

דוח מת"ת: סקירת תוכניות לימודים בביולוגיה לחטיבה העליונה ברחבי העולם



היזמה למחקר יישומי בחינוך

כתיבה: ד"ר גליה זר כבוד
חוקרת מלווה: פרופ' ענת ירדן
נובמבר 2018

דוח מת"ת (מידע תומך תכנון) נועד להשיב על שאלות ממוקדות בסוגיות אקטואליות של מתווי מדיניות. התוצר הוא מסמך ממוקד, בהיר ומותאם אישית לצורכי המזמין. דוח מת"ת סוקר ספרות מחקר עדכנית וכן מדיניות חינוך. הסקירה נעשית בהתאם לנושא הנדון והיא מפנה את הקוראים להרחבות. חוקרים מהתחום מלווים את כתיבת הדוח, קוראים ומעירים במהלך הכתיבה.

על הפקת דוחות מת"ת אחראים חברי צוות היזמה:
ד"ר תמי חלמיש אייזנמן: מנהלת; ד"ר עדו ליטמנוביץ: עורך הסדרה; מוריה יזרעאלב: עורכת הפרסומים; אמונה כרמל: מעצבת ועורכת גרפית; אילה ולודבסקי-יובל: אחראית על הנגשת חומרים וידע ארגוני.

בכל שימוש במסמך זה או ציטוט ממנו יש לאזכר את המקור כדלקמן:
זר כבוד, ג' (2018). סקירת תוכניות לימודים בביולוגיה לחטיבה העליונה ברחבי העולם. היזמה למחקר יישומי בחינוך.

תוכן עניינים

1. מבוא

05	מטרות הדוח
05	המדינות המופיעות בדוח והקריטריונים שנבדקו

2. השוואה בין תוכניות הלימודים בבילוגיה לחט"ע

06	2.1 תוכני הלימוד
12	2.2 פרקטיקות מדעיות ומיומנויות
15	2.3 מאפיינים ייחודיים של תוכנית הלימודים
16	2.4 נושאים סוציו-מדעיים וערכיים
17	2.5 מסגרות זמן

3. כרופיל תוכנית הלימודים בבילוגיה לחט"ע לפי מדינה

18	3.1 אוסטרליה
18	3.1.1 רקע כללי על לימודי בילוגיה בחט"ע באוסטרליה
18	3.1.2 מבנה ת"ל או עקרונות מנחים שלה
19	3.1.3 תוכני הלימוד
19	3.1.4 פרקטיקות ומיומנויות
20	3.1.5 נושאים סוציו-מדעיים וערכיים
20	3.1.6 מסגרות זמן

22	3.2 אנגליה
22	3.2.1 רקע כללי על לימודי בילוגיה בחט"ע באנגליה
22	3.2.2 מבנה ת"ל או עקרונות מנחים שלה
23	3.2.3 תוכני הלימוד
25	3.2.4 פרקטיקות ומיומנויות
26	3.2.5 נושאים סוציו-מדעיים וערכיים
26	3.2.6 מסגרות זמן

27	3.3 ארצות הברית - וירג'יניה
27	3.3.1 רקע כללי על לימודי בילוגיה בחט"ע בוורג'יניה
27	3.3.2 מבנה ת"ל או עקרונות מנחים שלה
27	3.3.3 תוכני הלימוד
28	3.3.4 פרקטיקות ומיומנויות
29	3.3.5 נושאים סוציו-מדעיים וערכיים
29	3.3.6 מסגרות זמן

30	3.4 ארצות הברית - קליפורניה
30	3.4.1 רקע כללי על לימודי בילוגיה בחט"ע בקליפורניה
30	3.4.2 מבנה ת"ל או עקרונות מנחים שלה
31	3.4.3 תוכני הלימוד
32	3.4.4 פרקטיקות ומיומנויות
33	3.4.5 נושאים סוציו-מדעיים וערכיים
33	3.4.6 מסגרות זמן

35	 ניו זילנד	<u>3.5</u>
35	 3.5.1 רקע כללי על לימודי ביולוגיה בחט"ע בניו זילנד	
35	 3.5.2 מבנה ת"ל או עקרונות מנחים שלה	
35	 3.5.3 תוכני הלימוד	
36	 3.5.4 פרקטיקות ומיומנויות	
37	 3.5.5 נושאים סוציו־מדעיים וערכיים	
38	 3.5.6 מסגרות זמן	
39	 סינגפור	<u>3.6</u>
39	 3.6.1 רקע כללי על לימודי ביולוגיה בחט"ע בסינגפור	
39	 3.6.2 מבנה ת"ל או עקרונות מנחים שלה	
39	 3.6.3 תוכני הלימוד	
40	 3.6.4 פרקטיקות ומיומנויות	
41	 3.6.5 נושאים סוציו־מדעיים וערכיים	
41	 3.6.6 מסגרות זמן	
42	 סקוטלנד	<u>3.7</u>
42	 3.7.1 רקע כללי על לימודי ביולוגיה בחט"ע בסקוטלנד	
42	 3.7.2 מבנה ת"ל או עקרונות מנחים שלה	
43	 3.7.3 תוכני הלימוד	
43	 3.7.4 פרקטיקות ומיומנויות	
44	 3.7.5 נושאים סוציו־מדעיים וערכיים	
44	 3.7.6 מסגרות זמן	
45	 כינלנד	<u>3.8</u>
45	 3.8.1 רקע כללי על לימודי ביולוגיה בחט"ע בכינלנד	
45	 3.8.2 מבנה ת"ל או עקרונות מנחים שלה	
45	 3.8.3 תוכני הלימוד	
46	 3.8.4 פרקטיקות ומיומנויות	
47	 3.8.5 נושאים סוציו־מדעיים וערכיים	
47	 3.8.6 מסגרות זמן	
48	 קנדה - קולומביה הבריטית	<u>3.9</u>
48	 3.9.1 רקע כללי על לימודי ביולוגיה בחט"ע בקולומביה הבריטית	
48	 3.9.2 מבנה ת"ל או עקרונות מנחים שלה	
49	 3.9.3 תוכני הלימוד	
50	 3.9.4 פרקטיקות ומיומנויות	
51	 3.9.5 נושאים סוציו־מדעיים וערכיים	
51	 3.9.6 מסגרות זמן	
52	 נספח: חוות דעת על המסמך	

מטרות הדוח

התוויה של תוכניות לימודים (ת"ל) בבילוגיה לחטיבה העליונה (חט"ע) היא פעולה מורכבת שצריכה להתחשב, בין השאר, בידע שעיימו מגיעים התלמידים לחטיבה העליונה ובידע שעיימו הם אמורים לצאת כאזרחים מקבלי החלטות מושכלות, בעלי אוריינות מדעית וכעובדים פוטנציאלים בשוק העבודה הרלוונטי לתחום. נוסף על כך, ראוי שתוכנית הלימודים בישראל תעמוד בשורה אחת עם תוכניות מקבילות במדינות נבחרות ברחבי העולם. בימים אלו שוקדים באגף למדעים על עדכון תוכנית הלימוד בבילוגיה לאור שיקולים אלו. לצורך זה הזמינה ד"ר אירית שדה, מפמ"ר ביולוגיה, דוח מת"ת (מידע תומך תכנון) מהיזמה למחקר יישומי בחינוך. הדוח מציג את תוכן של תוכניות לימודים בבילוגיה בחט"ע בתשע מדינות, מנתח אותן ומשווה ביניהן.

המדינות המופיעות בדוח והקריטריונים שנבדקו

בדוח זה נסקרו אוסטרליה, אנגליה, המדינות וירג'יניה וקליפורניה בארה"ב, ניו זילנד, סינגפור, סקוטלנד, פינלנד והפרובינציה קולומביה הבריטית של קנדה. לצורך ההשוואה נבחרו מדינות דוברות אנגלית או מדינות שתוכנית הלימודים בבילוגיה לחט"ע מפורסמת בהן בשפה האנגלית. בארצות הברית נבחרו שתי מדינות: אחת מהן, קליפורניה, אימצה את הסטנדרטים הלאומיים במדעים (Next Generation Science Standards, NGSS) ואילו השנייה, וירג'יניה, פועלת לפי סטנדרטים אחרים. מכיוון שלא קיימת תוכנית לימודים אחידה בכל בריטניה, נבחרו שתי מדינות - אנגליה וסקוטלנד - שבכל אחת מהן מופעלת תוכנית לימודים שונה בבילוגיה בחט"ע. בדומה לבריטניה, גם בקנדה לא קיימת תוכנית לימודים לאומית המופעלת בכל הפרובינציות. הפרובינציה קולומביה הבריטית של קנדה נבחרה מכיוון שתלמידיה הגיעו להישגים גבוהים במדעים בין-לאומיים, ולאחרונה החלה בה הטמעה של תוכנית לימודים חדשה. בדומה לקנדה, גם אוסטרליה מחולקת למדינות ולטריטוריות, אולם מופעלת בה תוכנית לימודים לאומית שעקרונותיה מחייבים את אוסטרליה כולה.

התיאור של כל ת"ל מבוסס על מסמכי תוכניות הלימודים העדכניות ביותר ועל מקורות מידע נוספים. התיאור כולל את הקריטריונים הבאים:

1. רקע כללי על לימודי ביולוגיה בחט"ע.
2. מבנה ת"ל או עקרונות מנחים שלה.
3. תוכני הלימוד: נושאי לימוד מרכזיים ונושאי משנה.
4. פרקטיקות מדעיות ומיומנויות: מיומנויות חקר כלליות, מיומנויות חקר מעשיות ושיטות מעבדה.¹
5. נושאים סוציו-מדעיים וערכיים.
6. מסגרות זמן: היקף שעות הלימוד בבילוגיה וכן חלוקת שעות לפי נושאים.

בחלקו הראשון של הדוח (פרק 2) נערכת השוואה בין תשע תוכניות הלימודים לפי קריטריונים אלה. בחלקו השני של הדוח (פרק 3) מפורטות כל אחת מתוכניות הלימוד על פי אותם קריטריונים.

1 בדוח זה נכרכות יחד מיומנויות ופרקטיקות מדעיות (שהן שילוב של מיומנויות, ידע והבנה ספציפיים הדרושים במדע) משום שבחלק מהמדינות חסרה הבחנה ביניהן.

2. השוואה בין תוכניות הלימודים בביולוגיה לחט"ע

2.1. תוכני הלימוד

התכנים בתוכניות הלימודים בביולוגיה של תשע המדינות שנכללו בסקירה זו הושוּו לפי הקריטריונים הבאים: שלושת נושאי החובה בת"ל העדכנית בישראל: (1) גוף האדם; (2) התא - מבנה ופעילות; (3) אקולוגיה (טבלה 1). כמו כן, לבקשת המזכירות הפדגוגית נבחנו ארבעה נושאי משנה ספציפיים להשוואה: (4) גנטיקה מולקולרית ותורשה; (5) אבולוציה; (6) קיימות; (7) ביוטכנולוגיה (טבלה 2). נוסף על שבעה נושאי הלימוד שלעיל, נערכה השוואה גם לנושאי לימוד ייחודיים בכל מדינה, ולרוב אינם מופיעים בתוכנית הלימודים בישראל (טבלה 3).

טבלה 1. השוואת תוכני הלימוד בת"ל בביולוגיה בחט"ע בשלושת נושאי החובה בישראל

מדינה / נושאי לימוד	גוף האדם	התא ותהליכי חיים	אקולוגיה
אוסטרליה	הומאוסטזיס ומחלות מידבקות	- התא כבסיס לחיים - אורגניזמים רב־תאיים	תיאור מגוון ביולוגי ודינמיקה של מערכות אקולוגיות
אנגליה	- KS4: ² - מערכת ההובלה - מערכת העצבים - מערכת הגנה - מערכת הורמונלית - מערכת הרבייה, הומאוסטזיס באדם	- ביולוגיה של התא - פוטוסינתזה	מערכות אקולוגיות
	- A-Level: - מערכות בקרה והומאוסטזיס - חילוף חומרים והובלה	- תאים - מולקולות ביולוגיות - חילוף חומרים והובלה - אנרגיה בתהליכים ביולוגיים (בשימה תאית, פוטוסינתזה)	מערכות אקולוגיות
ארה"ב - וירג'יניה	האנטומיה של האדם ומערכות הגוף	- העקרונות הכימיים והביוכימיים החיוניים לכל החיים - יחסים בין מבנה התא לתפקידו	- שיווי משקל דינמי בתוך אוכלוסיות, קהילות ומערכות אקולוגיות - ניתוח של הצומח, החי והמיקרואורגניזמים של המערכות האקולוגיות של וירג'יניה
ארה"ב - קליפורניה	מבנה ותפקוד איברים ומערכות ביצורים רב־תאיים	- מבנה ותפקוד (DNA), חלבונים, תאים, איברים, מערכות, השפעת מחלות על תאים - חלוקה והתמיינות תאים - פוטוסינתזה - נשימה תאית	- מערכות אקולוגיות: אנרגיה ודינמיקה - יחסי גומלין במערכות אקולוגיות - מחזור חומרים ומעברי אנרגיה במערכות אקולוגיות

רמה 6: - ההשפעה של אירועים טבעיים ושל פעילות האדם על המערכת האקולוגית בניו זילנד רמה 7: - דפוסי הפצה אקולוגיים וסיבות אפשריות לדפוסים אלה	רמה 6: - הקשר בין מבנה ותפקוד לתהליכי החיים בצמחים, בע"ח ומיקרואורגניזמים - השפעת גורמים סביבתיים על תהליכי החיים	רמה 7: - מערכות באורגניזמים שונים (כולל האדם) רמה 8: - קשר בין אורגניזמים לסביבתם (מערכות הומאוסטטיות)	ניו זילנד
קורס אקולוגיה וסביבה: מושגי יסוד באקולוגיה בעיות סביבתיות	- התא כיחידת בסיס של החיים - התא במחקר - מולקולות ביולוגיות - מבנה ותפקוד של תאים - אאוקריוטים ופרוקריוטים	- קורס ביולוגיה של האדם: - אנרגיה - מטבוליזם ובקרתו - תנועה - בקרת תפקודים חיוניים ורבייה	פינלנד
ההשפעות של שינויי אקלים על צמחים ובעלי חיים	H1: - אברונים ומבנים תאיים - מולקולות ביולוגיות ומעבר חומרים בתא - חלבונים וחשיבותם לתא - תאי גזע H2: - מבנה חיידק ווירוס - קרום התא - אנזימים	H2: - מערכת ההובלה באדם - מערכת העצבים והמערכת האנדוקרינית - מערכת החיסון	סינגפור
- מערכות אקולוגיות - אנרגיה במערכות אקולוגיות - פוטוסינתזה	- מבנה התא - מעבר חומרים דרך קרום התא - חלבונים - נשימה תאית - פוטוסינתזה	N5: - מערכת רבייה - מערכות הובלה (בצמחים ובע"ח) - בקרה עצבית והורמונלית - ספיגת חומרים (מערכות הנשימה והעיכול)	סקוטלנד
- מערכות אקולוגיות - תפוצת אורגניזמים - פוטוסינתזה - אנרגיה במערכות אקולוגיות - ייצור מזון - סימביוזה - התנהגות חברתית - מרכיבי המגוון הביולוגי - איומים על המגוון הביולוגי	- מסלולים מטבוליים - נשימה תאית - קצב מטבולי - השפעת הסביבה על מטבוליזם - במיקרואורגניזמים	Higher: מטבוליזם ביצורים אקטותרמים ואנדותרמים	קנדה - קולומביה הבריטית
יחסי גומלין בין אורגניזמים על פי התרבות הילידית המקומית ("האנשים הראשונים")	- רמות ארגון - מבנה התא ותפקודו - רבייה מינית ואי־מינית - מעברי אנרגיה בתאים - וירוסים - יצורים חד־תאיים ורב־תאיים - מולקולות ביולוגיות - אנזימים - מעבר חומרים דרך קרום התא	- הומאוסטזיס - מערכות גוף האדם	קנדה - קולומביה הבריטית

מההשוואה בין תוכני הלימוד עולה כי שלושת נושאי החובה בישראל - גוף האדם, התא ואקולוגיה - מופיעים במידה זו או אחרת בכל תוכניות הלימודים שנסקרו. היקף ההוראה של נושא "גוף האדם" שונה בין תוכניות הלימודים ולא כל מערכות גוף האדם נלמדות בכל המדינות. נוסף על כך, יש מדינות שנושא גוף האדם נלמד בהן בהקשר של השוואה למערכות באורגניזמים אחרים (קליפורניה, ניו זילנד וסקוטלנד). במדינות אחרות (אנגליה, וירג'יניה וסינגפור) לומדים בנפרד על מערכות שונות בגוף האדם. באוסטרליה, קנדה ופינלנד נושא גוף האדם נלמד תוך שימת דגש על הומאוסטזיס ובריאות.

נושא "התא" נכלל בכל תוכניות הלימודים שנסקרו, וברובן נושא זה עוסק בקשר בין מבנה ותפקוד בתא. כמו כן, בכל תוכניות הלימודים נושא זה כולל מולקולות ביולוגיות, נשימה תאית ופוטוסינתזה, תאים אוקריוטים ופרוקריוטים.

בכל תוכניות הלימודים שנסקרו, פרט לאלו של סינגפור וקולומביה הבריטית, נלמד בהרחבה הנושא "מערכות אקולוגיות". בסינגפור עוסקים בהיבטים אקולוגיים במסגרת נושא ההרחבה "השפעות של שינויי אקלים על צמחים ובעלי חיים". בקולומביה הבריטית בוחנים יחסי גומלין בין אורגניזמים על פי התרבות הילידית המקומית במסגרת קורס מדעי החיים לכיתה י"א.

