

**משרד החינוך**  
**המזכירות הפדגוגית**  
**אגף א' לפיתוח פדגוגי**  
**תכניות לימודים ייחודיות**

**שם ביה"ס/המוסד: התיכונים בעיר אילת**  
**שם התכנית הייחודית: ביולוגיה ימית**  
**תחום הדעת: מדעים**  
**מספר יחידות הלימוד: 5**  
**סמל מוסד:**

## א. רקע

### 1.1. מבוא כללי

הים הנו מקור המים העיקרי על פני כדור הארץ ומכסה כשבעים אחוזים משטחו של הכדור. מחקרים מלמדים כי בים גם החלו תהליכי החיים. המערכות האקולוגיות הרבות המצויות בו מסייעות לקיומן של צורות חיים מגוונות. בים באות לידי ביטוי כל דרכי הרבייה, ההזנה וההתנהגות. ריבוי התהליכים הביולוגיים, ההתנהגותיים והאקולוגיים מאפשר לזהות בים את התפתחות החיים ולזהות תהליכים אבולוציוניים חשובים. בים נצפות גם תופעות של יצרנות ראשונית, של צריכת חומרים מן הטבע, של תהליכים ביולוגים פשוטים ושל תהליכים ביולוגיים מורכבים ברמות שונות ובסקאלות מגוונות.

חקר הים מהווה נדבך חשוב בהבנה של תהליכים ביולוגיים הנחוצים למחקר ולפיתוח של תהליכים ימיים ויבשתיים הן לצורך שמירה על הטבע והן למען האדם. על פי הערכה, השירותים שהים יכול לספק לאדם עשויים להגיע מבחינה כלכלית לשווי של יותר 2.5 טריליון דולר בשנה.

אילת, העיר הדרומית ביותר בישראל, שוכנת לחופו של ים סוף. בסמוך לחוף ממוקמת שונית האלמוגים הרציפה הצפונית ביותר בעולם. השונית הזאת מבודדת מימים אחרים, ובניגוד למגמה העולמית חל שיפור במצב החיות של האלמוגים הגדלים עליה.

על סמך הנתון שלעיל אילת מציעה סביבת חיים ימית מופלאה לכל המתעניינים בים, באוצרותיו ובשימורו, מעבר להיותה עיר תיירות ונופש. קיים חיבור אינטואיטיבי בין תושבי אילת לבין הים, למרות זאת רבים אינם מכירים את העושר הטמון להם ממש מתחת לאף מחד גיסא, ומאידך גיסא הם אינם יודעים שהחיבור הזה הוא גם מקור הסכנה לפגיעה בשונית הטבעית.

התנאים המיוחדים את אילת מזמנים פיתוח תכניות לימודים המיועדות לתלמידים שמתעניינים בעולם שמתחת למים. בזכות התכניות ניתנת להם הזדמנות להכשרה במגוון דיסציפלינות ביולוגיות, להבנה של העולם המחקרי העתידי ולהתמודדות עם שיטות עבודה ושיטות מחקר בביולוגיה כמקובל בארץ ובעולם.

במסגרת התכנית לביולוגיה ימית ילמדו התלמידים על יצורי המים ועל מערכות אקולוגיות באוקיינוסים ובאגמים. הם יכירו את תפקיד הביולוג הימי ותרומתו לשמירה על הטבע. הם יבינו אלו שינויים צריכים להיעשות במיוחד לאור ההתחממות הגלובלית והחמצת האוקיינוסים. הם יפעלו לשמירה על הטבע הימי בעולם בכלל ובעיר אילת בפרט.

## **2.א. רקע על בתי הספר העל-יסודיים ועל הכיתות העירוניות**

באילת שבעה בתי ספר על-יסודיים שונים. מספר התלמידים הלומדים בהם עומד על 3,650, ורובם מתרכזים בשלושה תיכונים חילוניים מקיפים. בכל אחד מבתי הספר מספר התלמידים בשכבה אינו גדול, אי לכך לא ניתן להציע לתלמידים מגוון רחב של מקצועות הגברה. על מנת לאפשר לתלמידי החטיבה העליונה בתיכונים אלו בחירה רחבה של מקצועות ברמה של 5 יח"ל הוקמו הכיתות העירוניות. כך על פי מערכת מתואמת בין שלושת בתי הספר מתכנסים התלמידים ללמוד יחדיו מקצוע בחירה בכיתות הממוקמות בבתי הספר על פי מקצוע ההגברה. כדי לאפשר את הניידות בין בתי הספר מקצה עיריית אילת הסעה מסודרת לתלמידים.

היום התלמידים יכולים לבחור להגביר מקצוע אחד או שניים מתוך כ 20 אפשרויות בתחומי המדעים, החברה והרוח.

אוכלוסיית התלמידים בעיר בכלל ובתיכונים בפרט היא אוכלוסייה מגוונת. סל הטיפוח מוגדר 6.

בשנת 2014 אחוז הזכאות לבגרות של בוגרי יב' עמד על 66%.

## **3.א. סיבות והנמקות לפיתוח התכנית ללימודי ביולוגיה ימית**

הים מכסה שבעים אחוזים משטחו של כדור הארץ, למרות זאת הידע על הים ועל היצורים החיים בו הינו מוגבל. בשנים האחרונות ישנה התעוררות במחקר נושא הים בעקבות גילוי חשיבותו של הים באיזון תהליכים כימיים ואטמוספריים כמו חשיבות הים במחזור החנקן ובקיבוע של פחמן ושחרור חמצן לאטמוספירה. בנוסף נתגלו חומרים טבעיים שמקורם בים, ומהם ניתן לפתח תרופות למחלות קשות כמו גם לפיתוח תעשיית הקוסמטיקה.

אילת שוכנת לחוף ים. נוכחות ים זה היא משמעותית במהות ה"אילתיות". האילתים גאים בים "שלהם", אולם הם והמבקרים בעיר אינם מודעים לתהליכים הביולוגיים המיוחדים המתקיימים בו ממש מתחת לאפס של עושי הקניות. אחת המטרות של תכנית הלימוד הייחודית היא לגשר על הפער בין החיבור הרגשי של האילתים לסביבתם לבין ההבנה המעמיקה יותר של חשיבות הים וחשיבות השמירה על הים ועל המפרץ.

עולם הים טרם נחקר לעומק, לכן הוא טומן בחובו תגליות רבות. תלמידים שיבחרו ללמוד ביולוגיה ימית ילמדו גישות להבנת תהליכים ביולוגיים ולהבנת החיבור בין מערכות ביולוגיות לבין מדעי הפיסיקה והכימיה. הם ירכשו ניסיון בהבנת שיטות המחקר הביולוגי, יתמחו בחקר מידע כאמצעי לפתרון שאלות מורכבות, יערכו ניסויים, ינתחו נתונים ויסיקו מהם מסקנות.

בוגרי התכנית יוכלו ללמוד בהמשך מקצועות עתידיים רלוונטיים ולהשתלב בתחומי עבודה שמתפתחים בצורה משמעותית כמו חקלאות ימית, ננו טכנולוגיה, ביומימיקרי,

גידול אצות להפקת אנרגיה טבעית שאינה מזהמת, גנטיקה והשבחה גנטית, וכמובן שמירת הטבע בעידן שבו האדם פוגע בו אנושות.

#### **4.א. ייחודיות התכנית**

בישראל טרם נכתבה תכנית להוראת ביולוגיה ימית השמה דגש על החיים בים, וכוללת תהליכים פיסיקליים וכימיים המכתיבים את ההתאמות של אורגניזמים ואת מגוון היצורים הימיים במערכות האקולוגיות השונות. תכנית זו מתייחסת לאנטומיה של היצורים הימיים, האינטראקציה שלהם עם הסביבה, מחזורי חיים, סיסטמטיקה ואבולוציה. במהלך לימודיהם יחקרו התלמידים את ההתפתחות של המערכות בגוף כמו מערכת הנשימה, מערכת ההפרשה ומערכת העצבים, וישוו אותה לזו של האדם. הלמידה היא בדומה לנושא העמקה של פיזיולוגיה השוואתית בהיבט התפתחותי שבתכנית הלימודים בביולוגיה, אך הדגש הוא על ההתפתחות של המערכות בחסרי חוליות. הכרת חסרי החוליות מהווה נידבך חשוב בהבנה של תהליכים אבולוציוניים, בהבנה של התפתחות בעלי חיים מורכבים, ובהבנה של תהליכים מורכבים המאפשרים תפקוד של אורגניזם מורכב כמו האדם, אך מופיעים בצורה פשוטה יותר באורגניזמים כמו חסרי חוליות. בהלימה לדרישות של משרד החינוך בהוראה של עקרונות הביולוגיה, גם בתכנית זו יילמדו הנושאים בשלוש רמות: התא, האורגניזם והחברה (אקולוגיה).

