמעט אינן מסיסות במים ונצמדות אל הדלק. במקביל. חיפשו החוקרים חיידקים עמידים למליחות ולשינויי טמפרטורה, המסוגלים לנצל את תרכובות החנקן האלה כמקור לחנקן, לפרק נפט ולגדול במהירות."

## שאלות:

1. מהם יתרונות הטיפול הביולוגי בזיהומי דלק?
2. איזה "מזון" מפיקים החיידקים מהדלק?
3. איזה מרכיב חסר לחיידקים בדלק? מדוע לא ניתן להוסיפו כמלח מומס במים?
4. אלו תכונות כדרשו לתוספת ה"מזון"?
4. מהן התכונות הנחוצות לחיידקים המשמשים לפירוק הדלק בים? מדוע?

"באוגוסט 1991, בזמן פיתוח הטכנולוגיה לפירוק נפט בשטחים פתוחים, אירע זיהום ים רציני בחופי מפרץ חיפה. מכלית דלק חדישה עגנה מול חופי קריית חיים, והייתה בעיצומו של תהליך דחיפת דלק כבד, מזוט, לחוות המכלים של בתי הזיקוק. במהלך ההזרמה, נקרע אחד מהצינורות הגמישים, המחברים בין המכלית ובין הצינור התת-ימי המוביל אל החוף, וזאת כתוצאה מרשלנות בטיפול בצינור ובאחזקתו. התוצאה – כ- 300 טון מזוט זרמו למימי מפרץ חיפה, ותוך זמן קצר נסחפו על ידי הרוח לעבר החופים. עם אור ראשון התגלה, כי כשמונה ק"מ של החוף, מקרית חיים ועד שפך הנעמן, כוסו בכמויות ניכרות של מזוט, שהמשיך להיפלט לחופים עוד מספר ימים לאחר האירוע.

שטח החוף שזוהם נאמד ב-30,000 מטר מרובע, והדלק חדר עד לעומק של כ- 20 ס"מ. הזיהום גרם לנזקים חמורים ולתמותת יצורים רבים באזור החוף ובמים. הפגיעה הייתה חמורה במיוחד משום שחוף זה משמש שמורת טבע ומקום הטלה לצבי ים, ורבים מהם נמצאו מתים בשטח. תמונת מצב זו חייבה טיפול מידי בשיקום החוף".

## שאלות:

5. האם ניתן היה למנוע את האירוע? כיצד?
6. מה היו תוצאות הדליפה? אלו נזקים נגרמו בעקבותיה?
7. מה היה לדעתכם כיוון הרוח באותו לילה?

"בשלב הראשון נערך ניסוי בשטח קטן של כ-50 מטר מרובע, אליו הוספו חיידקים ומקור חנקן. שטח מקביל שימש כאזור בקרה, ובו לא הוספו חיידקים. הניסוי עבר בהצלחה מרבית, כאשר בשטח שטופל הצטמצם הזיהום בכ-90% תוך שלושה שבועות, בזמן שבשטח הבקרה לא חל פירוק משמעותי של הדלק. לאור ממצא זה, הוחלט לטפל באופן דומה בכל השטח. בזמן הטיפול בשטח, בוצע תיחוח של הקרקע פעמיים בשבוע, וזאת על מנת לדאוג לאווורור הקרקע וערבוב החיידקים, הנפט ומקור החנקן. הדלק פורק באופן מלא לדו-תחמוצת הפחמן, שהתנדף לאטמוספירה ולמים.

## שאלות:

8. מה היה הניסוי ומה הייתה הבקרה? מה חשיבות הבקרה?
9. מה הייתה מסקנת החוקרים?
10. מה הייתה מטרת תיחוח הקרקע? האם תהליך זה הכרחי?

ישראל מחזיקה ב- 12 ק"מ בלבד של רצועת חוף טרופי, מהם 4 ק"מ של שונית האלמוגים הצפונית ביותר בעולם. השונית בנויה ממאות מיני אלמוגים בני אלפי שנים ומאוכלסת ב-900 מיני דגים מוגנים.



### האם כל היופי הזה ייעלם?

"בשנים האחרונות מסתמנת מגמה מדאיגה של הידרדרות המצב. המים הכחולים אבדו מצלילותם והעכירות\* עלתה. אלמוגים, היכולים לחיות רק במים צלולים ונקיים, מתים ויורד קצב ההתחדשות והיצירה של מושבות אלמוגים חדשות. יחד אתם חלה ירידה באוכלוסיות של מינים שונים, הקשורים לשונית.

יש הטוענים, שבקצב הזה ייתכן שבעוד כ-5 שנים האלמוגים ייעלמו לחלוטין מנופה הימי של העיר אילת.

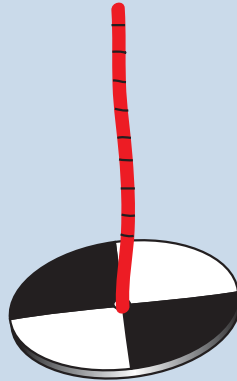
התופעה המדאיגה הזו מיוחסת בעיקר להרעה שחלה באיכות המים במימי מפרץ אילת. לאיכות המים הירודה לא חסרות סיבות: שפכי הערים אילת ועקבה (שטופלו, אך תקלות מתרחשות לעתים), זיהום שמקורו בנמל - שמנים ודלקים, מי נטל של אניות, הפעילות התיירותית האינטנסיבית ועוד... ואולם, כיום, גורמים שונים, מטילים את עיקר האחריות להידרדרות שחלה באיכות המים על החקלאות הימית שבצפון המפרץ, והכוונה לגידול דגים בכלובים תת-מימיים.

\* **עכירות המים**, מקורה בחומרים מרחפים שאינם שוקעים. מקורות מוצקים יכולים להיות חול, בוץ, חרסית, אצות, חומר אורגני הנובע משפכים בשלבים שונים של פירוק וכדומה. במים עכורים חדירת האור קטנה יותר. העכירות במים היא מושג אופטי, ואינה מתייחסת לחומר מסוים, או לריכוז החומרים המרחפים.

על מנת ללמוד את נושא עכירות וצלילות המים, נבצע את המשימה הלימודית הבאה:



1. הכינו דסקית מתכת בקוטר כ- 10 ס"מ, חלקו אותה ל- 4 גזרות שוות וצבעו אותן לסירוגין בשחור ובלבן. במרכז הדסקית נקבו חור קטן והשחילו דרכו חבל ארוך. את החבל קישרו בצידה התחתון של הדסקית (כדאי לקשור משקולת בתחתית הדסקית). על החבל סמנו שנתות בולטות במרחקים קבועים של 5 ס"מ, למדידת עומק המים.