טבלה 2. השוואת נושאי לימוד ספציפיים בת"ל בביולוגיה לחט"ע

ביוטכנולוגיה	קיימות	אבולוציה	גנטיקה מולקולרית ותורשה	
• ביואינפורמטיקה • ריצוף גנום • הנדסה גנטית	• כיצד להשתמש בידע המדעי כדי לפתח ולהעריך השפעות כלכליות, חברתיות וסביבתיות ולפעול לקיימות	• תורשה והמשכיות החיים: אבולוציה והאבולוציה של האדם	• תורשה והמשכיות החיים: דנ"א • גנים והמשכיות החיים • המשכיות החיים על פני כדור הארץ	אוסטרליה
• ביוטכנולוגיה מודרנית ושימושיה, כולל היבטים פרקטיים ואתיים	• אין התייחסות בת"ל	• אבולוציה, תורשה ושונות: תהליך הברירה הטבעית • העדויות לאבולוציה • התפתחויות בביולוגיה המשפיעות על מין	• KS4: אבולוציה, תורשה ושונות: הגנום והשפעות סביבתיות על הפנוטיפ • תורשה גן יחיד • שונות גנטית באוכלוסיות	אנגליה
• פרויקטים לריצוף גנומים • טכנולוגיות גנים למחקר, תעשייה ורכוזה	• השפעת האדם על המאזן האקולוגי • שמירה על קיימות באמצעות ניהול הקונפליקט בין צורכי האדם ושימור	• גנטיקה ואבולוציה: בידוד רבייתי • יצירת מינים • מגוון ביולוגי: התאמה וברירה טבעית	• A-Level: גנטיקה ואבולוציה: מעבר מידע תורשתי מדור לדור מוביל להמשכיות מינים או ליצירת שונות בתוך מינים.	אנגליה
• שימוש, מגבלות ושימוש לרעה במידע גנטי • ההשפעה של טכנולוגיות DNA • פרויקט הגנום האנושי	• השפעתם של אירועים טבעיים ופעילויות אנושיות על מערכות אקולוגיות.	• סטנדרט BIO7⁶ - כיצד אוכלוסיות משתנות עם הזמן: • ראיות ממאובנים • הישרדות אוכלוסיות • ברירה טבעית והתאמה • היווצרות מינים חדשים • ראיות מדעיות והסברים לאבולוציה ביולוגית	• מנגנונים משותפים של תורשה וסינתזת חלבונים: גידול וחלוקת תאים • יצירת גמטות • התמיינות תאים • תורשת תכונות על פי חוקי מנדל • ההיסטוריה של פענוח מבנה ה-DNA • שונות גנטית • המבנה, התפקוד והשכפול של חומצות גרעין • אירועים המעורבים בבניית חלבונים	ארה"ב - וירג'יניה
• ריצוף גנומים	• דינמיקה, תפקוד וחוסן של מערכת אקולוגית (שימור ביולוגי, השפעת האדם על משאבי הסביבה)	• אבולוציה ביולוגית - אחדות ומגוון: ראיות לאבולוציה דרך מוצא משותף • מבנים הומולוגיים ואנלוגיים באורגניזמים • ברירה טבעית • התאמה ומגוון ביולוגי	• תורשה של תכונות • ההיסטוריה של פענוח מבנה ה-DNA • מִגֶן לחלבון • ריצוף גנומים • מגוון של תכונות: טבלאות הכלאה	ארה"ב - קליפורניה
• רמה 8: כיצד בני אדם יכולים לבצע מניפולציות גנטיות וההשלכות החברתיות, האתיות והביולוגיות של מניפולציות אלה	• רמה 6: ההשפעה של אירועים טבעיים ושל פעילות האדם על המערכת האקולוגית בניו זילנד	• רמה 6: תחום הלימוד "אבולוציה": חשיבות של שונות בסביבה משתנה • רמה 7: כיצד אינטראקציה בין גורמים אקולוגיים לבין ברירה טבעית מובילה לשינויים גנטיים באוכלוסיות • רמה 8: התהליכים האבולוציוניים שהביאו למגוון החיים על פני כדור הארץ, מקומם והשפעתם של בני האדם על תהליכים אלה (כולל מנגנוני יצירת מינים ואבולוציה של האדם)	• רמה 6: דפוסי תורשה של תכונות גנטיות • רמה 7: הדנ"א והסביבה פועלים באינטראקציה גנטית	ניו זילנד

פינלנד	- קורס תאים ותורשה - מבנה ה-DNA וה-RNA - ייצור חלבונים ובקרה אפיגנטית - חלוקת תאים - יסודות התורשה	- קורס חובה - חיים ואבולוציה: ברירה טבעית והתאמה - מוצא המינים והכחדתם - עצים פילוגנטיים	לקראת עתיד בר-קיימה	קורס יישומים: ביולוגיים, ביוטכנולוגיה, מיקרואורגניזמים והנדסה גנטית
סינגפור	- H1: מבנה חומצות הגרעין וביטוי גנים - מוטציות ב-DNA - מחזור התא והורשה - H2: כנ"ל בתוספת ארגון הגנום באורגניזמים שונים - הביולוגיה המולקולרית של הסרטן - תאחיזה ושחלוף - השפעת הגנוטיפ והסביבה על הפנוטיפ	- H1: נושא לימוד אבולוציה - ברירה טבעית והתאמה - H2: ברירה טבעית והתאמה - מגוון ביולוגי - מינים ויצירת מינים	ההשפעות של שינויי אקלים על צמחים ובעלי חיים	אנליזת DNA וגנומיקה
סקוטלנד	- N5: DNA וייצור חלבונים - יצירת תאים חדשים (מיטוזה ותאי גזע) - שונות ותורשה	אבולוציה של מינים	ייצור מזון	הנדסה גנטית
קנדה - קולומביה הבריטית	- מבנה דנ"א ותפקודו - דפוסי הורשה - שיקולים אתיים של גנטיקה מודרנית - ביטוי גנים	- מנגנונים למגוון החיים: מוטציות והשפעתן על האבולוציה - ברירה טבעית וברירה מלאכותית (בקורס 10 Science) - מיקרו-אבולוציה ומקרו-אבולוציה (בקורס 11 Life Science)	השפעת האדם על מערכות כדור הארץ	- גנטיקה יישומית - גנומיקה - ביוטכנולוגיה

בכל תוכניות הלימודים נכלל פרק העוסק בגנטיקה מולקולרית ותורשה. נושאים שהופיעו בנושא זה בכל תוכניות הלימוד שנסקרו הם: מבנה חומצות גרעין, ביטוי גנים והשפעות הגנוטיפ והסביבה על הפנוטיפ, דפוסי הורשה של תכונות תורשתיות וכן שונות גנטית וחשיבותה. באוסטרליה, אנגליה וסקוטלנד מקושר הנושא של גנטיקה מולקולרית ותורשה לנושא אבולוציה.

נושא "אבולוציה" מופיע בכל תוכניות הלימודים שנסקרו. נושא זה מוגדר כנושא לימוד נפרד בתוכניות הלימודים בביולוגיה של אנגליה ("אבולוציה, הורשה ושונות"), וירג'יניה (BIO7) - "התלמיד יחקור ויבין כיצד אוכלוסיות משתנות עם הזמן", קליפורניה (רעיון מרכזי - "אבולוציה ביולוגית - אחדות ומגוון"), ניו זילנד (תחום לימוד "אבולוציה"), פינלנד (קורס חובה "חיים ואבולוציה"), סינגפור (נושא לימוד "ברירה טבעית והתאמה"). בשלוש המדינות הנותרות, נלמד נושא האבולוציה במסגרת נושאי לימוד אחרים: באוסטרליה הנושא אבולוציה נלמד במסגרת יחידה 3 - "תורשה והמשכיות החיים"; בסינגפור, במסגרת נושא הלימוד "ביולוגיה של מינים - החיים על פני כדור הארץ" ובקנדה כחלק מנושאי הלימוד בקורסים 10 Science ו-11 Life sciences. גם ההקשר שבו נלמד נושא האבולוציה שונה בין מדינה למדינה: באוסטרליה ובאנגליה נלמד נושא האבולוציה בהקשר של תורשה, ואילו בסקוטלנד בהקשר של אקולוגיה. בשתי מדינות לומדים על האבולוציה של האדם: באוסטרליה ובניו זילנד.

בכל תוכניות הלימודים שנסקרו מופיעה התייחסות לנושא קיימות ולהשפעת האדם על הטבע, למעט באנגליה ב-KS4. בחלק מהמדינות מושם דגש על השפעת האדם על המערכות האקולוגיות המקומיות (וירג'יניה, קליפורניה, ניו זילנד וקנדה). בכל תשע תוכניות הלימודים ישנה התייחסות להיבטים ביוטכנולוגיים. שני הנושאים שנלמדים במסגרת כל תוכניות הלימודים הם ריצוף גנומי והנדסה גנטית.

בכל אחת מתשע תוכניות הלימודים שנסקרו מופיעים נושאי לימוד ייחודיים, שלרוב אינם מופיעים בתוכנית הלימודים בישראל. נושאים אלה מפורטים בטבלה 3.

טבלה 3. נושאי לימוד ייחודיים בת"ל בביולוגיה לחט"ע

נושאי לימוד ייחודיים	
• שימור מערכות אקולוגיות ימיות • מיני מפתח במערכות אקולוגיות • ביואינפורמטיקה • אבולוציה ומוצא האדם • מחלות מידבקות ותפוצתן • שימוש בתאי גזע • שיטות מיון בעולם החי • ביואתיקה בניסויים מדעיים	אוסטרליה
KS4: • בריאות, מחלות ופיתוח תרופות • שיטות לזיהוי מינים ומדידת תפוצה, תדירות ועושר של מינים בבית גידול	אנגליה
A-Level: • מדידת מגוון ביולוגי בבית גידול או ברמה הגנטית • קיימות	ארה"ב – וירג'יניה
• הבסיס למערכות מיון וסיווג מודרניות • תפקודי החיים של ארכאה, חיידקים ויצורים אאוקריוטיים	ארה"ב – קליפורניה
חיבור תוכנית הלימודים לעקרונות ולרעיונות הסביבתיים של קליפורניה	ניו זילנד
• אבולוציה של האדם • קורסים מותאמים אישית (למשל: בריאות ומדעי התזונה)	פינלנד
• אקולוגיה וקיימות • יישומים ביולוגיים	סינגפור
• דגש כימי ומולקולארי בתוכני הלימוד • ארגון הגנום באורגניזמים שונים, הביולוגיה המולקולרית של סרטן	סקוטלנד
קיימות ויחסי גומלין	קנדה – קולומביה הבריטית
• שיקולים אתיים של גנטיקה מודרנית • מיקרו־אבולוציה ומקרו־אבולוציה • טקסונומיה ויחסים פילוגנטיים • פרויקטים לריצוף גנומים • הבדלים בסגנון חיים וגישה הוליסטית לבריאות • קורס "מדע לאזרחים" (קבלת החלטות מבוססת־ראיות, מדע במקום העבודה, השפעת האדם על מערכות כדור הארץ)	

2.2. פרקטיקות מדעיות ומיומנויות

על פי ת"ל בביולוגיה לחט"ע בישראל (2017), מטרותיה של הוראת הביולוגיה כוללות מטרות בתחום התכנים הדיסציפלינריים ומטרות בתחומי מהות המדע, פיתוח ערכים ופיתוח אסטרטגיות חשיבה ולמידה.⁷ תשע תוכניות הלימודים שנסקרו במסגרת דוח זה הושוו לפי הפרקטיקות המדעיות והמיומנויות הנדרשות מהתלמידים במדינות אלה. מלבד מיומנויות חקר כלליות, מיומנויות חקר מעשיות ודרכי ההערכה של מיומנויות אלה, נבחנו גם היבטים בתוכנית הלימודים הקשורים להבנת מהות המדע, למיומנויות תקשורת מדעית ולמיומנויות מתמטיות (טבלה 4).

"מהות המדע" (נקרא גם טבע המדע, Nature of Science) מוגדרת באופן כללי כ"הערכים וההנחות הניצבים בבסיס התפתחות הידע המדעי" (Lederman & Ziedler, 1987). היבטים של הבנת מהות המדע בת"ל בביולוגיה יכולים לכלול הבנת רעיונות כגון האופי הזמני של הידע המדעי, ההיסטוריה של ההתפתחות המדעית, דרכי עבודתם של חוקרים, מגבלות המדע ועוד.

ממפוי ראשוני של תוכניות הלימודים שנסקרו עלה כי בחלקן מודגשות מיומנויות של תקשורת מדעית, מעבר למיומנויות החקר הכלליות. לכן הוסף קריטריון זה להשוואה. תקשורת מדעית כוללת התייחסות לנושאים כגון קריאת טקסטים מדעיים, מאמרי מחקר, סוגות מדעיות, תקשורת לקהלים ספציפיים וחשיבותו של תהליך ביקורת עמיתים במדע.

טבלה 4. השוואת הפרקטיקות המדעיות ומיומנויות החקר בתוכניות לימודים בביולוגיה בחט"ע

מדינה / מיומנויות	מיומנויות חקר מדעי	הערכת מיומנויות חקר	מהות המדע	תקשורת מדעית
אוסטרליה	- פרויקט חקר מקיף כל שתי יחידות (שנה) - העמקה במיומנויות חקר בכל שנה	הערכה פנימית בית-ספרית	דגש על מהות המדע במסגרת ציר התוכן "המדע כמאמץ אנושי"	- חלק מהמיומנויות הנדרשות הן: פירוש טקסטים מדעיים ופופולריים והערכתם באופן ביקורתי - תקשורת לקהלים ספציפיים ולמטרות ספציפיות תוך שימוש בשפה, במינוח, בדאגרים ובאמצעים המתאימים
אנגליה	- תת-הפרק "לעבוד מדעית" כולל 4 סעיפים: פיתוח חשיבה מדעית, פיתוח מיומנויות ואסטרטגיות לעבודה במעבדה - ניתוח והערכה אוצר מילים, יחידות, סמלים ומינוחים - התלמידים נדרשים לבצע לפחות 12 ניסויים	- הערכה חיצונית עיונית - הערכה פנימית מעשית	מטרה כללית בלימודי מדעים: "התלמידים יפתחו הבנה של מהות המדע, התהליכים ושיטות במדע, באמצעות סוגים שונים של חקר מדעי שיסייע להם לענות על שאלות מדעיות על העולם הסובב אותם"	התלמידים יכירו בחשיבות תהליך ביקורת עמיתים ותקשורת לקהלים שונים
ארה"ב - וירג'יניה	נדרשות 23 מיומנויות מדעיות, על פי סטנדרט SOL BIO1 למידה	הערכה חיצונית עיונית	רעיונות מרכזיים ב-SOL BIO1, העוסקים במהות המדע	לא מופיעה התייחסות ספציפית בת"ל
ארה"ב - קליפורניה	שמונה פרקטיקות מדעיות כלליות במסגרת ה-CA NGSS	- הערכה פנימית - הערכה חיצונית עיונית (במסגרת CAST)	לא מופיעה התייחסות ספציפית בת"ל בביולוגיה. ישנה התייחסות מסוימת להוראת מהות המדע בפרק "אסטרטגיות הוראה" (פרק 11 בתוכנית הלימודים במדעים)⁸	פרקטיקה מספר 8 - מציאת מידע מדעי, הערכתו והעברתו (SEP-8: Obtaining, Evaluating, and Communicating Information)

ניו זילנד	- רמה 1 - לבצע חקר מעשי בהקשר ביולוגי, על פי הוראות חקר מובנה - רמה 2 - לבצע חקר מעשי בהקשר ביולוגי, בפיקוח - רמה 3 - לבצע חקר מעשי בהקשר ביולוגי, בהנחיה	הערכה פנימית מעשית	ענף "מהות המדע" כחלק מרכזי בתוכנית הלימודים במדעים ⁸	תחום "תקשורת במדע", חלק מענף "מהות המדע"
סינגפור	"מיומנויות חקר" היא אחת משלוש הפרקטיקות המדעיות הנכללות בתוכנית הלימודים. בקורס H2 התלמידים נדרשים לבצע ניסויים מעשיים	הערכה חיצונית מעשית (20% מהציון) בקורס H2	"מהות המדע" היא אחת משלוש הפרקטיקות המדעיות הנכללות בתוכנית הלימודים	התייחסות מסוימת במסגרת "מהות המדע"
סקוטלנד	בת"ל מפורטות מיומנויות חקר כלליות ושיטות מדעיות ספציפיות (בכל אחת מרמות הלימוד)	הערכה חיצונית - משימה מעשית הכוללת תכנון ניסוי וביצוע, וכן כתיבת דוח. מהווה 20% מהציון הסופי	לא מופיעה התייחסות ספציפית בת"ל	לא מופיעה התייחסות ספציפית בת"ל
פינלנד	- בכל קורס התלמידים נדרשים לבצע פרויקט חקר / ניסוי - מיומנויות חקר כלליות מפורטות בת"ל	- הערכה פנימית עיונית ומעשית - הערכה חיצונית עיונית (בחינת בגרות)	לא מופיעה התייחסות ספציפית בת"ל	לא מופיעה התייחסות ספציפית בת"ל
קנדה - קולומביה הבריטית	מיומנויות חקר כלליות מפורטות בתוכנית הלימודים. דוגמאות לשאלות ופעילויות חקר מפורטות בת"ל	הערכה פנימית	התייחסות מסוימת למהות המדע בקורס Science for Citizens 11	לא מופיעה התייחסות ספציפית בת"ל

מהשוואת הפרקטיקות המדעיות והמיומנויות בתשע המדינות שנסקרו עולה כי בכל תוכניות הלימודים מפורטות מיומנויות חקר כלליות הנדרשות מהתלמידים. כמו כן, בכל המדינות נדרשים התלמידים לבצע ניסויים מעשיים במקום פרויקט חקר או בנוסף לו; היקף פרויקט החקר וטיבו משתנים בין תוכניות הלימוד.

בהקשר זה כדאי להתעכב על נושא החקר וסיווגו לפי מידת הפתיחות (openness) שלו: חקר מובנה (ע"פ הוראות), חקר מונחה וחקר פתוח (Sadeh and Zion, 2012). הדוח מצביע על רמות שונות של פתיחות והנחיה במדינות שונות. למשל, בניו זילנד יש שלוש רמות חקר הנקבעות לפי רמות ההעמקה של הלמידה: חקר מובנה ברמה 1, חקר בפיקוח ברמה 2 וחקר מונחה ברמה 3. בסינגפור ובסקוטלנד ניתן למצוא גם חקר מובנה על פי הוראות וגם חקר פתוח יותר, שבו התלמידים נדרשים לתכנן בעצמם ניסוי ולבצעו. באנגליה החקר מובנה יותר והתלמידים נדרשים לבצע 12 ניסויים מוגדרים מראש. לעומת זאת, התלמידים בפינלנד מתנסים בחקר פתוח (לא ניסויי בהכרח) בכל אחד מהקורסים הנלמדים, ובאוסטרליה הם מבצעים פרויקט חקר פתוח מקיף לסיכום כל שתי יחידות לימוד.

מבחינת הערכה, בשבע מהמדינות שנסקרו, הציון לחלק המעשי בלימודי הביולוגיה נקבע בהערכה פנימית בית ספרית. רק בסקוטלנד ובסינגפור מתקיימת הערכה חיצונית מעשית לחלק המעשי, בדומה לישראל.

תוכניות הלימודים בביולוגיה שנסקרו נבדלות ביניהן במידת ההתייחסות ללימוד מהות המדע. בסקוטלנד ובפינלנד לא מופיעה התייחסות מפורשת למהות המדע בתוכנית הלימודים. בווייג'יניה, קליפורניה וקולומביה הבריטית ישנה התייחסות מסוימת לנושא, ואילו באוסטרליה, אנגליה, ניו זילנד וסינגפור לימוד "מהות המדע" מוגדר כמטרה מרכזית בתוכנית הלימודים והוא חלק נכבד מתוכנית הלימודים. גם בנושא "תקשורת מדעית" נבדלות תוכניות הלימודים זו מזו. בווייג'יניה, סקוטלנד, פינלנד וקנדה לא מופיעה התייחסות מפורשת לתקשורת מדעית או למיומנויות הקשורות לתקשורת מדעית. בסינגפור ישנה התייחסות מסוימת לנושא במסגרת הפרקטיקה "הבנת מהות המדע". ההכרה בחשיבותן של ביקורת עמיתים ותקשורת לקהלים שונים מוגדרת באנגליה כמטרה בתוכנית הלימודים. באוסטרליה, קליפורניה וניו זילנד ישנה התייחסות נרחבת יחסית לתקשורת מדעית, כולל קריאה ביקורתית של טקסטים מדעיים ממקורות שונים, תקשורת לקהלים שונים, הכרה בחשיבות תהליך ביקורת עמיתים במדע ושימוש מדויק ונכון בשפה מדעית.

2.3. מאפיינים ייחודיים של תוכנית הלימודים

לכל אחת מתוכניות הלימודים שנסקרו יש מאפיינים ייחודיים. מאפיינים אלה מוצגים בקצרה בטבלה 5.