באילת הנגישות לים גבוהה מאוד, לכן ניתן לשלב בין הנלמד בכיתה לבין המציאות שבשטח. ניתן לשלב סיורים, ניתן לבצע עבודות חקר בים וניתן להיעזר במכוני המחקר המתקדמים הקיימים באילת. כל אלו מאפשרים למידה משמעותית ומעניינת, שיש בה גם ערך מוסף בשמירה על הטבע ועל הסביבה.

עבור התלמידים האילתים הים נמצא "בחצר האחורית". הקרבה לים ואהבת הים מאפשרות ללמוד מקצוע אתגרי ומורכב זה ללא רתיעה, ולהכניס את האקדמיה לעולמם באמצעות הנושאים הקרובים לליבם.

תחום נוסף הקשור לעולם הים הוא מקצוע "מדעי הים". גם מקצוע זה נלמד באילת במסגרת לימודי הבחירה. תכנית הלימודים משלבת ידע אוקיינוגרפי ואקולוגי עם האדם והמשאבים שהים מציע בעבורו. את הדגש שמה התכנית על החיבור בין האדם לים והשפעתו עליו. תכנית לימודים זו משתייכת ללימודי הסביבה ולא ללימודי הביולוגיה. בתכנית הלימודים ללימודי ביולוגיה ימית ההוראה היא בעיקר בדגש ביולוגי התפתחותי ופחות בחיבור של האדם לים. הדגש הוא בעיקר על תהליכים ביולוגיים ופחות על תכנים אקולוגיים וסביבתיים.

#### **5.א. הנושאים ומספר יחידות הלימוד בתכנית**

התכנית העיונית המוצעת היא בהיקף של 5 יח"ל. סך כל השעות הנלמדות הוא כ - 450 שעות. היא מתבססת על הקרבה של בית הספר לים ועל הנגישות למוסדות המתמחים בנושאי הים כמו המכון הבין-אוניברסיטאי, המכון הלאומי לחקר ימים ואגמים ואוניברסיטת בן גוריון באילת.

התכנית נשענת על שלושה נושאי הליבה של התכנית הקונבנציונאלית לביולוגיה ומותאמת ללמידת ההיבטים הימיים. יש הפחתה בלימוד גוף האדם, ויש הוספה של תכנים בתחום חסרי חוליות, סיסטמטיקה והתפתחות פיסיולוגית והשוואתית.

החלוקה הבסיסית היא כדלהלן:

אחוז	נושאים עיקריים	שעות שבועיות	
35%	פיסיקה וכימיה של המים, מדעי כדה"א, החיים בתווך הימי, התא, חד תאיים ימיים.	4	י'
35%	התפתחות של רב תאיים, סיסטמטיקה וביולוגיה התפתחותית של חסרי חוליות. חולייתנים.	5	יא'
30%	אבולוציה, אקולוגיה, התנהגות בעלי חיים ימיים. מתודולוגיות בביולוגיה ובאקולוגיה, מידענות וסקירת ספרות.	5	יב'
	עבודת חקר.	1	

בנוסף ללימודים העיוניים ילמדו התלמידים גם לימודים מעשיים במעבדה ויכתבו עבודת חקר מסכמת בשנה האחרונה. בהתאם לרפורמה במשרד החינוך בחינת הבגרות תהיה בכיתה יא' ברמה של 3 יח"ל. בכיתה יב' יגישו התלמידים עבודת חקר (1 יח"ל), ועבודה המבוססת על סקירת ספרות מקצועית. בנוסף תינתן הערכה על דוחות המעבדה ועל הסיוורים שיערכו לאורך שלוש השנים.

#### א.6. הצגת כותבי התכנית ושותפיה

כותב התכנית:

ד"ר עומר פולק - מומחה באקולוגיה וביולוגיה של חסרי חוליות בעל ניסיון רב בעבודה במגוון של אורגניזמים ימיים של חסרי חוליות ושל חולייתנים (דגים) בהיבטים התפתחותיים, פיסיולוגיים, התנהגותיים ואקולוגיים.

יועצים לכתיבת התכנית:

פרופ' נדב ששר - מומחה באקולוגיה ובראייה של בעלי חיים ימיים.

ד"ר יונתן (יוני) בלמקר - מומחה באקולוגיה וביולוגיה של דגים.

מקסימה גולן - מורה לביולוגיה, ייעוץ בתחום לימודי הביולוגיה.

סיני שפירא - מורה למדעי היס, ייעוץ בתחום לימודי מדעי היס.

## **7.א. התלמיד וצרכיו**

התכנית לביולוגיה ימית מושתתת על לימוד מבוסס חוויה. על פי התכנית ילמדו התלמידים באמצעות חקר, סיורים במוסדות החקלאות הימית ומדעי הים שבעיר וסיורים בים ולאורך חופיו. בדרך זו התלמידים ילמדו בצורה מעמיקה וחויייתית יותר מבלי לפגוע בסטנדרטים המקובלים, ויוכלו ללמוד תחומי ידע מורכבים ללא החשש הקיים מלמידה של מקצועות אלו. למידה מבוססת חוויה צפויה להעניק לתלמידים תחושה של מסוגלות, לעבות את הביטחון העצמי ולהעצים את תחושת המימוש העצמי.

תכנית הביולוגיה הימית בכיתה עירונית מכוונת למשוך אליה אוכלוסייה של תלמידים מצטיינים. היתרון של כיתה זו הוא למידה בקבוצה קטנה המאפשרת יחס אישי וקצב מוגבר תוך התחשבות ביכולות השונות של כל תלמיד. התכנית מבוססת על עקרונות מחקר שמכוונים כל תלמיד לבצע חקר אישי ברמה גבוהה. עבודת החקר מעודדת סקרנות, ביקורתיות, הבנה של עקרונות המדע, קריאה של מאמרים מורכבים והפשטתם והתמודדות עם בעיות שאיתן מתמודדים גם חוקרים ידועי שם בישראל ובעולם. המעורבות של התלמידים במוסדות מחקר עשויה לגרום להם להמשיך ללמוד באקדמיה ולהשתלב בשוק העבודה בתחום המדעים.

## **8.א. צוות ההוראה**

המורים העתידיים ללמד את התכנית הם מורים לביולוגיה ולמדעים המכירים את הים היטב. היות שהידע המדעי של הביולוגיה של הים אינו תחום התמחותם של המורים, תידרש הכוונה בעת הטמעת התכנית בשנותיה הראשונות. בנוסף ישנם כיום אנשי מקצוע באילת, שהרקע המדעי הימי שלהם רב ביותר, והם מעוניינים להיות שותפים לתכנית. אנשים אלו עובדים במכוני המחקר הימיים בעיר והדרכת צלילה. לצורך הטמעת התכנית יש לגייס מדריך מקצועי שיעזור להכין את התכנים להכשרתם של המורים שילמדו. כמו כן יש באילת מורים ותיקים להוראת המדעים בכלל ולביולוגיה בפרט. אותם אפשר לגייס, במידת הצורך, כדי לסייע בתחומים הביולוגיים הרגילים, והם ישתלמו בתחום הדעת הימי.

## **9.א. החברה וצרכיה**

עריית אילת משקיעה בתלמידים שלה רבות, ובשנים האחרונות היא נמנית בין עשרת היישובים המובילים בישראל במידת ההשקעה בתלמיד. רמת ההשכלה מצביעה על אחוזים גבוהים של מסיימי 12 שנות לימוד ועל זכאות בינונית – גבוהה (66% לשנת 2014) לתעודת בגרות.

לעירית אילת אינטרס לקידום לימודי הביולוגיה הימית כחלק ממגמה כוללת של השבחת לימודי המדעים. על מנת לממש מגמה זו הוצבו מספר מטרות:

1. צמצום פערים בין פריפריה למרכז ושוויון הזדמנויות.  
התכנית מאפשרת לתלמידים לרכוש השכלה איכותית שתשווה אותם לאלו הלומדים מדעים באזורים המתקדמים יותר בתחומי המדע בישראל.
2. מתן מענה לתלמידים מצטיינים.  
אפשרות הבחירה במספר מקצועות מדע ומחקר חשוב לטיפול המצוינות. הוראת הביולוגיה הימית נותנת מענה לתלמידים המחפשים אתגר אישי ואינטלקטואלי על מנת לממש את יכולותיהם.
3. טיפוח תחום המצוינות.  
עיריית אילת מעוניינת לטפח את תחום המצוינות ולעשות שימוש בהישגי התלמידים המצוינים בתחומי המדעים כמנוף לשיפור מערכת החינוך במקום.
4. טיפוח אוכלוסייה אכפתית לסביבתה.  
אילת שוכנת בין מדבר וים, וחיבור האוכלוסייה לטבע הוא אינטואיטיבי. לימודי ביולוגיה בכלל וימית בפרט מאפשרים חיזוק קשר זה וטיפול אוכלוסייה רגישה יותר לטבע.  
אילת כעיר מקיימת רואה בלימודי הטבע חלק ממטרותיה ומקווה שתלמידים הלומדים נושא זה יהיו בעתיד מעורבים בתחומי הסביבה והחברה בישראל.  
באילת קיימים מספר מכוני מחקר בתחום הים כמו המכון הלאומי לחקר ימים ואגמים, המכון הבין-אוניברסיטאי למדעי הים ואוניברסיטת בן גוריון באילת. זמינות של משאבים יקרי ערך אלו תבוא לידי ביטוי בצורה מיטבית בלימודי הביולוגיה הימית. התלמידים יבקרו במוסדות אלו, ישמעו הרצאות מפי בכירי החוקרים בישראל בתחום הים, יתנסו בעבודה במעבדות מתקדמות וייחשפו למחקרים אקדמיים מהמובילים בארץ ובעולם. כמו כן יכתבו התלמידים במוסדות אלו עבודות חקר, ובעצם הימצאותם שם הם ייחשפו להווי הסטודנטיאלי וללמידה משמעותית של מחקר ממדרגה ראשונה. גם מוסדות המחקר באילת הביעו רצון לקחת חלק בתכנית ולהיות מעורבים בקהילה המקומית.  
כחלק ממגמת שיפור היכולות בתחום המדעים מבקשת העיר אילת לטפח תלמידים מצטיינים שיוכלו להשיג השכלה מקצועית רחבה שתאפשר להם בהמשך חייהם להשתלב בעבודה בתחומי ידע רבים. מערכת החינוך באילת מציעה מגוון מקצועות מוגברים למדעים בכיתות העירוניות לכל התלמידים המצטיינים בבתי הספר התיכוניים בעיר, אולם הביקוש למקצועות אלו נמוך. אחת הסיבות היא הרתיעה של התלמידים ממקצועות "קשים". נושא הביולוגיה הימית יספק לתלמידים מדע ברמה גבוהה, נגישה ולא מאיימת היות שהים מוכר להם, היות שיחול שינוי בדרך ההערכה והיות שיינתן דגש רב יותר על לימודים חווייתיים.

## **א.10. התפיסה הרעיונית (רציונל) של התכנית**

החיים החלו בים. מתוקף זה הים מכיל מגוון אורגניזמים רב ביותר המייצג בצורה פשוטה את ההתפתחות האבולוציונית של החיים משלב של אורגניזמים חד תאיים (נגיפים, חיידקים ואצות) לשלב של אורגניזמים רב תאיים (מאקרו-אצות ובעלי חיים פשוטים כמו ספוגים) ועד לשלב האורגניזמים בעלי מורכבות גבוהה ביותר (יונקים ימיים). המגוון המיוחד של מערכות אקולוגיות ימיות מאפשר ללמוד את התהליכים האקולוגיים הבסיסיים ולהבין את היווצרות הקשת הרחבה של מינים תוך הבנה של היבטים סביבתיים של שמירת טבע וקיימות.

התכנית תלויה את התלמיד למן גילוי ההתפתחות של אורגניזמים ברמת התא הבודד ועד לרמה של חברה. התלמידים ילמדו התפתחות מערכות לאור ההתפתחות האבולוציונית מאורגניזמים פשוטים למורכבים תוך כדי השוואה למערכות דומות בגוף האדם. הקו המנחה הוא הקניית ידע בהתפתחות חיים ובהבנה של המורכבות בטבע. במהלך הלימודים התלמידים ירכשו ידע ביולוגי במגוון היבטים בחייו של אורגניזם, ירחיבו את הידע על הים ויבינו שניתן ליישם ידע זה גם במערכות אחרות וגם בלימודים עתידיים בתחום כמו הגנה על הטבע, חקלאות ימית וביוטכנולוגיה ימית. כמו כן יפנימו התלמידים את עקרונות החשיבה המדעית, יכירו את שיטות המחקר המדעיות ויקנו כלים להבנה של תחום הביולוגיה בכלל. חשוב לציין כי במהלך לימודיהם יפתחו התלמידים גם אחריות אתית כלפי הסביבה.

במפרץ אילת נמצא המגוון הביולוגי העשיר ביותר בישראל. הקרבה לים והסמיכות למכוני מחקר ימיים מהטובים בארץ מאפשרות סביבת לימודים ייחודית הנותנת מענה לסוגיות מדעיות בתחום הים הן על ידי ידע תיאורטי והן על ידי עבודה מעשית בתחום של חקר הים. שילוב מיוחד זה הינו ייחודי לעיר אילת (לאחר מספר התאמות יכולה התכנית להיות רלוונטית גם לערים נוספות השוכנות לאורך הים).

**התכנית פותחה במנהל שח"ק, עיריית אילת. קידם אותה ותמך בה יוזם התכנית, ד"ר דרורי גניאל.**



## **ב. מטרות התכנית**

### **מטרת על**

התלמיד, בוגר התכנית, יבין את התהליכים הביולוגיים והאקולוגיים הקורים בים בהתאמה לעקרונות הפיסיקליים והכימיים.

לתכנית ישנן מטרות נוספות החופפות לרעיונות המרכזיים הבאים לידי ביטוי בביולוגיה :

- הבנה של רעיונות מרכזיים בתחום הביולוגיה האקולוגיה והאבולוציה.
- פיתוח של אחריות אישית וקשר ישיר לשמירה על הטבע.
- הבנה של תהליכים ותופעות בעולם החי והערכה לנוף הארץ והטבע.
- טיפוח אוריינות ביולוגית – מדעית.
- הכרת עקרונות הסדר הקיים בטבע.

### **מטרות ערכיות:**

- הבנת מקומו של האדם בטבע והשפעות הנזקים אשר הוא גורם לסביבתו.
- פיתוח תובנות לעקרונות הקיימות והצורך באיזון הקיים בין האדם לטבע.
- הבנה של חשיבות בשמירה על המורכבות שבטבע (מגוון מינים למשל).
- הקנייה של יחסי כבוד לטבע ופיתוח מודעות לשמירה על הטבע.

### **מטרות תרבותיות:**

- הכרת האסתטיקה של הטבע והערכת המורכבות של הטבע.
- הבנה של עקרונות הקיימות הבאים לידי ביטוי בסובב אותנו כאמצעי לשינוי התנהגות בחברה.
- הכרה של הנזקים שהאדם מבצע בטבע והבנה של חשיבות השמירה על הטבע לנפש האדם.

### **מטרות חברתיות:**

- פיתוח כלים לשכנוע של מקבלי החלטות בתחום המדע והשימור הימי.
- פיתוח של עבודת צוות.
- הבנת קשרים אתיים- חברתיים במחקר על בעלי חיים וטיפוחם של בעלי החיים.
- הקניית הדרך להעביר ביקורת בונה.

## **מטרות קוגניטיביות:**

- פיתוח כישורים לפתרון בעיות.
- פיתוח היכולת ליצור קישורים בין מערכות שונות.
- פיתוח יכולת לפענח מגוון סוגי מידע: מידע מילולי, גרפי, תלות במרחב ובזמן וכד'.
- פיתוח אסטרטגיות חשיבה.

## **מטרות בתחום כישורי למידה:**

- הכרת הגישה המדעית על יתרונותיה ומגבלותיה.
- תרגול סינתזה של רעיונות חדשים הנסמכים על מידע קודם.
- פענוח תרשימים ופיתוח היכולת ליצור חיבור בין התרשים לבין השטח.
- פיתוח קריאה ביקורתית וחשיבה ביקורתיות ביחס למידע מדעי ו/ או פופולארי.
- פיתוח מיומנויות מחקר הכוללות את מבנה הגישה המדעית, ההתבוננות, שאילת השאלות, ניתוח הנתונים והסקת המסקנות.

## **רכישת מיומנויות:**

- שימוש בתכנות מחשב מתקדמות לניתוח נתונים מדעיים
- הקנייה של בסיס בהסקה סטטיסטית
- ידיעת הגישה המדעית מחקרית וביצוע ניסויים.
- הכרה של מערכות ימיות והפוטנציאל למימוש הידע הנלמד לצרכי האדם למטרות חקלאות וטכנולוגיה.

## **ג. היסודות המארגנים של התכנית להוראת ביולוגיה ימית**

נושאי הליבה של התכנית לביולוגיה ימית מתבססים על הלימודים הקונבנציונליים בביולוגיה בהתאמה ללימודי הים.

### **ג.1. מבוא ולהיווצרות החיים בים - הקשר בין הפיזיקה, הכימיה והביולוגיה.**

הבסיס של הביולוגיה הימית מקורו בתנאים הפיזיקליים והכימיים שבהם נמצאים היצורים החיים בים. תנאים ייחודיים אלו הם שאפשרו את ראשית החיים בים. היצורים החד תאיים, הראשוניים שהתפתחו, מהווים עד היום נדבך חשוב ביצרנות הראשונית, ובוויסות של תהליכים אקולוגיים, כימיים ואטמוספיריים בעולם. יש חשיבות רבה להבנת המשמעות של החיים במדיום הימי. החיים בים שונים בתכלית מהחיים ביבשה. הים תמיד נע. אין השפעה משמעותית של כוח הכבידה, הסביבה היא ברובה תלת ממדית, והמדיום (פרט לזה הקרקעי) הוא שקוף. המים צפופים יותר, ומעבר האור מוגבל. במצב זה יש ליצורים הימיים אתגרים רבים להתמודד עמם כמו השפעות פיזיקליות של זרמים, השפעות כימיות כמו מסיסות של מלחים והשפעתה על אוסמורגולציה של אורגניזמים ימיים, והשפעות שלבסוף נוגעות גם באקולוגיה של האורגניזמים. לפיכך יש חשיבות רבה להתחיל את ההוראה בביולוגיה של הים, באופן שבו נוצרים אוקיינוסים ובמשתנים פיזיקליים וכימיים המשפיעים על האורגניזמים החיים בו. וכך ניתן יהיה להבין את המסגרת השונה מזו שלנו, בחיים בתווך הימי.

