

משרד החינוך התרבות והספורט
המזכירות הפדגוגית
האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים

תכנית הלימודים
במדעי כדור הארץ והסביבה
לחטיבה העליונה

ירושלים תשס"ד

חברי ועדת התכנית

פרופ' עמנואל מזור	יו"ר הוועדה – המחלקה למדעי הסביבה והאנרגיה, מכון וייצמן למדע
פרופ' ניר אוריון	מרכז הוועדה – מפמ"ר מדעי כדור הארץ והסביבה, משרד החינוך והמחלקה להוראת המדעים, מכון וייצמן למדע, רחובות
פרופ' יונתן ארז	המחלקה לגאולוגיה, האוניברסיטה העברית בירושלים
מר רון בן-שלום	המחלקה להוראת המדעים, מכון וייצמן למדע, רחובות
ד"ר יוסי ברטוב	המכון הגאולוגי, משרד התשתיות הלאומיות, ירושלים
מר יוסי גודוביץ'	מורה למדעי כדור הארץ והסביבה, בית ספר עין כרם, ירושלים
ד"ר חנן גינת	מורה למדעי כדור הארץ והסביבה ומנהל בי"ס מעלה שחרות, יוטבתה
ד"ר יבחר גנאור	המחלקה לגאולוגיה סביבתית, אוניברסיטת בן גוריון בנגב
גב' עליזה דיין	מורה למדעי כדור הארץ והסביבה, בית ספר מקיף ג, אשדוד
פרופ' אריאל כהן	המחלקה למדעי האטמוספירה, האוניברסיטה העברית בירושלים
מר דוד סלע	מפקח תחום מדעי כדה"א, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, משרד החינוך, ירושלים
פרופ' יורם עשת	מכללת תל-חי והמכון הגאולוגי, משרד התשתיות הלאומיות, ירושלים
פרופ' עקיבא פלכסר	המחלקה לגאופיזיקה ומדעים פלנטריים, אוניברסיטת תל-אביב
קריאה והערות	
גב' צופיה יועד	מנהלת גף תכנים וסגנית מנהלת האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, משרד החינוך, ירושלים
ד"ר נטע עורבי	מרכז אשכול מדעים, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, משרד החינוך, ירושלים
ד"ר רחל טסה	מפקחת תחום כימיה, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, משרד החינוך, ירושלים
עריכת הלשון	ליאורה הרציג

תוכן העניינים

עמוד

חלק א

3 התפיסה הרעיונית של התכנית (רציונל)
6 מטרות התכנית ועקרונותיה
8 הקשר והזיקה למקצועות ולנושאים אחרים
8 דרכי הוראה וסביבות למידה
10 אוכלוסיית היעד

חלק ב

11 פירוט הכשרים, המיומנויות והתכנים
----	--

חלק ג

23 מבנה התכנית, מסגרת ההוראה ודרכי משוב והערכה
----	---

חלק ד

27 נספח 1 : קריטריונים ומחווניים להערכה
32 נספח 2 : ציוד ייחודי לחדר/מעבדת מדעי כדור הארץ
34 נספח 3 : חומרי עזר ללמידה
34 נספח 4 : ספרות עזר

חלק א

התפיסה הרעיונית של התכנית (רציונל)

תכנית הלימודים החדשה "מדעי כדור הארץ והסביבה" המוצגת כאן, באה להחליף את תכנית הלימודים "גאולוגיה" שפורסמה על ידי האגף לתכניות לימודים בשנת תשמ"ט. תכנית הלימודים החדשה היא מענה לשינויים תפיסתיים שחלו במהלך שני העשורים האחרונים בשלושה תחומים, ואלה הם: התחום המדעי, התחום החינוכי והתחום החברתי.

השינוי התפיסתי בתחום המדעי

החל מאמצע שנות ה-70 של המאה העשרים, מתרחש שינוי מהותי בתחום מדעי כדור הארץ. שינוי זה בא לידי ביטוי במעבר מגישה רדוקציוניסטית, שבה כל אחד מתחומי מדעי כדור הארץ (גאולוגיה, הידרולוגיה, אטמוספירה) היווה דיסציפלינה עצמאית, לתפיסה הוליסטית המדגישה את הקשר שבין מערכות כדור הארץ. במשך שנות ה-80 התאגדו תחומי דעת אלה באוניברסיטאות רבות ברחבי העולם תחת גג משותף שכונה "מדעי כדור הארץ". בשנות ה-90 ניתן להבחין בצמיחתו של תחום חדש בתוך מדעי כדור הארץ: "גאולוגיה סביבתית" או "מערכות כדור הארץ".

תחום רחב זה מקפל בחובו היבטים סביבתיים מגוונים, המקיפים את מרבית הנושאים שבהם עוסק מדע כדור הארץ. לדוגמה:

- ההשפעה ההדדית בין המערכות הטבעיות (ללא מעורבות האדם): לדוגמה, ההשפעה של תהליכי בליה כימית של סלעים וולקניים על מאזן הפחמן הדו-חמצני בכדור הארץ וכתוצאה מכך על שינויים אקלימיים.
- ההשפעה של פעילות האדם על הטבע, כגון שינויים בהרכב האטמוספירה כתוצאה מזיהום אוויר, זיהום הים ומקורות המים המתוקים, ניצול-יתר של משאבים טבעיים, התערבות האדם בתהליכים חופיים, סילוק פסולת והשפעתה על הסביבה, התערבות האדם במניעת שיטפונות.
- חיזוי תופעות טבע הרסניות, כגון שיטפונות, סופות, רעידות אדמה, התפרצויות געשיות, גלישות קרקע, מפולות שלגים.
- ניצול סביבתו הפיזית של האדם להפקת אנרגיה ממקורות כגון דלקים פוסיליים וחומרים אורגניים, ואנרגיות חלופיות כמו אנרגיית שמש, אנרגיית רוח, אנרגיה גרעינית ואנרגיה כימית.
- פיתוח בר-קיימא של משאבי טבע, ניצול משאב המים ומניעת זיהומו.
- שינויים אקלימיים גלובליים.

תחום זה גם כולל שאלות לגבי מקומו של האדם בניהול הטבע: האם זה תפקידו? ואם כן, כיצד יעשה זאת בצורה נכונה? כיצד ננצל נכונה את אוצרות הטבע כדי שגם הדורות הבאים יוכלו

ליהנות מהם? כיצד נמשיך ונחיה בכדור הארץ בלי שנגרום בכך להרס המערכות העדינות הקיימות בטבע?

התפיסה הסביבתית של מדעי כדור הארץ מעוגנת בשנים האחרונות יותר ויותר בגישת מערכות כדור הארץ (Earth Systems). גישה זו מתייחסת אל הפלנטה שבה אנו חיים כאל מכלול שלם, שבו האדם הוא חלק אינטגרלי של המערכות הטבעיות של כדור הארץ. מערכות אלה - גאוספירה, הידרוספירה, אטמוספירה וביוספירה - שלובות באופן הדוק האחת בשנייה. על פי התפיסה הסביבתית של כדור הארץ, הגישה הרדוקציוניסטית (שפיתחו וטיפחו הפיזיקאים ובעקבותיהם שאר תחומי המדע), שמובילה את המדען להתמחות בתחום צר ככל האפשר, אינה מתאימה לטיפול בבעיות סביבתיות. המפגע הסביבתי הוא סימפטום בלבד, ומדען המתמחה בשטח צר אינו מסוגל להרחיק ראות עד לשורש הבעיה. לכן גישה הוליסטית, המבוססת על שילוב בין ידע מעמיק להתבוננות מקיפה ורחבה ככל האפשר בכל מרכיבי כדור הארץ, היא שעשויה להוביל לפתרון הבעיות הסביבתיות שבפניהן ניצבת הפלנטה שלנו.

גם בארץ עברו המוסדות האקדמיים שינויים מסוג זה בשנים האחרונות, וכיום מלמדים בהם נושאים אלה על פי הגישות החדשניות. ואלה הם המוסדות: המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית בירושלים; המחלקה לגאולוגיה סביבתית, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב; המחלקה למדעים פלנטריים, אוניברסיטת תל-אביב; המחלקה למדעי הסביבה, מכון ויצמן; המחלקה לקרקע ומים, הפקולטה לחקלאות ברחובות; וכן המסלול בגאולוגיה של האוניברסיטה הפתוחה.