טבלה 5. מאפיינים ייחודיים של תוכניות הלימודים בביולוגיה

מדינה	מאפיינים ייחודיים של תוכנית הלימודים בביולוגיה בחט"ע
אוסטרליה	ציר תוכן "המדע כמאמץ אנושי", הכולל דוגמאות לסוגיות ערכיות, אתיות ואקטואליות רבות.
אנגליה	סעיף "לעבודה מדעית" (Working scientifically), הכולל פרקטיקות מדעיות אשר צריכות להילמד במקביל לתוכן.
ארה"ב - וירג'יניה	ת"ל לפי שמונה סטנדרטים (SOL). סטנדרט אחד מוקדש למהות המדע.
ארה"ב - קליפורניה	למידה מבוססת תופעות וציפיות ביצוע על פי שלושת הממדים של ה-NGSS: רעיונות מרכזיים דיסציפלינריים, פרקטיקות מדעיות ועקרונות חוצי-תחומים.
ניו זילנד	ת"ל לא מפרטת תכנים, אלא מתווה קווים מנחים. היא כוללת ארבעה ענפי תוכן וענף מהות המדע, הבנויים סביב מטרות למידה. לבתי הספר ולמורים יש אוטונומיה גדולה. הערכה על פי סטנדרטים.
פינלנד	שני קורסי חובה, שני קורסי התמחות וקורס יישומי. כרויקט חקר או ניסוי (חקר כתוח) בכל קורס.
סינגפור	שני קורסים בעלי מטרות שונות: H1 - פיתוח אזרחים אורייניים מדעית, H2 - פיתוח אוריינות מדעית והכנה לקריירה במדעים. ת"ל מאורגנת סביב רעיונות מרכזיים, מטרות למידה ושאלות עוגן.
סקוטלנד	- למידה על פי רמות, לפי בחירת התלמיד. - בחט"ע לימודים לקראת בחינות הסמכה, מקצוע לימוד נפרד ברמת Higher - ביולוגיה של האדם.
קנדה - קולומביה הבריטית	גמישות רבה ואוטונומיה מקומית. גישה מבוססת מקום והתייחסות רבה להיסטוריה ולתרבות הילידית המקומית ("האנשים הראשונים").

2.4 נושאים סוציו-מדעיים וערכיים

ת"ל בביולוגיה לחט"ע בישראל מבוססת על שלושה צירים: ציר התוכן, ציר אסטרטגיות חשיבה ולמידה וציר ערכים. ציר הערכים מדגיש היבטים ערכיים בלימודי הביולוגיה ועוסק בסוגיות הקשורות לחיי הפרט והחברה.⁹ בדוח זה נבחנה מידת ההתייחסות לנושאים סוציו-מדעיים (Socio-scientific issues – SSI) ולנושאים ערכיים וחברתיים בתוכניות הלימודים שנסקרו. התייחסות זו הושוותה בין המדינות - כפי שניתן לראות בטבלה 6 שלהלן.

טבלה 6. התייחסות לנושאים חברתיים, אתיים וערכיים בתוכניות לימודים בביולוגיה בחט"ע

מדינה	נושאים ערכיים והתנהגותיים
אוסטרליה	דוגמאות לשאלות ולנושאים סוציו-מדעיים מפורטים במסגרת ציר "המדע כמאמץ אנושי".
אנגליה	חלק ממטרות הלמידה במסגרת הפרק "לעבוד מדעית".
ארה"ב - וירג'יניה	- נושאים ערכיים והתנהגותיים אינם מופיעים בסעיף נפרד. - במקום זאת כמה נושאים ערכיים ואתיים מפורטים בתוכני הלימוד.
ארה"ב - קליפורניה	- שאלות מנחות העוסקות בהיבטים אתיים וחברתיים. - חיבור תוכנית הלימודים לעקרונות הסביבתיים של קליפורניה.
ניו זילנד	דגש על נושאים אתיים, חברתיים וערכיים במטרות הלמידה של נושאי הלימוד ושל ענף "מהות המדע".
סינגפור	"הקשר בין מדע לחברה" הוא אחת משלוש הפרקטיקות המדעיות הנכללות בתוכנית הלימודים.
סקוטלנד	- נושאים ערכיים והתנהגותיים אינם מופיעים בסעיף נפרד. - במקום זאת כמה נושאים ערכיים ואתיים מפורטים בתוכני הלימוד.
פינלנד	- נושאים ערכיים והתנהגותיים אינם מופיעים בסעיף נפרד. - במקום זאת כמה נושאים ערכיים ואתיים מפורטים בתוכני הלימוד.
קנדה - קולומביה הבריטית	תוכנית הלימודים החדשה במדעים מכבדת את המקומיים הילידים ("האנשים הראשונים") ומשלבת את הידע ואת עקרונות הלמידה שלהם. התייחסות לנושאים חברתיים מדעיים במסגרת הקורס Life Sciences 11 ו-Science for Citizens 11.

התייחסות מסוימת לנושאים ערכיים וסוציו-מדעיים מופיעה בכל התוכניות שנסקרו. בחמש תוכניות מפורטים כמה נושאים חברתיים או שאלות ערכיות במסגרת תוכני הלימוד ולא כסעיף נפרד בת"ל (וירג'יניה, קליפורניה, סקוטלנד, פינלנד וקולומביה הבריטית). באוסטרליה, אנגליה, ניו זילנד וסינגפור מושם דגש נרחב יחסית על נושאים סוציו-מדעיים וערכיים. התוכניות במדינות אלה כוללות דוגמאות לנושאים ושאלות, ואף מגדירות את העיסוק בשאלות סוציו-מדעיות כמטרת למידה (אנגליה) וכפרקטיקה מרכזית בלימודי המדעים (סינגפור).

2.5. מסגרות זמן

לא נערכה השוואה בין תוכנית הלימודים בביווגיה לפי קריטריון זה, מכיוון שלא נמצא מידע מספק על מסגרות הזמן המוקדשות למקצוע זה במדינות השונות ועל חלוקת שעות ההוראה לנושאי הלימוד השונים. המידע שנמצא מופיע בתיאור ת"ל בכל אחת מהמדינות.

מקורות להרחבה:

[EURYDICE network](#).

EU Publications (2017). [The structure of the European education systems 2017/18](#), Eurydice (Education, Audiovisual and Culture Executive Agency), Brussels.

Jeremy Hodgen, J., Pepper, D., Sturman, L. & Ruddock G., (2010). [An international comparison of upper secondary mathematics education](#), London: Nuffield Foundation.

The Office of Qualifications and Examinations Regulation (Ofqual) (2012). [International comparisons in senior secondary assessment](#), UK Government.

Lederman, N. G., & Zeidler, D. L. (1987). [Science teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teaching behavior?](#) Science Education, 71(5), 721-734.

McGrath, C. H., Henham, M. L., Corbett, A., Durazzi, N., Frearson, M., Janta, B., Kamphuis, B. W., Katashiro, E., Brankovic, N., Guerin, B., Manville, C., Schwartz, I. & Schweppenstedde, D. (2014). [Higher education entrance qualifications and exams in Europe: A comparison](#). Brussels: European Union.

New Zealand Qualifications Authority (NZQA) (2015). [Comparison of Senior Secondary School Qualifications](#).

Sadeh, I., & Zion, M. (2012). [Which type of inquiry project do high school biology students prefer: Open or guided?](#) Research in Science Education, 42(5), 831-848.

[TIMSS encyclopedia](#).

Universities and Colleges Admissions Service (UCAS) (2014). [International qualifications for entry to university or college in 2015](#), Cheltenham: UCAS.

3. פרופיל תוכנית הלימודים בביוֹלוגיה לחט"ע לפי מדינה

3.1. אוסטרליה

3.1.1. רקע כללי על לימודי ביוֹלוגיה בחט"ע באוסטרליה

אוסטרליה מורכבת משבע מדינות וטריטוריות. לכל אחת מהן אוטונומיה בתחומים שונים, כולל חינוך. הלימודים העל־יסודיים באוסטרליה מחולקים ל-Senior secondary school (כיתות ז'-י') ו-Senior secondary school (כיתות י"א-י"ב). בסיום הלימודים התלמידים נבחנים ומקבלים תעודת בגרות Senior Secondary Certificate of Education.¹⁰ החל משנת 2014 מיושמת תוכנית לימודים לאומית בכל אוסטרליה,¹¹ והיא מפוקחת על ידי הרשות לתוכניות לימודים, הערכה ודיווח (ACAR).¹² התוכנית מפרטת את הסטנדרטים להישגים ולתוכן שצריכים להיות משולבים בתוכניות הלימודים של כל מדינה או טריטוריה. ברוב המדינות ציון תעודת הבגרות מורכב מ-50% הערכה בית ספרית ו-50% הערכה חיצונית (בחינה סטנדרטית חוץ בית ספרית של כל מדינה או טריטוריה). דוגמה להערכה בית ספרית בביוֹלוגיה ב-Western Australia כוללת: חקר - 30%, תגובה נרחבת (extended response) הכוללת עבודות להגשה ותרגילים - 10%, בחנים ומבחנים - 20% ובחינה מסכמת - 40%.¹³

3.1.2. מבנה ת"ל או עקרונות מנחים שלה

תוכנית הלימודים בביוֹלוגיה לחטיבה העליונה מחולקת לארבע יחידות (מפורט בסעיף 3.1.3).¹⁴

- יחידה 1:** מגוון ביוֹלוגי וקישוריות החיים.
- יחידה 2:** תאים ואורגניזמים רב־תאיים.
- יחידה 3:** תורשה והמשכיות החיים.
- יחידה 4:** שמירה על הסביבה הפנימית (הומאוסטזיס).

בתוכנית הלימודים של כל יחידת לימוד מתואר הנושא והרציונל שמאחוריו, מפורטות מטרות הלמידה (שישה-שמונה יעדים), ומפורט התוכן ביחידת הלימוד. התוכן מאורגן סביב שלושה צירים (המפורטים בהמשך):

1. "מיומנויות חקר".
2. "המדע כמאמץ אנושי" (מהות המדע).
3. "הבנה מדעית" (תוכן מדעי המחולק לתתי נושאים).

דוגמאות למטרות למידה: "בסוף יחידת הלימוד התלמידים יבינו את חשיבות המיון לצורך ארגון, ניתוח והצגת נתונים לגבי מגוון ביוֹלוגי" (מטרה 1, יחידה 1), ו"בסוף יחידת הלימוד התלמידים יבינו שמבנה תאים, תפקודם ומרכיביהם קשורים לצורך בחילוף חומרים ואנרגיה עם סביבתם הקרובה" (מטרה 1, יחידה 2).

10 [TIMSS 2015 Encyclopedia](#).

11 [Australia Curriculum](#).

12 [ACARA: Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority](#).

13 Government of Western Australia, School curriculum and standards authority. [ATAR Biology course syllabus year](#) (2018) 12.

14 [Australian senior secondary biology curriculum](#) (2014).

3.1.3. תוכני הלימוד

- יחידה 1** מגוון ביולוגי וקישוריות החיים. יחידה זו מתמקדת בקשרים בין מבנה ותפקוד במגוון מערכות ביולוגיות, ממערכות אקולוגיות לתאים בודדים. התלמידים מנתחים תנאים ביוטיים וא־ביוטיים של מערכות אקולוגיות ומשווים ביניהן באמצעות שיטות מיון לאיסוף נתונים, השוואה והערכה. נושאי הלימוד ביחידה זו הם תיאור מגוון ביולוגי ודינמיקה של מערכות אקולוגיות.
- יחידה 2** תאים ויצורים רב־תאיים. ביחידה זו התלמידים חוקרים את מרכיבי התא והאינטראקציות בין תאים ביצורים רב־תאיים. נושאי הלימוד הם התא כבסיס לחיים ואורגניזמים רב־תאיים.
- יחידה 3** תורשה והמשכיות החיים. ביחידה זו התלמידים חוקרים את מנגנוני התורשה ואת הדרכים שבהן ניתן להסביר את דפוסי התורשה, לדמות ולחזות אותם. הם מחברים את הדפוסים הללו לדינמיקה של האוכלוסייה ומיישמים את תיאוריית האבולוציה על־ידי ברירה טבעית כדי לבחון שינויים באוכלוסיות. נושאי הלימוד הם דנ"א, גֶנִים והמשכיות החיים, וכן המשכיות החיים על פני כדור הארץ.
- יחידה 4** שמירה על הסביבה הפנימית. ביחידה זו התלמידים חוקרים את ההשפעה של תנאים חיצוניים ושל פתוגנים על ההומאוסטזיס של האורגניזם. כמו כן הם חוקרים את ההשפעה של מחלות זיהומיות ברמת התא וברמת האורגניזם, ומתייחסים לגורמים המעודדים או מדכאים התפשטות של מחלה מידבקת באוכלוסייה. נושאי הלימוד הם הומאוסטזיס ומחלות מידבקות.

3.1.4. פרקטיקות ומיומנויות

תוכנית הלימודים בביולוגיה בחט"ע מותאמת לביצוע חקר מדעי מקיף בכל זוג של יחידות לימוד. בחטיבה העליונה ממשיכים התלמידים לפתח את מיומנויות החקר המדעי הכלליות שנבנו עד כיתה י', ומעמיקים במיומנויות ספציפיות במסגרת כל יחידת לימוד.¹⁵

מיומנויות החקר הכלליות הן:

1. זיהוי, חקירה ובנייה של שאלות לחקירה; הצעת השערות; ניבוי תוצאות אפשריות.
2. תכנון וביצוע ניסויים, לרבות הערכות סיכונים; שימוש בציוד ובטכניקות בבטחה; איסוף נתונים תקפים ואמינים.
3. ייצוג נתונים בדרכים משמעותיות ושימושיות; ארגון וניתוח נתונים לזיהוי מגמות, דפוסים ויחסים; הכרה בטעויות, באי ודאות ובמגבלות בנתונים; בחירה, סינתזה ושימוש בראיות כדי לבנות ולהצדיק מסקנות.
4. פירוש טקסטים מדעיים ופופולריים והערכתם באופן ביקורתי.
5. בחירה, יצירה ושימוש בייצוגים מתאימים להראות הבנה, פתרון בעיות וביצוע תחזיות.
6. תקשורת (כולל הצגה וכתובה) לקהלים ספציפיים ולמטרות ספציפיות תוך שימוש בשפה, במונחים, בז'אנרים ובאמצעים מתאימים.

דוגמה להעמקה במיומנות במסגרת יחידות הלימוד:

המיומנות: בחירה, יצירה ושימוש בייצוגים מדעיים מתאימים כדי להראות הבנה, לפתור בעיות ולבצע תחזיות, כולל פירמידות ביומסה, טקסונומיה ומארגי מזון (יחידה 1); כולל איורים של מבנים ותהליכים ותמונות משיטות דימות שונות (יחידה 2); כולל מודלים של שכפול DNA, שעתוק ותרגום, טבלאות הכלאה ומודלים הסתברותיים של ביטוי גן ספציפי באוכלוסייה (יחידה 3); כולל טבלאות ותרשימי זרימה (יחידה 4).

לא מופיע פירוט של המיומנויות המתמטיות הנדרשות במסגרת ת"ל בביולוגיה.

3.1.5 נושאים סוציו-מדעיים וערכיים

במסגרת ציר התוכן "המדע כמאמץ אנושי" בת"ל מפורטות סוגיות ערכיות וחברתיות רבות. ציר תוכן זה מדגיש את התפתחות המדע כדרך ייחודית לצבירת ידע, וחוקר את השפעת המדע על החברה. בתוכנית הלימודים משולבות דוגמאות לנושאים מדעיים-חברתיים (Socio-scientific issues) ומושם בה דגש על קבלת החלטות ערכיות מושכלת ומבוססת-ראיות. דוגמאות לנושאים אלה ביחידות השונות הן:

ביחידה 1 טכנולוגיה ככלי למדידה וניטור של מגוון ביולוגי, שימור מגוון ביולוגי, שימור מערכות אקולוגיות ימיות ומיני מפתח במערכות אקולוגיות.

ביחידה 2 מחקר בתאי גזע, מחקר להעלאת יעילות הפוטוסינתזה לצורך הפקת דלק ביולוגי, אתיקה בשימוש בבע"ח במחקר, השתלות איברים ורקמות וכן איברים מלאכותיים.

ביחידה 3 פרויקט הגנום האנושי ומשמעויותיו, טכנולוגיות מתקדמות לריצוף גנומי ומשמעויותיהן ("גנום ב-\$1,000"), מוצרים מהונדסים גנטית וגודל אוכלוסייה אנושית בר-קיימה.

ביחידה 4 שימוש בהורמונים בתעשיית החלב, ייצור נוגדנים כנגד ארס נחשים ע"י שימוש ב-DNA סינתטי (כפתרון למדינות מתפתחות ולשימוש בבע"ח לצורך ייצור נוגדנים), מודלים של התפרצות מחלות והתפשטותן, ניהול מגפות באזור אסיה והסגר ביולוגי.

3.1.6 מסגרות זמן

כל אחת מארבע יחידות הלימוד תוכננה להילמד במשך כחצי שנת לימוד (כ-50-60 שעות לימוד, כולל הערכה ובחינה). יחידות הלימוד תוכננו כך שניתן ללמדן בנפרד או בזוגות (כקורס שנתי) או כארבע יחידות במקביל במשך שנתיים.

מקורות להרחבה:

[Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority.](#)

[Australian Curriculum. Senior Secondary Curriculum.](#)

[Australian Senior Secondary Biology Curriculum.](#)

[Australia Curriculum. Senior Secondary Science Curriculum.](#)

The Dutch Organization for Internationalization in Education (Nuffic) (2018). [Education system Australia: The Australian education system described and compared with the Dutch system](#). The Hague, Netherlands: Nuffic.

Government of Western Australia, School curriculum and standards authority. [ATAR Biology course syllabus year 11](#) (2018).

Government of Western Australia, School curriculum and standards authority. [ATAR Biology course syllabus year 12](#) (2018).

[School Curriculum and Standards Authority. Biology syllabus and materials](#).

3.2. אנגליה

3.2.1. רקע כללי על לימודי ביולוגיה בחט"ע באנגליה

הלימודים בבתי הספר באנגליה הם לימודי חובה עד גיל 16. בגילאים 16-18 החינוך הוא עדיין בגדר חובה, אך מתבצע במגוון מסגרות, כגון בתי ספר (המכונים Six form), התמחויות, התנדבויות או חינוך מקצועי. מערכת החינוך באנגליה מחולקת לשלבים על פי גיל, מגיל 3 עד 18 (Key stages 1-5). עם סיום שלב 4 (KS4, גילאים 14-16), התלמידים לרוב ניגשים לבחינות לקבלת תעודת General Certificate of Secondary Education (GCSE). תלמידים הממשיכים את לימודיהם העיוניים בכיתות י"א-י"ב, יכולים לגשת בגיל 18 ועם סיום KS5 לבחינות לקבלת תעודת General Certificate of Education (GCE A-Level). זוהי התעודה העיקרית לקבלה לאוניברסיטה, והיא מקבילה לתעודת בגרות בישראל או תעודות סיום חט"ע במדינות אחרות. ב-KS5 אין תוכנית לימודים לאומית. התלמידים חופשיים לבחור כל שילוב של נושאים שמציע להם בית הספר. לרוב, תלמידים לומדים שלושה או ארבעה מקצועות ברמה A (A-Level). פירוט התכנים עבור כל מקצוע ב-A-level או AS level (Advanced subsidiary level) מתפרסם על ידי המחלקה לחינוך, והוא מפרט את הידע, ההבנה והמיומנויות הנדרשים.¹⁶ בפרק זה יתוארו תוכניות הלימודים בביולוגיה ב-KS4 וב-KS5 (A-Level).

3.2.2. מבנה ת"ל או עקרונות מנחים שלה

תוכנית הלימודים הלאומית במדעים ל-KS4 (2014) מפרטת את התוכן הנדרש בביולוגיה, כימיה ופיזיקה.¹⁷ נוסף על כך, היא מפרטת תחומים כגון הרעיונות המרכזיים במדע, מטרות כלליות בלימודי המדעים ו"עבודה מדעית" - פרק המתאר את המיומנויות הנדרשות בלימודי המדעים, אשר צריכות להילמד במקביל לתוכן. בכל תחום תוכן מפורטים הרעיונות המרכזיים ותוכני הלימוד.