### **ג.2. תא וחד תאיים.**

היצורים החיים הראשוניים התפתחו בתווך הימי. הים מספק את המרכיבים השונים לקיום החיים. הים מאפשר לבחון בצורה פשוטה וקלה את המערכות ואת ההתאמות שחלו ביצירה של אורגניזם משלב ה-חד תא ועד ליצורים מורכבים. בפרק זה יילמד המבנה התאי ומבנה האורגניזם הפשוט. תיערך השוואה בין אורגניזמים חד תאיים שונים וייבחן הדמיון והשוני ביניהם. תחילה תילמד ההבנה של מאפייני החיים, ממנה להבנה של היסודות הכימיים הבונים תאים, ובסוף ייחקרו מבנה התא וההבדל בין מבנה לתפקוד. יינתן דגש לחיבור בין המבנה של אורגניזם חד תאי לאקולוגיה שלו. התייחסות מיוחדת תינתן לפלנקטון חד תאי.

### **ג.3. מחד תאיים לרב תאיים - מבנה, תפקוד והשוואה התפתחותית.**

ההתפתחות האבולוציונית הביאה לארגון מורכב יותר של אורגניזמים וליצירת התמחות אברים. בפרק זה תילמד הדרך שבה יצורים רב תאיים משתמשים באברים ייחודיים כדי לייצר התמחות בתוך האורגניזם ולייצר תפקוד שונה בין תאים. ייערך דיון על ההתמיינות של תאים שונים מתא גזע למורכבות מבנית וארגונית, ותוערכנה יתרונותיה. למידת המערכות השונות תתבצע באמצעות השוואה בין הפיסיולוגיה והאנטומיה של אורגניזמים שישקרו במהלך הלימודים, ושתצביע על התפתחות ארגונית של מבנה האורגניזמים והקשר לתפקודם. תהליך זה מלווה את ההתפתחות האבולוציונית של בעלי חיים ימיים אגב הפנמה של עקרונות הברירה הטבעית.

#### ג.4. אקולוגיה ימית והתנהגות בעלי חיים ימיים.

בים בתי גידול ואקוסיסטמות שונות ומגוונות. התאמת בעלי חיים לסביבתם מהווה את הליבה של לימודי האקולוגיה. בפרק זה נלמדות השיטות שבאמצעותן למדו אורגניזמים שונים להתמודד בסביבה משתנה. נלמדים גם יחסי הגומלין בין האורגניזם לסביבתו ולאורגניזמים אחרים בדגש על הייחודיות הקשורה לים. לאור ההתחממות הגלובלית וההשפעות הנרחבות של האדם על התנאים הא-ביוטיים בעולם תילמד ההשפעה של האדם על הסביבה הימית, יאמדו הנזקים שיצר, ויושם דגש על שיטות לשמירה על הסובב הימי. התייחסות זו תהיה ברמה המקומית (אילת), הארצית והעולמית. פרק זה יעסוק גם בתופעות התנהגותיות המשפיעות על האקולוגיה של אורגניזמים ימיים שונים.

#### ראשי הפרקים של הנושאים העיקריים וארגון התוכן:

מדעי כדה"א	כיתה י'	תנאי סביבה לקיום מערכות ימיות
פיזיקה וכימיה של הים		
החיים במדיום הימי		
מבנה התא הצמחי והתהליכים בתא		
מבנה תא בעל חיים והתהליכים בתא		
מערכות מקיימות חיים בתא		
סיסטמטיקה של האורגניזמים בים בדגש על חסרי חוליות	כיתה י"א	פיסיוולוגיה ואנטומיה השוואתית בחסרי חוליות וחולייתנים  מתא לאורגניזם  יונקים ימיים
תורשה ורבייה		
אנטומיה של דגים והתאמות דגים לחיים בים		
יונקים ימיים- השוואה לבני אדם ולמינים ימיים מתקדמים (אחרים דגים)		
מנגנוני צלילה		
התנהגות יונקים ימיים		
אבולוציה, התמיינות ומגוון ביולוגי	כיתה י"ב	אקולוגיה ימית התנהגות  בעלי חיים ימיים
התאמות לסביבה של בעלי חיים ימיים		
סביבות ובתי גידול ימיים (חלוקה גסה של אזורי מחייה ימיים)		
להקתיות, יחסי גומלין, התנהגות רבייתית, התנהגות של בעלי חיים ימיים		
אסטרטגיות ומהלכי חיים (Life history)		
פלנקטון, יצרנות ראשונית ומארג מזון		
שמירת טבע ימית		

## **ד. דרכי הוראה למידה והערכה**

התכנית מתבססת על השימוש במשאבי הטבע ועל מכוני המחקר הנמצאים באילת וזמינים לתלמידים. אמצעים אלו מובילים למידה חוייתית ומשמעותית. נכללים בה סיורים, ניסויים כיתתיים, חקר במעבדה ובים.

התלמידים ילמדו בשיעורים פרונטליים, יקראו מאמרים ויציגו אותם, יכתבו דוחות על מאמרים ועל מחקרים, יציגו תוצאות מחקר במצגות ובפוסטרים, במשחקי תפקידים, יקיימו הוראת עמיתים בנושאים נבחרים, ויכתבו עבודות מבוססות ספרות מקצועית ופופולארית.

כחלק מלימודי החוויה וטיפול המחקר יערכו התלמידים ניסויים שונים במהלך הלימודים במעבדת בית הספר. ניסויים אלה יכללו ניתוח של בעלי חיים ימיים נבחרים, ניסויים הנושא הביולוגיה ההתפתחותית, ניסויים הנוגעים לתהליכים ביולוגיים בתא, במערכת הנשימה, בתהליכי הפוטוסינתזה ועוד.

במסגרת הלימודים יבקרו התלמידים במכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים באילת ויערכו בו מעבדה לזיהוי ולהכרת פלנקטון ומעבדה לזיהוי ולחקר אלמוגים. התלמידים יסיירו גם במכון הלאומי לחקר ימים ואגמים ושם יאזינו להרצאות בתחומים של רבייה, של טיפוח בעלי חיים ימיים ושל הזנה.

בנוסף לביקורים אלו יערכו התלמידים סיורים בחוף הים החולי והסלעי, ישנרקלו בשונית האלמוגים וילמדו בשטח על אזור הכרית ועל אקולוגיה ימית.

בשנתם האחרונה יערכו התלמידים מחקר מקיף באחד ממכוני המחקר באילת. המחקרים יערכו בנושאים מגוונים בתחומי הביולוגיה והאקולוגיה.

### **דרכי הערכה :**

עבודת חקר - 30% מהציון הסופי

דוחות מעבדה ודוחות סיור - 15% מהציון הסופי

מבחן בגרות עיוני - 55% מהציון הסופי

(הציון השנתי לחלק העיוני יורכב מ- 4 מבחנים בכל שנת לימודים)

## ה. מפרט התכנים

### ה.1. תנאי סביבה לקיום מערכות ימיות

הנושא	מספר שעות	נושאים עיקריים	מושגים מרכזיים	ביבליוגרפיה לתלמיד	דרך ההוראה	דרך ההערכה ומשקלה
מדעי כדה"א בדגש ימי	6	תהליכים הגיאולוגיים היוצרים אקיינוסים. חשיבות של תנאים סביבתיים על התנאים הא-ביוטיים בים ומשמעותם ליצורים החיים בו	טקטוניקת הלוחות שכבות כדור הארץ חוף/ מדף יבשת/הים העמוק, רוחות ומזג אוויר, מחזור המים, סדימנטציה,	אתר מכון דודסון	פרונטלית	בוחרן ציור של המערכת הימית של מפרץ אילת והסבר איך באזור זה נוצר אוקיינוס
פיזיקה וכימיה של הים	8	התכונות של המים, תהליכים הקשורים לחיבור בין הפיזיקה הכימיה והביולוגיה	זרמים, מליחות, טמפרטורה, לחץ, צפיפות, מבנה הכימי של המים, אנומליה של המים, אור,	חומר קריאה מכון דודסון, ספר: מים סוף ועד סופו (יעקב דפני)	מעבדה: ניסויים בכיתה בנושא מליחות מים, הסעת חום, סרטונים ביו-טוב	דו"חות מעבדה: ניסויים פיזיקליים קטנים
חיים במדיום הימי	6	חוקי הפיסיקה: ההשפעות הביולוגיות והאקולוגיות של יצורים ימיים	צפיפות מים, צמיגות, מספר ריינולדס, זרימה למינרית/טורבולנטית, שכבת גבול, חוק ברנולי, אוקיינוגרפיה	ניסויי בניית צינור לזרימה למינרית	סרטונים ביו-טוב, דף סיכום מודרך של ההשפעות הפיזיקליות על יצורים ימיים/ אקולוגיה/ גוף האדם	דף סיכום, הערכה של הצלחת בניית הצינור הלמינרי