2. הכינו תרחיף חרסית (תרחיף - מים בהם מצויים חלקיקי חומר היוצרים עכירות. חלקיקי החומר מרחפים במים, כלומר, אינם שוקעים ואינם צפים). הוראות להכנת התרחיף: שיקלו 100 מ"ג חרסית, הוסיפו ל- 200 מ"ל מים. השהו את החרסית במים ל-10 דקות הרטבה. לאחר הרטבת החרסית פזרו את החרסית מים בעזרת מיקסר יד, הוסיפו לתרחיף 400 מ"ל מים וערבבו את התרחיף עד לקבלת תרחיף הומוגני (תרחיף בו פיזור החלקיקים אחיד).
3. שלשלו את הדסקית לתוך התרחיף, חשוב שהדסקית תיכנס לתרחיף בצורה אנכית. בדקו את העומק שבו הדסקית "נעלמת" מעינכם. סמנו על גבי הכלי ומדדו את העומק. הגדירו את העומק בו "נעלמה" הדיסקית כ- A.
4. העלו לאט את הדסקית ובדקו את העומק שבו היא שוב נראית. סמנו על גבי הכלי ומדדו את העומק. הגדירו את העומק בו שוב נראתה הדיסקית כ- B. חברו את העומק בו הדסקית "נעלמה" עם העומק בו הדסקית "שוב נראתה" וחלקו לשניים. התוצאה שהתקבלה מבטאת את שקיפות התרחיף.
- $$S = (A+B)/2 \text{ (שקיפות התרחיף)}$$
- כאשר:
- A - העומק בו נעלמה הדיסקית (ס"מ)
  - B - העומק בו שוב נראתה הדיסקית (ס"מ)
  - S - שקיפות (צלילות) התרחיף (ס"מ)
5. חזרו על הבדיקה מספר פעמים, וחשבו את הערך הממוצע.
6. ערבבו את התרחיף ושפכו מחצית מנפחו. במקום הנפח החסר, הוסיפו מי ברז. בדרך זו מהלתם את התרחיף פי 2.



7. חזרו על הניסוי בתרחיף המהול.

8. בתום המדידות, מהלו פעם נוספת את התרחיף פי 2. התרחיף שהתקבל עכשיו הוא מיהול התרחיף המקורי

פי 4. חזרו על הניסוי גם עם תרחיף זה.

9. סכמו את תוצאותיכם בטבלה.

שאלות:

1. מה תוכלו להגיד על הקשר בין עכירות וצלילות?

2. מהי צלילות המים שהתקבלה בכל אחד מהמיהולים?

3. ציירו גרף ממנו ניתן לראות את השפעת המיהול (ציר X) על הצלילות (ציר y).

4. איזה סוג גרף התקבל? מה ניתן להסיק מצורת הגרף?

5. כיצד, לדעתכם, מפריעה העכירות לאורגניזמים הימיים במפרץ אילת?

## כלובי הדגים

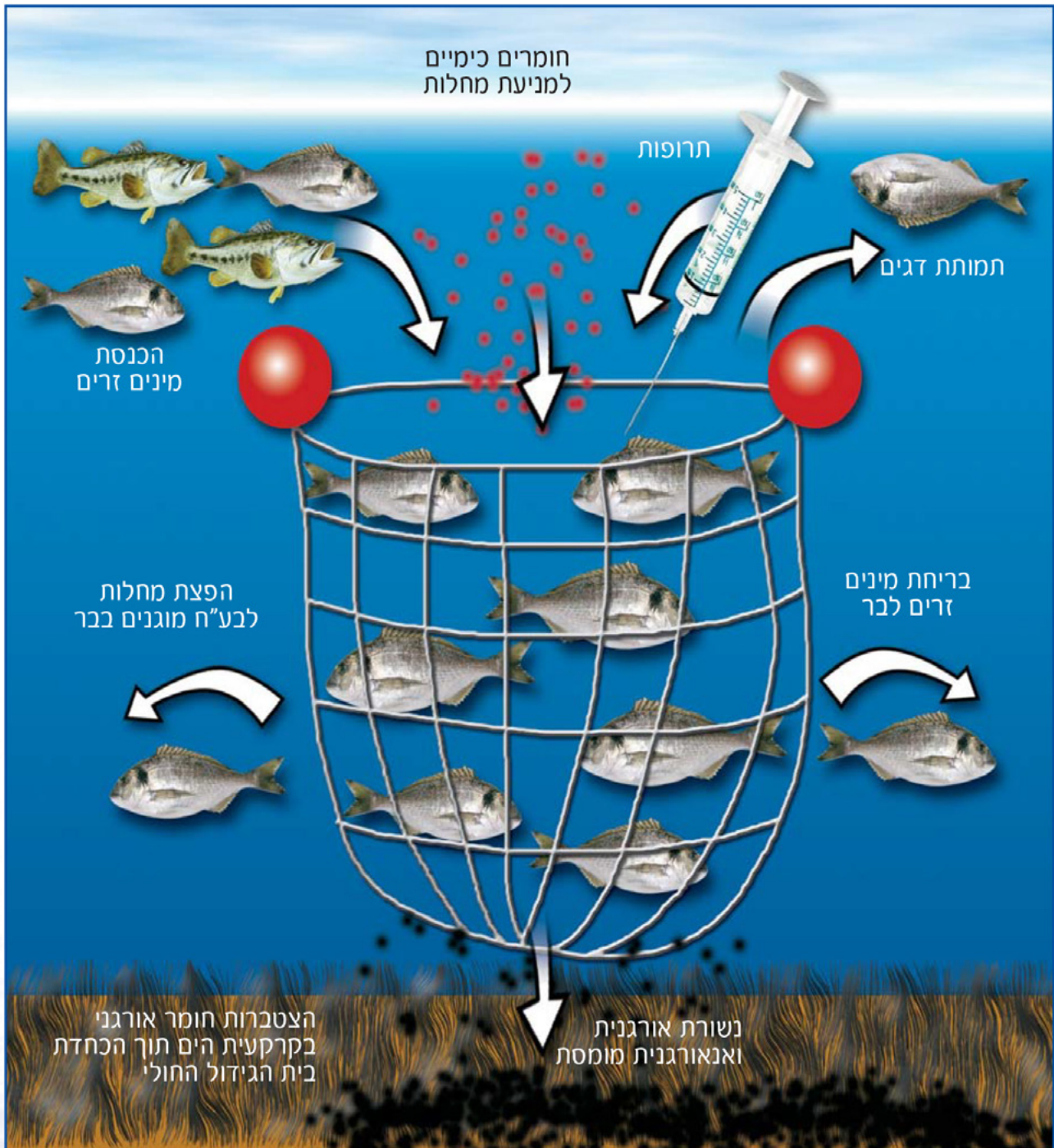
איכות המים במפרץ אילת הידרדרה בשנים האחרונות. אחת הסיבות למצב, לדעת גורמים שונים, היא פעילות החקלאות הימית בצפון המפרץ.



לפני 20 שנה החל שיתוף פעולה מחקרי בין חברת "ערדג" (שותפות של חמישה קיבוצים בערבה) למכון לחקר ימים ואגמים באילת. שני הגופים מצאן דרך לגדל דגי דניס ולברק במי מפרץ אילת. מקורם של שני מיני דגים אלה הוא בים התיכון, והם זרים בים סוף. באמצע שנות ה-80 הוקמו חוות הדגים של "ערדג" ו"דג-סוף". תחילה מוקמו הכלובים בנמל אילת.