השינוי התפיסתי בתחום החינוך המדעי ובתחום החברתי

במשך שנות ה-90 חל שינוי פרדיגמטי בתחום הוראת המדעים בעולם המערבי. שינוי זה מתבטא במעבר מהפרדיגמה שראתה בהוראת המדעים כלי להכשרת מדעני העתיד, לפרדיגמה הרואה בהוראת המדעים כלי לחינוך אזרחי העתיד.

אחד האתגרים הקיומיים שעמו צריכים להתמודד אזרחי המאה ה-21 הוא יכולתם לחיות בשלום עם הסביבה. להוראת מדעי כדור הארץ והסביבה תפקיד מרכזי בחינוך לאוריינות סביבתית. מדעי כדור הארץ מעניקים לתלמיד* - אזרח לעתיד - ידע ויכולת להסקת מסקנות לגבי נושאים כגון חיסכון באנרגיה וניצול יעיל של מקורות אנרגיה, חיסכון במים וניצול נכון של משאבי כדור הארץ. תלמידים שיבינו טוב יותר את הסביבה שבה הם חיים ואת התהליכים המתרחשים בה, יוכלו להעריך ולשפוט את התמורות והשינויים החלים בסביבתם ולהתנהג אל הסביבה באופן נכון יותר.

אין ספק ששילובם בתכנית הלימודים של נושאים כגון: מקורות אנרגיה, הפקת חומרי גלם ואוצרות טבע, חיזוי והתמודדות עם רעידות אדמה והתפרצויות געשיות, מקורות מים ושינויי אקלים – מהווה תשובה נאותה לקריאה הציבורית והמקצועית ללימוד מקצועות מדע בהקשרם החברתי-סביבתי.

* לנוחות הקריאה, נקטנו לשון יחיד-זכר. כמובן, הכתוב נוגע לתלמידים ולתלמידות, למורים ולמורות.

שלושת השינויים התפיסתיים שהוצגו לעיל – בתחום המדעי, החינוכי והחברתי – מתכנסים לנקודה משותפת אחת והיא: הצורך לעדכן את תכנית הלימודים בגאולוגיה, להרחיבה ולהתאימה לתפיסה העכשווית של מדעי כדור הארץ והסביבה.

השינוי התפיסתי בתחום החברתי ("התנועה הירוקה")

בתחילת המאה ה-21 בולט מקומו של ההיבט הסביבתי בחברה המערבית. תהליך זה, שהחל לפני כשני עשורים, הואץ בגלל התרחבותן של בעיות סביבתיות מקומיות לממדים עולמיים. ההבנה כי צורת ההתנהגות הנוכחית של האדם גורמת נזקים רבים ואף עלולה להמיט חורבן על מערכות אקולוגיות על פני כדור הארץ, חדרה להכרתה של החברה המערבית.

כמעט כל נושא סביבתי משמעותי שייך לתחום מדעי כדור הארץ, לדוגמה: ההתחממות הגלובלית של אטמוספירת כדור הארץ ושינויי אקלים בממד הזמן הגאולוגי; החור באוזון; זיהום אוויר; מקורות מים; זיהום מים; רעשי אדמה; הרס חופים; שיטפונות; סופות; התפרצויות געשיות; ניצול בר-קיימא של משאבי כדור הארץ.

מטרות התכנית ועקרונותיה

מטרת-על

יישום גישת "מערכות כדור הארץ" בהוראת מדעי כדור הארץ משמעו להסיט את הדגש אל פיתוח תובנה סביבתית (Environmental Insight) ולא להסתפק בהקניית מודעות סביבתית (Environmental Awareness). פיתוח התובנה הסביבתית כרוך בהקניית שני עקרונות-מפתח:

- I. אנו חיים בעולם מחזורי הבנוי ממספר תת-מערכות (גאוספרה, הידרוספרה, ביוספרה ואטמוספרה) המקיימות יחסי גומלין כתוצאה ממעברי חומר ואנרגיה ביניהן.
- II. האדם הוא חלק אינטגרלי מהמערכת הטבעית, ולכן עליו לפעול לפי חוקי המחזור/שימור.

מטרות ערכיות

התכנית תתמקד בהקניית הערך **יחס האדם לטבע**. הקנייתו של ערך זה, שתתבסס בין השאר על סיורים לימודיים ברחבי הארץ, תיעשה תוך הדגשת הקשר שבין התלמיד, אזרח מדינת ישראל, לסביבתו הפיזית הקרובה והרחוקה. הערך "אדם-טבע" בא לידי ביטוי בתכנית בשני היבטים: ההיבט הסביבתי – פיתוח תובנה ומודעות סביבתיים; חיזוק הקשר בין התלמיד **למורשת הנופית** של ישראל, ומכאן, בעקיפין, חיזוק הקשר בין התלמיד למולדתו.

מטרות אופרטיביות

להשגת מטרת-העל, כלומר הקניית התובנה הסביבתית, מציבה התכנית החדשה את המטרות הבאות:

1. הקניית ידע בסיסי על מערכות כדור הארץ הפיזיקליות, בכל הנוגע להרכב, למבנה ולתהליכים הפועלים בתוכן.
2. הכרת והבנת יחסי הגומלין של מעברי חומר ואנרגיה בתוך ובין מערכות כדור הארץ, כולל הביוספרה.
3. הבנת מקומה של המערכת האנושית בתוך מערכות כדור הארץ.
4. הקניית מיומנויות חקר מדעיות בסיסיות של עריכת תצפית ושל היכולת להבחין בין תצפית, מסקנה והשערה.
5. פיתוח ממדי החשיבה הייחודיים למדעי כדור הארץ: חשיבה בממד הזמן הגאולוגי (Deep Time), חשיבה במרחב, חשיבה תלת-ממדית.
6. פיתוח מיומנויות החשיבה הדרושות לרכישת תובנה סביבתית: חשיבה מחזורית וחשיבה מערכתית.
7. שימוש במדעי כדור הארץ ככלי להמחשת יישומם של עקרונות כימיים, פיזיקליים וביולוגיים.
8. טיפוח הקשר לנוף הטבעי תוך הבנת ייחודו של כדור הארץ.
9. היכרות עם נופי ישראל והעמקת הקשר שבין התלמיד לתבנית נוף מולדתו.

להשגת מטרותיה, תתבסס התכנית על העקרונות הבאים:

עקרונות תוכניים¹

- התכנים של מדעי כדור הארץ יילמדו בהקשר מערכתי בזיקה אל מחזורים גאוביוכימיים בכדור הארץ, לדוגמה: "מחזור הסלעים בקרום כדור הארץ", "המחזור ההידרוספרי", "מחזור הפחמן".
- הקניית מיומנויות החשיבה הייחודיות ללימוד התחום "מערכות כדור הארץ", תשתלב בהוראת התכנים ולא תהווה תחום למידה נפרד.

עקרונות פדגוגיים

- למידה אקטיבית. התלמיד יבנה את הידע וההבנה בתהליך המכונה "למידת חקר". לכן, מעבדת בית הספר ומעבדת הטבע (החוף-כיתתית) יהוו מרכיב מרכזי בתהליך הלמידה.
- תהליך הלמידה יתפתח מהמוחשי אל המופשט.
- סביבת הלימוד החוף-כיתתית תהווה מרכיב חובה של תכנית הלימודים וגם תהיה מרכיב בציון בחינת הבגרות.
- סביבת המחשב תשתלב בתכנית הלימודים באופן נרחב, אך תוך בחינה מדוקדקת של המקומות שבהם יש לה יתרון יחסי על סביבות לימוד אחרות.
- תכנית הלימוד תעסוק בפיתוח כלל מיומנויות החשיבה המדעית, אך יושם דגש על פיתוח מיומנויות חשיבה הבאות לידי ביטוי מיוחד במדעי כדור הארץ והסביבה, והן:
 - עריכת תצפית והיכולת להבחין בין תצפית, השערה ומסקנה.
 - פיתוח החשיבה התלת-ממדית.
 - פיתוח יכולת החשיבה בממד הזמן העמוק.
 - פיתוח יכולת חשיבה המשלבת בו-זמנית את ממדי המרחב והזמן.
 - פיתוח יכולת הבנתם של תהליכים מחזוריים (חשיבה מחזורית).
 - פיתוח יכולת הבנתן של מערכות והשפעתן ההדדית (חשיבה אינטגרטיבית והוליסטית).

¹ פיתוח חומרי למידה ואסטרטגיות הוראה עבור תכניות לימוד אלו ילווה במחקר מקדים, שנועד לבחון את התפיסה המחזורית/מערכתית של תלמידים ולזהות המשגות מוטעות.