דוגמאות לרעיונות מרכזיים כלליים בלימודי מדעים: שימוש במודלים ובתיאוריות כדי להבין תופעות טבעיות; שינויים נגרמים מאינטראקציות בין אובייקטים במערכות; המדע מתקדם דרך תהליך של העלאת השערות, ניסויים, תצפיות, פיתוח תיאוריות וסקירה. דוגמה למטרה כללית: התלמידים יפתחו הבנה של מהות המדע ושל תהליכים ושיטות במדע, באמצעות סוגים שונים של חקר מדעי שיסייע להם לענות על שאלות מדעיות על העולם הסובב אותם; תת-הפרק "עבודה מדעית" כולל 4 סעיפים: פיתוח חשיבה מדעית; פיתוח מיומנויות ואסטרטגיות לעבודה במעבדה; ניתוח והערכה; אוצר מילים, יחידות, סמלים ומונחים (הרחבה בסעיף 3.2.4).

16 [United Kingdom: Assessment in General Upper Secondary Education.](#)

17 [Science programmes of study: key stage 4 National curriculum in England.](#)

3.2.3. תוכני הלימוד

3.2.3.1. תוכני הלימוד בביולוגיה ב-KS4

רעיונות מרכזיים בביולוגיה:

1. תהליכי חיים תלויים במולקולות שמבנן קשור לתפקודן.
2. יחידות הבסיס של אורגניזמים הן תאים, אשר עשויים להיות חלק ממבנים מותאמים במיוחד, כולל רקמות, איברים ומערכות, ואלו מאפשרים לתהליכי חיים להתבצע ביעילות רבה יותר.
3. אורגניזמים עשויים ליצור אוכלוסיות של מינים בודדים, קהילות של מינים רבים ומערכות אקולוגיות. הם מקיימים יחסי גומלין זה עם זה, עם הסביבה ועם בני אדם בדרכים רבות ושונות.
4. אורגניזמים תלויים זה בזה ומסתגלים לסביבתם.
5. החיים על כדור הארץ תלויים בתהליך הפוטוסינתזה. בתהליך זה צמחים ירוקים ואצות מנצלים את אור השמש כדי לקבע פחמן דו-חמצני ולשלב אותו עם מימן מהמים, ובכך יוצרים תרכובות אורגניות וחמצן.
6. תרכובות אורגניות משמשות לנשימה תאית, וזו מאפשרת תגובות כימיות אחרות הדרושות לחיים.
7. החומרים במערכות האקולוגיות ממוחזרים בטבע באופן תמידי.
8. תכונות של אורגניזמים מושפעות מהגנום ומהאינטראקציה שלו עם הסביבה.
9. האבולוציה מתרחשת על ידי תהליך הברירה הטבעית, והיא אחראית למגוון הביולוגי ולאופן שבו כל האורגניזמים קשורים זה לזה.

נושאי הלימוד:

1. **ביולוגיה של התא:** תאים כיחידות המבניות הבסיסיות של כל היצורים החיים; מבנה תא אאוקריוטי ופרוקריוטי; תאי גזע בבע"ח ומריסטמות בצמחים; אנזימים; נשימה אירובית ואנאירובית; מולקולות ביולוגיות.
2. **מערכות הובלה:** הצורך במערכת הובלה ביצורים רב-תאיים; הקשר בין מבנה ותפקוד במערכת ההובלה באדם.
3. **בריאות, מחלות ופיתוח תרופות:** מחלות מידבקות, כולל מחלות מין (STDs) כגון HIV/AIDS; מחלות לא מידבקות; חיידקים, וירוסים ופטריות כפתוגנים; מערכות הגנה בגוף האדם; צמצום ומניעה של התפשטות מחלות זיהומיות בבעלי חיים ובצמחים; גילוי ופיתוח תרופות חדשות; ההשפעה של סגנון חיים על תחלואה של מחלות לא מידבקות.
4. **תיאום ובקרה:** תיאום ובקרה עצבית באדם; הקשר בין מבנה ותפקוד במערכת העצבים באדם; קשת רפלקס; תיאום ובקרה הורמונלית באדם; הורמונים ברבייה באדם; שיטות הורמונליות ולא הורמונליות למניעת הריון; הומאוסטזיס באדם.
5. **פוטוסינתזה:** תהליך הפוטוסינתזה וחשיבותו; גורמים המשפיעים על קצב פוטוסינתזה.
6. **מערכות אקולוגיות:** רמות ארגון; תנאים אביוטיים וביוטיים ויחסי גומלין המשפיעים על מערכת אקולוגית; מחזור חומרים; אורגניזמים תלויים זה בזה ומתאימים לסביבתם; חשיבות המגוון הביולוגי; שיטות לזיהוי מינים ומדידת תפוצה, תדירות ועושר של מינים בבית גידול.
7. **אבולוציה, הורשה ושונות:** הגנום כמכלול החומר הגנטי באורגניזם; כיצד הגנום והאינטראקציות שלו עם הסביבה משפיעים על הפנוטיפ של אורגניזם; ההשפעה האפשרית של גנומיקה על הרפואה; רוב התכונות הפנוטיפיות הן תוצאה של מספר

גנים ולא גן יחיד; הורשה של גן יחיד עם פנוטיפ דומיננטי ורצסיבי; קביעת זוויג באדם; שונות גנטית באוכלוסיות; תהליך הברירה הטבעית מוביל לאבולוציה; העדויות לאבולוציה; התפתחויות בביולוגיה המשפיעות על מיון [מינים]; החשיבות של גידול סלקטיבי של צמחים ובעלי חיים בחקלאות; ביוטכנולוגיה מודרנית ושימושיה, כולל היבטים פרקטיים ואתיים.

3.2.3.2 A-level - תוכני הלימוד

במפרט התוכן עבור A-level במדעים מפורטות 5 מטרות למידה כלליות בלימודי המדעים (העיוניים) בשלב KS5 והתוכן הנדרש בכל אחד מתחומי הדעת (ביולוגיה, כימיה, פיזיקה ופסיכולוגיה).¹⁸

דוגמה למטרה כללית: התלמידים יפתחו ידע והבנה חיוניים בהיבטים שונים של תחום הלימוד, וילמדו כיצד הם קשורים זה לזה.

תוכני הלימוד - המיומנויות ותוכני הלימוד המפורטים במסמך של מחלקת החינוך צריכים להוות 60% מחומר הלימוד בלימודי המקצוע ברמת A-level. 40% האחרים יכולים לכלול נושאים שונים בתחום הלימוד ונתונים לבחירה.

נושאי הלימוד בביולוגיה מוצגים כרעיונות מרכזיים:

- 1. רעיון מרכזי כללי:** יצורים חיים, כולל צמחים, בע"ח ומיקרואורגניזמים, מקיימים אינטראקציות זה עם זה ועם גורמים שאינם חיים בסביבה. ניתן ללמוד על עולם החי ברמת האוכלוסייה, האורגניזם, התא והמולקולות. יש קווי דמיון בסיסיים אך גם הבדלים בין צמחים, בעלי חיים ומיקרואורגניזמים.
- 2. מגוון ביולוגי:** מקורות הדמיון והשוני בעולם החי; מדידת מגוון ביולוגי בבית גידול או ברמה הגנטית; סיווג ומיון מינים; התאמות התנהגותיות, פיזיולוגיות ואנטומיות של אורגניזמים לסביבתם; התאמה וברירה כגורמים עיקריים לאבולוציה וליצירת מגוון ביולוגי.
- 3. חילוף חומרים והובלה:** הצורך בחילוף חומרים סלקטיבי עם הסביבה; התאמות של אורגניזמים לחילוף חומרים והובלתם; העברה פסיבית ואקטיבית; קרום התא.
- 4. תאים:** מבנה תא אוקריוטי ופרוקריוטי; ארגון תאים ברקמות; מחזור התא; מיטוזה ומיטוזה.
- 5. מולקולות ביולוגיות:** החשיבות והתפקיד של פחמימות, חלבונים, שומנים, חומצות גרעין, יונים אנאורגניים ומים; רצף ה-DNA וקביעתו את מבנה החלבונים; אנזימים ותפקודם; ATP.
- 6. מערכות אקולוגיות:** מעברי אנרגיה בין רמות טרופיות ומדידתם; מיקרואורגניזמים וחשיבותם למערכות אקולוגיות; מעקובת (סוקצסיה); שיווי משקל דינמי של אוכלוסיות; השפעת האדם על המאזן האקולוגי; שמירה על קיימות על ידי ניהול הקונפליקט בין צורכי האדם ובין שימור סביבתי וביולוגי.
- 7. מערכות בקרה:** הומאוסטזיס; משוב שלילי וחיובי; גירוי פנימי וחיצוני המוביל לתגובה; בקרת הגנום ע"י כמה גורמים; בקרה כימית או חשמלית.
- 8. גנטיקה ואבולוציה:** מעבר מידע תורשתי מדור לדור המוביל להמשכיות מינים או ליצירת שונות בתוך מינים ויצירת מינים חדשים; בידוד רבייתי עשוי להביא ליצירת מינים חדשים; פרויקטים לריצוף גנומים; טכנולוגיות גנים למחקר, תעשייה ורפואה.
- 9. אנרגיה בתהליכים ביולוגיים:** נשימה תאית; גליקוליזה; שרשרת מעבר אלקטרונים; פוטוסינתזה.

3.2.4. פרקטיקות ומיומנויות

המיומנויות הנדרשות מהתלמידים מפורטות בפרק "עבודה מדעית" בת"ל של KS4 ושל A-level (נספח 5 בת"ל).

מיומנויות אלה מוערכות גם בבחינה העיונית החיצונית (נספח 5a בת"ל ל-A-level) וגם במסגרת הערכה פנימית של החלק המעשי (נספח 5b בת"ל ל-A-level).

המיומנויות הכלליות הנדרשות מתלמידי ביולוגיה בחט"ע (KS4 ו-A-level) הן:

- 1. פיתוח חשיבה מדעית:** התלמידים יבינו את הדרכים שבהן שיטות ותיאוריות מדעיות התפתחו במשך הזמן; התלמידים ישתמשו במגוון מושגים ומודלים לפיתוח הסברים ולהבנה; התלמידים יפתחו הערכה לכוח ולמגבלות של המדע, תוך התחשבות בנושאים אתיים שעלולים להתעורר; התלמידים יסבירו יישומים טכנולוגיים ויום-יומיים של המדע ויעריכו את השלכותיהם החברתיות, הכלכליות והסביבתיות; התלמידים ילמדו על קבלת החלטות המבוססת על הערכת ראיות וטענות; התלמידים יתנסו בתהליכי הערכת סיכונים בניסויים ויבינו אותם; התלמידים יכירו בחשיבות תהליך ביקורת עמיתים ותקשורת לקהלים שונים.
- 2. מיומנויות ואסטרטגיות ניסוייות לעבודה במעבדה:** שימוש בתיאוריות והסברים להעלאת השערות; תכנון ניסויים לעריכת תצפיות, בחינת השערות וחקירת תופעות; שימוש בידע על מגוון שיטות, מכשור וחומרים לבחירת המתאימים ביותר לניסוי מעבדה ושדה; ביצוע ניסויים כולל הפעלה נכונה של מכשור, דיוק במדידות ושמירה על בריאות ובטיחות; שימוש נכון בשיטות איסוף נתונים; ביצוע תצפיות ומדידות במגוון כלים ושיטות; הערכת שיטות והצעת דרכים לשיפור ניסויים.
- 3. ניתוח והערכה:** ביצוע מעגל החקר כולל איסוף, ניתוח והצגת תוצאות; עיבוד נתונים והצגתם בשיטות סטטיסטיות, הצגת התפלגות תוצאות והערכת מהימנותן; זיהוי מגמות בתוצאות והסקת מסקנות על פיהן; הצגת הסברים מנומקים כולל קישור התוצאות להשערות; הערכת נתונים במונחים של דיוק, הדירות, שחזור וזיהוי מקורות אפשריים לשגיאה; הצגת החקר וסיכומו, כולל הרציונל, השיטות, הממצאים והמסקנות, בדוחות כתובים ובמצגות.
- 4. אוצר מילים, יחידות, סמלים ומונחים:** פיתוח השימוש באוצר מילים ומונחים מדעיים; הכרה בחשיבות של יחידות המידה המדעיות ואופן קביעתן; שימוש ביחידות SI ובמינוח כימי של IUPAC; שימוש בקידומות וסדרי גודל על בסיס 10 (כגון ג'יגה, טרה, מגה, קילו, מיקרו, מילי, סנטי וננו).

עבודה מעשית:

ברמת A-level התלמידים נדרשים לבצע לפחות 12 פעילויות מעשיות. החלק המעשי מוערך באופן פנימי ע"י המורה, וציון זה מדווח יחד עם הציון בבחינה העיונית החיצונית.¹⁹

בנספח 5c בת"ל ל-A-level מפורטות 12 הפעילויות המעשיות הנדרשות:

- (1) להשתמש במכשור מתאים כדי לתעד מדידות כמותיות (כולל pH, משקל, נפח וטמפרטורה);
- (2) להשתמש במכשירים כגון קולורימטר או פוטומטר;
- (3) הכנת סדרת מיהולים;
- (4) שימוש במיקרוסקופ אור;
- (5) יצירת ציור מדעי מתצפית עם הערות;
- (6) שימוש בריאגנטים לזיהוי מולקולות ביולוגיות;
- (7) הפרדת תרכובות ביולוגיות בכרומטוגרפיה בנייר או אלקטרופורזה;
- (8) מדידת תגובות פיזיולוגיות של צמחים או בעלי חיים, לפי כללי בטיחות

19 [GCE Subject Level Conditions and Requirements for Science \(Biology, Chemistry, Physics\) and Certificate Requirements, 2016.](#)

ואתיקה; (9) שימוש בשיטות מיקרוביולוגיות, כולל שימוש בצלחות אגר ובמצע גידול נוזלי; (10) שימוש בטוח בכלים לניתוח איבר של בעל חיים, או צמח; (11) שימוש בשיטות דיגום בשדה; (12) שימוש בטכנולוגיות מידע ותקשורת לאיסוף נתונים או לעיבודם.

מיומנויות מתמטיות:

המיומנויות המתמטיות הנדרשות בלימודי ביולוגיה בחט"ע מפורטות בנספח 6 של ת"ל ל-A-level (Mathematical requirements and exemplifications, עמוד 24).

3.2.5 נושאים סוציו-מדעיים וערכיים

לא מפורט מעבר למופיע בתוכני הלימוד. ראו למשל בתוכנית הלימוד באקולוגיה.

3.2.6 מסגרות זמן

לא נמצא מידע בנושא.

מקורות להרחבה:

Assessment and Qualifications Alliance (AQA). [AQA for AS and A-level Biology](#).

Department of Education (2014). [Science programme of study: key stage 4. National curriculum in England](#).

European Commission (2018). United Kingdom (England) - [Organization of General Upper Secondary Education](#). Eurydice, EACEA, European Union.

European Commission (2018). United Kingdom (England) - [Teaching and Learning in General Upper Secondary Education](#). Eurydice, EACEA, European Union.

European Commission (2018). United Kingdom (England) - [Assessment in General Upper Secondary Education](#). Eurydice, EACEA, European Union.

The Dutch Organization for Internationalization in Education (Nuffic) (2015). [The British education system described and compared with the Dutch](#). The Hague, Netherlands: Nuffic.

Ofqual (2016). [GCE Subject Level Conditions and Requirements for Science \(Biology, Chemistry, Physics\) and Certificate Requirements](#), UK Government.

3.3. ארצות הברית - וירג'יניה

3.3.1. רקע כללי על לימודי ביולוגיה בחט"ע בוירג'יניה

ההוראה במערכת החינוך הציבורית בוירג'יניה מתבצעת על פי סטנדרטים ללמידה (Standards Of Learning, SOL) מהגן עד כיתה י"ב (K-12). הסטנדרטים קובעים את הציפיות המינימליות לידיעות התלמידים וליכולותיהם בסוף כל קורס באנגלית, מתמטיקה, מדע, היסטוריה, מדעי החברה ונושאים אחרים. בכל שנה התלמידים נבחנים בשתיים עד ארבע בחינות SOL (סך הכול 29 בחינות ב-12 שנות לימוד), הנכתבות על ידי המדינה. יש שני סוגים של תעודת בגרות - רגילה (Standard diploma) ומוגברת (Advanced diploma). לצורך זכאות לתעודת בגרות משני הסוגים, חייבים התלמידים להשלים לפחות קורס אחד במדעים שבסופו הם נבחנים בבחינת SOL חיצונית (Verified credit), וכן שלושה או ארבעה קורסים מדעיים שבהם הציון נקבע בהערכה פנימית (Standard credit).²⁰ כל קורס מקנה נק"ז אחת. הסטנדרטים במדעים נמצאים בימים אלה בתהליך של בחינה ושינוי. טיוטה של הסטנדרטים החדשים פורסמה להערות הציבור.²¹ בדוח זה ינותחו הסטנדרטים ותוכנית הלימודים הקיימים בביולוגיה, שהוחלו בשנת 2010.^{22, 23}

3.3.2. מבנה ת"ל או עקרונות מנחים שלה

הסטנדרטים במדעים בוירג'יניה קובעים את הידע, ההבנה והמיומנויות הנדרשים מהתלמידים מהגן ועד כיתה י"ב, כאשר בחט"ע הסטנדרטים מחולקים על פי תחומי הדעת (ביולוגיה, פיזיקה, כימיה ומדעי כדור הארץ). על פי מסמך הסטנדרטים ישנם חמישה מרכיבים עיקריים וכלליים החיוניים ללימודי המדעים: מטרות, בטיחות, טכנולוגיה בהוראה, לחקור ולהבין ויישום. במסמך מפורטות תשע מטרות כלליות ללימודי המדעים, ביניהן: תכנון וביצוע ניסוי מדעי, חקר תופעות באמצעות טכנולוגיה, וקבלת החלטות מושכלות בנושאים עכשוויים בהתבסס על ראיות מדעיות. בסעיף "חקירה והבנה" מפורטות מיומנויות מדעיות כלליות שעל התלמידים להפעיל בעת לימודיהם, כגון: עריכת תצפיות, העלאת השערות, עיבוד, ניתוח והערכת נתונים, הסקת מסקנות ועוד. את מסמך הסטנדרטים מלווה מסמך תוכנית הלימודים (Curriculum framework), המפרט עבור כל אחד מהסטנדרטים את הרעיונות המרכזיים שעל התלמידים להבין (Essential understandings) ואת הידע והמיומנויות הנדרשים מהתלמידים (Essential knowledge and skills).

3.3.3. תוכני הלימוד

בביולוגיה קיימים 8 סטנדרטים:

BIO1 - התלמיד ידגים הבנה של הנמקה מדעית, לוגיקה ומהות המדע על ידי תכנון וביצוע חקירות - על פי סטנדרט זה נדרש התלמיד להבין 13 רעיונות הנוגעים למהות המדע, למשל: המדע מבוסס על ראיות מבוססות תצפית או ניסוי; המדע הוא תהליך הכרוך בהערכת התוצאות והמסקנות המוצעות על ידי מדענים אחרים; השערות מנוסחות על בסיס תצפיות ישירות ומידע מהספרות המדעית ועוד. המיומנויות הנדרשות בסטנדרט זה מפורטות בסעיף 3.3.4.

20 Virginia Department of Education, [2017 SOA: Graduation Requirements](#).

21 [Science Standards of Learning for Virginia Public Schools](#).

22 [Biology Standards of Learning for Virginia Public Schools – January 2010](#).

23 Biology Board of Education Commonwealth of Virginia, [Science Standards of Learning Curriculum Framework 2010](#).

BIO2 – התלמיד יחקור ויבין את העקרונות הכימיים והביוכימיים החיוניים לכל החיים.
הרעיונות המרכזיים בסטנדרט זה הם: כימיית המים והשפעתה על תהליכי החיים (חשיבות המים לתהליכי חיים, קוהזיה ואדהזיה, המים כממס, דרגת חומציות pH); המבנה והתפקוד של מקרו-מולקולות (פחמימות, שומנים, חומצות גרעין וחלבונים); אנזימים ופעילותם; מעברי אנרגיה בתהליכי פוטוסינתזה ונשימה תאית.