- בשנות ה-90 הועברו הכלובים למקומם הנוכחי בחוף הצפוני, והיקף הגידול התרחב. המדד לנפח הגידול או היקף הגידול אינו נקבע על-פי מספר הדגים, אלא על-פי כמויות המזון שמאכילים בהן את הדגים. כיום מזינים את הדגים בכ-4000 - 5000 טון מזון בשנה. המזון עשיר בחנקן ובזרחן. כ-240 טון מהחנקן וכ-50 טון מהזרחן, מגיעים לים הפתוח עם שאריות המזון, הפרשות הדגים, תרופות ותמיסות כימיות מונעות מחלות. כמות הדגים הגדלים בכלובים היא כ-2500 טון דגים בשנה. הדגים גדלים ב-39 כלובים, המחוברים לרפסודה עוגנת, והם תלויים מן הרפסודה מתחת לפני המים. הכלובים נמצאים במרחק כ-700 מטר מהחוף ומגיעים לעומק של 11 מטר. עומק המים באזור זה כ-45-40 מטר.
- הכלובים הוקמו ללא הכנת תכנית והגשתה לוועדה למימי חופין, כנדרש על פי חוק התכנון והבנייה, ועל כן גם מעולם לא קיבלו היתר בנייה.
- המועצה המקומית לתכנון ובנייה של אילת הקצתה לכלובי הדגים שטח חוף לשימוש חורג וזמני. רשות הנמלים והרכבות, שבסמכותה שטחי הים, החכירה שטח להקמת הכלובים עד סוף 2001. כעשרה משרדי ממשלה, הקשורים לתחום, נרתמו לפרויקט - ובסך הכול הושקעו בו כ-100 מיליון שקל.
- באפריל 1998 בוצע תסקיר השפעה על הסביבה מטעם חברות החקלאות הימית. התסקיר קבע שהשפעתן הסביבתית מצומצמת.
  - ביולי 1998 אישר השר לאיכות הסביבה לחברות החקלאות הימית להגדיל את נפח פעילותן.
  - באוגוסט 1999 פורסם מסמך של בכירי המדענים החוקרים את מפרץ אילת שקבע, שכלובי הדגים הם גורם מרכזי בפגיעה בשוניות האלמוגים.
  - בדצמבר 1999 פורסם מסמך נגדי של מומחי המכון לחקר ימים ואגמים, השולל את חוות הדעת של המדענים הנ"ל. המסמך קבע, שכלובי הדגים מזהמים רק את סביבתם הקרובה.
  - בסוף 1999 החליטה הוועדה המקומית לתכנון ולבנייה לא לחדש לחוות את האישור לשימוש חורג בשטחי החוף.
  - בפברואר 2000 ערערו החוות לוועדה המחוזית, וזו נתנה להם אורכה של 18 חודשים על מנת לפנות את השטח (עד יולי 2002). הוועדה קבעה שאם לא יסדירו את מעמדן הקבוע במסגרת תוכנית המ-תאר, לא יקבלו החוות היתר לפעילותן.
  - בדצמבר 2001 פרסמה ועדת מומחים בינלאומית לבחינת המצב הסביבתי במפרץ אילת דו"ח, שאינו ממליץ להוציא את החקלאות הימית מהים, אך קובע שהיא הגורם העיקרי לפליטת כמה סוגי מזהמים.

- בפברואר 2002 המליצה המועצה הארצית לתכנון ובנייה לאשר תוכנית מתאר לחופי אילת (תמ"א 13), שעל פיה לא תהיה פעילות של כלובי דגים בים.
- בפברואר 2002 הכין שר הבריאות הצעת החלטה הקובעת, שהחקלאות הימית תועבר באופן הדרגתי לפעילות ביבשה.
- בפברואר 2004 כלובי הדגים עדיין בים והוויכוח הציבורי נמשך.







במשימה הבאה נתוודע לקונפליקטים הרבים ולאינטרסים הרבים המעורבים בסיפור "כלובי הדגים". באמצעות משחק תפקידים. במשחק התפקידים יערך דיון כדי לקבוע מה היא מידת הפגיעה של כלובי הדגים במפרץ אילת. לצורך ביצוע המשימה התחלקו לקבוצות של 3-5 תלמידים. כל קבוצה תייצג קבוצת עניין בנושא: משרד החקלאות, משרד הבריאות, המשרד לאיכות הסביבה, מגדלי הדגים בכלובים, תיירנים מאילת וסביבתה, תושבי העיר אילת. קבוצה נוספת תהיה ממונה על עריכת הדיון.

## מהגרים "בלתי חוקיים"

"עולים חדשים", "מהגרים", "תושבים בלתי חוקיים", "מתאזרחים חדשים".... מי אלה?

בפרק זה ובמשימה הבאה נכיר את דרכי ההגירה השונות לארץ של אורגניזמים חיים ואת האוכלוסיות הימיות הללו, שמוצאן איננו בים התיכון, אלא הגיעו מימים ואוקיינוסים שונים בעולם, בדרכים שונות והתאזרחו בחופינו.



קראו את קטעי המידע וענו על השאלות.

בשעות בוקר מוקדמות, נפרקים אל רציף מעגן הדייגים בנחל הקישון ארגזים גדושים בסרטנים, ששריונם מרושת ירוק-כחול וצבתותיהם כתומות. מעדנים מבוקשים במסעדות היוקרה. אלה הם 'השייטים הכחולים' - סרטנים, שמוצאם בצפון אמריקה. אשר התאזרחו בחופינו.



### שאלות:

1. כיצד, לדעתכם, ביצעו הסרטנים "עליה" לארץ? חשבו, באלו דרכים יכולים יצורים ימיים לעבור דרך ארוכה כל-כך.
2. האם, לדעתכם, קיימת בכלל בעיה ב"הגירת" בעלי חיים וצמחים ימיים? אם כן מהי? האם קיימים יתרונות בהגירה כזו? אם כן מהם? הסבירו את תשובותיכם.



"כבר בתחילה המאה הנוכחית חצה 'השייט הכחול' את האוקיינוס האטלנטי, מצא דרכו אל נמלי אירופה ובשנות החמישים אף הגיע למפרץ חיפה. לאחר שהתנחל שם, פתח השייט הכחול 'סניפים' גם בשפך נחל אלכסנדר, שפך הירקון.....

למרות שמו, לא חצה 'השייט הכחול' את האוקיינוס האטלנטי בכוחות עצמו. הוא הגיע לחופינו בנוסע סמוי, במי הנטל של האניות. מי נטל הם מים שממלאים בחלל התחתון של כלי השייט, כדי לאזן אותו ולהנמיך את מרכז הכובד שלו ועשויים להווה עד כדי 35% ממשקלו. הגידול בנפח כלי השייט ובמספרם מאז שנות ה-50, משמעו גידול בנפח מי הנטל המוסעים בנתיבי השייט.

המסרקנית, הקרובה למדוזות, הניזונה מביצי דגים ומדגיגים צעירים, הגיעה מהחוף המזרחי של צפון אמריקה לנמלי הים השחור בתחילת שנות ה-80.



"המסרקנית התרבתה במהירות בחוף התורכי של הים השחור וגרמה בין השנים 1938 - 1990 לירידה של 85% בשלל הדייג. הנזק נאמד ב-250 מיליון דולר. כיום מהווה המסרקנית עד 95% ממשקל החי בים השחור. ב-1992 היא נצפתה בים התיכון, בדרום מזרח טורקיה. הסכנה הנשקפת לעולם החי המקומי בהגירה כזו היא גדולה. מושבות "מהגרים" בלתי חוקיים אלו עלולות לחולל שינויים קיצוניים ובלתי הפיכים במבנה האוכלוסייה הימית המקורית, כתוצאה מטריפה, תחרות, דחיקה או בגלל אפשרות כניסתם של טפילים אך גורמי מחלות למערכת. גם בעל חיים שאינו מזיק לסביבתו המקורית, עלול לעבור באזור החדש שלב של התפרצות רבייה ולדחוק בעלי חיים מקומיים."

### שאלות:

3. לאחר קריאת הקטע האחרון, האם ברצונכם לתקן את תשובתכם לשאלה 2? תנו דוגמאות מתוך הקטע, למקרה בו "הגירת" בעלי חיים וצמחים ימיים מהווה בעיה ולמקרה בו נראה שיש יתרון בהגירה.