הקשר והזיקה למקצועות ולנושאים אחרים

מדעי כדור הארץ והסביבה מושתתים על דיסציפלינת מדע כדור הארץ. מדע כדור הארץ הוא דיסציפלינה מדעית עצמאית, בעלת שיטות וגישות מחקר המייחדות אותה משאר המדעים. עם זאת, מדע כדור הארץ מאופיין בזיקתו לתחומי המדע השונים, לטכנולוגיה ולהיבטים חברתיים.

הבנה מעמיקה של נושאים רבים במדעי כדור הארץ והסביבה מצריכה שימוש במושגים ובכלים מתחום הפיזיקה והכימיה. היות והגאוכימיה והגאופיזיקה הם שני ענפים מרכזיים בתחום מדע כדור הארץ, מקצוע מדעי כדור הארץ והסביבה יכול להוות מוקד לשיתוף פעולה עם תלמידים הלומדים פיזיקה וכימיה בהיקף של 3 ו-5 יחידות לימוד.

יש יתרון רב לכך שתלמידי כדור הארץ והסביבה בהיקף של 5 יחידות לימוד ילמדו במקביל מקצוע מדעי נוסף לבחינות הבגרות, כגון כימיה, פיזיקה או ביולוגיה, אך הוועדה ממליצה להשאיר את ההחלטה בנידון לרמת בית הספר. הניסיון המצטבר מוכיח שתלמידים שהגיעו למגמת מדעי כדור הארץ עם רקע קלוש ואפילו עם רתיעה מפיזיקה או מכימיה, מצאו שתחומים אלו מעניינים ומובנים להם אם נלמדו בהקשר רלוונטי של תופעות מוחשיות בכדור הארץ.

ועדת התכנית מודעת לקיומה של תכנית לימודים ב"מדעי הסביבה". עם זאת, סקירת התכנית מצביעה על שוני מהותי בינה לבין תכנית "מדעי כדור הארץ והסביבה" מבחינת נקודת המבט הדיסציפלינרית, גישת מערכות כדור הארץ והרקע המדעי של מורי התכנית. מכאן שהחפיפה בין שתי מגמות לימוד אלו היא מועטה ביותר.

מקצוע הגאוגרפיה, השייך לאשכול מדעי החברה, כולל פרק בחירה לבחינת הבגרות בגאוגרפיה פיזית. יש, כמובן, הבדל מהותי בין מקצוע השייך לאשכול מדעי הטבע לבין מקצוע השייך לאשכול מדעי החברה. הבדל זה בא לידי ביטוי בנקודת המבט, במטרות, בשיטות החקר הדיסציפלינריות ובשיטות ההוראה.

ראוי להזכיר שנושאים בתחום כדור הארץ והיקום נלמדים בחטיבת הביניים במסגרת המקצועות מדע וטכנולוגיה וגאוגרפיה. אולם מאחר שהשונות בין בתי הספר מבחינת הדגש על נושאים אלה היא רבה, אי אפשר להתבסס על ידע קודם המשותף לכלל התלמידים.

דרכי הוראה וסביבות למידה

דרכי הוראת התכנית וסביבות הלמידה שלובות זו בזו ונגזרות ממטרות התכנית ועקרונותיה. דרכי הוראת התכנית צריכות להשיג את היעד הפדגוגי של למידה משמעותית, ולכן עליהן להוביל את התלמיד ללמידה פעילה המשלבת עניין וחויית למידה.

שיטת ההוראה תתבסס על הגישה המכונה "קונסטרוקטיביסטית". על פי גישה זו, למידה משמעותית מתבצעת על ידי הלומד ובהנחיית מוריו בתהליך אישי-פנימי של עיבוד מידע והפיכתו לידע. תפקידם של חומרי הלמידה ושל המורה הוא לכוון ככל האפשר את התלמיד לאינטראקציה

אקטיבית עם המידע. כלומר, התלמיד נמצא במרכז תהליך הלמידה, ותפקידו העיקרי של המורה הוא להעביר אליו את האחריות ללמידה.

לאור זאת, תתבסס ההוראה על תהליך החקר העצמאי במגוון סביבות הלימוד: מעבדה, שדה ומחשב. כמו כן, מערך הלמידה וההערכה יכלול ביצוע של מגוון עבודות עצמיות, כגון דוחות סיוור, דוחות מעבדה, פרויקטים של חקר ספרות ומקורות מידע ממוחשבים, פרויקטים של חקר עצמאי בשדה ובמעבדה (גאוטופ).

בשיטת הוראה זו, נוסף לתפקידיו כמתווך בין התלמיד למידע ונוסף להעברת האחריות לתהליך הלמידה לידי התלמיד – למורה תפקיד חשוב בהנחיית הלומד לארגונו ולעיבודו של המידע שנאסף בדרכי החקר השונות.

כל חומרי הלמידה שיפותחו עבור תכנית הלימוד, יקיפו את מגוון שיטות ההוראה שצוינו לעיל. כן יכללו את כל הסביבות הרלוונטיות ללימוד הנושא מבין סביבות המעבדה, השדה, המחשב והכיתה (נספח 2, עמ' 00).

הסביבה החוץ-כיתתית היא מרכיב אינטגרלי והכרחי שבלעדיו לא ניתן ללמד את התכנית "מדעי כדור הארץ והסביבה". לכן היא גם מהווה מרכיב הכרחי בתהליך ההערכה ובציון בחינות הבגרות, כפי שיפורט בהמשך. על פי מודל זה, השימוש בסביבה החוץ-כיתתית ייעשה בשני אופנים:

א. לימוד והפנמה של מושגי יסוד, שניתן להבינם באופן מלא רק בסביבתם הטבעית (סיוור לימודי).

ב. שילוב של החקר המדעי בשדה בחקר שיכול להתבצע רק במעבדה (מחנה לימודי, גאוטופ).

באפשרות א, הסביבה החוץ-כיתתית מהווה מרכיב קריטי בתהליך המחשתם של מושגים. מאחר שאחד העקרונות הפדגוגיים של התכנית הוא מעבר הדרגתי מהמוחשי אל המופשט, ישולבו אירועי למידה חוץ-כיתתית, שמטרתם המחשת מושגים ועקרונות, בשלבי הלמידה הראשונים. שילובה של סביבת הלימוד החוץ-כיתתית ייעשה על פי מודל ספירלי, שמתחיל ביחידה מקדימה המתבססת בעיקר על חקר מוחשי במעבדה ושמטרתה צמצום מרחב הזרות, ממשיך באירוע החוץ-כיתתית ומסתיים ביחידה מסכמת המתבצעת במגוון סביבות הלימוד: כיתה, מעבדה והמחשב.

באפשרות ב, יש לשלב את סביבת הלימוד החוץ-כיתתית לקראת סוף תהליך הלמידה, שאז התלמיד מיישם באמצעותה ידע ומיומנויות שרכש בתהליך הלמידה עד אותו רגע.

אוכלוסיית היעד

אוכלוסיית התלמידים

אוכלוסיית היעד של התכנית היא תלמידי החטיבה העליונה בבתי הספר הממלכתי והממ"ד, בכל הנתבים (עיוני, טכנולוגי, חקלאי, מקצועי).

הפניית תלמידים למגמת מדעי כדור הארץ והסביבה תתחיל בכיתה י' או י"א, בהתאם לשיטת ההסללה למגמות הקיימת בכל בית ספר. תכנית הלימודים "מדעי כדור הארץ והסביבה" שייכת לאשכול מדעי הטבע, ולכן רצוי שהתלמידים שיופנו למגמה זו יהיו בעלי הישגים סבירים במקצועות המדעיים שלמדו בכיתה י' או בחטיבת הביניים. עם זאת, הניסיון המצטבר בהפעלת התכנית כולל דוגמאות של תלמידים שהצטרפו למגמה עם ציונים נמוכים במקצועות המדעיים, אך הסתבר במהרה כי יש לייחס זאת לשיטת הוראה ולמורים שהרחיקו אותם מלימודי המדעים. תלמידים אלו גילו רמת עניין ויכולת גבוהות בהרבה מקצועות מדע כגון כימיה ופיזיקה, כאשר פגשו בהם בשנית בהקשר מוחשי ורלוונטי במסגרת התכנית "מדעי כדור הארץ והסביבה".

לכן, נוסף לקריטריון החשוב של הישגים קודמים במקצועות המדעיים, יש להתייחס גם להיבטים אחרים, כגון יכולת למידה עצמית, יכולת למידה בסביבה החוץ-כיתתית ומוטיבציה. מומלץ אפוא כי קבלת תלמידים למגמה תכלול גם ריאיון אישי של מורה המגמה עם כל תלמיד בנפרד על מנת לבחון את התאמתו לתכנית זו, המחייבת אותו לקבל אחריות על תהליך הלמידה.