BIO3 – התלמיד יחקור ויבין יחסים בין מבנה התא לתפקודו.
סטנדרט זה כולל את הרעיונות המרכזיים הבאים: הראיות התומכות בתיאוריית התא; מאפיינים של תאים פרוקריוטים ואוקריוטים; קווי דמיון בין פעילותם של האברונים בתא אחד לבין אורגניזם שלם; מודל קרום התא; ההשפעה של יחס שטח הפנים לנפח על חלוקת תאים, הובלת חומרים ותהליכי חיים אחרים.

BIO4 – התלמיד יחקור ויבין את תפקודי החיים של ארכאה, חיידקים ויצורים אוקריוטיים.
הרעיונות המרכזיים כוללים: השוואה של פעילויות מטבוליות; שמירה על הומאוסטזיס; כיצד המבנים והתפקודים משתנים בין הממלכות של הפרוטיסטה, הפטריות, הצמחים ובעלי החיים, כולל בני האדם; בעיות בריאות באדם, האנטומיה של האדם ומערכות הגוף; במה וירוסים שונים מיצורים חיים; מיקרואורגניזמים כגורמי מחלות.

BIO5 – התלמיד יחקור ויבין מנגנונים משותפים של תורשה וסניתזת חלבונים.
חלק זה כולל: גידול וחלוקה של תאים; יצירת גמטות; התמיינות תאים; הורשת תכונות על פי חוקי מנדל; ההיסטוריה של פענוח מבנה ה-DNA; שונות גנטית; המבנה, התפקוד והשכפול של חומצות גרעין; אירועים המעורבים בבניית חלבונים; שימוש, מגבלות ושימוש לרעה במידע גנטי; ההשפעה של טכנולוגיות DNA.

BIO6 – התלמיד יחקור ויבין את הבסיס למערכות סיווג מודרניות.
בחלק זה נכללים הנושאים הבאים: הדמיון המבני בין אורגניזמים; פרשנות ממצאי מאובנים; השוואה בין שלבי התפתחות באורגניזמים שונים; בחינת הדמיון והשוני הביוכימי בין אורגניזמים; מערכות סיווג המותאמות לתגליות מדעיות חדשות.

BIO7 – התלמיד יחקור ויבין כיצד אוכלוסיות משתנות עם הזמן.
הרעיונות בחלק זה כוללים: ראיות ממאובנים; כיצד שונות גנטית, אסטרטגיות רבייה, ולחצים סביבתיים משפיעים על הישרדותן של אוכלוסיות; כיצד הברירה הטבעית מובילה להתאמה; היווצרות מינים חדשים; ראיות מדעיות והסברים לאבולוציה ביולוגית.

BIO8 – התלמיד יחקור ויבין שיווי משקל דינמי בתוך אוכלוסיות, קהילות ומערכות אקולוגיות.

חלק זה כולל: אינטראקציות בתוך אוכלוסיות ובין אוכלוסיות, כולל כושר נשיאה, גורמים מגבילים ועקומות צמיחה; מחזור חומרים ומעברי אנרגיה במערכות אקולוגיות; סוקצסיה במערכות האקולוגיות; השפעתם של אירועים טבעיים ופעילויות אנושיות על מערכות אקולוגיות; ניתוח של הצומח, החי והמיקרואורגניזמים של המערכות האקולוגיות של וירג'יניה.

3.3.4. פרקטיקות ומיומנויות

23 מיומנויות נדרשות מתלמידי ביולוגיה בחט"ע בוירג'יניה. הן מפורטות בסטנדרט BIO1 וכוללות, בין היתר:

1. ביצוע ניסויים בכיתה ובשדה ובחינה ביקורתית של ניסויים שדווחו בספרות המדעית.
2. איסוף נתונים איכותיים וכמותיים.
3. הבחנה ברורה בין תצפיות, מסקנות ותחזיות.
4. ניסוח השערות מבוססות על יחסי סיבה-תוצאה.

5. הצדקת השערות בהתבסס על תצפיות מקדימות ומידע מהספרות המדעית.
 6. זיהוי משתנים תלויים ובלתי תלויים בניסוי.
 7. זיהוי ותיאור תיאוריות מדעיות ששונות במהלך הזמן.
- המיומנויות המדעיות של התלמידים מוערכות במסגרת הבחינה העיונית החיצונית.²⁴
לא מפורטות המיומנויות המתמטיות הנדרשות מתלמידי ביולוגיה בחט"ע.

3.3.5 נושאים סוציו-מדעיים וערכיים

- לא מוקדש סעיף נפרד לערכים במסגרת הסטנדרטים ותוכנית הלימודים בביולוגיה. מספר נושאים ערכיים ואתיים מפורטים בתוכני הלימוד. למשל:
8. אוגניקה, פסאודו-מדע של הולדה סלקטיבית, הייתה תנועה לאורך המאה העשרים של המאה הקודמת, בעולם בכלל ובווירג'יניה בפרט, שהדגימה שימוש לרעה בעקרונות התורשה.
 9. פרויקט הגנום האנושי הוא מאמץ משותף למפות את רצף הגנים של אורגניזמים. מידע זה עשוי להיות שימושי באיתור, מניעה וטיפול במחלות גנטיות רבות. הפוטנציאל לזיהוי ושינוי הגנום מעלה שאלות מעשיות ואתיות.

3.3.6 מסגרות זמן

באופן כללי, נקודת זכות אחת מצריכה 140 שעות (140-Clock hours), אולם הנחיות חדשות מאשרות אלטרנטיבות מקומיות שונות לנוסחה זו. בביולוגיה נדרשים התלמידים לצבור נק"ז אחת ולהיבחן עליה בבחינת SOL (Verified credit) ושלוש או ארבע נק"ז בהערכה פנימית (Standard credit) על מנת להיות זכאים לתעודת בגרות רגילה או מוגברת, בהתאמה.

מקורות להרחבה:

Board of Education Commonwealth of Virginia (2010). [Biology curriculum framework](#).

Virginia Department of Education. [Science Standards of Learning Review](#).

Virginia Department of Education (2010) [Biology standards of Learning: Test Blueprint](#).

Virginia department of education (2010) [Standards of Learning Documents for Science – Adopted](#).

Virginia department of education. [Biology standards](#).

3.4. ארצות הברית - קליפורניה

3.4.1. רקע כללי על לימודי ביולוגיה בחט"ע בקליפורניה

בספטמבר 2013 אימצה קליפורניה את ה-NGSS והחלה להטמיע את ה-CA NGSS (Next Generation Science Standards for California Public Schools, Kindergarten through Grade Twelve, revised 2015).²⁵ מסגרת תוכנית הלימודים (Science curriculum framework) שונתה ואומצה בנובמבר 2016.²⁶ לצורך קבלת תעודת בגרות, תלמידי חט"ע בקליפורניה נדרשים ללמוד לפחות שני קורסים מדעיים, כולל מדעים ביולוגיים ומדעים פיזיקליים (פיזיקה, כימיה ומדעי כדור הארץ). הקורס אורך שני סמסטרים,²⁷ והציון בו נקבע בהערכה פנימית. נוסף על כך, התלמידים נדרשים להיבחן במבחן חיצוני של המדינה במדעים (CAST – California Science Test) בכיתה י', י"א או י"ב (בדרך כלל לאחר שסיימו את הקורסים המדעיים שלהם).²⁸

3.4.2. מבנה ת"ל או עקרונות מנחים שלה

ה-NGSS נשענים על שלושה ממדים: פרקטיקות במדע ובהנדסה, רעיונות מרכזיים דיסציפלינריים ועקרונות חוצי-תחומים (טבלה 7).

טבלה 7. שלושת הממדים של ה-CA NGSS

עקרונות חוצי-תחומים (Crosscutting Concepts)	רעיונות מרכזיים דיסציפלינריים (Disciplinary Core Ideas)	פרקטיקות במדע ובהנדסה (Science and Engineering Practices)
CCC-1: תבניות ודפוסים	מדעי החיים (LS)	SEP-1: שאלת שאלות והגדרת בעיות
CCC-2: סיבה ותוצאה: מנגנון והסבר	LS1: ממולקולות לאורגניזמים: מבנים ותהליכים	SEP-2: פיתוח מודלים ושימוש בהם
CCC-3: קנה מידה, יחס וכמות	LS2: מערכות אקולוגיות: אינטראקציות, אנרגיה ודינמיקה	SEP-3: תכנון חקר וביצועו
CCC-4: מערכות ומודלים של מערכות	LS3: תורשה: הורשה ושונות של תכונות	SEP-4: ניתוח נתונים ופירושם
CCC-5: אנרגיה וחומר: זרימה, מחזורי ושימור	LS4: אבולוציה ביולוגית: אחדות ומגוון	SEP-5: שימוש בחשיבה מתמטית וחישובית
CCC-6: מבנה ותפקוד		SEP-6: בניית הסברים (מדעיים) ועיצוב פתרונות (הנדסיים)
CCC-7: יציבות ושינוי		SEP-7: העלאת טיעונים מבוססי-ראיות
		SEP-8: השגת מידע, הערכתו והעברתו

מסמך הסטנדרטים מפרט את ציפיות הביצוע הנדרשות מתלמידי החט"ע ומארגן אותם על פי רעיונות מרכזיים דיסציפלינריים,²⁹ או על פי נושאי לימוד (Topics).³⁰ ארבעת הרעיונות המרכזיים הם:

1. ממולקולות לאורגניזמים: מבנים ותהליכים.
2. מערכות אקולוגיות: אינטראקציות, אנרגיה ודינמיקה.
3. תורשה: הורשה ומגוון של תכונות.
4. אבולוציה ביולוגית: אחדות ומגוון.

25 [NGSS for California Public Schools, K-12.](#)

26 [2016 Science Framework.](#)

27 [Science requirements for high school graduation.](#)

28 [California Science Test.](#)

29 Next Generation Science Standards for California Public Schools, [Kindergarten through Grade Twelve: Grades Nine through Twelve - Standards Arranged by Disciplinary Core Ideas.](#)

30 Next Generation Science Standards for California Public Schools, Kindergarten through Grade Twelve: [Grades Nine through Twelve - Standards Arranged by Topic.](#)

חמשת נושאי הלימוד הם:

1. מבנה ותפקוד.
2. תורשה ושונות של תכונות.
3. חומר ואנרגיה ביצורים חיים ובמערכות אקולוגיות.
4. יחסי גומלין במערכות אקולוגיות.
5. ברירה טבעית ואבולוציה.

ציפיות הביצוע (Performance expectations) זהות עבור הרעיונות המרכזיים ועבור נושאי הלימוד.

דוגמאות לציפיות ביצוע:

- HS-LS1-1. להעלות הסבר מבוסס־ראיות כיצד מבנה הדנ"א קובע את המבנה של חלבונים, אשר מבצעים את הפונקציות החיוניות של החיים באמצעות מערכות של תאים מיוחדים.
- HS-LS2-5. לפתח מודל להמחשת תפקיד הפוטוסינתזה והנשימה התאית במיחזור הפחמן בין הביוספירה, האטמוספירה, ההידרוספירה והגאוספירה.
- HS-LS3-3. ליישם מושגים של סטטיסטיקה והסתברות כדי להסביר את השונות והתפוצה של תכונות באוכלוסייה.
- HS-LS4-1. העברת מידע מדעי על כך שהמוצא המשותף והאבולוציה הביולוגית נתמכים על ידי שורה של עדויות אמפיריות.

הלמידה בביולוגיה בחט"ע, בדומה ללמידה בכל התחומים והרמות על פי ה-NGSS, היא למידה מבוססת תופעות. התלמידים מסבירים תופעות או פותרים בעיות באמצעות פיתוח ויישום של הרעיונות המרכזיים והעקרונות חוצי־התחומים, תוך שימוש בשיטות מדעיות והנדסיות. תוכנית הלימודים בקליפורניה אינה מפרטת את התופעות שהתלמידים יחקרו או את סדר נושאי הלימוד, כדי לאפשר למורים לבחור בתופעות רלוונטיות לחיי התלמידים בקהילתם.

3.4.3. תוכני הלימוד

ישנם שני מודלים של קורסים מדעיים בקליפורניה: מודל של שלושה קורסים³¹ ומודל של ארבעה קורסים.³² המודל הראשון מדגיש את האופי האינטרדיסציפלינרי של המקצוע - לימודי כדור הארץ - ואת חשיבותו לקליפורניה, על כן מקצוע זה משולב עם הוראת אחד המקצועות המדעיים האחרים. הקורסים על פי מודל זה הם: עולם החי, כימיה ומערכת כדור הארץ והפיזיקה של היקום. מודל ארבעת הקורסים מקביל לארבעת תחומי הדעת המדעיים וכולל את: מדעי החיים, כימיה, פיזיקה וכדור הארץ ומדעי החלל. בחלק זה של הסקירה אפרט את תוכני הלימוד במודל ארבעת הקורסים, מכיוון שמודל זה מתאים יותר למבנה תוכנית הלימודים במדעים בכלל ובביולוגיה בפרט, הנהוג בישראל.

על פי מודל ארבעת הקורסים, תוכנית הלימודים בביולוגיה (2016) מציעה לחלק את תוכני הלימוד ל-12 מקטעי הוראה המקובצים בארבעה מקבצים, לפי הרעיונות המרכזיים הדיסציפלינריים:

31 Chapter 7: High School Three-Course Model.

32 Chapter 8: High School Four-Course Model.

- מקבץ 1 - ממולקולות לאורגניזמים: מבנים ותהליכים**
- מקטע 1 - מבנה ותפקוד (DNA, חלבונים, תאים, איברים, מערכות והשפעת מחלות על תאים).
 - מקטע 2 - גדילה והתפתחות של אורגניזמים (חלוקה והתמיינות של תאים).
 - מקטע 3 - ארגון של חומר ומעברי אנרגיה ביצורים חיים (פוטוסינתזה ונשימה תאית מהפרט למערכת האקולוגית).
 - מקבץ 2 - מערכות אקולוגיות: אינטראקציות, אנרגיה ודינמיקה**
 - מקטע 4 - יחסי גומלין במערכות אקולוגיות (השפעת תנאים ביוטיים וא־ביוטיים על אוכלוסיות).
 - מקטע 5 - מחזור חומרים ומעברי אנרגיה במערכות אקולוגיות (מחזורי הפחמן והחנקן והקשר למעברי אנרגיה).
 - מקטע 6 - דינמיקה, תפקוד וחוסן של מערכת אקולוגית (השפעת האדם על משאבי הסביבה, שימור ביולוגי).
 - מקטע 7 - אינטראקציות חברתיות והתנהגות קבוצתית - אינטראקציות חברתיות בקבוצה להעלאת סיכויי הישרדות (עדר, מושבות ועוד).
 - מקבץ 3 - תורשה: הורשה ושונות של תכונות**
 - מקטע 8 - הורשה של תכונות - ההיסטוריה של פענוח מבנה ה-DNA, מגן לחלבון וכן ריצוף גנומים.
 - מקטע 9 - מגוון של תכונות - פרדיקציה של הורשת תכונות באמצעות טבלאות הכלאה.
 - מקבץ 4 - אבולוציה ביולוגית: אחדות ומגוון**
 - מקטע 10 - ראיות למוצא משותף - ראיות לאבולוציה דרך מוצא משותף, מבנים הומולוגיים ואנלוגיים באורגניזמים.
 - מקטע 11 - ברירה טבעית - יישום תצפיות ומסקנותיו של דרווין להבנת האבולוציה.
 - מקטע 12 - התאמה ומגוון ביולוגי - כיצד אוכלוסייה שומרת על מגוון, מה המשמעות של לחץ סלקטיבי להישרדות, וקישור כל נושאי הקורס לשאלה המרכזית בביולוגיה: כיצד יצורים חיים מקיימים חיים.

נוסף על פירוט התכנים, מפורטות בתוכנית הלימודים דוגמאות לתופעות שעליהן ניתן לבסס את הלמידה. דוגמה לתופעה (מקטע 10): בעבר היו קיימים מינים אחרים של hominin, אך המין שלנו, הומו סאפיינס, הוא היחיד ששרד עד היום.

3.4.4. פרקטיקות ומיומנויות

בתוכנית הלימוד בביולוגיה מפורטות השיטות המדעיות וההנדסיות הנדרשות בכל אחד מ-12 מקטעי הלימוד. שמונה הפרקטיקות המדעיות³³, העומדות בבסיס כל ה-NGSS הן:

1. שאלת שאלות והגדרת בעיות.
2. פיתוח מודלים ושימוש בהם.
3. תכנון חקר וביצועו.
4. ניתוח נתונים ופירושם.
5. שימוש בחשיבה מתמטית ובחשיבה ממוחשבת.
6. בניית הסברים (מדעיים) ועיצוב פתרונות (הנדסיים).
7. העלאת טיעונים מבוססי ראיות.
8. השגת מידע, הערכתו והעברתו.

3.4.5. נושאים סוציו-מדעיים וערכיים

כל מקטע לימוד פותח בכמה שאלות מנחות. חלק מהשאלות האלה עוסק בהיבטים ערכיים, אתיים או התנהגותיים, או יכול לשמש בסיס לדיונים בנושאים אלו. דוגמאות לשאלות מנחות:

- כיצד אוכלוסיות משתנות כאשר המשאבים שלהם מתמעטים?
- באיזו מידה יכולים בני האדם "לבטל" את השפעתם השלילית על הסביבה?
- כיצד התפתחו בני האדם המודרניים?
- כיצד משפיעים השינויים במערכות האקולוגיות על אוכלוסיות?

מלבד שלושת הממדים של ה-NGSS, לימודי המדעים בקליפורניה מדגישים את ההיבט הסביבתי ומועצת החינוך קוראת להטמיע בלימודי המדעים את העקרונות והרעיונות הסביבתיים של קליפורניה (California Environmental Principles and Concepts, EP&Cs, 2004). בתוכנית הלימודים בביווגיה מופיעות הפניות לעקרונות הסביבתיים הרלוונטיים בנושאי הלימוד השונים. לדוגמה:

- עיקרון 1 -** המשכיות חיי האדם ובריאותו, כמו גם בריאותן של קהילות וחברות אנושיות תלוי בבריאותן של המערכות הטבעיות המספקות מוצרים חיוניים ושירותים אקולוגיים.
- עיקרון 2 -** תפקודן ובריאותן ארוכת הטווח של מערכות אקולוגיות יבשתיות, מימיות, חופיות וימיות מושפעים ממערכת היחסים שלהם עם חברות אנושיות.
- עקרון 3 -** המערכות הטבעיות ממשיכות להתקיים באמצעות מחזורים שבני אדם תלויים בהם, נהנים מהם ויכולים לשנותם.
- עקרון 4 -** החלפת החומר בין מערכות טבעיות לבין חברות אנושיות משפיעה על תפקודן בטווח הארוך של שתיהן.

3.4.6. מסגרות זמן

לא נמצא פירוט מעבר למוזכר בסעיף 2.4.1.

מקורות להרחבה:

California Department of Education (2015). Next Generation Science Standards for California Public Schools, Kindergarten through Grade 12 [NGSS for California Public Schools, K-12](#).

California Department of education (2016). [Science Curriculum Framework](#).

California Department of education (2016) [Science Curriculum Framework High School Three-Course model](#).

California Department of education (2016). Science Curriculum Framework [High School Four-Course model](#).

California Department of education (2014). [Next Generation Science Standards Systems Implementation Plan for California](#).