### ה.2. מבנה תא וחד תאיים.

הנושא	מספר שעות	המטרות האופרטיביות	מושגים מרכזיים	ביבליוגרפיה לתלמיד	דרך ההוראה	דרך ההערכה ומשקלה
מאפייני החיים ומבנה התא	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>הפרדה מהסביבה החיצונית וציבות הסביבה הפנימית, חילוף חומרים (מטבוליזם), התרבות, תגובה לגירוי, גדילה והתפתחות – המאפיינים את האורגניזם השלם, חד-תאי או רב-תאי, מאפיינים גם את כל אחד מהתאים המרכיבים את היצורים הללו. יינתן דגש על ההבדלים בין יצורי יבשה וים.</li> <li>מבנה התא ואברוניו תוך הדגשת ההתאמה בין מבנה לתפקוד והיחס בין שטח הפנים לנפח.</li> <li>הדגשת המשותף לכל התאים והשוואות</li> </ul>	נגיף (וירוס).  אאוקריוטי, גרעין התא, דופן תא, חלולית, ליזוזומים, מיטוכונדריה, פלסטידות, פרוקריוטי, ציטופלסמה, קרום התא, ריבוזומים, תא בעל חיים, תא חיידקי, תא צמח. תליקואיד, כלורופלסט וכלורופיל (בקצרה)	התא- יחידת החיים	איור של מבנה תא אנימלי לעומת צמחי השוואה על פי הספרות בין אצה חד תאית לבין חיידק.  מעבדה: תצפית על אצות חד תאיות (טטרהסלמיס) לעומת תא אמבואידי.  מעבדה: פלנקטון	איור השוואה בין חד תא צמחי לאנימלי  דו"ח מעבדה

				<p>בין סוגים שונים של תאים בתוך האורגניזם ובין יצורים שונים.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• דוגמאות לפחות לשני תאים שונים, משתי רקמות שונות, באורגניזם רב-תאי. יובאו דוגמאות ימיות</li> <li>• הכרת התא הצמחי ותהליכים המתרחשים בו</li> </ul>		
		התא- יחידת החיים	<p>דו סוכר, חד-סוכר, חומצות אמיניות, חומצות גרעין, חומרים אורגניים, חומרים אי-אורגניים, חלבונים, ליפידים, נוקלאוטידים, פחמימות, רב-סוכר, תאית, DNA, RNA</p> <p>גליקוגן, עמילן, שומנים.</p>	<p>6</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• היסודות העיקריים הבונים את התרכובות האורגניות הם מועטים (C,H,O,N,P,S), ואף על פי כן מגוון התרכובות בכל תא גדול מאוד.</li> <li>• ההרכב והתכונות של פחמימות, ליפידים, חלבונים, חומרים גרעין, חומרי תשמורת: חשיבות, מאפיינים, דוגמאות בצמחים ובבעלי חיים.</li> </ul>	ההרכב הכימי של התא	
דו"ח ניסוי דיפוזיה	מעבדה: ניסוי של דיפוזיה דרך ממברנות		<p>איזוטוני, בררנות, הומאוסטזיס, היפוטוני, היפרטוני, חדירות הקרום. חלבונים, משאבות, נשאים פוספוליפידים, קולטנים, תעלות, אוסמוזה, אנדוציטוזה, אקסוציטוזה, דיפוזיה, דפלסמוליזה, העברה פעילה, מפל ריכוזים, פלסמוליזה. קולטנים ייחודיים כלורופלסטידות, מיטוכונדריה</p>	<p>15</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• קרום התא, הוא מבנה דינמי, המאפשר קיום סביבה פנימית יציבה השונה מן הסביבה החיצונית של התא.</li> <li>• מבנה קרום התא והתאמה לתפקוד.</li> <li>• דרכים למעבר חומרים דרך קרום התא.</li> <li>• קליטת אותות מהסביבה החיצונית אל תוך התאים נעשית דרך קרום התא.</li> <li>• המידור בתא מאפשר פעילות מגוונת וקיום סביבות שונות בתוך התא ובתוך האברונים השונים.</li> </ul>	מעבר חומרים אל התא וממנו	
דו"ח תיאור ניסוי כיתתי דו"ח ניסוי קטלאז	<p>ניסוי כיתתי: 1. הכנת גבינה 2. הכנת אלכוהול</p> <p>מעבדה: ניסוי אנזים קטלאז</p>	התא- יחידת החיים	<p>כלורופיל, כלורופלסטידות.</p>	<p>20</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• מקור החומרים המשמשים לתהליכי חילוף החומרים הוא הזנה הטרוטרופית או אוטוטרופית.</li> <li>• תהליך</li> </ul>	חילוף חומרים ושינויים אנרגטיים	

			<p>אנרגיית חום, גליקוליזה חד-סוכר, מיטוכונדריה, נשימה אירובית, פוספט (זרחח), תסיסה, ADP, ATP.</p> <p>אתר פעיל, בופר, דנטורציה, מבנה מרחבי, מעכב, ספציפיות.</p>	<p>הפוטוסינתזה כתהליך המרת אנרגיית אור לאנרגיה כימית, הניתנת לניצול על ידי יצורים חיים.</p> <p>• הנשימה התאית כתהליך אנאימטי רב-שלבי, שבו מופקת אנרגיה כימית, המשמשת לביצוע כל תהליכי החיים בתא.</p> <p>• חשיבות ה-ATP כמתווך בתהליכים צורכי אנרגיה כגון העברה פעילה, ושינויים כימיים האנזימים כזרזים ביולוגיים, המאפשרים את קיומם של התהליכים בתא.</p> <p>• פעולת האנזימים מושפעת מגורמים שונים, כמו pH, טמפרטורה, ריכוז סובסטרט (מצע), ריכוז אנזים ומעכבים.</p>		
הערכה של מודל מבנה ה DNA	בניה של מודל DNA	התא- יחידת החיים	<p>בסיס חנקני, גדיל, גדיל משלים, גן, דאוקסי-ריבוז, זרחח, חומצות גרעין, נוקלאוטיד, סליל כפול, ריבוז. מוטציה</p> <p>כרומטידות, צנטרומר</p>	<p>• מבנה ה-DNA. • מאפייני ה-DNA:</p> <p>- בעל הרכב אופייני למין וייחודי לפרט; - נשמר (ברובו) במעבר בין הדורות; - יציב מאוד;</p> <p>- יכול לעבור שינויים (מוטציות). •מבנה הכרומוזום</p>	4	החומר התורשתי
דו"ח התפתחות ביצי קיפודי ים.	מעבדה: מעקב התפתחות של ביצי קיפודי ים יצירת אמנות החלוקה של תאים	התא- יחידת החיים רבייה בטבע. בצמחים, באדם ובע"ח.	<p>כישור, כרומוזומים, דיפלואיד, הפלואיד, הפרדה בלתי תלויה, הפריה, זיגוטה, כרומוזומים הומולוגיים, תא רבייה (גמטה), תא ביצה, תא</p>	<p>• שכפול DNA מיטוזה - מתרחשת בתאי גוף (תאים סומטיים) - חשיבות התהליך: גדילה, התמיינות, רבייה אל זוויגית.</p> <p>- עיקרון החלוקה: יצירת שני תאי בת זהים לתא האם.</p> <p>• מיוזה: חלוקת הפחיתה - הבסיס התאי של הרבייה הזוויגית - עיקרון</p>	10	מחזור התא



			זרע תסמונת דאון	החלוקה: יצירת תאי בת המכילים מחצית ממספר הכרומוזומים. חשיבות התהליך: יצירת תאים הפלואאידים; הגדלת השונות הגנטית. • שגיאות בהיפרדות כרומוזומים		
דו"ח סיור	סיור במעבדה לגנטיקה והשחחה של דגים במכון לחקר ימים ואגמים	התא- יחידת החיים רבייה בטבע. בצמחים, באדם ובע"ח.	גן, חומצה אמינית, צופן גנטי (קוד גנטי), קודון, ריבוזומים, תעתוק, תרגום, RNA מוביל (tRNA), RNA שליח (mRNA).	• ביטוי החומר התורשתי נעשה בדרך כלל במסלול של: DNA ל RNA לחלבון • ביטוי גנים מבוקר על ידי אותות תוך תאיים וחוץ תאיים.	12	מ-DNA לחלבון
			מוטגן	• מוטציה היא שינוי ברצף הבסיסים ב-DNA. • מוטציות נקודתיות (החסרה, הוספה, החלפה). • לא כל שינוי ברמת ה-DNA מתבטא ברמת החלבון.	2	מוטציות