אוכלוסיית המורים

מורי התכנית ייבחרו על פי שלושה קריטריונים:

1. התאמה אישיותית של המועמד למשרה של מורה המחנך בני נוער.
2. רקע מדעי.
3. יכולת הוראתית.

אוכלוסיית היעד של מורי התכנית היא מורים בעלי תואר ראשון ומעלה במדעי כדור הארץ, בגאולוגיה, במדעי הסביבה ודומיהם מאחד המוסדות האקדמיים המוכרים בארץ או בחו"ל.

אפשרות נוספת היא להסב מורים, שכבר מלמדים בבתי הספר, להוראת מדעי כדור הארץ והסביבה. אוכלוסייה מועדפת להסבה היא מורים בעלי רקע מדעי (כימיה, פיזיקה וביולוגיה). למורים אלו תיבנה תכנית הסבה שתכלול הקניית ידע בתכנית הלימודים "מדעי כדור הארץ והסביבה". הסבת מורי גאוגרפיה (הבאים מתחום מדעי החברה) להוראת מדעי כדור הארץ והסביבה תכלול, נוסף להקניית שיטות החקר המדעי בתחום מדעי כדור הארץ, גם קורסים בסיסיים בכימיה ופיזיקה.

ועדת המקצוע תבנה את מרכיבי תכנית ההסבה ברגע שייווצרו התנאים לתכנית הסבה למורי המדעים או למורי הגאוגרפיה.

חלק ב

פירוט הכשרים, המיומנויות והתכנים

כשרים ומיומנויות כלליים

התכנית תתמקד בפיתוח היכולות והמיומנויות האלה :

1. שחזור בשדה של רצף התהליכים הגאולוגיים שפעל על האזור תוך הבחנה בין תצפית למסקנה.
2. מיקום תופעה גאוספרית ברצף התהליכים של מחזור הסלעים.
3. ביצוע חשיבה מחזורית בהקשר של מעגלי חומר במערכות כדור הארץ.
4. זיהוי מרכיבי מערכת מסוימת (ממערכות כדור הארץ) ואפיון כל מרכיב בממדים, כגון גודל, קצב, מורכבות.
5. ביצוע חשיבה מערכתית להבנת יחסי הגומלין בין מרכיבי מערכת מסוימת (ממערכות כדור הארץ) ולבניית מארג של אינטראקציות בין מרכיבי המערכת.
6. זיהוי האינטראקציות בין מרכיבי מערכת מסוימת (ממערכות כדור הארץ) כתהליכים דינמיים של מעברי חומר ואנרגיה.
7. זיהוי ואפיון של מערכת מסוימת (ממערכות כדור הארץ) כמערכת מחזורית-מעגלית, שבה הכמות הכללית של החומר נשמרת ומעברי החומר לא תמיד מתרחשים בקצבי זמן שווים.
8. זיהוי תהליכים דינמיים בממד הזמן תוך הבחנה בין זמנים מסדרי גודל שונים, כגון זמן אנושי, היסטורי וגאולוגי.
9. זיהוי בעיות סביבתיות והצעת פתרונות על סמך הבנת עקרונות יחסי הגומלין בין מערכות כדור הארץ ובתוכן.
10. ביצוע חשיבה מדעית, כגון הבחנה בין תצפית, ניסוי, מסקנה והשערה, היכולת לשער השערות, להסיק מסקנות ולהציע פתרונות.
11. איסוף מידע ממקורות כתובים ומוחשבים, עיבודו בסיוע תוכנות מחשב מתאימות והצגתו באמצעות גרפים, טבלאות, תרשימים, ציורים ומפות מושגים.
12. ייצוג והצגה של ידע בכתב ובעל-פה באמצעים שונים, כגון דוחות חקר, כרזה מדעית, מצגת מחשב.

מפרט התכנים

תכנית הלימודים תכלול ארבעה נושאי-על ונושא אחד החותך את נושאי העל. חלק מנושאי העל נחלקים לנושאים מרכזיים ולתת-נושאים. לגבי חלוקת השעות, ראו הסבר בסעיף הראשון של חלק ג.

שעות הוראה מומלצות	תת-נושא	נושא מרכזי	נושא-על
לנושא המרכזי א.1 90 – 60	1.א.1 תהליכים של טמפרטורות ולחצים גבוהים במחזור הסלעים, המתרחשים בעיקר בעומק קרום כדה"א, ותוצריהם	א.1 מחזור הסלעים ומערכות כדור הארץ	1 הגאוספרה ומערכות כדה"א
	2.א.1 תהליכים של טמפרטורות נמוכות במחזור סלעים, המתרחשים בפני כדה"א, ותוצריהם		
90		ב.1 מבנה כדור הארץ ותאוריית הלוחות	
90 – 30		א.2 המחזור ההידרוספרי ומערכות כדור הארץ	2 ההידרוספרה ומערכות כדה"א
90 – 30		ב.2 אוקיינוגרפיה (מדעי הים)	
90 – 30			3 האטמוספרה ומערכות כדה"א
90 – 15			4 המערכת הפלנטרית ומערכות כדה"א
90 – 30			5 נושא חתך של נושאי- העל: יחסי הגומלין בין האדם למערכות כדה"א

כל אחד מהנושאים (תת-נושא, נושא מרכזי או נושא-על) מפורט להלן על פי:

- רעיונות מרכזיים.
- מושגי יסוד ועקרונות, קשר למערכות כדה"א, היבט סביבתי / חברתי, מושגים בינתחומיים.
- מיומנויות ויכולות שהתלמידים ירכשו.

1. הגאוספרה ומערכות כדור הארץ

1.א. מחזור הסלעים ומערכות כדור הארץ

רעיונות מרכזיים

- מעבר חומר בין מערכות כדור הארץ ובתוכן מעורב במעבר בין מאגרים (מצורה אחת לצורה אחרת). לדוגמה: רצף התהליכים המחזורי - הסתלעות, הרמה, בליה, הרבדה, הסתלעות - יוצר "מחזור סלעים" מתמשך, שבו הכמות הכללית של החומר נשארת קבועה, אך צורתה משתנה תוך מעבר ממאגר אחד למאגר אחר.
- חומרי כדור הארץ עוברים באופן מחזורי בין המאגרים השונים תוך שינוי מצורה אחת לשנייה. החומר עובר בתוך ובין מערכות כדור הארץ השונות: מערכת המסלע (סלע וקרקע) – ליתוספרה; מערכת האוויר – אטמוספרה; מערכת המים – הידרוספרה; מערכת החי – ביוספרה.
- מקורות האנרגיה המפעילים את "מחזור הסלעים" הם אנרגיה פנימית, האגורה בקרום כדור הארץ (התפרקויות רדיו-אקטיביות), ואנרגיה חיצונית – אנרגיית השמש.

תת-נושא

- 1.א.1. תהליכים של טמפרטורות ולחצים גבוהים במחזור הסלעים, שמתרחשים בעיקר בעומק קרום כדור הארץ, ותוצריהם

מושגי יסוד ועקרונות	קשר למערכות כדה"א	היבט סביבתי/חברתי	מושגים בינתחומיים	היבטים נוספים
מיון סלעים מגמטיים על פי הרכב (משולש הרכבים) וגודל גביש; תהליכי התכה וסוגי מגמות; קצב גיבוש ומבנה גבישי; גיבוש מפרט ומינרלים מגמטיים; סביבות היווצרות פלוטונית וולקנית; גופי מחדר; תופעות וולקניות בהקשר לסוגי התפרצויות: "שקטה" והתפוצצות.	השפעת וולקניזם על האטמוספרה; נביעות הידרותרמיות ברכסים מרכז אוקייניים (Black smokers) התומכות במערכת אקולוגית; תהליכים מגמטיים בכדור הארץ על רקע תאוריית הלוחות; וולקניזם וריכוז הפחמן הדו-חמצני באטמוספרה; וולקניזם והרכב האטמוספרה הקדומה בכדור הארץ; הקשר בין ההידרוספרה ותהליך ההתכה; התהליך המגמטי והעברת חומר ואנרגיה (חום) בין מערכות כדור הארץ; תהליך ההתמרה על רקע תאוריית הלוחות.	חיים בצל הרי געש – יתרונות מול חסרונות; חיזוי התפרצויות געשיות; איים וולקניים כסביבת חיים; וולקניזם ונוף (הרי געש, רמות); אנרגיה גאותרמית; אתרים וולקניים כאתרי תיירות; גאולוגיה המגמטי והיווצרות מרבצים כגון זהב, כסף, נחושת; סלעים מותמרים; כחומר גלם לבנייה; מינרלים מותמרים כאבני חן.	יסודות; תרכובות; מבנה האטום; איזוטופים; התפרקות רדיואקטיבית; צורות מעבר חום: הולכה, הסעה (קונבקציה); צפיפות החומר כביטוי למצב צבירה; שינויים במצבי צבירה (התכה והתגבשות); גרדיאנט גאותרמי; תהליכים כימיים במצב מוצק, בתנאי לחץ וטמפרטורה גבוהים.	מגמטיזם בישראל: אילת-תמנע, מכתש רמון, כרמל וגליל, רמת הגולן; סלעים מגמטיים ומותמרים בישראל; סלעים מגמטיים ומותמרים לאור תאוריית הלוחות; אבני דרך באבולוציית ההבנה המדעית.