4. כיצד, לדעתכם, ניתן לפתור את בעיית הגירת האוכלוסיות הימיות באמצעות מי הנטל?

"מאז יצא האדם אל הים בכלי שייט. הוא מעביר עמו בנתיבי הספנות בעלי חיים וצמחים. מרבית החי והצומח הימי מופצים שלא בכוונה תחילה. שני מדענים אוסטרלים, סיננו את מי הנטל של ספינות מהמזרח הרחוק. שעגנו בנמלי אוסטרליה, ומצאו בהם, בתקופה של שנתיים, 100 מינים שונים של יצורים ימיים. במחקר דומה, שנערך במדינת אורגון, שבצפון מערב ארה"ב, נצפו בתקופה של שלוש שנים 400 מינים, ש"תפסו טרמפ" במי הנטל."

#### שאלות:

5. חשבו, אלו תכונות צריכות להיות לבעל חיים ימי, שעבר מסביבה ימית אחת לאחרת, כדי שיצליח להתאקלם באזור החדש?

6. אלו תכונות צריכות להיות לסביבה הימית החדשה, הקולטת, כדי שבעל החיים הימי יצליח להתאקלם?



"האצה הרעלנית" שלוחית דמוית עלים", שזכתה גם לכינויים "האצה הקטלנית" ו-"יצרנית קוקטייל הרעלים הימיים", טרם הגיעה לחופי ישראל, אך חדירתה למימי הים התיכון בשנים האחרונות והתפשטותה במהירות לאורך חופיו, תוך הרעלת סביבתה, מאיימת גם על חופינו.

התברר שאין קשר בין קצב התפשטותה של השלוחית ובין איכות המים - האצה מתפשטת במי ים נקיים ובמים מזוהמים באותו קצב.

החוקרים זיהו 9 מיני רעלנים המיוצרים על ידי אצה זו. רעלנים אילו דוחים בעלי חיים זעירים, החיים בקרבת הצמח ואולי אף ממיתים אותם.

באופן כזה חל שיבוש בכל שרשרת המזון בסביבת מושבות האצה, שגורם להיעדרותם המוחלטת כמעט של דגים, סרטנים ושלבים נוספים בשרשרת המזון.

כתוצאה מכך, יורדים מגוון המינים ומספר הפריטים, הן של בעלי החיים והן של האצות האחרות, באזור מושבות השלוחית, דבר הגורם לפגיעה בכל סביבת החיים הטבעית באזורים אליהם חודרת האצה. עד כה לא זוהו סיכוני הרעלה לאדם כתוצאה מהתפשטות האצה. בנוגע לאופן חדירת האצה ישנן כמה סברות. בין השאר משערים שחלקי אצה הועברו במי נטל של אוניות, או שנדבקו לחלקים שונים של כלי שייט. אולם, הסברה הרווחת בין המדענים היא שאצה זו הגיעה לים התיכון כתוצאה משפיכה, ישירה או דרך מערכת הביוב המקומית, של שאריות אקווריום טרופי שבו גודלה במוזיאון הימי במונקו או באקווריום חובבים. כנראה מניקוי אקווריום כזה והשלכת שאריותיו, יצרו את הבעיה הנחשבת כיום כמפחידה ומאיימת ביותר בעיני שומרי טבע ואיכות הסביבה סביב כל חופי הים התיכון.

#### שאלות:

7. מדוע בעיית ה"שלוחית דמוית עלים" נחשבת כיום לאחת הבעיות המאיימות ביותר בעיני שומרי טבע ואיכות הסביבה סביב כל חופי הים התיכון?
8. האם לדעתכם ניתן היה לחזות את הבעיה? האם "פשעו" חובבי האקווריומים הטרופיים? חשבו על דוגמא בה חל איסור העברת חי או צומח בין גבולות.

"בשנת 1869 נחנכה תעלת סואץ, אשר נבנתה על-ידי הבריטים לשם קיצור הדרך מאנגליה למושבות בדרום אפריקה ובהודו. התעלה תוכננה ע"י המהנדס הצרפתי פרדיננד דה לספס ונחפרה במשך כ- 10 שנים על-ידי פועלים מצריים. התעלה מקשרת את הים התיכון לים סוף ולאוקיינוס ההודי - שני גופי מים השונים מאוד זה מזה. בהשוואה להגירה עם מי הנטל, הייתה פריצת תעלת סואץ מעין פתיחת "כביש מהיר" למעבר אוכלוסיות ימיות. למרות שניתן היה להניח, שהחשיפה ההדדית שנוצרה תגרום למעבר בעלי חיים בשני הכיוונים, הסתבר עד מהרה, שהמעבר וההתנחלות הם כמעט חד כיווניים - מים סוף אל הים התיכון. ההופעה של הגירת בעלי חיים ימיים מים סוף לים התיכון נקראה "הגירה לספסיאנית" על שמו של דה לספס. קרוב ל-300 מינים. מהגרים מים סוף, התיישבו בחוף הים תיכוני של ישראל וייסדו אוכלוסיות משגשגות. ה"מהגרת" הידועה ביותר, היא המדוזה "חוטיה נודדת", אשר הגיעה לחופינו. היא מתרבה בקיץ ומהווה מטרד בעת הרחצה בים."

9. כיצד תסבירו שההגירה היא חד כיוונית, מים סוף לים התיכון?  
(חשבו על תשובתכם לשאלה 6).
10. הציעו 3 שאלות מרכזיות, אותן כדאי לחקור, בנושא הגירת דגים דרך תעלת סואץ.
11. מהם, לדעתכם, הקשיים הכרוכים במחקר מסוג זה שהצעתם?  
\* קטעי המידע במשימה זו מעובדים:  
גליל, ב. (1996). הפלישה הימית הגדולה. "ירוק כחול לבן", פורום המשק והכלכלה לאיכות הסביבה.  
גולני, ד. (1994). הסינדרום הלספסיאני, טבע הדברים גליון ד.  
אדלר, א. (1995). האצה הרעלנית "קאולרפה טקסיפוליה (שלוחית)". הביוספרה יוני-יולי.

## למדנו כי:



אוכלוסיות של אורגניזמים ימיים היגרו בדרכים שונות אל מימי הים התיכון ומחוללים שינויים במארג המזון.

## שימושי רצועת החוף בישראל

"הלחץ על רצועת החוף בישראל הולך וגדל. הערך הכלכלי של כל מטר חוף שווה היום 200 אלף דולר, והיזמים מתקשים להתאפק. גם הצבא מגדיל את הנתח שלו" (דליה טל, גלובס, 27-28 מאי 2003).

מדו"ח חופי ישראל, שהוגש לשרה לאיכות הסביבה, השרה יהודית נאות, בחודש מאי 2003 על ידי פורום הארגונים הירוקים שלה, כי אורך חוף הים בישראל הוא 197 ק"מ, כחופי לבנון וסוריה. לעומת זאת, הוא קצר בהרבה מחופי צרפת (3427 ק"מ), ספרד (5946 ק"מ) ומדינות אחרות. מתוך 197 ק"מ חוף סגורים בפני הצימר 49 ק"מ, מהם 31 ק"מ לצורכי צבא ו-19 ק"מ לצורכי תשתית.

במושג "שימושי קרקע" מתכוונים לגורמים שונים או צורות שונות לשימוש בקרקע, כגון: בתי מלון (תיירות), חקלאות, שטח בנוי, כבישים, שמורות טבע, שטחים פתוחים וכד'. כאשר מתכננים פרויקטים לפיתוח, או כאשר מתכננים את מראהו ודמותו של אזור בארץ, מתייחסים לשימושי הקרקע השונים.