[California Department of education . Grades 9-12 by Disciplinary Core Ideas.](#)

[California Department of Education, Curriculum & Instruction.](#)

[Next Generation Science Standards, Appendix E.](#)

The National Academies of Sciences Engineering Medicine (2012). [A Framework for K-12 Science Education.](#)

3.5. ניו זילנד

3.5.1. רקע כללי על לימודי ביולוגיה בחט"ע בניו זילנד

הלימודים בחט"ע בניו זילנד נמשכים מכיתה ט' עד לכיתה י"ג (גילים 13-18, מקבילים לכיתות ח'-י"ב בישראל). לימודי החובה הם עד גיל 16. בניו זילנד קיימת תוכנית לימודים לאומית (עודכנה לאחרונה בשנת 2007). תוכנית הלימודים הלאומית מחולקת לשמונה רמות (1-8), ורמות 6-8 נלמדות לרוב בכיתות י"א-י"ג (גילים 16-18, מקבילים לכיתות י'-י"ב בישראל).³⁴ התלמידים בניו זילנד נבחנים בבחינות לאומיות לקבלת תעודת בגרות (National Certificate of Educational Achievement, NCEA),³⁵ על פי דרגות ההסמכה הלאומיות (1-10) שבפיקוח של הרשות להסמכה (NZQA).³⁶ בחט"ע התלמידים נבחנים לקבלת דרגות הסמכה 1-3 (בסיום כיתות י"א-י"ג) ועליהם לצבור 80 נק"ז בכל רמה. מכיתה י"א אין מקצועות חובה, אך בדרך כלל בכיתה י"א התלמידים נדרשים ללמוד מתמטיקה, אנגלית ומדע, בכיתה י"ב אנגלית ובכיתה י"ג אין מקצועות חובה. תוכנית הלימודים הלאומית של ניו זילנד אינה תוכנית מפורטת אלא מתווה קווים מנחים בלבד. בכך היא מאפשרת למורים להתאים את ההוראה לצרכים של תלמידיהם. תוכנית הלימודים מלווה במדריכים, הכוללים דוגמאות רבות וכלי הוראה והערכה לשימוש המורים, וכן קורסים מובנים בתחומי הדעת השונים.

3.5.2. מבנה ת"ל או עקרונות מנחים שלה

תוכנית הלימודים במדעים מורכבת מחמישה ענפים: מתוכם ארבעה ענפי תוכן - ביולוגיה, כדור הארץ וחלל, פיזיקה וכימיה, וכן ענף-על מקשר - מהות המדע (Nature of Science). תוכנית הלימודים בביולוגיה ברמות 6-8 כוללת שלושה תחומים עיקריים: תהליכי חיים, אקולוגיה ואבולוציה. התחומים העיקריים בענף מהות המדע הם: הבנה של המדע, חקר במדע, תקשורת במדע, השתתפות ותרומה למדע. ענף התוכן מתמקד ברעיונות של המדע וענף מהות המדע מתמקד ברעיונות על המדע. אוריינות מדעית מתפתחת באמצעות למידה של שני סוגי הרעיונות. תוכנית הלימודים בנויה סביב מטרות הלמידה וההישגים.³⁷ בכל מטרה מפורטים מדדים להצלחה, דוגמאות לפעילויות הוראה, למידה והערכה והצעות לפעילויות חוץ-כיתתיות. ההערכה בביולוגיה פנימית וחיצונית על פי סטנדרטים³⁸ שנקבעו בידי רשות ההסמכה לכל אחת מהרמות (בחט"ע - רמות 1-3). דוגמאות לסטנדרטים מפורטים בסעיף 3.5.4.

3.5.3. תוכני הלימוד

הרעיונות המרכזיים בת"ל בביולוגיה הם:

1. כל האורגניזמים חולקים תהליכי חיים חיוניים.
2. אורגניזמים מתקשרים זה עם זה ועם סביבתם.
3. מינים נוצרים, משתנים ונכחדים עם הזמן.
4. תהליכים גנטיים שומרים על המשכיות ומאפשרים שינוי.

34 [The New Zealand Curriculum Online.](#)

35 [National Certificate of Educational Achievement \(NCEA\).](#)

36 [New Zealand Qualifications Authority.](#)

37 The New Zealand Curriculum Guides, [Achievement objectives: Biology \(Living world\).](#)

38 [Biology subject resources.](#)

טבלה 8: מטרות הלמידה על פי רמות:

רמה 8 (כיתה י"ג)	רמה 7 (כיתה י"ב)	רמה 6 (כיתה י"א)	
- להבין את הקשר בין אורגניזמים לסביבתם (LW 8-1) - לחקור את התהליכים האבולוציוניים שהביאו למגוון החיים על פני כדור הארץ ולהעריך את מקומם ואת השפעתם של בני האדם על תהליכים אלה (כולל מנגנוני יצירת מינים ואבולוציה של האדם) (LW 8-2) - להבין כיצד בני אדם יכולים לבצע מניפולציות גנטיות ולשפוט את ההשלכות החברתיות, האתיות והביולוגיות של מניפולציות אלה (LW 8-3)	- לחקור את הדרכים המגוונות שבהן בעלי חיים וצמחים מבצעים את תהליכי החיים (LW 7-1) - לחקור דפוסי הפצה אקולוגיים ולתת סיבות אפשריות לדפוסים אלה (LW 7-2) - להבין שהדנ"א והסביבה פועלים באינטראקציה גנטית (LW 7-3) - להסביר כיצד האינטראקציה בין גורמים אקולוגיים לבין ברירה טבעית מובילה לשינויים גנטיים בקרב אוכלוסיות (LW 7-4)	- לקשר בין מבנה ותפקוד לתהליכי החיים בצמחים, בע"ח ומיקרואורגניזמים, ולחקור כיצד גורמים סביבתיים משפיעים על התהליכים האלה (LW 6-1) - לחקור את ההשפעה של אירועים טבעיים ושל פעילות האדם על המערכת האקולוגית בניו זילנד (LW 6-2) - לחקור דפוסי הורשה של תכונות גנטיות להסביר את החשיבות של שונות בסביבה משתנה (LW 6-3)	תהליכי חיים אקולוגיה אבולוציה

במדריך המלווה³⁹ לתוכנית הלימודים בביולוגיה ניתן למצוא דוגמאות לקורסים⁴⁰ שונים, כגון: רמה 6 - בריאות ומדעי הספורט, רמה 6 - מדעי המזון והתזונה; רמה 7 - ביולוגיה של האדם; רמה 8 - מגוון ביולוגי בניו זילנד. כל קורס בנוי סביב כמה שאלות מיקוד, העוסקות בנושאים רלוונטיים ובהקשר מקומי. בכל שאלה מפורטות אפשרויות לשאלות חקר ואפשרויות להערכה בהתאם לסטנדרטים.

3.5.4. פרקטיקות ומיומנויות

המיומנויות הנדרשות מהתלמידים בלימודי הביולוגיה נגזרות מהסטנדרטים הלאומיים שנקבעו ע"י רשות ההסמכה, כפי שמפורט בטבלה 9.

39 [The New Zealand Curriculum Guides: Biology.](#)

40 [The New Zealand Curriculum Guides: Courses with a biology focus.](#)

טבלה 9: המיומנויות הנדרשות מתלמידי ביולוגיה בחט"ע בניו זילנד:

רמה 1	רמה 2	רמה 3
לבצע חקר מעשי בהקשר ביולוגי, על פי הוראות / פנימי, 4 נק"ז	לבצע חקר מעשי בהקשר ביולוגי, בפיקוח / פנימי, 4 נק"ז	לבצע חקר מעשי בהקשר ביולוגי, בהנחיה / פנימי, 4 נק"ז
לדווח על נושא ביולוגי / פנימי, 3 נק"ז	לנתח את התוקף הביולוגי של מידע המוצג לציבור / פנימי, 3 נק"ז	לשלב את הידע הביולוגי כדי לפתח תגובה מושכלת לסוגיה חברתית-מדעית / פנימי, 3 נק"ז
להפגין הבנה של רעיונות ביולוגיים הקשורים למיקרואורגניזמים / חיצוני, 4 נק"ז	להפגין הבנה של התאמת צמחים ובע"ח לדרך חייהם / פנימי, 3 נק"ז	להפגין הבנה של תגובות של צמחים ובעלי חיים לסביבה החיצונית שלהם / חיצוני, 5 נק"ז
להפגין הבנה של רעיונות ביולוגיים הנוגעים למחזור החיים של צמחי פורחים / חיצוני, 4 נק"ז	להפגין הבנה של תהליכי החיים ברמה התאית / חיצוני, 3 נק"ז	להפגין הבנה של כיצד בעל חיים שומר על סביבה פנימית יציבה / פנימי, 3 נק"ז
להפגין הבנה של רעיונות ביולוגיים הנוגעים ליונקים כצרכנים / חיצוני, 3 נק"ז	להפגין הבנה של שונות גנטית / חיצוני, 4 נק"ז	להפגין הבנה בתהליכים אבולוציוניים המובילים ליצירת ממינים / חיצוני, 4 נק"ז
	לחקור דפוסים במערכת אקולוגית, בפיקוח / פנימי, 4 נק"ז	להפגין הבנה במגמות באבולוציה של האדם / חיצוני, 4 נק"ז
	להפגין הבנה של ביטוי גנים / חיצוני, 4 נק"ז	להפגין הבנה של מניפולציות להעברה גנטית והשלכותיהן הביולוגיות / פנימית, 3 נק"ז
	לחקור חומר ביולוגי במיקרוסקופ / פנימי, 3 נק"ז	

3.5.5. נושאים סוציו-מדעיים וערכיים

כאמור, תוכנית הלימודים במדעים שמה דגש רב על מהות המדע. במסגרת ענף זה מפורטים ארבעה תחומים כמפורט לעיל. התחום "להשתתף לתרום" (participating and contributing) עוסק בנושאים סוציו-מדעיים, כפי שמטרות הלמידה עבורו מפרטות:⁴¹ רמה 6 (NOS 6-4): על התלמידים לפתח הבנה בנושאים סוציו-מדעיים באמצעות איסוף מידע מדעי רלוונטי, וזאת על מנת לפתח את היכולת להסיק מסקנות מבוססות-ראיות ולנקוט פעולה במידת הצורך.

רמות 7 ו-8 (NOS 7-4, 8-4): על התלמידים להשתמש במידע רלוונטי כדי לפתח הבנה קוהרנטית של נושאים סוציו-מדעיים הנוגעים להם, כדי לזהות תגובות אפשריות הן ברמה האישית הן ברמה החברתית.

נוסף על כך, תוכנית הלימודים שמה דגש על נושאים ערכיים וחברתיים, כפי שמתבטא בכמה מטרות למידה: לחקור את ההשפעה של אירועים טבעיים ושל פעילות האדם על המערכת האקולוגית בניו זילנד (LW 6-2); לחקור את התהליכים האבולוציוניים שהביאו למגוון החיים על פני כדור הארץ ולהעריך את מקומם ואת השפעתם של בני האדם על תהליכים אלה (כולל מנגנוני יצירת מינים, אבולוציה של האדם) (LW 8-2); להבין כיצד בני אדם יכולים לבצע מניפולציות גנטיות ולשפוט את ההשלכות החברתיות, האתיות והביולוגיות של מניפולציות אלה (LW 8-3).

3.5.6. מסגרות זמן

לא נמצא פירוט במסגרת תוכנית הלימודים.

מקורות להרחבה:

Ministry of Education. [The New Zealand Curriculum](#) (2007).

Ministry of Education, [New Zealand Curriculum Guides, Achievement objectives: Biology](#).

Ministry of Education. [New Zealand Senior secondary biology curriculum](#).

New Zealand Qualifications Authority (NZQA). [Achievement Standards - Level 1](#).

New Zealand Qualifications Authority (NZQA). [Achievement Standards - Level 2](#).

New Zealand Qualifications Authority (NZQA). [Achievement Standards - Level 3](#).

New Zealand Qualifications Authority (NZQA) (2016). [The New Zealand Qualifications Framework](#).

New Zealand Qualifications Authority (NZQA) (2015). [Comparison of Senior Secondary School Qualifications](#).

[New Zealand Ministry of Education](#).

3.6 סינגפור

3.6.1 רקע כללי על לימודי ביולוגיה בחט"ע בסינגפור

החטיבה העליונה במערכת החינוך בסינגפור נקראת Pre-university ולומדים בה תלמידים בגילים 16-18. בסיום לימודיהם נבחנים התלמידים בבחינות רמות A (GCE A-level), המקנות תעודת סיום לימודים (School Graduation Certificate).^{42, 43, 44} לימודי הביולוגיה בסינגפור מאורגנים כרצף בכל שנות הלימוד, כך שבב"ס יסודי תלמידים לומדים ברמת המערכות, בחטיבה התלמידים לומדים ברמה הפיזיולוגית ובחט"ע התלמידים לומדים ברמה התאית והמולקולרית, תוך התייחסות להשלכות ברמת המאקרו. כל שלב משמש בסיס לשלב שאחריו, ומתלמידי ביולוגיה בחט"ע מצופה לדעת את הבסיס שלמדו עד רמת חטיבה (O-level).

3.6.2 מבנה ת"ל או עקרונות מנחים שלה

תוכנית הלימודים בביולוגיה לחט"ע כוללת שני קורסים - הקורס הראשי נקרא Higher 2 (H2) והטמעתו החלה בשנת 2016. קורס משנה נקרא Higher 1 (H1), שהטמעתו החלה בשנת 2017.

תוכנית הלימודים החדשה מבוססת על ארבעת העקרונות האלה:

1. שימוש ברעיונות מרכזיים לארגון הלמידה וההוראה ולפיתוח חשיבה אינטגרטיבית.
 2. פיתוח הבנה שביולוגיה כדיסציפלינה היא יותר מאשר רכישת גוף של ידע.
 3. שימוש במגוון של הקשרים מ"העולם האמיתי" בהוראה ובלמידה.
 4. שימוש במגוון רחב של פדגוגיות (כגון למידה מבוססת-חקר, שימוש בטכנולוגיות תקשורת ומידע, עבודה מעשית ועבודה עצמית).
- תוכנית הלימודים של קורס H2 שואפת להניח בסיס חזק של ידע, מיומנויות וגישות כדי להכין את התלמידים לאוניברסיטה, לעבודה ולחיים בעתיד. לתוכנית הלימודים שתי מטרות עיקריות: (1) פיתוח אזרחים אוריינים מדעית, המגיעים להחלטות מושכלות ומבוססות-ראיות מדעיות מוצקות; (2) הכנת תלמידים לקריירה במדעים או הנדסה. קורס H1 נועד להרחיב את הלמידה של התלמידים ולפתח את האוריינות המדעית שלהם. הפרקטיקות המדעיות הן מרכיב מרכזי בקורס זה ומושם דגש על המיומנויות שיאפשרו לתלמידים להפוך לאזרחים אוריינים מדעית.

3.6.3 תוכני הלימוד

קורס H2⁴⁵

נושאי הלימוד בקורס H2 מאורגנים סביב ארבעה רעיונות מרכזיים בביולוגיה. בכל רעיון מרכזי מובאות הצעות לשאלות פתוחות ורלוונטיות לעיגון תהליך החקר של התלמידים. נוסף על כך, בכל רעיון מרכזי מפורטות מטרות הלמידה. מלבד הרעיונות המרכזיים כולל קורס זה גם שני נושאי הרחבה (המהווים כ-10% מתוכנית הלימודים). נושאים אלה מבוססים על נושאים ביולוגיים חשובים המשפיעים באופן מקומי וגלובלי ומחייבים את התלמידים להטמיע את הרעיונות המרכזיים ולקשר ביניהם.

42 [Singapore Examination and Assessment board.](#)

43 [The Education System - Singapore.](#)

44 TIMSS 2015 Encyclopedia, [Overview of the Education System in Singapore.](#)

45 [Singapore Government, Ministry of Education, Pre-university H2 Biology syllabus 9744 \(2016\).](#)

נושאים מרכזיים:

1. **התא ומולקולות ביולוגיות:** תיאוריית התא, אברונים ומבנים תאיים; מבנה תא חיידקי; מולקולות ביולוגיות ומעבר חומרים בתא; מבנה וירוס; מבנה קרום התא; חלבונים ואנזימים וחשיבותם לתא; תאי גזע.
2. **גנטיקה והורשה:** מבנה חומצות הגרעין וביטוי גנים; הדוגמה המרכזית; ארגון הגנום באורגניזמים שונים (כולל חיידקים ווירוסים); אנליזת DNA וגנומיקה; מוטציות ב-DNA (כולל הביולוגיה המולקולרית של סרטן); מחזור התא והורשה; תאחיזה ושחלוף; השפעת הגנוטיפ והסביבה על הפנוטיפ.
3. **אנרגיה ושיווי משקל:** מעבר אנרגיה בין הסביבה לאורגניזם; תקשורת תאים ושיווי משקל ביצורים חיים (כולל מערכת ההובלה, מערכת העצבים, המערכת האנדוקרינית ברמה התאית וברמת האורגניזם).
4. **אבולוציה:** ברירה טבעית והתאמה; אבולוציה ומגוון ביולוגי; מינים ויצירת מינים.

נושאי ההרחבה:

1. מחלות מידבקות (כולל מערכת החיסון באדם).
2. ההשפעות של שינויי אקלים על צמחים ובעלי חיים.

קורס H2⁴⁶

נושאים מרכזיים:

1. **התא ומולקולות ביולוגיות:** אברונים ומבנים תאיים; ביו-מולקולות ומעבר חומרים בתא; חלבונים וחשיבותם לתא; תאי גזע.
2. **גנטיקה והורשה:** מבנה חומצות הגרעין וביטוי גנים; מוטציות ב-DNA; מחזור התא והורשה.
3. **אנרגיה ושיווי משקל:** מעבר אנרגיה בין הסביבה לאורגניזם (פוטוסינתזה ונשימה תאית).
4. **אבולוציה:** ברירה טבעית והתאמה.

נושא ההרחבה:

ההשפעות של שינויי אקלים על צמחים ובעלי חיים.

3.6.4. פרקטיקות ומיומנויות

תוכנית הלימודים בביולוגיה מבוססת על שלוש פרקטיקות מדעיות: הבנת מהות המדע, מיומנויות חקר והקשר בין מדע וחברה. הוראה של נושא מהות המדע עוזרת לתלמידים לפתח הבנה מדויקת של מהו מדע וכיצד הוא מופעל ומיושם בחברה. יש לעודד את התלמידים לבחון סוגיות אתיות רלוונטיות, כיצד מתפתח ידע מדעי, ומהן החוזקות של המדע ומגבלותיו. לימוד טבעו של המדע גם מגביר את הבנת התלמידים של התוכן המדעי, מגביר את התעניינותם במדע ומסייע להראות את הצד האנושי שבמדע. הוראת המדע צריכה להדגיש איך אנחנו יודעים מה שאנחנו יודעים. ההבנה של התלמידים את מהות המדע ומגבלותיהם של המדע והמחקר המדעי מתפתחת באופן יעיל כאשר הם לומדים תכנים מדעיים רלוונטיים. יש להדגיש עמדות רלוונטיות למדע כגון סקרנות, דיוק ודייקנות, אובייקטיביות, יושר והתמדה.

בקורס H2 התלמידים מוערכים בבחינה חיצונית לפי 3 המרכיבים הבאים:

1. ידע והבנה (32% מהציון).
2. עיבוד, יישום והערכה של מידע (48% מהציון).
3. מיומנויות ניסוי וחקר (20% מהציון): ביצוע ניסוי על פי הוראות, תכנון ניסוי כולל העלאת השערה ובחירת כלים וחומרים מתאימים, איסוף מידע, ניתוח והערכה של מידע, הערכת שיטות הניסוי והצעת דרכים לשיפור. המיומנויות המעשיות הנדרשות מפורטות בתוכנית הלימודים של קורס H2.