מיומנויות ויכולות שהתלמידים ירכשו בהקשר לתת-נושא זה

1. זיהוי הסלעים המגמטיים והמותמרים האלה: גרניט, ריוליט, בזלת, גברו, שיסט, גנייס, שיש, קוורציט.
2. זיהוי מבני סלע כגון פורפיר, פגמטיט, טוף, סקוריה, אובסידיאן, מבנה קווי, מבנה דפי.
3. זיהוי המינרלים המגמטיים והמותמרים האלה: קוורץ, נציגים מקבוצת הפלדשפר, נציגים מקבוצת המיקה, אוליבין, נציג מקבוצת הפיקרוקסן ונציג מקבוצת האמפיבול, גרנט.
4. זיהוי בשדה של גופים מגמטיים כגון הר געש, שפך בזלת, דייק, סיל.
5. הבנת המשמעות הגלובלית של תופעות מגמטיות או תופעות התמרה מקומיות בהקשר של טקטוניקת הלוחות.

תת-נושא

2.א.1. תהליכים של טמפרטורות נמוכות במחזור הסלעים, המתרחשים בפני כדור הארץ,

ותוצריהם

רעיונות מרכזיים

1. קיימים יחסי גומלין בין מערכות כדור הארץ השונות. לדוגמה: בליה של סלעים ויצירת הקרקע מושפעים במידה רבה ממרכיבים של המערכת הביוספרית, כגון צמחים, פטריות, תולעים וחיידקים.
2. היווצרות חלק מסלעי המשקע קשורה הדוקות לתהליכים ביוספריים. עקב כך, רצף שכבות הסלעים מכיל עדויות לתהליכים אבולוציוניים (כולל הכחדות המוניות) שחלו בביוספרה, בד-בבד עם השינויים שחלו בכדור הארץ לאורך ציר הזמן.

מושגי יסוד ועקרונות	קשר למערכות כדה"א	היבט סביבתי/חברתי	מושגים בינתחומיים	היבטים נוספים
<p>אפיון וזיהוי סלעי משקע; מיון סלעי משקע על פי מבנה (גרורי, גבישי, מכיל מאובנים); הקשר בין מבנה הסלע לתהליך היווצרותו: גרורי-מכני, גבישי-כימי, מאובנים-ביוגני; מיון סלעי משקע על פי סביבות היווצרות; מיון סלעי משקע על פי הרכב (קרבוניים, סולפידים); תהליכי בליה: מכנית, כימית וביוגנית; הקרקע כתוצר של כל תהליכי הבליה; מיון קרקעות שכיחות בישראל; הקארסט כביטוי לבליה כימית.</p> <p>מיון תוצרי בליה על פי גודל גרגר (מחרסית ועד בולדר); שחזור תהליכי הובלה וסביבות הרבדה על פי מאפייני עיגוליות, כדוריות והתפלגות גרנולומטרית.</p> <p>מבני שיכוב (אופקי, צולב, אי-התאמות); עקרון השיכוב האופקי המקורי; עקרון הסופרפוזיציה; מבני שיכוב רצנטיים (דיונות, אפיקי נחלים); עקרון "ההווה מפתח לעבר" כאמצעי לשחזור סביבות היווצרות קדומות וכן "העבר כפתח להווה ולעתיד"; מאובנים כאמצעי לשחזור סביבות היווצרות; מאובנים וביוסטרטיגרפיה (זמן גאולוגי יחסי); מאובנים ומקרו-אבולוציה; תהליך ההסתלעות (תהליכים דיאגנטיים).</p>	<p>מקום ההידרוספרה בתהליכי מחזור הסלעים המפרקים ויוצרים סלעי משקע בפני כדור הארץ: המסה, הובלה, שחיקה מכנית, סביבות הרבדה ימיות ויבשתיות, סביבות חיים ימיות; השפעתם של סלעי משקע על תנועת מי התהום; השפעת סלעי המשקע על הרכב המים ביבשה ובאוקיינוסים.</p> <p>מקום הביוספרה במחזור הסלעים בתהליכי פירוק ויצירת סלעי משקע בפני כדור הארץ; סלעי המשקע כסרט הקלטה של התפתחות עולם החי בפני כדור הארץ; סלעי המשקע הקרבונטיים ומחזור הפחמן בכדור הארץ;</p> <p>מקום האטמוספרה בתהליכי הובלת חומר במחזור הסלעים; השפעת אבק המרחף באוויר על תופעות מזג אוויר; אנרגיית השמש כמנוע המפעיל את המרכיב ההידרוספרי של מחזור הסלעים; האנרגיה הפנימית של כדור הארץ כמנוע היוצר את הפרשי הגובה המניעים את תהליכי ההובלה במחזור הסלעים.</p>	<p>סלעי משקע כחומר גלם לבנייה (חול, אבני חול, גיר, חרסית, דולומיט, גבס); סלעי משקע כחומרי דשן לחקלאות (פוספט, אשלג); סלעי משקע ומשאבי אנרגיה (נפט, פחם, ביטומן); פיתוח בר-קיימא של משאבי טבע; קרקעות וחקלאות; סלעי משקע והשפעתם על זמינות מי שתייה והרכבם; פעילות אנושית באזור קו החוף והשפעתה על תהליכים גאומורפולוגיים; מערות קאתרי תיירות; המכתשים קאתרי תיירות.</p>	<p>יסודות; תרכובות; המסה של סלעים קרבונטיים; דרגות מסיסות של מינרלים; תהליך התגבשות מתמיסה רוויה; כוח הכבידה; אנרגיה פוטנציאלית; אנרגיה קינטית; אנרגיית השמש; שרשרת מזון; אקולוגיה; מיון קבוצות מאובנים על פי הסיסטמטיקה של עולם החי.</p>	<p>מכלול התהליכים בפני כדור הארץ, תוצריהם והשלכות חברתיות/סביבתיות בהיבט המקומי-מוחשי של מדינת ישראל; אבני דרך בהתפתחות ההבנה המדעית של סלעי המשקע והמאובנים.</p>

מיומנויות ויכולות שהתלמידים ירכשו בהקשר לתת-נושא זה

1. שימוש בכרטיסיות ו"אמצעי שדה" להגדרת סלעי המשקע האלה: גיר, קירטון, צור, חוואר, חרסית, פוספוריט, דולומיט, גבס, מלח, אבן חול (נובית), אבן חול גירית (כורכר).
2. הגדרת המינרלים האלה: קלציט, חרסית, הליט, גבס, פיריט.
3. הגדרת סוגי הקרקעות האלה: טרה-רוסה, רנדזינה, חמרה, קרקע בזלתית, לס, קרקע חולית.
4. זיהוי בשדה של מבני שכוב כגון שכוב ממוין, שכוב מדורג, שכוב מסיבי, שכוב צולב, מישור גידוע, רעוף, שרטונות, גלונים.
5. זיהוי בשדה של מבני שבירה וקימוט ופענוח משטר המאמצים שפעלו על סלעי משקע לאחר היווצרותם (כיווני לחיצה/מתיחה).
6. זיהוי מאובנים וסוגי התאבנות כגון דפוס פנימי וחיצוני, גלעין פנימי וחיצוני, שלד.