במשימה הלימודית הבאה נכיר את שימושי הקרקע לאורך החוף וננתח את זיקתם לים.





במשימה שלפניכם מצוויים, לצד השאלות השונות, גם קטעי קריאה הלקוחים ממאמרים שונים.

התחלקו לקבוצות, בצעו את המשימה תוך התייעצות ביניכם וענו על השאלות הבאות.

1. הסתכלו במפת "חופי ישראל - תוכניות פיתוח" הנראית באיור 5.4. רשמו מה הם שימושי הקרקע לאורך רצועת החוף?
2. הצביעו על שימושי קרקע נוספים המוכרים לכם לאורך רצועת החוף (כאלה שלא מצאתם במפה).
3. סווגו את שימושי הקרקע שמצאתם (בשאלות 1 ו-2) לשימושים שיש להם זיקה לים ולכאלה שאין להם זיקה לים (לדוגמא: בסיס חיל הים, מעגן דיג - בעלי זיקה לים, בית מגורים, מפעל תעשייה - ללא זיקה לים).
4. מהן ההשפעות על הסביבה של כל אחד משימושי הקרקע שמצאתם?
5. משחק תפקידים - אתם יושבים בוועדה המתכננת תכנית מתאר לרצועת חוף בתולית, בה הטבע לא נפגע והאזור עדיין לא מיושב. עליכם לקבל החלטה, אילו משימושי הקרקע שמצאתם בסעיף 1 לאשר ואילו לדחות. הסבירו את עמדתכם באמצעות עובדות, עדויות, נתונים.
6. היכן תמקמו את שימושי הקרקע השונים? הסבירו.



"תוכנית המתאר הארצית לחופי הים התיכון", המכונה תמ"א 13, אשר אושרה בשנת 1983, השפיעה יותר מכל תכנית אחרת על עיצוב קו החוף בישראל. תכנית זו ראתה כבר לפני כ-20 שנה את הפוטנציאל של חוף הים, וניסתה לייעדו לשימושים הראויים לו, ולמנוע שימושים שאינם דורשים קירבת חוף. תמ"א 13 היא זו שייעדה את עתודות הקרקע הטובות ביותר לאורך החוף עבור השימוש הראוי - תיירות, היא גם זו שטבעה את המושג 'רצועת ה-100 מטר' - "הוראות בדבר איסור של הקמת מבנים במרחק של 100 מטרים לפחות מקו פני המים העליון".

7. לאחר קריאת הקטע האחרון והתבוננות בתמונות המלוות ומתוך הכרות עם קו החוף, האם לדעתכם מקיימים בישראל את הגדרת "רצועת ה-100 מטר"? הסבירו! את עמדתכם.

# חופי ישראל – תכנית פיתוח



חומר נוסף להעשרה בנושא שימושי הקרקע לאורך החוף בישראל, נמצא באתרים הבאים:  
אתר הגיאוגרפיה של בית ספר שיפמן (טירת הכרמל), "מבנה ופיתוח החוף בישראל"

<http://cshlomi.tripod.com/12a.htm>



סקר מקיף שהוכן על-ידי אגף תכנון ואגף ים וחופים במשרד לאיכות הסביבה, קובע, כי כמאה קירות, גדרות ומתקנים לאורך החופים אינם חוקיים ופולשים אל מעבר לקו 100 מטר מן החוף. הסקר מציג עשרות תוכניות פיתוח הרסניות לחופים, שנמצאות בהליכי אישור שונים בוועדות השונות. בינוי שנוי במחלוקת, שזכה לכינוי "מחטפי החופים" בפרויקטים 'סי אנד סאן', מרינת הרצליה, או מגדלי חוף הכרמל, כבר זכו לחשיפה תקשורתית נרחבת והתרחבותם הופסקה בצווי בית-משפט. אולם גורמי נדל"ן ממשיכים ללטוש עיניים אל היפים בחופי ישראל. ההגדרה, 'רצועת ה- 100 מטר', חושבה בצורות שונות, לעיתים ציניות, על ידי גורמים שניצלו את העובדה שקו המים אינו קבוע לאורך שעות היממה.

".....בין השאר סימנה התמ"א (תכנית מתאר ארצית) על המפה 14 מעגנות (רציפי עגינה). המעגנה המאפשרת בנייה של מבני תיירות ונופש על קו המים, הייתה בדיוק הפרצה שקראה לראשי ערים וליזמים להגמיש מעט את ההגדרות ולהפוך "מעגנה" – ל"מרינה", ו"דירות נופש" – ל"דירות מגורים", הנמכרות במיליונים. בעקבות התערבות הגופים הירוקים, הוקפאו כמה תוכניות בנייה."

חלק ניכר מהמבנים ברצועת החוף הוקמו ללא היתר. אחת השפעות האופייניות היא תופעת "הסיפוח הזוחל", שמתחיל בהיתר לקיוסק, ההופך למסעדה ולאחר מכן לגן אירועים. למרות שלקיוסק הגדרות ברורות, מעלימות הרשויות עין ומאשרות הקמתם של מבנים גדולים בהרבה בחוף הים. הדוגמה הבולטת לכך הינה ה"קיוסק" באשדוד, אשר 'צמח' לגובה של ארבע קומות.

גידור רצועת חוף: במסמך המדיניות למימי החופין של ישראל נכתב: "...יש לאפשר נגישות של הציבור אל חוף הים ואל מימי החופין וכן לאפשר מעבר חופשי של הציבור הרחב לאורך שפת הים ובמקביל לה במים, לצורך מיצוי זכות השהייה, הבילוי, הנופש והפנאי.....נגישות הציבור הרחב לשפת הים היא ערך שיש לשמור עליו. אין לאפשר לשום גוף פרטי או ציבורי למנוע מהציבור את הנגישות והשימוש בשפת הים....." (מתוך "מימי החופין של ישראל - מסמך מדיניות").

היזמים בפרויקט 'כפר הים', בחוף גבעת אולגה, החליטו לסגור לעצמם 'חוף פרטי' בניגוד לחוק. הם בנו מערך חומות בטון וגדרות גבוהות, הכוללות שערים חשמליים. החוף נחסם משלושת עבריו היבשתיים. ....מאבק ציבורי ומשפטי במקביל, הוביל להסרת הגדרות הגבוהות אשר הוקמו בדרך לא חוקית וחסמו את המעבר החופשי לאורך החוף.





1. כיצד תגדירו אתם את 'קו פני המים העליון'?
2. מה דעתכם על הביטוי "שוד חופים"?
3. מי לדעתכם הגורמים, אשר עלולים לאיים על שארית החופים הפתוחים בישראל?
4. הציעו רעיון כיצד למדוד את 'רצועת ה-100 מטר'?
5. כיצד עקפו יזמים שונים וראשי ערים את ההגדרה 'רצועת ה-100 מטר'? תנו דוגמאות מהשטח.
6. מדוע לדעתכם נגישות חופשית של הציבור לחוף צריכה להיות ערך וקו מנחה בתכנון?

## החול הולך ונעלם

אחד המקומות האהובים עלינו בימי הקיץ החמים, הוא חוף הים. זיכרונות של חוף ים מעלים בדמיוננו משחקי ילדות שונים: בניית ארמונות חול, משחקי כדור ומטקות, הליכה ברגלים יחפות על החול הרך ועוד. כל זה מצטמצם והולך במציאות של ארצנו. האחריות לכך מוטלת עלינו, אנחנו, בעצמנו, גורמים לעצירת זרימת החול הטבעית, להתמוטטות מצוקי הכורכר, לכרסום החוף, ובסופו של דבר, בעתיד... אולי להעלמות החוף.