### ה. 3. מחד תאיים לרב תאיים - מבנה, תפקוד והשוואה התפתחותית

הנושא	מספר שעות	המטרות האופרטיביות	מושגים מרכזיים	ביבליוגרפיה לתלמיד	דרך ההוראה	דרך ההערכה ומשקלה
האורגניזם השלם	2	יצור חי, זקוק לחומרים לבניית הגוף ולהפקת אנרגיה. תהליכים של חילוף חומרים (מטבוליזם) בתאי גופו מתבצעים בסיוע של אנזימים שונים.	ATP, אנרגיית חום, אנרגיה כימית, נשימה תאית (ללא פירוט התהליכים).			
תהליכים אבולוציוניים	1	• מעבר מאורגניזם חד תאי לאורגניזם רב תאי. • מעבר מסביבת חיים מימית לסביבת חיים יבשתית שהתאפשר בשל תהליכים שכוללים שינויים במבנה מערכות שונות בגוף ובמנגנוני הפעולה שלהן.	התאמה לחיים ימיים לעומת יבשתיים. יחס שטח פנים/נפח, הידרודינמיות, דיפוזיה לעומת מערכת הובלה, משקל של יונקים ימיים מול יבשתיים, פלנקטון ימי כמייצג של חד תאיים. ימיים גורמים אביוטיים			

<p>דו"ח מעקב התרבות אצות</p>	<p>תצפית במיקרוסקופ על מבנה של אלמוג מבנה של ביצת דג</p> <p>ניסוי התרבות של אצות חד תאיות</p>		<p>יתרון אבולוציוני רבייה זוויגית ואל זוויגית, רבייה פנימית/חיצונית, התפתחות עוברית (קיפוד ים כדוגמה מייצגת), פרתנוגיניזה, הרמפרודיטיות,, גונוכוריות</p> <p>הטלה, המלטה, השרצה, חלמון, לידה, רחם, שליה.</p> <p>גדילה אקספוננציאלית בחד תאיים</p> <p>שלבים לרבליים בבעלי חיים ימיים נבחרים</p>	<p>4</p> <p>• תהליך הרבייה מותאם לסביבת החיים בהיבטים הבאים: - סוג ההפריה (חיצונית / פנימית) - מקום התפתחות העובר (ביצה / רחם) - מקור החומרים מהם ניזון העובר (ביצה / דם האם) - חילוף הגזים בעובר (מהמים ואל המים/מהאוויר ואל האוויר/מדם האם ולדם האם) - המקום אליו מופרשים חומרי הפסולת מהעובר (אל המים / לשק השתן העוברי / לנוזל השפיר). • ההתפתחות האבולוציונית של מערכות רבייה זוויגית בבעלי חיים קשורה למעבר מחיים במים לחיים ביבשה, תוך שמירה על סביבה לחה הדרושה לתאי הרבייה, ההפריה ולהתפתחות העובר.</p>	<p>מערכת הרבייה</p>
<p>בסוף חלק זה תוגש טבלה מסכמת המשווה את המחלקות השונות עם דגש על התפתחות מערכתית והתמחות תוך תשומת לב להתפתחות אבולוציונית</p>	<p>תצפיות, סיורים, מעבדות,</p>			<p>4</p> <p>בחינה מעמיקה של אורגניזמים נבחרים בהם יבדקו המערכות: רבייה, בקרת התא, הפרשה, הזנה, נשימה, מערכת חיסונית, הובלה, ויסות התנאים בתא (אוסמוזיס, pH ועוד), ראייה (עין פשוטה, מורכבת, הפוכה) ועוד.</p>	<p>פיסילוגיה השוואתית של חסרי חוליות ימיים</p>
		<p>Robert D. Barnes Invertebrate Zoology</p>	<p>כאנוציטין, מזוהיל, אוסטיים, אוסקולום, מחטי שלד, רבייה,</p>	<p>4</p> <p>ספוגים כחוט מקשר בין חד תאיים לרב תאיים. התמחות תפקודית. אנטומיה של ספוגים, סיסטמטיקה של קבוצות עיקריות</p>	
	<p>מעבדת אלמוגים במכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים</p>	<p>Robert D. Barnes Invertebrate Zoology שונית האלמוגים,</p>	<p>שושנות ים, אלמוגים, נמטוציסטים, הלבנה (בקצרה- יפורט בפרק אקולוגיה),</p>	<p>6</p> <p>מערכת הצורבים</p>	

		רמי קליין ויוסי לוייה	סימביוזה הדדית, זואוקסנתלות, סימטריה רדיאלית, שלד הידרוסטטי, ששאים, שמונאים, סטטוליט (שיווי משקל), פגית, אקטודרם, מוזדרם, הנצה (budding), אפידרמיס, גסטרודרמיס,			
		Robert D. Barnes Invertebrate Zoology	סימטריה בילטרלית, רגנרציה, ראשוני פה, טפילות, דורסלי, ונטרלי, אנטריוור, פוסטריוור,	תולעים שטוחות	2	
		Robert D. Barnes Invertebrate Zoology	גלימה, רדולה, מבנה הקונכיה (אם הפנינה), פוליפלקופורה, גסטרופודה, שיטות הזנה, קדם זימיים, אחור זימיים, צדפות, ראשרגליים (אנטומיה של דיונון), כרומטופורים והסוואה בראשרגליים	רכיכות: פוליפלקופורה גסטרופודה ראשרגליים, והסוואה בראשרגליים	8	
		Robert D. Barnes Invertebrate Zoology	סטה, סגמנטציה, פרפודיה, תולעים חופשיות ותולעים נרתיקניות,	תולעים רב זיפיות	2	
		Robert D. Barnes Invertebrate Zoology	תנועה פריסטלית, קליטליום,	תולעים טבעתיות	1	
בוחר זיהוי של אורגניזמים מקבוצות סיסטמטיות שונות	סיוור מודרך במצפה התת ימי.	Robert D. Barnes Invertebrate Zoology	נשימת טרכאות, שלד חיצוני, המוצלים, התנשלות, כליצרטה, מנדילבלטה, עין מורכבת, קופפוד, בלוטי ים,	פרוקי רגליים: אנטומיה של סרטנים	6	
		Robert D. Barnes Invertebrate Zoology	סימטריה פנטה- רדיאלית, רגלי מים, מערכת מים, עיכול חוץ גופי, קיפוד רגולרי ואי- רגולרי,	קווצי עור	4	
	ניתוח דג ניסוי מסיסות חמצן ונשימה בדגים		אוסמורגולציה, הפרשות בדגי מים מלוחים, ודגי מים מתוקים, זימים, מנגנון counter	דגים	6	אנטומיה ופיסיולוגיה של דגים

			current, אוטוליט,			
			נשימה עורית, ראשן, זימים,	דו חיים מחזור חיים של צפרדע	1	
			אוסמורגולציה (היפוטוניות), מנגנון חזרה לבית, הבדלים בין ילודה של זכרים ונקבות, שיטות להארכת זמני צלילה, הומיאותרמים, פויקילותרמים.	זוחלים ימיים (צבים, תניניים, נחשים, לטאות) שמירת טבע של צבים	2	
			נוצות, שלד, התאמה לתעופה, בלוטת שומן, נשימה באוויר, צלילה בים, קרומי שחייה	ציפורים (שחפים, פינגווינים)	2	
	ניתוח של לב בוחרן השוואה בין המנגנונים השונים		מערכת עיכול: אנזימי עיכול (ללא פירוט), מעזי גס, מעזי דק, ספיגה, פירוק כימי, פירוק מכני, צואה, קביה.  מערכת נשימה: בית החזה, המוגלובין, חילוף גזים, נאדיות הריאה, נשיפה, סרעפת, קנה נשימה, קצב נשימה, ריאות, שאיפה. CO2, חומצה פחמתית, מרכז הנשימה במוח.  מערכת הובלה: ברזל, המוגלובין, ורידים, טסיות דם (לוחיות דם), כלי דם כליליים, לחץ דם, מוח עצמות, מחזור דם גדול, מחזור דם קטן, נוזל הדם – פלסמה, נימים, עורקים, תאי דם אדומים, תאי דם לבנים.  הומולוגיה ואנלוגיה	• המזון כמקור החומרים לבנייה ולחפיקת אנרגיה, עיכול המזון וספיגתו אל מערכת הדם, הובלתו לתאים, סילוק מזון שלא עוכל.  • קליטת חמצן והובלתו בדם, הובלת CO2 בדם ופליטתו.  • מערכת ההובלה, מערכת זרימה ותיווך המקשרת בין מערכות שונות. הלב – מבנה ותפקוד.	28	יונקים ימיים- השוואה לבני אדם – מערכות בגוף
			כליה, נפרון, ספיגה חוזרת, שלפוחית שתן, שתן, שתן, תסנין. הזעה, התייבשות, מאזן	מערכת הפרשה פנימית מווסתת מערכות שונות באמצעות הורמונים	6	