1.ב. מבנה כדור הארץ ותאוריית הלוחות

רעיונות מרכזיים

1. שינויים בקרום כדור הארץ שמקורם באנרגיה הפנימית, יכולים להיות מהירים וחדים ביותר ולהתרחש בהתרעה קצרה ביותר (רעידות אדמה וולקניזם), אך גם אטיים מאוד (התרוממות רכסי הרים). השינויים הגאוספריים יוצרים תגובת שרשרת בכל מערכות כדור הארץ ולעתים הם משפיעים על תהליכים אבולוציוניים במערכת הביוספרית.
2. תנועת הלוחות מבטאת תנועת חומר ואנרגיה בכדור הארץ.
3. רעידות אדמה והתפרצויות וולקניות, המתרחשות בעיקר לאורך גבולות של לוחות, הן חלק ממנגנון העברת החומר והאנרגיה בכדור הארץ. לתופעות גאוספריות אלו השפעה רבה על האדם ושאר המערכת הביוספרית.

מושגי יסוד ועקרונות	קשר למערכות כדה"א	היבט סביבתי/חברתי	מושגים בינתחומיים	היבטים נוספים
תצפיות וגנר; מחזור הסלעים; קרום יבשתי; קרום אוקייני; רכס אוקייני; אזור הפחתה; ליתוספרה; אסתנוספרה; איזוסטאזיה; הלוחות המרכזיים; סוגי הגבולות בין הלוחות: התרחקות, התנגשות, תנועה אופקית; זרמי קונבקציה; שטף חום; אורוגנזה; תנועת הלוחות; רעידת אדמה; מעוותים בפני השטח: סוגי שברים וקימוטים; מבנה כדור הארץ; מעטפת; גלעין: גלעין חיצוני וגלעין פנימי; השדה המגנטי של כדור הארץ; פלאומגנטיזם; גלים סיסמיים.	ביו-גאוגרפיה; תפוצת מינים; התאמה והסתגלות אורגניזמים לסביבה גאולוגית משתנה; בידוד אוכלוסיות; גורמים מגבילים; מחסום טופוגרפי; הכחדה; התאמה; מין ביולוגי; היווצרות מינים; בררה טבעית; השפעת וולקניזם על האטמוספרה; נביעות הידרותרמיות ברכסים אוקייניים (Black smokers) התומכות במערכת אקולוגית; דלקים פוסיליים.	הערכת עצמת רעידות אדמה (סולם מרקולי וסולם ריכטר); צונאמי; התנזלות קרקע; תהודת מבנים; תכנון מבנים: גמישים וקשיחים; בידוד פסיבי; דלקים פוסיליים.	מבנה האטום; איזוטופים; רדיואקטיביים; התפרקות רדיואקטיבית; דעיכות α, β, γ ; זמן מחצית חיים; גלים ססמיים; שבירה והחזרת גלים; חוק סנל; אנרגיה פוטנציאלית אלסטית; אנרגיה קינטית; אנרגיית שמש; עומס דינמי; עומס סטטי; תדירות עצמית; צורות מעבר חום: הולכה, הסעה; ערבול (קונבקציה); ארכימדס; נפיצות יסודות בקליפות כדור הארץ; התאדות; התעבות; התכה; התגבשות; המסה; כימוסינתזה; פוטוסינתזה; מארג מזון; שדות מגנטיים.	התפתחות של תאוריה מדעית: בייקון, פופר, קון, לקטוש.

מיומנויות ויכולות שהתלמידים ירכשו בהקשר לנושא מרכזי זה

1. ביצוע חתך סכמטי לאורך האוקיינוס השקט ושוליו.
2. ביצוע חתך סכמטי לאורך האוקיינוס האטלנטי ושוליו.
3. הסברת מחזור הסלעים ב"שפת" תאוריית הלוחות.
4. ביצוע חתך בכדור הארץ.

2. הידרוספרה ומערכות כדור הארץ

2.א. המחזור ההידרוספרי ומערכות כדור הארץ

רעיונות מרכזיים

1. יש קשר הדוק בין המערכת הגאוספרית והמערכת ההידרוספרית. הרכב המים וזמינותם הם תוצר ישיר של הרכב הסלעים והמבנה הגאולוגי.
2. להרכב הקרקע ולקצב חלחול המים דרכה, השפעה על גורמים רבים במערכת הביוספרית, החל משטפונות דרך סוג וכמות הצומח וכלה בזמינות המים לחי ולאדם.
3. לתהליכים ותופעות אטמוספריות השפעה על פיזור המים בכדור הארץ ועל תדירות ירידת משקעים על פני כדור הארץ.
4. כמות המים הזמינה לאדם מוגבלת. פעילות אדם בלתי מבוקרת יכולה לגרום לזיהום בלתי הפיך (ביחס לזמן הביוספרי ולקצב ההתאמה של עולם החי לשינוי מעין זה) של מקורות מים ולצמצום דרסטי של כמות המים הזמינה באזור מסוים בטווח חיי אדם.

מושגי יסוד ועקרונות	קשר למערכות כדה"א	היבט סביבתי/חברתי	מושגים בינתחומיים
הידרוספרה; מחזור המים; נגר עילי; מי תהום; חלחול; אזור רווי ואזור בלתי רווי; סלע בעלת חדירות נמוכה של מים (אקוויקלוד); שכבת סלע אוגרת מים (אקוויפר); מאפיינים כימיים של מי תהום; צורות ניצול של מי תהום; גופי מים יבשתיים; תנועת מים על פני הקרקע; פוטנציאל הידראולי; תנועת מים בתת-הקרקע; מגע בין מי תהום למי ים (הפאן הביני); מעבר מים מתת-הקרקע לפני השטח (מעיינות); האבולוציה של המים בכדור הארץ.	הגאוספרה ומי התהום: יחסי גומלין בין סלעים להרכב ולתנועת מי התהום; תהליכים טקטוניים והופעת מי תהום פני השטח. האטמוספרה ומחזור המים; אנרגיית השמש כמנוע המפעיל את מחזור המים; גורמי אקלים והשפעתם על מחזור המים; אפקט החממה ומחזור המים. הביוספרה ומקומה במחזור המים (דיות); המים כסביבה תומכת חיים.	מים כמשאב קיומי; ממשק מים; זמינות מים מתוקים; זיהום מקורות מים (כגון ביוב עירוני, פסולת תעשייתית, חומרי דשן והדברה); שיטות להגברת כמות המים הזמינים (אגירה, התפלה, מחזור, הגברת גשמים); נחלים ומעיינות כאתרי תיירות; מערכות טכנולוגיות לניצול מי תהום; סינון מים; טיהור מים (ביולוגי, כימי, פיזיקלי); חקיקה סביבתית; מודעות ציבורית; תעשייה ירוקה; פיתוח בר-קיימא.	יסודות; אטום; יונים; מולקולה; קשר מימני; תרכובות; מלחים; המסה של סלעים; דרגות מסיסות של מינרלים; מליחות; ריכוז; דטרגנטים; מדדים איכותיים של מים כגון צבע, טעם, ריח, עכירות; מדדים כמותיים כגון צפיפות, BOD, PH; טמפרטורה; חום; לחץ הידרוסטטי; איודי; עיבוי; כוח הכבידה; אנרגיה פוטנציאלית; אנרגיה קינטית; אנרגיית שמש; פוטוסינתזה; דיות; נימיות; תאחיזה; מארג מזון; מערכת אקולוגית.

מיומנויות ויכולות שהתלמידים ירכשו בהקשר לנושא מרכזי זה

1. זיהוי ואפיון של המערכת ההידרוספרית כחלק ממארג מערכות כדור הארץ.
2. זיהוי בעיות סביבתיות והצעת דרכי פתרון על בסיס הבנת עקרונות המערכת ההידרוספרית.

2.ב. אוקיינוגרפיה (מדעי הים)

רעיונות מרכזיים

1. הרכב מי האוקיינוסים והמבנה הפיזיוגרפי שלהם הם תוצרים ישירים של יחסי גומלין עם המערכת הגאוספרית.
2. מקובל להניח שההידרוספירה הראשונית של כדור הארץ הכילה מים מתוקים בלבד. האבולוציה של הרכב מי האוקיינוסים היא תוצאה של תכונת המים כממס אוניברסלי ותכונת המסיסות של מינרלים.