המשימה הבאה מסבירה כיצד האדם, במו ידיו, משתתף בפגיעה בחוף.

## משימה 5.21: האדם תורם להרס החוף



קראו את קטעי המאמרים הבאים וענו על השאלות, המופיעות בין הקטעים.

רוחות וגשמים שסערו לפני אלפי שנים באזורים ההרריים בסודן ובאתיופיה, גרמו לבליה ולסחיפה של חלק משכבות הסלע. זו הייתה תחילתו של מסע נדודים ארוך, שבסיומו עוצב מחדש אזור המרוחק אלפי קילומטרים משם: אזור החופים של סיני וישראל התכסה בחולות, שנהפכו לאחד מחומרי הבנייה העיקריים במקום.

במשך אלפי שנים נשטפו מההרים במזרח אפריקה חלקיקי קוורץ, שזרמו עם יובלי הנילוס אל הנהר עצמו, ומשם אל הדלתא של הנהר בחוף הים התיכון, שם הם נערמו, הקוורץ נשטף ונשחק וקיבל צורה כדורית - אלה חלקיקי החול שאנו מכירים.

השלב הבא במסע גרגירי החדל היה, כאשר הם נשטפו באמצעות רוחות וגלי ים מהדלתא של הנילוס



ונעו עם זרמי הים מזרחה וצפונה, לכיוון סיני וארץ ישראל. גלי הים קירבו אה החול אל החוף, שבו הוא הצטבר, התייבש ונישא ברוח אל תוך היבשת. תהליך היערמות החולות היה יכול להימשך ללא הפסקה עד היום, באופן בו הדלתא של הנילוס הולכת ומתרחבת, והחופים בסיני מקבלים אספקת חול בלתי מוגבלת. אולם, האדם שינה את המאזן העתיק הזה, בנצלו את משאבי הטבע הקשורים בהיווצרות החולות.

## שאלות

1. מתוך קריאת הקטע וידע כללי על שימוש בחול, נסו לשער כיצד האדם שינה את מאזן החולות במהלך "מסע גרגירי החול"?
  2. למה הכוונה במושג "מאזן חולות"? מה זה מאזן חולות חיובי ומאזן חולות שלילי?
  3. כיצד השתנה מאזן החולות באזור, ואיזו מדינה/מדינות גרמה/ו לשינוי?
  4. אילו משאבי טבע, הקשורים בהיווצרות החולות, נוצלו? כיצד?
  5. האם, לדעתכם, שינוי זה במאזן החול משפיע בימים אלה על חופי ישראל? הסבירו.

השינוי בשנים האחרונות ממאזן חול חיובי לשלילי, בחופי ישראל, נובע משתי סיבות מרכזיות, מעשה ידי אדם:

1. גידול קצב כריית החול עם העלייה בקצב הבנייה - כבר מראשית ההתיישבות הציונית, שמשו החולות כחומר גלם חיוני לייצור בטון. במטר מעוקב אחד של בטון המיוצר בישראל, יש כ-450 קילוגרמים של חול. כריית חול וזיפזיף (חול עשיר בשברי קונכייות) נעשתה בעבר בחופים וגרמה להרס ניכר שלהם. רק כשליש מחולות החוף בישראל, ששטחם הכולל היה כ-370 אלף דונם, נותרו במצבם הטבעי. צריכת החול בישראל היא כ-12 מיליון טונות בשנה. עד שנת 2020, צפויה הכמות לעמוד על כ-20 מיליון טונות בשנה. בשלב זה נותרו עדיין זמינים בפועל לכרייה כ-25 מיליון טון בלבד, מרביתם במישור החוף הדרומי, בין ראשון-לציון ורצועת עזה. הערכות מדברות על כך כי עד שנת 1964, כאשר הכרייה נאסרה, נעלמו כתוצאה מפעילות הכרייה כ-10,000,000 מטרים מעוקבים של חול מהמערכת החופית. בשנים האחרונות נגרמו נזקים נוספים על ידי "גנבי חול", שכרו חול ללא בקרה, גם בשטחים המוגדרים כמוגנים.

11. הקמה המבנים הימיים (שוברי גלים, נמלים, מעגנות וכדי) - לאורך חופי הים התיכון של ישראל כ-50 מבנים ימיים. מרביתם הוקמו החל משנות ה-60. כל מבנה כזה מתערב בתהליכים החופיים הטבעיים, בעיקר בכך שהוא מונע מהחול לנוע במסלולו הטבעי. כיוון שבדרך כלל החול נע צפונה, הוא נלכד בצדו הדרומי של המבנה ואינו ממשיך צפונה. הערכות מדברות על כ-10 מיליון מטרים מעוקבים של חול אשר נלכדו על ידי מבנים ימיים, 4.5 מיליון מטרים מעוקבים מתוך אלו נלכדו, בנמל אשדוד, שהוא המבנה הימי הגדול ביותר בתופי ישראל. כתוצאה מבניית הנמל, החוף הדרומי של אשדוד התרחב מאז שנות השישים במאה מטרים לאורך רצועה של שני קילומטרים והצטברו בו מיליוני מטרים מעוקבים של חול. אנשי מקצוע סבורים, שהארכת שובר הגלים, המתוכננת בנמל אשדוד, תהווה חסם מוחלט לזרימת החול לאורך החוף ותחסל אחת ולתמיד את אספקת החול לחופי מרכז וצפון הארץ, גם החוף של תל-אביב התרחב בשבעים מטרים כתוצאה מבניית שוברי גלים, שהביאו להצטברות חול בין השוברים לקו החוף.

## שאלות

6. מהי הבעיה המוצגת בשני קטעי המידע האחרונים?
7. מהם שני הגורמים העיקריים לבעיה?
8. כיצד לדעתכם ניתן לפתור את הבעיה (התייחסו לשני הגורמים)?
9. הביעו דעתכם: במידה ולא תטופל הבעיה, למה עלול לגרום, בסופו של דבר, המחסור בחול?
10. האם לדעתכם ניתן לספק את החול, הנאגר דרומית לנמל אשדוד, לבנייה? הסבירו.

זה שנים שמומחים לאיכות הסביבה ולשימור חופים ממליצים על הזנת חול מלאכותית של חופים. לאור הנזקים שיגרמו הקמת הנמל החדש בעזה והרחבת הנמל המתוכננת באשדוד, רשות הנמלים הישראלית והרשות הפלשתינית התחייבו להזין את החופים בחול. במסגרת ההסכם הישראלי-פלשתיני להקמת נמל עזה, נקבע כי מדי שנה תעביר הרשות הפלשתינית 350,000 מטר מעוקב של חול הנמצאים מדרום לנמל, אל חופים הנמצאים מצפונה לו. בישראל, התחייבה רשות הנמלים להעביר מדי שנה כ-180,000 מטר מעוקב חול שנמצאים בדרום נמל אשדוד אל שטח שמצפון לנמל, זאת במסגרת תוכנית מתאר להרחבה נמל אשדוד, הכוללת הארכה ניכרת של שובר הגלים והקמת מחסנים ורציפים. גורמים בישראל אומרים שההסכם עם הפלשתינאים משביע רצון, ואולם, המבחן האמיתי יהיה מבחן הביצוע.