הבחינה החיצונית מורכבת מ-4 שאלונים:

שאלון 1: שאלות רבות-ברירה (שעה, 15%); שאלון 2: שאלות פתוחות קצרות (שעתיים, 30%); שאלון 3: שאלות פתוחות ארוכות (שעתיים, 35%); ושאלון 4: מעשי (שעתיים וחצי, 20%).

בקורס H1 התלמידים מוערכים רק על המרכיבים הבאים: ידע והבנה (40% מהציון), וכן עיבוד, יישום והערכה של מידע (60% מהציון). הבחינה מורכבת משני שאלונים: שאלון 1: שאלות רבות-ברירה (שעה, 33% מהציון); ושאלון 2: שאלות מובנות ופתוחות (שעתיים, 67% מהציון).

3.6.5 נושאים סוציו-מדעיים וערכיים

לא נמצא מידע נוסף מעבר למופיע בתוכני הלימוד.

3.6.6 מסגרות זמן

לא נמצא פירוט במסגרת תוכנית הלימודים.

מקורות להרחבה:

Curriculum Planning and Development Division. [Singapore Biology syllabus Pre-University Higher 2 Syllabus 9744](#). Singapore: Ministry of Education

Curriculum Planning and Development Division. [Singapore Biology Syllabus Pre-University Higher 1 Syllabus 8876](#). Singapore: Ministry of Education

3.7. סקוטלנד

3.7.1. רקע כללי על לימודי ביולוגיה בחט"ע בסקוטלנד

הלימודים בבתי הספר בסקוטלנד הם בגדר חובה עד גיל 16. החינוך העל יסודי (Secondary education) בסקוטלנד מתחיל בגיל 11 וכולל את השלבים S1-S6. שלבים S1-S3 שייכים לחינוך רחב וכללי (BGE – Broad General education), המתחיל בחינוך היסודי. שלבים S4-S6, הנמשכים בגילים 16-18, מהווים את "השלב הבכיר" (Senior phase). הלימודים בשלב זה מתאפיינים באפשרויות בחירה רבות ופרסונליזציה, המאפשרים לכל תלמיד ותלמידה לבנות את מערכת הלימודים בהתאם ליכולות ולרצונות שלהם.⁴⁷ בשלב זה בלימודים התלמידים גם בונים את פורטפוליו בחינות ההסמכה שלהם (Qualification exams) לקבלת תעודת בגרות (Scottish Qualifications Certificate), הניתנת על ידי רשות ההסמכה הסקוטית (SQA). התלמידים בוחרים את רמת הלימוד בכל מקצוע. רוב התלמידים בסקוטלנד לומדים ב-S4 (מקביל לכיתה י' בישראל) כשישה קורסים ברמה National 5, ונבחנים בסופם בבחינת ההסמכה החיצונית N5. תלמידים יכולים לבחור גם ללמוד ברמות נמוכות יותר (National 3/4). בשלב S5 רוב התלמידים לומדים קורסים ברמת Higher וב-S6 ברמת Advanced Higher. הקורסים לרוב נמשכים שנה אחת, אך ישנם גם קורסים הנלמדים במשך שנתיים. תלמידים יכולים גם לבחור לוותר על בחינות ההסמכה הנמוכות יותר ולהיבחן רק בבחינות ברמות הגבוהות יותר. תעודת הסמכה Higher היא התעודה העיקרית המשמשת לקבלה לאוניברסיטה. הלימודים בקורסי Advanced Higher מדמים את הלימודים בשנה הראשונה באוניברסיטה באותו המקצוע, ולכן תעודת Advanced Higher יכולה לשמש לקבלה לשנה ב' באוניברסיטה.⁴⁸

3.7.2. מבנה ת"ל או עקרונות מנחים שלה

בסקוטלנד ישנה תוכנית לימודים לאומית הנקראת Curriculum for Excellence, שהטמעתה החלה בשנת 2010.^{49, 50} תוכנית הלימודים מפרטת את תוכני הלימוד, מטרות הלמידה והמיומנויות בכל תחומי הלימוד ב-Broad General education, עד שלב S3. הלימודים בשלב הבכיר מתוכננים ומתבצעים בהתאם לדרישות של בחינות ההסמכה. ניתן ללמוד ביולוגיה בכל רמות הלימוד - National 5, Higher ו-Advanced Higher.⁵¹ ברמת Higher ישנו מקצוע לימוד נוסף לבחירה: ביולוגיה של האדם. בסקירה זו נותחו תוכני הלימוד והדרישות להסמכה בביולוגיה ברמת National 5 ו-Higher. בשתי הרמות התלמידים נבחנים בבחינות חיצוניות הכוללות מבחן עיוני (80% מהציון) ומשימה מעשית (20% מהציון), הכוללת תכנון וביצוע ניסוי וכתבת דוח. תוכני הלימוד ושיטות המעבדה הנדרשות ברמה Advanced Higher הן ברמה אוניברסיטאית ואינן תואמות את לימודי הביולוגיה בחט"ע בישראל (למשל: פרוטאומיקה, שיטות הפרדת חומרים, שימוש בנוגדנים, תרבויות תאים וכן תכנון וביצוע של פרויקט מחקר נרחב), ולכן לא נותחו במסגרת סקירה זו.⁵²

47 [Scottish Government, Policy: schools.](#)

48 [SQA, National Qualifications.](#)

49 Education Scotland, [What is Curriculum for Excellence?](#)

50 Scottish Government, [School curriculum and qualifications.](#)

51 SQA, [National Qualifications, Biology.](#)

52 [Advanced Higher Biology, Course Specification \(C707 77\).](#)

3.7.3. תוכני הלימוד

טבלה 10: תוכני הלימוד בביולוגיה ברמות 5 National ו-Higher

Higher ⁵⁴	National 5 ⁵³
DNA והגנום • מבנה ה-DNA • שכפול DNA • ביטוי גנים • התמיינות תאים • מבנה הגנום • מוטציות • אבולוציה • ריצוף גנומי	ביולוגיה של התא • מבנה התא • מעבר חומרים דרך קרום התא • DNA וייצור חלבונים • חלבונים • הנדסה גנטית • נשימה תאית
מטבוליזם והישרדות • מסלולים מטבוליים • נשימה תאית • קצב מטבולי • מטבוליזם ביצורים אקטותרמיים ואנדותרמיים • מטבוליזם בתנאי סביבה קשים • השפעת הסביבה על המטבוליזם (במיקרואורגניזמים) • בקרה גנטית על מטבוליזם (הנדסה גנטית)	ביולוגיה: יצורים רב־תאיים • יצירת תאים חדשים (מיטוזה ותאי גזע) • בקרה ותקשורת (בקרה עצבית והורמונלית) • רבייה • שונות ותורשה • מערכות הובלה - צמחים • מערכות הובלה - בע"ח • ספיגת חומרים (מערכת הנשימה והעיכול)
קיימות ויחסי גומלין • אספקת מזון, גידול צמחים ופרודוקטיביות • ריבוי צמחים ובעלי חיים • הגנת היבול • רווחת בעלי חיים • סימביוזה • התנהגות חברתית • מרכיבי המגוון הביולוגי • איזמים על המגוון הביולוגי	ביולוגיה: החיים על פני כדור הארץ • מערכות אקולוגיות • תפוצת אורגניזמים • פוטוסינתזה • אנרגיה במערכות אקולוגיות • ייצור מזון • אבולוציה של מינים

3.7.4. פרקטיקות ומיומנויות

בשני הקורסים הנ"ל מפורטות המיומנויות הנדרשות מהתלמידים (הדרישות כמעט זהות עבור שני הקורסים):

1. הפגנת ידע והבנה ביולוגית על ידי הצגת מידע, מתן הסברים ושילוב ידע.
2. החלת ידע ביולוגי על מצבים חדשים, פירוש מידע ופתרון בעיות.
3. תכנון ועיצוב ניסויים או חקר מעשי לבחינת השערות נתונות.
4. ביצוע ניסויי חקר מעשיים בבטחה, תיעוד תוצאות מפורטות ואיסוף נתונים.
5. בחירת מידע ממגוון מקורות.
6. הצגת מידע בצורה נאותה במגוון צורות.
7. עיבוד מידע (באמצעות חישובים ויחידות, לפי הצורך).
8. ביצוע תחזיות והכללות על סמך ראיות או מידע.
9. הסקת מסקנות תקפות ומתן הסברים הנתמכים על ידי ראיות.
10. הערכת ניסויים או חקירות מעשיות והצעות לשיפור.
11. העברת מידע או ממצאים מדעיים ביעילות.

53 SQA, [National 5 Course Specification](#).

54 SQA, [Higher Course Specification](#).

נוסף על המיומנויות המדעיות הכלליות הנ"ל מפורטות השיטות המדעיות שהתלמידים נדרשים לבצע במסגרת לימודיהם:

National 5: מדידת פעילות אנזימטית; שימוש במד נשימה תאית (Respirometer); מדידת דיות באמצעות פוטומטר; מדידת גורמים אביוטיים; מדידת התפלגות מינים לאורך חתך; מדידת קצב פוטוסינתזה.

Higher: הפרדת פיגמנטים של פוטוסינתזה ע"י כרומטוגרפיה; הפרדת מקרומולקולות באמצעות ג'ל אלקטרופורזה (למשל מקטעי DNA); שינוי קצב תגובה ע"י שינוי ריכוז הסובסטרט או המעכב; שימוש במד נשימה תאית; מדידת קצב מטבולי באמצעות חיישני חמצן; פחמן דו חמצני וטמפרטורה; שימוש בספקטרוסקופ להשוואת ספקטרום האור ממקורות שונים.

3.7.5. נושאים סוציו-מדעיים וערכיים

בפירוט תוכני הלימוד בכל אחד משני הקורסים מופיעים גם נושאים ערכיים הקשורים להתנהגות האדם ולשאלות אתיות מדעיות. לדוגמה:

12. גידול אוכלוסיית האדם מצריך הגברת ייצור מזון. לצורך כך ניתן להשתמש בדשנים וחומרי הדברה (National 5).

13. שיקולים אתיים בשימוש בתאי גזע (National 5 + Higher).

14. ריצוף גנום אישי לחיזוי הסיכוי למחלות מסוימות, רפואה מותאמת אישית (Higher).

15. ייצור מזון בריקיימה ללא פגיעה במשאבים טבעיים (Higher).

16. מינים פולשים והשפעתם על האוכלוסיות המקומיות (Higher).

3.7.6. מסגרות זמן

לא נמצא מידע בנוגע למסגרות הזמן.

מקורות להרחבה:

Education Scotland. [Benchmarks: Science](#) (March 2017).

Education Scotland. [Curriculum for Excellence: Science principles and practices](#).

Education Scotland. [What is Curriculum for Excellence?](#)

Scottish Government. [A Curriculum for Excellence](#).

Scottish Government. [Science, Technology, Engineering and Mathematics: education and training strategy](#).

The Scottish Qualifications Authority. [National standards for Biology](#) (October 2017).

3.8. כינלנד

3.8.1. רקע כללי על לימודי ביולוגיה בחט"ע בפינלנד

הלימודים בחטיבה העליונה בפינלנד נמשכים בין שלוש לארבע שנים (בגילים 16-19). תוכנית הלימודים הלאומית (משנת 2015) מאורגנת לפי קורסים, הכוללים קורסי חובה, קורסי התמחות וקורסי יישום.⁵⁵ תלמידים נדרשים להשלים לפחות 75 קורסים, והיקף כל קורס הוא 38 שעות בממוצע. המאפיינים העיקריים של מערכת החינוך בפינלנד הם: שוויון הזדמנויות (חינוך חינוך מטרות יסודי עד על-תיכוני), אמון ואחריות (אוטונומיה מקומית גבוהה וגמישות) ולמידה לאורך החיים (המערכת מכירה בלימודי מבוגרים ומעודדת אותם). בסיום לימודיהם בחט"ע נבחנים התלמידים בבחינות בגרות, הכוללות לפחות ארבע בחינות: בחינת חובה לכולם בשפת אם ושלוש בחינות נוספות מתוך שפה לאומית נוספת, שפה זרה, מתמטיקה ומקצוע בחירה (מדעים ומדעי הרוח).⁵⁶ תלמידים יכולים להיבחן בבחינות נוספות במקצועות בחירה.^{57, 58, 59}

3.8.2. מבנה ת"ל או עקרונות מנחים שלה

המטרה העיקרית של תוכנית הלימודים בביולוגיה היא לפתח את החשיבה המדעית של התלמידים, כחלק מגיבוש תפיסת העולם המדעית שלהם. התוכנית שואפת לפתח עניין והכרה בחשיבות של ביולוגיה ומדעי הסביבה ולהקנות הבנה של חשיבותם לרווחת המין האנושי. נוסף על כך, תוכנית הלימודים מלמדת את הרעיון שביולוגיה היא תחום מדעי המתפתח במהירות, ושהיישומים שלה, כמו הנדסה גנטית, מנוצלים בחקלאות, בתעשייה וברפואה. הוראת הביולוגיה גם מנחה את התלמיד להבין כיצד ניתן לנצל את הידע הביולוגי בחיי היום-יום, במחקרים נוספים ובעולם העבודה. הוראת הביולוגיה מאופיינת ברכישת מידע המבוסס על תצפיות וניסויים, גישה מבוססת-חקר, ושיטות עבודה ותרגול אינטראקטיביות. הוראת הביולוגיה כוללת עבודה במעבדה וכן עבודה בסביבות למידה דיגיטליות וסביבות מחוץ לבית הספר. ההוראה כוללת שיתוף פעולה עם מקצועות לימוד אחרים. ציון התלמיד במקצוע הוא שקלול של הציונים בקורסים שהתלמיד השלים במקצוע, ונקבע ע"י מנהל בית הספר, בהתייעצות עם המורה או המורים בקורסים. הציון של כל קורס נקבע בהערכה פנימית.

3.8.3. תוכני הלימוד

קורסי חובה

1. חיים ואבולוציה

- **ביולוגיה כמדע:** מאפייני חיים, תחומי מחקר ושיטות, מודלים.
- **התא כיחידת בסיס של החיים:** מקור החיים, מבנה התא, DNA וביטוי גנים.
- **חיים של אורגניזמים:** רבייה מינית וא-מינית, שונות, גדילה, התפתחות ומוות.
- **אבולוציה:** ברירה טבעית והתאמה, מוצא המינים והכחדתם, עצים פילוגנטיים.
- פרויקט חקר בהיקף קטן הקשור לאופי הניסוי של הביולוגיה.

55 Finland National core curriculum for upper secondary schools (2015). Finnish National Board of Education. E-book

56 [Finland matriculation examination](#).

57 [General upper secondary education in Finland](#). Finnish National Agency for Education.

58 [Finland education system](#).

59 Finnish National Agency for Education. [Finnish education in a nutshell](#).

2. אקולוגיה וסביבה

- **מושגי יסוד באקולוגיה:** יחסי גומלין בין תנאים ביוטיים וא־ביוטיים; מבנה והתחדשות של מערכות אקולוגיות; מחזור חומרים ואנרגיה במערכת אקולוגית; מגוון ביולוגי; מאפיינים של אוכלוסיות; יחסי גומלין בין מינים; תפוצת אורגניזמים והתאמתם לסביבה.
- **בעיות סביבתיות:** השלכות אקולוגיות של שינויי אקלים; איומים על המגוון הביולוגי ועל מערכות אקולוגיות; בעיות הקשורות למחזור חומרים ומעברי אנרגיה; בעיות אקולוגיות מקומיות.
- **לקראת עתיד בר־קיימה:** החשיבות של מערכות אקולוגיות; פיתוח בר־קיימה מבחינה אקולוגית; כלכלה מעגלית; פיתוח ידע ויכולות אקו־חברתיים; קידום אורח חיים בר־קיימה בסביבה הקרובה.
- ביצוע ניסוי הקשור לאקולוגיה או סביבה או פרויקט פיתוח סביבתי.

קורסי התמחות

3. תאים ותורשה

- **התא במחקר:** איך חוקרים תאים; הצורך והשימוש בביו־לוגיה תאית ומידע גנומי.
- **יצורים חיים בנויים מתאים:** מולקולות ביולוגיות; מבנה ותפקוד של תאים אוקריוטיים ופרוקריוטיים; מבנה ה-DNA וה-RNA; ייצור חלבונים ובקרה אפיגנטית.
- **חלוקת תאים:** מיטוזה וחשיבותה; חלוקה, גדילה והתמיינות תאית.
- **יסודות התורשה:** גֵנִים ואללים; גמטות ויצירתן במיזוזה; הורשת גֵנִים ומעבר תכונות מדור לדור; מוטציות ומוטגנים.
- מחקר בביו־לוגיה תאית במעבדה או באמצעים דיגיטליים.

4. ביולוגיה של האדם

- **אנרגיה, מטבוליזם ובקרתו:** הזנה ועיכול, מערכת ההובלה, מערכת הנשימה ובקרת הנשימה.
- **תנועה:** מערכת השלד והשרירים.
- **בקרת תפקודים חיוניים:** מערכת העצבים והחושים, בלוטות אנדוקריניות והורמונים, בקרת טמפרטורה, הומאוסטזיס כימי, מנגנוני הסתגלות והגנה של מערכות גוף האדם.
- **רבייה:** הפריה, הריון ולידה, התפתחות מינית ומיניות, חשיבות הגנוטיפ והסביבה לקביעת הפנוטיפ; מחקר למדידת תפקודים שונים של גוף האדם.

5. יישומים ביולוגיים

- **יישומים ביוטכנולוגיים וחשיבותם:** ייצור מזון; אנרגיה מוצרים ושירותים באמצעות מקורות טבעיים מתחדשים; יישומים ביוטכנולוגיים בתעשייה ובהגנת הסביבה.
- **יישומים מיקרוביולוגיים וחשיבותם:** מבנה ותפקוד של חיידקים ווירוסים; גידול, עיבוד וזיהוי של חיידקים; מיקרואורגניזמים בטבע ובכלכלת האדם.
- **הנדסה גנטית, יישומיה וחשיבותה:** שיטות להנדסה גנטית; מידע גנומי; מיקרואורגניזמים בטכנולוגיית גֵנִים; ריבוי סלקטיבי צמחים ובעלי חיים.
- ניסוי או מחקר הקשור לתחום של ביולוגיה יישומית.

3.8.4. פרקטיקות ומיומנויות

המיומנויות העיקריות הנדרשות מהתלמידים בתוכנית הלימודים בביו־לוגיה נגזרות ממטרות הלמידה וההוראה הכלליות של המקצוע ומהמטרות הספציפיות לכל אחד מהקורסים.

התלמידים נדרשים:

- לגלות עניין בידע ביולוגי ומוטיבציה לעקוב אחר חדשות ביולוגיות.
- להכיר שיטות מחקר ביולוגיות.
- לנסח שאלות חקר בעקבות צפייה בתופעה.
- לתכנן ולבצע ניסויים מדעיים באופן עצמאי ובשיתוף פעולה עם אחרים.
- להשיג, לעבד, לנתח ולפרש נתוני מחקר, וכן להעריך ולהציג ממצאי מחקר.
- לעבוד בסביבות למידה דיגיטליות, במעבדה ובשדה.
- להעריך באופן ביקורתי מידע בנושא ביולוגיה המוצג בתקשורת.
- להשתמש בטכנולוגיות מידע ותקשורת בדרכים מגוונות כתמיכה בלימודי הביולוגיה.
- להכיר את יישומי הביולוגיה בתחומים שונים.
- להיות מסוגלים להשתמש בידע ביולוגי ומיומנויות בחיי היום־יום.
- להעריך את המגוון הביולוגי, לגלות מודעות לצורך בפיתוח בר־קיימה, ולהבין את האחריות האישית שלהם על עתיד המערכות האקולוגיות.

3.8.5. נושאים סוציו־מדעיים וערכיים

לא קיים פרק נפרד בתוכנית הלימודים העוסק בערכים והתנהגויות ולא נמצא מידע מעבר למפורט בתוכני הלימוד.