			מים תקין, נפח השתן וריכוזו, ADH.				
			תאי חישה, קולטנים (רצפטורים) ייחודיים. קו צד בדגים, חישה אלקטרומגנטית בכרישים	מערכות תקשורת, ויסות ותיאום • קליטה של גירויים ואותות מהסביבה החיצונית והפנימית, באמצעות איברי חוש ותאי חישה, מעבד אותם ומגיב עליהם תוך תיאום בין המערכות והאיברים השונים. • מסלול העברת מידע: תאי חישה - תאי עצב תחושתיים - מערכת עצבים מרכזית – תאי עצב תנועתיים - תאי מטרה (שריר, בלוטה). • תאי העצב (נוירונים) - התאמה בין מבנה לתפקוד. - העברת אותות בתאי עצב: אות חשמלי, אות כימי - מעבר הגירוי העצבי בין תא עצב אחד לאחר, או בין תא עצב לתא מטרה נעשה (בדרך כלל) כאות כימי בסינפסה. • מערכת העצבים המרכזית כמערכת מתאמת ומווסתת, פעולות רצוניות ובלתי רצוניות. • מערכת העצבים ההיקפית ותפקודה.	12		
	סיוור ריף הדולפינים		נשימה, זרימת דם, אירובי/אנאירובי, מחלות צלילה, דקומפרסיה, תסמונת היונקים,	התאמות לצלילה השוואות פיסיולוגיות של צלילה על יונקים ימיים כולל גוף האדם	2	מנגנוני צלילה ביונקים ימיים	
		הוד היס. פרק 17. יונקים ימיים בים התיכון ובצפון ים סוף	להקות זכרים, אגרסיה, משחק, התנהגות רבייתית,	להקתיות בדולפינים ואינטראקציות תוך מיניות וחוץ מיניות	2	התנהגות ביונקים ימיים	

#### ה. 4. אקולוגיה ימית, התנהגות של בעלי החיים, האדם והשפעתו על הים

הנושא	מספר שעות	המטרות האופרטיביות	מושגים מרכזיים	ביבליוגרפיה לתלמיד	דרך ההוראה	דרך ההערכה ומשקלה
מאפייני הסביבה	2	חלק מנושאים אלו הועברו בשנה הראשונה ולכן לא יועברו בצורה מעמיקה. • גורמים אביוטים: מים, קרקע, אור וקרינה, טמפרטורה, רוח, חמצן, חנקן ו-CO2. • גורמים ביוטיים: אצות, בעלי חיים, חיידקים	גורם מגביל		1. סיור כרית מול 2. סיור חוף חולי	דוחות על שני הסיורים - השוואה
מפרץ אילת	2	מבנה, זרמים, השפעות אדם ותיירות, שמירת טבע מקומית	אנדמיזם, נדידה לספסיאנית, כלובי הדגים באילת, נפט ובע"ח ימיים, מטען הפוספטים, ביוב, נזקי צלילה ותיירות			
יחסי גומלין	8	• יחסי ההזנה בין יצרנים לבין צרכנים • טריפה, הימלטות מטריפה. • תחרות בתוך אוכלוסיות ובין אוכלוסיות. • יחסי שיתוף (סימביוזה) מסוגים שונים. • השפעת יחסי הגומלין על גודל האוכלוסייה.	אוטורופים, הטרוטרופים, יצרנים, צרכנים ראשוניים, צרכנים שניוניים  הדדיות (מוטואליזם), טפילות, קומנסליזם.			
התנהגות בעלי חיים ימיים	4	הקשר בין התנהגות בעלי חיים ימיים לייחסי הגומלין ביניהם ולסביבה	להקתיות, התנהגות רבייתית, פעילי יום ולילה, מנדנון homing			
מקורות אנרגיה, מעברי אנרגיה ומעברי חומרים במערכת אקולוגית	8	• השמש מקור האנרגיה הראשוני והעיקרי במרבית המערכות האקולוגיות. נביעות הידרותרמיות כמערכת אקולוגית אלטרנטיבית לקיום חיים ואנרגיה ללא שימוש באור. • מעברי אנרגיה בין גורמים ביוטיים לבין	אנרגיה כימית, אנרגיית חום, ביומסה, זמינות, חומר אורגני, חומר אי-אורגני, טורף-על, יחסי הזנה, יצרנים, מפרקים (חיידקים ופטריות), נשימה, פוטוסינתזה, צרכנים (ראשוניים, שניוניים), קיבוע חנקן. המעגל המיקרוביאלי,			

			<p>נביעות הידרותרמיות</p> <p>שרשרת מזון, מארג מזון ופירמידה אקולוגית</p>	<p>הסביבה האביוטית. • זרימת אנרגיה בין גורמים ביוטיים נעשית באמצעות הזנה. • דרכים לייצוג מעברי אנרגיה וחומרים במערכת האקולוגית: שרשרת מזון, מארג מזון ופירמידה אקולוגית. • מחזורי חומרים בטבע: מחזור חנקן (ללא פירוט תהליכים כימיים ומחזור הפחמן.</p>		
			<p>כשירות, מין (species), מגוון ביולוגי.</p> <p>מחסום רבייתי, מינים אנדמיים.</p>	<p>• <b>תיאוריית האבולוציה</b> - שונות, שחלקה תורשתית. - מספר הצאצאים הנוצרים גדול ממספר הצאצאים השורדים. - קיים קשר בין תכונות הפרט לבין הסיכויים שלו לשרוד ולהתרבות • <b>התאמה</b> • <b>שונות</b> - שונות בין פרטים בתוך המין מתבטאת בהבדלים: התנהגותיים, פיזיולוגיים אנטומיים וברמה התאית מולקולרית. - מקורות השונות: -צירופים שונים של אללים -רבייה זוויגית -מוטציות -אקראיות בתאי הזוויג • <b>ברירה טבעית</b> - שונות בטבע כחומר גלם, לברירה טבעית, תחרות על משאבים, הישרדות והתאמה. - תהליכי ברירה טבעית משפיעים על המגוון בתוך המינים, ועל המגוון של המינים. • <b>הרכב אוכלוסיות מושפע גם</b></p>	10	תהליכים אבולוציוניים

				<p><b>מאירועים אקראיים</b></p> <p>- אירועים אקראיים מתקיימים במקביל לתהליכי ברירה טבעית.</p> <p>- השפעת אירועים אקראיים ומוטציות אקראיות גדולה במיוחד באוכלוסיות קטנות, ועשויה לגרום לעליה בשכיחות של תכונות שאין להן יתרון בסביבה.</p>		
מטלה- התאמות בע"ח דמיוני	מטלה : איור של חיה דמיונית והתאמתה לאזור חיים דמיוני. הסבר לשיקולים שנלקחו		הומאותרמים (אנדותרמים), פויקילותרמים (אקטותרמים), גומחה אקולוגית, נישה בסיסית, נישה פוטנציאלית	<ul style="list-style-type: none"> <li>• סוגים שונים של התאמות: מורפולוגית, פיזיולוגית- ביוכימית, התנהגותית.</li> </ul>	5	התאמה לבתי גידול
			גידול מלתוסיאני, כושר נשיאה, היכחדות, משאב מוגבל, אוכלוסיות על, ביוגיאוגרפיה של איים	עקרונות לגידול באוכלוסייה ומשאבים מוגבלים	4	גידול באוכלוסייה
			שרידות, אונטוגיניזה, פוריות, אסטרטגית r ו K, , חברה, מגוון מינים, SAR	מהלך חיים של אורגניזמים נבחרים ודגש על שונות ביניהם	2	אסטרטגיות חיים
דו"ח שנירקול	שנירקול מודרך ומדידה של הבדלים אקולוגיים בחברת הדגים או האלמוגים בשמורת חוף אלמוג			שונות אלמוגים קישוריות ביים	8	מגוון בתי גידול ימיים ומארג יחסי הגומלין המתקיים בהם
		הוד היס. פרק 1. הגנה על המערכת הימית בישראל	אפקט החממה, דישון, דלדול האוזון, הסעת חול, חומרי הדברה וזיהום קרקע, הרס בתי גידול, זיהום מים. המסת קרחונים ועליית גובה פני ים. הלבנת אלמוגים, החמצת אוקיינוסים, פלסטיק ביים. ייתן דגש על שונות אלמוגים. דייג יתר. MSY, פלישת מינים, טביעת רגל אקולוגית	<ul style="list-style-type: none"> <li>• השפעת האדם על גורמים ביוטיים ואביוטיים.</li> <li>• השפעת האדם על יחסי הגומלין בטבע.</li> <li>• השפעת האדם על המגוון הביולוגי בטבע. שימור מינים, הכחדת מינים, ביטול מחסומים גיאוגרפיים, מינים פולשים - השבחה וטיפוח - השפעות אדם מקומיות במפרץ אילת</li> </ul>	10	השפעת האדם על הסביבה הימית היבטים גלובליים ומקומיים