11. בעקבות קריאת הקטע האחרון, מהו הפתרון למאזן החול השלילי, הנוצר כתוצאה מהקמת המבנים הימיים? האם על פתרון זה חשבתם בשאלה 8?
12. בקטע האחרון מוצגת דוגמא לכך שבעיה סביבתית חוצה גבולות. הסבירו.
13. הציעו דוגמא נוספת לבעיה סביבתית החוצה גבולות.
14. מהם הקשיים בעובדה שבעיות סביבתיות חוצות גבולות?

קטעי מידע במשימה זו:

צפריר רינת, "כדורי הבדולח הנעלמים", עיתון הארץ, 6.4.01.

צפריר רינת, "החול אוזל, אבל ברשויות המקומיות ממשיכים לתכנן מרינות", עיתון הארץ, 25.12.99.

עו"ד דן ליברטי, "שעון החול אוזל", ירוק כחול לבן, פורום המשק והכלכלה לאיכות הסביבה, 1999.

החברה להגנת הטבע, "המשאב החולי - חול הולך ונעלם".

צפריר רינת, "הנמל שייבנה בעזה עלול להחריף נסיגת החופים בישראל, הפלשתינאים יעבירו את חולות הים

צפונה", בעיתון הארץ, בתאריך 25.9.00.

גיל מועלם דורון, "סוף החוף", "ים וחופים - מאמרים 2000", אגף ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה, 2000.

למדנו כי:



- רשויות ויזמים פרטיים אינם שומרים על החוקים המחייבים שימוש בקרקע רק על-פי היעדים שנקבעו לה כחוק.
- שינוי במאזן החול משפיע לרעה על חופי הארץ.

האם רצועת החוף הקטנה שנותרה לנו צריכה לטבוע תחת ערמות אשפה? מה מידת האחריות האישית שלנו לניקיון החופים? המשימה הבאה עוסקת במרכיבי האשפה בחופי הים ובהשלכות המפגע.

### משימה 5.22: אשפת בחופים.



התחלקו לקבוצות, ודונו בשאלות הבאות, ללא הסתמכות על מקורות עזר. רשמו תשובותיכם.

1. מהו מקור האשפה בחופים?
2. מהם מרכיבי האשפה הנפוצים?
3. הרבה אנשים, הזורקים שיירי ירקות ופירות בחוף, אומרים: "לא נורא, זה זבל אורגני!" האם הם צודקים? האם זבל אורגני מזהם את החוף?
4. נחשו/שערו כמה זמן ייקח לכל אחד ממרכיבי האשפה, להתפרק, או כמה זמן ייקח לחוף "לנקות את עצמו" מכל אחד מהמרכיבים? הכינו רשימה של המרכיבים וזמן ההתפרקות המשוער שלהם.
5. מהן הבעיות הנגרמות כתוצאה מאשפה בחופים?
6. כיצד ניתן לפתור את בעיית האשפה בחופים? הציעו מספר הצעות.
7. האם ניתן לפתור לחלוטין בעיה זו?
8. עתה קראו את הקטעים מתוך המאמר הבא. בסיום הקריאה ענו שוב על כל השאלות (7 - 1).
9. בדקו את ההבדלים בין תשובותיכם לפני הקריאה ולאחריה. האם הערכתם נכון את הבעיה? הסבירו.
10. האם, לדעתכם, קריאת הקטע תשפיע על התנהגותכם בחוף הים? הסבירו.

"הפסולת המגיעה לחופי ישראל אינה יודעת גבולות וכוללת לעתים קרובות גם אריזות ריקות שהגיעו מלבנון, מטורקיה מיוון ועוד. משטחי עץ וקורות המושלכים מאוניות בלב ים מוצאים דרכם אל החוף הישראלי.

לא ניתן להאשים רק את שכנינו ב"תרומתם" למצבורי האשפה הנערמים בחופינו. בעוד שרוב האשפה המגיעה לחופי האוקיינוס השקט והאוקיינוס האטלנטי מקורה בבלי שייט המסלקים אשפה לים, למעלה ממחצית מכמות האשפה בחופי ישראל, מקורה ברוחצים ובנופשים.

במיון מדגמי של אשפה שנאספה בחוף נמצאו המרכיבים האלה:

68% פרטי פלסטיק – שקיות, אריזות חומרי ניקוי, בקבוקי משקה, כלי אוכל חד פעמיים וכדי.

7% חומרי מתכת – פחיות שתייה, קופסאות שימורים, מכלי תרסיס וכד'.

8% פרטי זכוכית – בקבוקים, נורות וצנצנות.

7% חלקי עץ שונים.

10% פרטים אחרים – חבלים, נייר, קרטון, חלקי לבוש, ספוגים וכו'.



בחורף 1997 נפלטו לחופי הארץ, בין ראש הנקרה לאשקלון, כמויות גדולות של מכלי פלסטיק, המכילים חומר הדברה חקלאי. לא ניתן להעריך מהו הנזק שנגרם לחי ולצומח הימי, כתוצאה מאותם מכלים פתוחים, שתכולתם הגיעה לים.

”לא נורא, זה זבל אורגני!”, זהו אחד מהסברי הכיסוי ומהתירוצים הנפוצים ביותר להשארת אשפה בחוף. אז קודם כל, גם חומר אורגני הוא אשפה ומהווה מפגע בחוף הים. עובר זמן רב עד שחומר אורגני ככל שיהיה, מתפרק ונעלם. שאריות מזון, קליפות וכו’ מתפרקות רק לאחר מספר שבועות, לרוב מרכיבי האשפה שנמצא בחוף הים, יידרשו שנים רבות לפני שיתפרקו. בטבלה 5 מוצג משך הזמן המשוער שיעבור עד שכל אחד ממרכיבי האשפה, יתפרק בטבע:

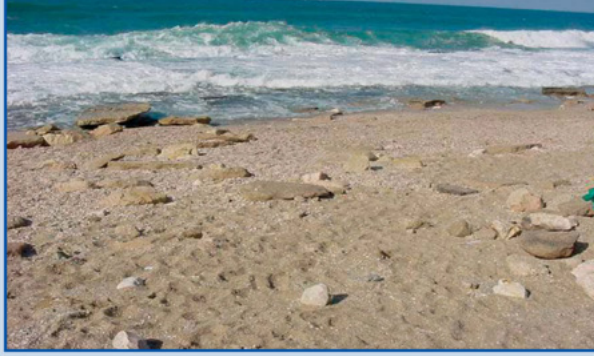
זמן הפירוק	החומר
4 - 2 שבועות	שאריות נייר
5 - 2 חודשים	חלקי בד
15 - 4 חודשים	חבלים (לא סינתטיים)
12 חודשים	שמיכת צמר
13 שנים	קרש צבוע
100 שנים	פחיות שימורים
500 - 200 שנים	פחיות שתיה מאלומיניום
450 שנים	בקבוק פלסטיק
לא ידוע	בקבוק זכוכית
לא מתפרק	בוס קלקר

”על תחושת הסלידה למראה חוף מטונף ומלא אשפה ניתן אולי להתגבר, אבל כשדורכים על שבר זכוכית זה מאוד לא נעים ועל מזרק משומש זה עוד פחות. במקרים אלה אנחנו משלמים את המחיר.

נזקים רבים נגרמים לכלי שייט כתוצאה מפסולת צפה בים: חבלים ורשתות מסתבכים במדחפי ספינות; שקיות פלסטיק סותמות פתחי יניקת מים וגורמות נזקים למנועי כלי שייט; קורות עץ גדולות יוצרות מכשולי ניווט ומהוות סכנה לכלי שייט.