3.8.6. מסגרות זמן

לא נמצא מידע נוסף על מסגרות הזמן בלימודי הביולוגיה, מעבר למפורט בסעיף 3.8.1

מקורות להרחבה:

European Commission (2015). [Finland - Assessment in General Upper Secondary Education](#). Eurydice, EACEA, European Union.

Eurydice. [Finland education system](#).

Finland Ministry of Education and Culture. [General upper secondary education](#).

Finnish National Agency for Education. [General upper secondary education in Finland](#).

Finish National Board of Education (2003). [Finland National core curriculum for upper secondary schools](#).

The Dutch Organization for Internationalization in Education (Nuffic) (2015). [Education system Finland: The Finnish education system described and compared with the Dutch system](#). The Hague, Netherlands: Author.

3.9. קנדה - קולומביה הבריטית

3.9.1. רקע כללי על לימודי ביולוגיה בחט"ע בקולומביה הבריטית

קנדה היא פדרציה המורכבת מ-10 פרובינציות ו-3 טריטוריות, ומערכת החינוך נמצאת תחת סמכותה וניהולה של הממשלה בכל אחת מהן.⁶⁰ קולומביה הבריטית היא הפרובינציה המערבית ביותר בקנדה ומונה 4.4 מיליון תושבים. שתי סיבות עיקריות הובילו לבחירה בקולומביה הבריטית לסקירה זו: (1) התלמידים בקולומביה הבריטית הגיעו לציונים גבוהים מאוד במדעים בין-לאומיים בשנים האחרונות;⁶¹ (2) קולומביה הבריטית פיתחה תוכנית לימודים חדשה לכל מערכת החינוך, K-12, שהטמעתה החלה ב-2017.⁶² על פי תוכנית הלימודים החדשה, תעודת בגרות (Dogwood Certificate of Graduation, or "Diploma") מוענקת בסיום החטיבה העליונה לתלמידים שצברו 80 נקודות זכות, מתוך 52 חובה ו-28 בחירה. מתוך נקודות החובה, התלמידים נדרשים ללמוד שני קורסי מדע (8 נק"ז) - אחד בכיתה י' ואחד בכיתה י"א או י"ב. הציון בקורסים הוא בית-ספרי בלבד (כלומר, אין הערכה חיצונית במקצועות השונים). נוסף על כך, לשם קבלת תעודת בגרות, התלמידים נבחנים בשתי בחינות חיצוניות מסכמות (פרובינציאליות) באוריינות ובמתמטיקה.⁶³

3.9.2. מבנה ת"ל או עקרונות מנחים שלה

תוכנית הלימודים החדשה (בכל הכיתות והמקצועות) נבנתה על פי מודל משולש שמרכיביו הם: (1) להבין - רעיונות מרכזיים (Understand – Big ideas); (2) לעשות - מיומנויות יסוד (Do – Core competencies); (3) לדעת - סטנדרטים ללמידת תוכן (Know – Content learning standards). ת"ל זו שמה דגש על למידה מותאמת אישית, גמישות רבה למורים, אפשרויות בחירה לתלמידים, סטנדרטים גבוהים ללמידה והתייחסות לתרבות ולהיסטוריה של ה"הילדים המקומיים" (הנקראים "First people"). המטרה העיקרית של תוכנית הלימודים החדשה היא להכין את התלמידים להצלחה כאזרחים חושבים, מתקשרים וכשירים מבחינה אישית וחברתית ללמידה מתמשכת בעולם המשתנה תדיר. מטרת תוכנית הלימודים במדעים היא לפתח אזרחים אוריינים מדעית, בעלי מודעות לתפקיד המדע בחברה ויכולת להשתמש בראיות מדעיות ובידע שלהם כדי לגבש את עמדותיהם ולהגיע להחלטות מושכלות בחייהם. נוסף על כך, תוכנית הלימודים במדעים היא בגישה "מבוססת-מקום", המפתחת את החיבור, הכבוד והידע של התלמידים למקום המגורים שלהם.

התלמידים נדרשים לארבע נק"ז מדע בכיתה י', קורס אחד חובה (Science 10 course) וארבע נק"ז במדע בכיתות י"א או י"ב (Science 11 or Science 12 courses).⁶⁴ בכיתה י"א מוצע קורס "מדעי החיים" (Life sciences 11),⁶⁵ לבחירה מתוך שישה קורסים, ובכיתה י"ב מוצע קורס "אנטומיה ופיזיולוגיה" (Anatomy and physiology 12).⁶⁶ לבחירה מתוך שישה קורסים. בכיתה י"א מוצע גם קורס "מדע לאזרחים" (Science for citizens), הכולל תכנים

60 Council of ministers of education, Canada.

61 Measuring up: Canadian Results of the OECD PISA Study.

62 British Columbia New Curriculum (2018).

63 British Columbia Ministry of Education.

64 British Columbia, Science 10 Curriculum (2018-2019).

65 British Columbia, Life sciences 11 Curriculum (2019-2020).

66 British Columbia, Anatomy and Physiology 12 Curriculum (2019-2020).

מביוֹלוגיה, כימיה ופיזיקה.⁶⁷ בכיתה י"ב ניתן לבחור גם בקורס התמחות במדע (Specialized science), שבו מורים יכולים לפתח קורס מדעי על פי תחום התמחותם או על פי תחומי עניין של תלמידיהם, בהתאם לסטנדרטים ולרעיונות המרכזיים המופיעים בתוכנית הלימודים.⁶⁸

3.9.3. תוכני הלימוד

Science 10 - הרעיונות המרכזיים בקורס זה הם: DNA הוא הבסיס לשונות בין כל היצורים החיים; שינוי אנרגטי דרוש לארגון מחדש של אטומים בתהליכים כימיים; האנרגיה נשמרת, והשינוי שלה יכול להשפיע על החיים ועל הסביבה; ניתן להסביר את יצירתו של היקום באמצעות תיאוריית המפץ הגדול.

נושאי הלימוד (אלו הרלוונטיים לביוֹלוגיה, כרבע מנושאי הלימוד בקורס):

- מבנה דנ"א ותפקודו: גנים וכרומוזומים; ביטוי גנים; אינטראקציות של גנים עם הסביבה.
- דפוסי הורשה: מנדלית; ריבוע Punnett; דומיננטיות מלאה וקוֹ-דומיננטיות; דומיננטיות חלקית; תאחיזה ל-X; גנטיקה של האדם.
- מנגנונים למגוון החיים: מוטציות והשפעתן על האבולוציה; ברירה טבעית וברירה מלאכותית; לחץ סלקציה; התאמות; היכחדות מינים; ברירה מלאכותית בחקלאות;
- גנטיקה יישומית: גנומיקה; GMOs; ריפוי גני; שיבוט; תאי גזע; טכנולוגיות רבייה; מינים; אוכלוסיות ומערכות אקולוגיות; זיהוי פלילי; הנדסה גנטית.
- שיקולים אתיים: ההשלכות הבריאותיות, הסביבתיות, החברתיות והפוליטיות של גנטיקה מודרנית.

Life sciences 11 - הרעיונות המרכזיים בקורס זה הם:

- חיים הם תוצאה של אינטראקציות ברמה המולקולרית והתאית.
 - אבולוציה מתרחשת ברמת האוכלוסייה.
 - אורגניזמים מקובצים על פי מאפיינים משותפים.
- נושאי הלימוד הם:
- רמות ארגון.
 - מבנה התא ותפקודו.
 - רבייה מינית וא־מינית.
 - מעברי אנרגיה בתאים.
 - וירוסים.
 - יחסי גומלין בין אורגניזמים על פי הילידים המקומיים.
 - מיקרו־אבולוציה: התאמה לסביבות משתנות, שינויים ב-DNA וברירה טבעית.
 - מקרו־אבולוציה: יצירת מינים, תהליכים ועדויות של מקרו־אבולוציה.
 - ברירה מלאכותית ומודיפיקציות גנטיות.
 - יצורים חד תאיים ורב־תאיים.
 - מגמות במורכבות בקרב יצורים חיים שונים.
 - ראיות ליחסים פילוגנטיים.
 - עקרונות טקסונומיים לסיווג אורגניזמים.

67 British Columbia, [Science for citizens 11 Curriculum \(2019-2020\)](#).

68 British Columbia, [Specialized-science 12 Curriculum \(2019-2020\)](#).

12 Anatomy and Physiology - הרעיונות המרכזיים בקורס זה הם:

- הומאוסטזיס נשמר באמצעות תהליכים פיזיולוגיים.
 - ביטוי גנים באמצעות ייצור חלבונים הוא אינטראקציה בין גנים והסביבה.
 - מערכות גוף האדם מקיימות יחסי גומלים מורכבים לשמירת ההומאוסטזיס.
- נושאי הלימוד הם:
- מולקולות ביולוגיות.
 - מטבוליזם.
 - אנזימים.
 - מסלולי משוב.
 - מעבר חומרים דרך קרום התא.
 - ביטוי גנים.
 - מבנה ותפקוד התא.
 - גנומיקה: פרויקט הגנום האנושי, פרויקטים לריצוף גנום של אורגניזמים שונים, ריצוף גנום אישי.
 - ביוטכנולוגיה: שיבוט, דנ"א רקומביננטי, GMOs, יצורים טרנסגניים, ריפוי גני.
 - רמות ארגון.
 - מערכות גוף האדם: עצבים, אנדוקרינית, עיכול, הובלה, חיסון ולימפה, נשימה, הפרשה ורבייה.
 - הבדלים בסגנון חיים: תזונה, פעילות גופנית, שינה, עישון, אכילת מלח, צריכת אלכוהול, סמים, חיסונים ואמצעי מניעה.
 - גישה הוליסטית לבריאות: שילוב נפש, גוף ורוח.
 - מחלות: אי יכולת לשמור על ההומאוסטזיס.

11 Science for Citizens - הרעיונות המרכזיים בקורס זה הם:

- תהליכים וידע מדעי משפיעים על חיינו ומאפשרים לנו לבצע החלטות מושכלות.
 - ידע מדעי יכול לשמש לפיתוח נהלים, טכניקות וטכנולוגיות שיש להן השלכות על מקומות תעסוקה.
 - הבנה מדעית מאפשרת לבני אדם להגיב ולהסתגל לשינויים מקומיים וגלובליים.
- נושאי הלימוד הם:

קבלת החלטות מבוססת-ראיות מדעיות; נוהלי בריאות אישיים וציבוריים; השפעת טכנולוגיה על החיים; בטיחות אישית; בטיחות במקום העבודה; השלכות יישומיות של המדע במקום העבודה; יישומים של מדע החומרים; חידושים מדעיים מועילים; סיכונים טבעיים; השפעה אנושית על מערכות כדור הארץ; פעולות והחלטות המשפיעות על הסביבה המקומית והעולמית, כולל אלה של הילידים בקולומביה הבריטית.

3.9.4. פרקטיקות ומיומנויות

בכל הקורסים הללו המיומנות הנדרשות מהתלמידים הן זהות פחות או יותר. נוסף על פירוט המיומנויות הנדרשות מהתלמידים, בכל הקורסים מפורטות דוגמאות ספציפיות לקורס לתמיכה בתהליכי החקר של התלמידים. להלן פירוט חלקי של המיומנות:

1. שאילת שאלות וחיזוי: העלאת שאלות בעקבות תצפיות, העלאת השערות וחיזוי תוצאות.
2. תכנון וביצוע: תכנון, בחירה ושימוש בשיטות מדעיות מתאימות לאיסוף נתונים מהימנים במעבדה ובשדה, באופן יחידני או בקבוצות.

3. עיבוד נתונים ומידע וניתוחם: מציאת מגמות וקשרים בנתונים כולל קשר בין משתנים, ביצוע חישובים, מציאת אי-התאמות, בנייה וניתוח של גרפים ומודלים וכן קביעת מסקנות מבוססות-ראיות.
4. הערכה: הערכה ביקורתית שמבצע כל תלמיד על עבודתו, כולל השיטה, ניתוח הנתונים, הסברים חלופיים, דרכים לשיפור והנחות; הפעלת חשיבה ביקורתית לבחינת עבודתם לאור מקורות מידע ראשוניים ומשניים; בחינת השלכות חברתיות ואתיות של עבודתם ושל אחרים; ניתוח ביקורתי של נתונים ממקורות ראשוניים ומשניים.
5. יישום וחדשנות: פתרון בעיות מ"העולם האמיתי" ושיתוף פעולה עם גורמים מקומיים ועולמיים.
6. תקשורת: יצירת מודלים פיזיים או מנטליים לתיאור תופעה, תקשור רעיונות מדעיים לקהל יעד ספציפי ובניית טיעונים מבוססי-ראיות.

3.9.5. נושאים סוציו-מדעיים וערכיים

תוכנית הלימודים החדשה במדעים מכבדת ומשלבת את הידע ועקרונות הלמידה של הילידים המקומיים ("First people"). במסגרת הקורסים "Life sciences 11" ו-"Science for citizens 11" כלולים מספר נושאים סוציו-מדעיים ואתיים, למשל:

(1) בחינת ההשלכות החברתיות, האתיות והסביבתיות של האדם על אבולוציה דרך ברירה מלאכותית ושינויים גנטיים; (2) כיצד חברות התרופות, סוכנויות הבריאות וממשלות עובדות יחד להטמעת אסטרטגיות למניעת מגפות (כמו וירוס הזיקה ושפעת העופות); (3) כיצד האנשים יכולים לעזור לשמר בתי גידול של דגים בנהרות המקומיים; (4) סוגיות אתיות ב-GMOs וריפוי גני.

3.9.6. מסגרות זמן

לא נמצא מידע על חלוקת זמנים במסגרת תוכנית הלימודים.

מקורות להרחבה:

[British Columbia New Curriculum](#) (2018).

[British Columbia, Life sciences 11 Curriculum](#) (2019-2020).

[British Columbia, Anatomy and Physiology 12 Curriculum](#) (2019-2020).

[British Columbia, Specialized-science 12 Curriculum](#) (2019-2020).

[British Columbia, Science 10 Curriculum](#) (2018-2019).

[Council of ministers of education, Canada.](#)

The Dutch Organization for Internationalization in Education (Nuffic) (2015). [Education system Canada: The Canadian education system described and compared with the Dutch system](#). The Hague, Netherlands: Author.

כחלק מתהליך הכתיבה של דוחות מת"ת אנו מתייעצים עם חוקרות, חוקרים, נשות שטח ואנשי שטח ומבקשים מחלקם גם משוב על הדוח. זאת לצורך כתיבת דוח מקיף, המותאם לשדה החינוך בישראל והולם את צורכי המזמינים. רבות מההערות שקיבלנו שולבו במסמך וחלק מצאו את דרכן לנספח שלפניכם. תודתנו נתונה לכל מי שסייעו בכתיבה (מסודר לפי סדר האל"ף-בי"ת של שם המשפחה):

ד"ר רוחמה ארנברג, ממונה תכנון קוריקולרי - פיתוח תוכניות לימודים במדעים, אגף א' למדעים, המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך;
פרופ' אורית בן-צבי אסרף, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב;
ד"ר עומר חורש, תיכון הראשונים, הרצליה;
פרופ' ענת ירדן, ראש המחלקה להוראת מדעים, מכון ויצמן למדע;
ד"ר שירי מסה, בית ספר השלום, מצפה רמון;
פרופ' מיכל ציון, סגנית ראש בית הספר לחינוך, ראש המסלול להכשרת מורים בבילוגיה באוניברסיטת בר-אילן;
ד"ר גילמור קשת-מאור, מנהלת אגף א' למדעים, המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך;
ד"ר אירית שדה, מפמ"ר ביולוגיה, אגף א' למדעים, המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך.

בחלק זה מופיעות ההערות בשלושה סעיפים: (1) הערות הנוגעות לתוכנית הלימודים בישראל; (2) הערות הקשורות להוראה, למידה והכשרה; (3) הרחבות אפשריות לכתוב בדוח.

הערות הנוגעות לתוכנית הלימודים בישראל:

- הדוח מועיל וכתוב היטב והעבודה יסודית וחשובה. ניתן ללמוד ממנו על התכנים בבילוגיה ואופני הלמידה במדינות שונות, וכן להשוות אותם לתכנים ולאופן הלמידה בארץ.
- מתוך ההשוואה בין תוכני הלימוד בעולם ובארץ עולה כי לא כל התכנים בתוכנית הלימודים בבילוגיה לחטיבה העליונה בישראל עדכניים. יחד עם זאת נראה כי היא יסודית, מקיפה ומושתתת על עקרונות למידה שמלווים את התלמיד בכל רבדי הלימוד. כמו כן נראה כי הפן המעשי בתוכנית הלימודים בישראל איכותי מאוד בהשוואה למדינות שנסקרו בדוח. ההתנסות המעשית המתמשכת של התלמידים בישראל מסייעת להפנים את עקרונות החקר לצד עבודה מעשית ובחינה חיצונית. יתרונות אלו אינם באים לידי ביטוי בצידוד במעבדות בישראל ובשיטות המחקר הנהוגות בהן.
- מהדוח עולה שבמדינות בעולם, כולל מדינות הנחשבות דתיות, הבינו שאבולוציה היא תפיסה מרכזית בבילוגיה ודרך מחשבה במקצוע, ולא רק תיאוריה המייצרת התנגשות בין מדע ואמונות דתיות. ראוי שזו תהיה גם התפיסה בישראל. ביולוגיה אומנם מוגדרת בארץ כ"מקצוע לכול" ולכן לא ניתן לגעת בנושאים מעוררי מחלוקת; אבל חשוב ללמוד מהנעשה בעולם ולהטמיע יותר את דרך המחשבה שמציעה האבולוציה ותחומים היוצאים ממנה (לדוגמה - גנטיקה מולקולרית ואפיגנטיקה - גם בהכשרת מורים וגם בתוכנית הלימודים בארץ).
- מהדוח עולה שבמדינות אחרות לומדים את נושא האקולוגיה בהקשר להשפעת בני האדם על כדור הארץ והסוגיות העולות מכך, ולא באופן מושגי, מנותק ויבש. כדאי לאמץ ולהטמיע גישה זו בתוכנית הלימודים בארץ.
- בתוכניות לימוד בעולם מושם דגש רב יותר מאשר בארץ על נושאים חדשניים בבילוגיה כגון ביוטכנולוגיה וביואינפורמטיקה, וכדאי לשקול זאת גם בארץ.

הערות הקשורות להוראה, למידה והכשרה:

- ניתן להשתמש בדוח כדי לבחון - גם במטה משרד החינוך וגם באמצעות סקרים בקרב מורים לביולוגיה - את האפשרות להכניס לתוכנית הלימודים הקיימת נקודות מסוימות החסרות בה.
- מהדוח עולה שבמדינות שונות בעולם הפיקוח על המקצוע מאפשר מרחב גמישות והחלטה למורים במסגרת תוכנית הלימודים. זוהי נקודה שכדאי לבחון גם בארץ.
- לגבי ההבחנה בדוח בין פרקטיקות למיומנויות, יש לציין שבארה"ב הותירו בלימודי ביולוגיה רק פרקטיקות כיוון שהוא כולל בחובו גם מיומנויות.

הרחבות אפשריות לדוח:

בדוח חסרה התייחסות להערכה מעצבת מול הערכה מסכמת. כמו כן חסר בדוח (כפי שמצוין בו) מידע על מספר שעות הלימוד המוקצות לכל נושא בתוכנית הלימודים. לגבי חסרים אלו, וגם לגבי נושאים ספציפיים ששוקלים לאמץ מתוכניות לימוד אחרות, מומלץ לפנות לאיש קשר ממדינה שרוצים ללמוד ממנה, ולברר כיצד מתנהל הלימוד בפועל, שכן זהו מידע שלרוב אינו קיים במסמכים רשמיים או פתוחים לציבור.