מושגי יסוד ועקרונות	קשר למערכות כדה"א	היבט סביבתי/חברתי	מושגים בינתחומיים	היבטים נוספים
<p>גופי מים (אוקיינוסים, אגמים); גופי יבשה במים (אי, חצי-אי); קרקעית האוקיינוס (מדף יבשת, מדרון יבשת, רכס מרכז אוקייני, תעלות אוקייניות, מישורי האוקיינוס); מאפייני מים (פיזיקליים, כימיים וביולוגיים); זרמי ים (חמים וקרים, רדודים ועמוקים, זרמי חוף, זרמי עילול); גלי ים (גלי אדווה, משברים, "גל" צונאמי *); גובה הגלים ואורך הגל; גיאות ושפל; שינויים בגובה פני הים; סוגי חופים (דלתאות, אסטוארים, לגונות וסבחות, פיורדים, טומבלו); מאפייני קו החוף (מתלול חופי, מצוק חופי, צנר שרטונות, מערות מחי, גיזרים ימיים.</p> <p>* צונאמי – הגדרת גל מחייבת קיום תופעה מחזורית, ואילו צונאמי הוא חד-פעמי.</p>	<p>הקשר בין תאוריית הלוחות למבנה קרקעית האוקיינוס; מקומה של הסביבה הימית במחזור הסלעים; השפעת הגאוספירה על הרכב האוקיינוסים; קשרי הגומלין בין הים ובין האקלים (השפעה הדדית של זרמי הים, גושי אוויר); מנגנונים גאוספריים, הידרוספריים, אטמוספריים ופלנטריים המשפיעים על תהליכי התקרחות או הפרשת הקרחונים; האוקיינוס כסביבת חיים וכנישה אקולוגית; האוקיינוסים ומחזורים גאוביוכימיים כגון מחזור הפחמן; תהליכי בנייה והרס של חופים; השפעת המערכת הפלנטרית על תהליכי גאות ושפל.</p>	<p>השפעת זרמים אוקייניים על שיטפונות ועל בצורות (אל-נינו); זרם הגולף והשפעתו על האדם; תקופות קרח ותקופות של הפשרת קרחונים והשפעתן על הביוספירה בכלל ועל האדם בפרט; ניצול הים על ידי האדם: חקלאות ימית, מקור אנרגיה, סחר, מינרלים, התפלת מים, תיירות ונופש, נפט וגז; זיהום הים (ממקורות יבשתיים, ימיים ואטמוספריים, מפסולת נוזלית ומוצקה); שימור איכות מי הים על ידי חקיקה, אכיפת החוק, תכנון מקומי וארצי, אמנה בינלאומית; אוקיינוסים ואסונות טבע: סערות, צונאמי; הים כמאגר המזון העתידי לאוכלוסיית העולם.</p>	<p>אטום; מולקולה; יסודות; תרכובות; המסה; דרגות מסיסות של מינרלים; תהליך התגבשות מתמיסה רוויה; אנרגיית השמש; פוריות ים ושרשרת המזון; אקולוגיה של בעלי חיים; לחץ ברומטרי; התאדות; עיבוי; צירקולציה; מליחות; צפיפות; PH; טמפרטורה; חום; לחץ הידרוסטטי; כוחות משיכה בין גופים פלנטריים; כוח קוריוליס.</p>	<p>אוקיינוגרפיה בהיבט המקומי-מוחשי של מדינת ישראל: חופי הים התיכון בישראל (מאפייני קו החוף, היערכות לבנייה, ניצול משאבי הים לאורך ההיסטוריה); ההיסטוריה הגאולוגית של הים התיכון (טטיס, הקימוט האלפיני, האירוע המסיני, תקופות הקרח ושינויי מפלס); מפרץ אילת (מאפייני המים והחופים, שוניות מפרץ האלמוגים); מפרץ אילת כחלק מהמערכת הסורית-אפריקאית; ייחודו הביולוגי של מפרץ אילת; פעילות אנושית בראש מפרץ אילת (נמלי נפט, פוספטים, פעילות תיירותית, חקלאות ימית);</p>

מיומנויות ויכולות שהתלמידים ירכשו בהקשר לנושא מרכזי זה

1. הבנת קשרי הגומלין שבין האוקיינוסים, הליתוספירה, ההידרוספירה, האטמוספירה והביוספירה.
2. הבנת קשרי הגומלין בין האדם והים.
3. ביצוע חשיבה מערכתית לגבי המערכת האוקיינית בהקשר של כל מערכות כדור הארץ.

3. האטמוספירה ומערכות כדור הארץ

רעיונות מרכזיים

1. קרינת השמש גורמת לחימום של כל מערכות כדור הארץ, אולם קצב קליטת ופליטת החום של המסלע (גאוספרה), המים (הידרוספרה) והאוויר (אטמוספרה) שונה ממערכת אחת לשנייה. בסופו של תהליך מורכב, תופעה זו יוצרת מערכות זרימה אזוריות וגלובליות באטמוספירה (רוח) ובאוקיינוסים.
2. הרכב האטמוספירה הראשונית של כדור הארץ נקבע בעיקר על ידי גזים שפלטו הרי געש. האבולוציה של האטמוספירה שזורה באבולוציה של החיים על פני כדור הארץ.
3. זה מאות מיליוני שנה שומרת האטמוספירה על הרכב קבוע פחות או יותר כתוצאה מיחסי הגומלין שלה עם ההידרוספרה (אוקיינוסים), הביוספרה (פוטוסינתזה ונשימה) והגאוספרה (גז ואבק מהרי געש ומתהליכי בליה).
4. בטווח הקצר גורמת פעילות האדם להפרה זמנית וזעירה של שיווי משקל בהרכב האטמוספירה, אולם בטווח הארוך מהווים האוקיינוסים מבלעים (sinks) אדירים, המווסתים חלק מהרכב האטמוספירה. מאחר שהביוספרה מושפעת בטווח הקצר, אפילו שינויים זעירים וזמניים עלולים לחולל שינויים טרמינליים בחלק מהביוספרה.

מושגים בינתחומיים	היבט סביבתי/חברתי	קשר למערכות כדה"א	מושגי יסוד ועקרונות
קרינה אלקטרומגנטית; אורך גל; UV, IR, קרינה נראית; בליעה; החזרה; טמפרטורת גוף שחור; אלבדו; מעבר קרינה; מאזן הקרינה של כדור הארץ; צורות מעבר חום; מעבר גז בדיפוזיה; לחץ חלקי והשפעתו על תהליכי שחלוף.	השפעת פעילות האדם על האטמוספירה; הגברת אפקט החממה; הפגיעה בשכבת האוזון; זיהום אוויר; שרפת דלקים פוסיליים; שרפת יערות; גשם חומצי; זמן שהות של מזהמים באטמוספירה.	השפעת התפתחות הצומח על הרכב האטמוספירה; המעבר לאטמוספירה בעלת חמצן והשפעתו על התפתחות עולם החי; תהליכים גאולוגיים המשפיעים על הרכב האטמוספירה (וולקניזם, המסה של סלעים, סדימנטציה); שחלוף גזים בין האטמוספירה לאוקיינוסים; האוקיינוסים כבופר; תהליכים ביולוגיים המשפיעים על הרכב האטמוספירה: נשימה, פוטוסינתזה, ניתרופיקציה, דניתרופיקציה; מחזורים גאוביוכימיים; מחזור הפחמן, מחזור החנקן; מאגר (Reservoir); מבלע (Sink); שטף; זמן שהות; השפעת התמוססות החמצן במים על החיים באוקיינוסים.	הרכב האטמוספירה כיום; הקשר בין הרכב וטמפרטורת האטמוספירה; הרכב האטמוספירה הראשונית; שיטות לפענוח הרכב האטמוספירה הקדומה (לדוגמה; ניתוח איזוטופי של סלעי משקע, גלעיני קידוח בקרח); שלבים מרכזיים באבולוצית האטמוספירה; מערכות רוח גלובליות (תהליכי היווצרות ודוגמאות); קצב תנועת גושי אוויר.

מיומנויות ויכולות שהתלמידים ירכשו בהקשר לנושא-על זה

1. הבחנה בין מרכיבי מערכת גאו-ביוכימית, זיהוי יחסי גומלין ביניהם ובניית מארג של אינטראקציות.
2. זיהוי האינטראקציות בין מרכיבי המערכת כתהליכים דינמיים של חומר ואנרגיה.
3. זיהוי בעיות סביבתיות והצעת פתרונות על בסיס הבנת עקרונות המערכת הגאו-ביוכימית.