במקרים אחרים בעלי חיים ימיים משלמים על הנזקים שגרמנו. ידועים מקרים לדוגמה מקרי חנק כתוצאה מבליעה פסולת, או הסתבכות וטביעה. צבי ים ודולפינים בולעים שקיות פלסטיק, הנראות להם כמדוזות, וכתוצאה מכך נחנקים ומתים. בבית החולים הווטרינרי בבית דגן נותחה גופת דולפין צעיר, ובקיבתו נמצאו חלקי פלסטיק שיצרו מחסום במערכת העיכול שלו. בעלי חיים ימיים עשויים להסתבך בשרידי רשתות דיג. ביוון נצפה כלב ים נזירי, שרשת דיג קרועה לוחצת על צווארו; בים הצפוני מתים מדי שנה כ־ 30,000 כלבי ים כתוצאה מחנק הנגרם מהסתבכות ברשתות וחבלי פלסטיק; דיווחים רבים הגיעו מצפרים ומדייגים על עופות ים שנלכדו באריזות פלסטיק ובשקיות,

מתוך אלקעי רונן, ”זבל זבלים הכל זבל או - למה החוף כל כך מלוכלך?“, ”ים וחופים - מאמרים 2000“, בהוצאת אגף ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה.



**תמונה 5.14 :**

ואחרי. . מבצע ניקיון חופי אשדוד 3.9.02



**תמונה 5.13 :**

לפני



**תמונה 5.16 :**

פסולת מוצקה על שפת הים



**תמונה 5.15 :**

פסולת בנין על חוף הים



**למדנו כי:**

- חלק מסוגי הפסולת מתפרקים בטבע רק לאחר זמן רב.
- נזקים רבים נגרמים לאדם בים ובחוף כתוצאה מפסולת מושלכת.

## סיור בנושא "איכות הסביבה הימית והחופית"

הפעילות הבאה תיערך בחוף הים. אזור הסיור שיבחר, יהיה קרוב במידת האפשר לבית הספר. באזור הסיור יהיו מספר שימושי חוף ולפחות שפך אחד לים. העבודה תעשה בזוגות. (ניתן לבצע משימה זו בשתי פגישות). מטרת הפעילות היא לאסוף נתונים על מצב חוף הים באזור הקרוב ביותר לבית הספר, ולנתח את שימושי החוף.



## ציוד דרוש:

מפת האזור בקנ"מ מוגדל

צנצנות עם מכסה (לאיסוף דגימות מים)

מד pH

מד מוליכות

כלי כתיבה, דפים ולוח קשיח

1. היעזרו במפה מוגדלת של האזור, וסמנו את כל השימושים בחוף ואת כל הזרמים הנכנסים לים. הגדירו צבע לכל אחד משימושי החוף (תיירות ונופש, מסעדות, תעשייה, מתקנים צבאיים, מתקנים ימיים וכד') ולכל הזרמים הנכנסים לים (נחלים, שפכים, שפכי תעשייה) באזור הסיור.
2. הסתכלו על הזרמים הנכנסים לים. האם הם נראים לכם מזוהמים? התייחסו לצבע, לעכירות, לריח ולהמצאות בעלי חיים או צמחייה במים או על הגדות.
3. קחו דגימות מים מהזרם הנכנס לים, לפני השפך (נקודת המפגש של הזרם עם הים), מאתר השפך ומאזור המרוחק מהשפך.
- בדקו בכל דוגמאות המים את מידת החומציות (pH), מוליכות, צלילות/עכירות, צבע טבעי/צבע לא טבעי (אופייני לשפכי תעשייה) וריח. סכמו בטבלה והסבירו את ההבדלים בתוצאות.
- ענו על שאלה 4, רק במידה והזרם מזוהם.
4. מתוך הסתכלות בשטח, האם אתם יכולים להסביר את מקור הזיהום בזרם?
5. מהו אורך ומהו רוחב רצועת החוף אותה בדקתם?
6. האם קו החול באזור ישר, או שיש הצטברות / גרעון חול באזורים מסוימים. חישובו מדוע.
7. התייחסו לשימושי החוף ברצועה. האם הם בתחום רצועת ה- 100 מטר?
- ענו על שאלה 8, רק במידה ומצאתם שימושי חוף בתחום רצועת ה- 100 מטר.
8. האם הכניסה לתחום "רצועת ה- 100 מטר" משמשת רק לצורכי תיירות ונופש? האם לשימושי החוף שמצאתם יש זיקה לים?
9. מהן ההשפעות על הסביבה של כל אחד משימושי החוף שמצאתם?
10. התחלקו לקבוצות. כל קבוצה תאסוף שקית אשפה מלאה בפסולת בחלק מרצועת החוף בה אתם מסיירים.
11. מהם סוגי הפסולת אותה אספתם?
12. אמדו, ודרגו את סוגי הפסולת השונים לפי מרכיביהם וכמותם.
13. חישובו, מהם המקורות של כל אחד מסוגי הפסולת?
14. לאחר ביצוע כל דרישות המשימה, תנו ציון, הערכה ( בין 1 ל- 10, כאשר 10 הוא הציון הגבוה ביותר) לאיכות רצועת החוף והים בהם סיירתם. הסבירו.
15. הציעו הצעות אפשריות לשיפור אימת רצועת החוף אותה בדקתם. אם ההצעות ניתנות ליישום, בצעו את הצעותיכם.

## מפתח השמות

לטינית	מסחרי	עברית
<i>Haliotis lamellosa</i>	אבלוני (abalone)	אוזן הים
<i>Porphyra</i>	נורי (nuri)	ארגמנית
<i>Chthamalus stellatus</i>		בלוטון מצוי
<i>Dunaliella</i>		דונאליאלה
<i>Gracilaria</i>	גריצלריה	דלזיף
<i>Monodonta turbinata</i>		חד שן משובץ ("כיפה סרוגה")
<i>Rhopilema nomadica</i>		חוטית נודדת
<i>littorina neritoides</i>		חופית מנוקדת
<i>Penaeus semisulcatus</i>		חסילון תלת קוצי
<i>Ulva Lactuca</i>		חסנית מצויה
<i>.Mnemiopsis sp</i>		מסרקנית
<i>Sparus aurata</i>	דניס או אג'ג' (בערבית)	ספרוס זהוב
<i>Dermochelys coriacea</i>		צב גלדי
<i>Caretta caretta</i>		צב-ים חום
<i>Patella caerulea</i>		צלחית מכחילה
<i>Pterocladia capillacea</i>		רבנוצה אדמוני
<i>Callinectes sapidus</i>		שייט כחול
<i>Caulepra taxifolia</i>		שלוחית דמויית עלים



## תודות לצלמים ולמוסדות שבאדיבותם הרשו לנו להשתמש בתצלומיהם.

מספרי התמונות מצוינים בסוגריים.

- אגף ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה (5.13, 5.15)
- איל שטרק (1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 2.1, תמוחת של הכנת סושי, 4.11, 4.18)
- ד"ר אסתר לובזנס, המכון לחקר הימים והאגמים, חיפה (4.15, 4.16, 4.17)
- אריאל פרידמן המשרד לאיכות הסביבה (5.7)
- יצחק פודוביצקי, המשרד לאיכות הסביבה (5.14)
- רקפת דנאי (4.5, 4.7)
- שי אילן, המשרד לאיכות הסביבה (5.15)
- שי שפיר, הממן לחקר ימים ואגמים, חיפה (3.2, 3.3, 3.4, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 5.8)