			כלובי הדגים באילת, נפט ובעיח ימיים, מטען הפוספטים, ביוב			
הערכה של הטיעונים למשחק התפקידים	משחק תפקידים בין פיתוח לשימור של אזור ימי רגיש. דוגמאות מאילת כמו כלובי הדגים, בניה של המלון בחוף הדרומי, בניית הנמל הישן והנמל החדש המתוכנן.		הכחדת מינים, טביעת רגל אקולוגית, מחסומים גאוגרפיים, קיימות, (sustainability) . חקלאות ימית	• דילמות הקשורות לשמירת הסביבה: - שימור לעומת פיתוח - עלות תועלת מול שיקולים אתיים	4	השפעה אפשרית של האדם על תהליכים אבולוציוניים
		הוד הים. פרק 2. מדיניות שמירת הטבע בים התיכון	MPA, שמורות ביוספריות ימיות, שמירה על אקוסיסטמות (EBM), מין מפתח, מין דגל, קשר יבשה-ים, שימור של אורגניזמים צמחוניים. שוניות מלאכותיות	יתרונות וחסרונות של שמורות טבע ימיות	2	שמירת טבע ימית

## ו. מעבדות

מיקום	מיומנויות	תוכן	מעבדה
המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים.	עבודה במיקרוסקופ הכנת מתקן שימוש במגדירים לזיהוי של מינים.	הכרת התבחינים בחלוקה של פלנקטון, מרופלנקטון, הולופלנקטון, פיטו-וואופלנקטון, זיהוי של קבוצות מייצגות	הכרת הפלנקטון
כיתה	מילוי מדויק של ההנחיות לבצוע ניסוי. דווח ברור ומאורגן של התצפיות. חלוקת תפקידים בתוך הקבוצה. שיתוף כל חברי הקבוצה בפעילות. שימוש בשפה מדעית נכונה ומדויקת.	עריכת ניסויים שונים על הגורמים המשפיעים על דיפוזיה ואוסמוזה	דיפוזיה ואוסמוזה
כיתה	מילוי מדויק אחר ההנחיות לבצוע הניסוי. עבודה עם חומרים מסוכנים. עבודה מסודרת ומאורגנת כולל רישום מדויק של מהלך העבודה והתוצאות. שיטות עבודה במעבדה, בניית גרפים בשיטה המדעית.	הבנת העקרונות של פעולת האנזים וגורמים המשפיעים עליו (טמפ', ריכוז, pH).	אנזימים- קטאלאז
ניסוי שיערך על ידי כל הכיתה ביחד- בכיתה	בחינה של תהליכים ארוכי טווח. רישום מדעי של מהלך ניסוי ותוצאות. הבנת עקרונות הניסוי המדעי. בחינה ביקורתית של ניסוי מדעי יישום ניסויים בעולם המסחרי.	הבנה של עקרונות המטבוליזם	תסיסה לקטית ואתנולית
כיתה	עקרונות של חלוקה תאית חשיבות של תיעוד (ציור וצילום) בניסויים מדעיים,	איסוף תאי רבייה של קיפוד ים מהמכון לחקר ימים ואגמים הפרייה בכיתה. מעקב לאורך יממה לתיאור ולזיהוי שלבים בהתפתחות העוברית של קיפוד ים בשלבי הראשונים. חלוקת תאים (זיגוטה, חלוקה שווה/ספירלית, בלסטולה, מרולה וכד').	התפתחות עוברית- ביצי קיפוד ים
כיתה	שימוש במיקרוסקופ שימוש בהמוציטומטר ספירה של יצורים חד תאיים עקומת כיוול.	מעקב לאורך זמן על קצבי הגידול של אצות חד תאיות. לקיחת דגימות בשלבים שונים לבחינת הרכב התאים. עריכת השוואות לרמות שונות של נוטריינטים והרכבם.	התרבות אצות חד תאיות
המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים.	זיהוי מינים שימוש במיקרוסקופ אור וסטריאומיקרוסקופ- הבדלים ביניהם שימוש במגדירים ניסוי של זיהוי עצמי/ זר.	זיהוי של אלמוגים, הכרה של מבנה אלמוג פעילות של תאי צריבה וכד'.	מעבדת אלמוגים
כיתה	זיהוי קשר בין מבנה לתפקוד חקר מונחה ועצמי של אורגניזם	הכרת מבנה החיצוני של הדג.	ניתוח דג

	מוכר פיתוח יכולת התבוננות בפרטים חשיבות הציור ככלי לימוד מדעי.	הבנה של התאמה בין מבנה לתפקוד.	
המכון לחקר ימים ואגמים.	שיטות במחקר של מטבוליזם שימוש בציוד מעבדה מתקדם כיוול מכשירים.	בחינה של השפעות רמות של חמצן על רמות הפעילות של דגים וקצבי נשימה	מסיסות חמצן במים והשפעה על דגים
כיתה	קשר בין מבנה ביולוגי למכונה זיהוי ל מחלות אדם במערכות של בעלי חיים דומים.	הכרה של מבנה הלב ביונקים.	ניתוח לב

## ז. דרכי הערכה מסכמות

משקל	כיתה יב'	משקל	כיתה יא'	משקל	כיתה י'	דרכי הערכה
50	שני מבחנים	50	שני מבחנים	10	תהליכים גיאולוגיים	מבחנים
20	1. סיור כרית-סיסטמטיקה והתאמה לבית גידול 2. סיור חוף חולי 3. שנירקול בשונית אלמוגים	20	1. סיור במצפה תת ימי 2. סיור בריף דולפינים 3. הזנה של דגים	10	1. סיור במעבדה לגנטיקה (חקר ימים ואגמים) 2. סיור ביוטכנולוגיה ימית (חקר ימים ואגמים) 3. סיור כרית הכרות בסיסית של הסביבה הימית	דו"ח סיור
		30	1. ניסוי התרבות של אצות חד תאיות 2. מעבדת אלמוגים 3. ניתוח דג 4. מסיכות חמצן בדגים 5. ניתוח לב	60	1. מעבדת פלנקטון 2. ניסוי דיפוזיה 3. ניסוי קטלאז 4. ניסוי כיתתי-תסיסה לקטית ואתנולית 5. התפתחות ביצי קיפודים	דו"ח מעבדה
5 5 20	1. איור חיה דמיונית 2. הערכת משחק תפקידים 3. הכנת עבודה: סקירת ספרות מקצועית בנושא ימי נבחר.			20	1. איור גיאוגרפי של מפרץ אילת 2. השוואה בין חד תא צמחי לאנימלי 3. מודל DNA	מטלות אחרות
100		100		100		סה"כ

❖ בתכנית סיורים במוסדות מחקר אקדמיים ובים.

במסגרת התכנית יבקרו התלמידים במקומות הבאים:

- חקר ימים ואגמים- רבייה בדגים, גנטיקה של דגים, אצות וגידולן, הזנה של דגים.
- המכון הבין-אוניברסיטאי למדעי הים- מעבדת פלנקטון, מעבדת אלמוגים.
- המצפה התת ימי- גידול של אלמוגים, זיהוי של חסרי חוליות.
- שמורת חוף אלמוג- שנירקול לבחינת האקולוגיה של שוניות האלמוגים.
- חוף אום ראש-ראש- הכרית (חוף ים סלעי).
- החוף הצפוני- חוף ים חולי.

## ח. רשימת מקורות (ביבליוגרפיה)

אמיר, ר' (2007). פרקים באקולוגיה. מהדורה שניה מורחבת. האוניברסיטה העברית בירושלים.

גרס ח', עתידיה י' (2000) התא- יחידת החיים. האוניברסיטה העברית בירושלים.

דפני י' (2000) מפרץ אילת: מים סוף ועד סופו. צ'ריקובר מוציאים לאור.

המרכז להוראת המדעים (2012) רבייה בטבע. בצמחים באדם ובבעלי חיים. מהדורה שנייה. האוניברסיטה העברית בירושלים.

סטמבלר נ' – עורכת (2013) הוד הים, יציבות ושינוי במערכות הימיות בישראל. העמותה הישראלית למדעי הים.

עינב ר' (2004) אצות החוף של ישראל. הוצאות אוניברסיטת בר אילן.

קליין ר', לוייה י' (1994) שונית האלמוגים. הוצאת משרד הביטחון.

Ruppert R. *Invertebrate Zoology: A Functional Evolutionary Approach*.

2004. Fox, R, Barnes ,Brooks/ Cole Publishers

אתרי אינטרנט רלוונטיים.

מאמרים רלוונטיים :

[magazine.isees.org.il/DownloadPage.aspx?ArticleId=162](http://magazine.isees.org.il/DownloadPage.aspx?ArticleId=162)

[magazine.isees.org.il/DownloadPage.aspx?ArticleId=386](http://magazine.isees.org.il/DownloadPage.aspx?ArticleId=386)