4. המערכת הפלנטרית ומערכות כדור הארץ

רעיונות מרכזיים

- מערכות כדור הארץ הן תת-מערכת בתוך מערכת כללית יותר של כוכבי לכת - מערכת השמש. אי-אפשר לקבל תמונה מלאה של מערכות כדור הארץ ללא הבנת תהליכים של מעברי חומר ואנרגיה בין מערכת השמש לבין כדור הארץ.
- כדור הארץ הוא דוגמה אחת במערכת השמש ליחסי הגומלין בין מערכות הגאוספרה והאטמוספרה, אך קיימות דוגמאות נוספות לכך בפלנטות אחרות.
- "דברים שרואים משם לא רואים מכאן" ולהפך. חקר מערכות כדור הארץ מאפשר הבנה טובה יותר של מערכות פלנטריות בכלל, וחקר מערכות פלנטריות אחרות מסייע לנו להבין טוב יותר את מערכת כדור הארץ.
- מאזן האנרגיה של כוכב לכת כולל אנרגיה חיצונית – קרינת השמש, השפעת כוחות משיכה של השמש ושל גופים פלנטריים קרובים, ואנרגיה פנימית – כתוצאה מיצירת הגלעין, דעיכת יסודות רדיואקטיביים ותהליכים פנימיים.

היבטים נוספים	מושגים בינתחומיים	היבט סביבתי/חברתי	קשר למערכות כדה"א	מושגי יסוד ועקרונות
התפתחות חקר החלל במהלך ההיסטוריה והשפעתה על האדם ועל התפתחות הידע בתחומים אחרים.	שיטות אופטיות לחקר הרכב השמש והכוכבים; הולכה והסעה (קונבקציה); סוגי אנרגיה; תהליכים גרעיניים פולטי חלקיקים ואנרגיה; שדה הגרביטציה; שדה מגנטי; אנרגיית השמש; יסודות רדיואקטיביים ודעיכתם; מושגים באופטיקה.	אדם וחלל: היבטים אתיים של חקר החלל ופיתוח טכנולוגי; השלכות האדם; בריאות בחלל; זיהום החלל; אפשרות נחיתה והתיישבות בפלנטות אחרות; ניצול משאבים ומחצבים מכוכבי לכת וירחים (מים); סכנות החלל; התקרבות שביטים ואסטרואידים.	תהליכים ותופעות באטמוספרה: הקשר בין עונות השנה ואזורים אקלימיים למסלול ההקפה של כדור הארץ ונטיית ציר הסיבוב; כתמי השמש והשפעתם על כדה"א; סינון קרינת השמש באטמוספרה; אפקט החממה; בריחת גז לחלל.	היכרות כללית עם מערכת השמש: תצפיות במיקום כוכבי הלכת במערכת השמש וחוקי קפלר; תצפיות במסלול כדה"א סביב השמש; תצפיות בירח (גם מבעד למשקפת). השמש: הרכב החומר בחלל; מבנה והרכב השמש. הירח: גאוגרפיה, תבליט וגאולוגיה לאור צילומי לוויינים; תצפיות במכתשי התנפוצות מטאוריטים; תצפיות השדה של האסטרונאוטים שנחתו על הירח; הרכב סלעי הירח; השוואה בין נוף הירח לנוף כדה"א ומסקנותיה.
תגליות במערכת השמש כדוגמה להוכחת תאוריה מדעית (גילוי אורנוס ונפטון).		חיים וחלל: הגדרת חיים והאפשרות לקיום צורות חיים אחרות; השוואת המצב באטמוספרת כדה"א למצב שהיה יכול להיות בה בתנאים שונים, כמו במאדים או בנגה; מדוע כדה"א "בדיוק בסדר"?	תהליכים ותופעות בהידרוספרה: גאות ושפל יחסי הגומלין שבין הירח לכדור הארץ; מחזור המים בכדור הארץ לעומת פלנטות אחרות; התפתחות המים בכדור הארץ.	מרכיבי מערכת השמש: מבנה כוכבי הלכת הארציים והרכבם: כוכב, נגה, ארץ ומאדים; מבנה כוכבי הלכת החיצוניים והרכבם: צדק, שבתאי, אורנוס, נפטון ופלוטו; המטאוריטים; כונדריטים, אכונדריטים וברזילים, מסלולים, מטאורים, שביטים, טקטיטים; גיל מערכת השמש; תאוריית היווצרות כוכבי הלכת; מבנה כוכב לכת.
			תהליכים ותופעות בגאוספרה: מכתשי מטאוריטים; יישום המחקר הגאולוגי בכדה"א בחקר פלנטות אחרות.	תאוריית המפץ הגדול: פיזור הגלקסיות, אפקט דופלר, התפשטות היקום.
			תהליכים ותופעות בביוספרה: מטאוריטים והכחדת K-T; התנאים לקיום חיים ואפשרות קיומם בפלנטות אחרות.	ייחודיות כדה"א במערכת השמש: האטמוספרה עשירת החמצן; ההידרוספרה ושכחות מים נוזליים; האינטנסיביות של תהליכים טקטוניים; האינטנסיביות של כוחות הבליה; השדה המגנטי החזק והשלכותיו; שטף החום מפנים כדה"א לחלל; הסביבה תומכת החיים בכדור הארץ..

מיומנויות ויכולות שהתלמידים ירכשו בהקשר לנושא-על זה

1. זיהוי ואפיון של המערכת הפלנטרית כמערכת שבה נשמרת הכמות הכללית של החומר והאנרגיה.
2. השוואת נתונים של כוכבי לכת והסקת מסקנות לגבי מבנה והרכב.
3. זיהוי ואפיון של קשרי הגומלין שבין כדור הארץ לשאר מרכיבי מערכת השמש.

חלק ג

מבנה התכנית, מסגרת ההוראה ודרכי משוב והערכה

התכנית מוצגת להלן ברמת העקרונות ובדרגת פירוט נמוכה כדי לאפשר גמישות מרבית בהתאמתה להעדפות המקצועיות של המורה. הכוונה היא להקל בכך על השתלבותם של מורים הבאים לא רק מתחום הגאולוגיה, אלא גם מענפי מדעי כדור הארץ נוספים, כגון מדעי האטמוספירה, מדעים פלנטריים, קרקע ומים ואוקיינוגרפיה.

גמישות זו באה לידי ביטוי באפשרויות הבחירה הרחבות שהתכנית מזמנת הן למורה והן לתלמיד. ברוח זו, מוצע לכל נושא טווח של שעות הוראה מומלצות. לדוגמה: ההמלצה ללמד את המחזור ההידרוספרי בטווח של 30-90 שעות, משמעה שמורה יכול לבחור את המינימום (30 שעות) וללמד נושא זה רק בהיקף המינימלי במסגרת תכנית הליבה (ואז להרחיב בנושא אחר בליבה), או להרחיב עד כדי יחידת לימוד שלמה (90 שעות במסגרת תכנית ההעמקה). מובן שייתכנו גם כל מצבי הביניים שבין 30 ל-90 שעות.

תכנית הלימוד תיבנה באופן מודולרי על פי המתכונת של תכנית ליבה (3 יחידות לימוד) ותכנית העמקה (השלמה ל-5 יחידות לימוד).

תכנית הליבה (Core)

תכנית זו תהיה שוות ערך ל-3 יחידות לימוד, כלומר 270 שעות בסך הכול. תכנית זו תקיף את כל מערכות כדור הארץ ואת יחסי הגומלין ביניהן וכן את ההיבטים הסביבתיים/חברתיים הקשורים בהבנת מקומו של האדם במערכות כדור הארץ. בחירת התכנים לתכנית הליבה תתבסס על העקרונות הבאים:

1. תכנית הליבה תכלול בראש ובראשונה מושגים ועקרונות מרשימת התכנים, מושגים ועקרונות שיש להם **ביטוי מוחשי** אשר ניתן ללמוד אותו בתהליך של חקר עצמאי מונחה במעבדה ובשדה.
2. תכנית הליבה תתבסס על לימוד בשיטת החקר במעבדה, בשדה ובסביבת המחשב והיא מחייבת 3-4 ימי סיור ומחנה לימודי בן 2-3 ימים. כשני-שלישים מתכנית הליבה, כלומר 180 שעות, יתבצעו בלמידה פעילה המבוססת על חקר בכל סביבות הלימוד (מעבדה, שדה, מחשב). הערכת חלק זה של התכנית תהיה על פי המבחן המעשי בשדה ועל פי תיק העבודות (ראו להלן, הערכת תכנית הליבה, עמ' 00).
3. עקב מרכזיותה של תאוריית הלוחות בהבנת מנגנון פעולתו של כדור הארץ, יתמקד הפרק התאורטי של תכנית הליבה בהבנת הנושא המרכזי 1.ב. – מבנה כדור הארץ על רקע תאוריית הלוחות (90 שעות). הערכת חלק זה של התכנית תיעשה באמצעות המבחן העיוני (ראו להלן, הערכת תכנית הליבה, עמ' 00).

4. נוסף לאמור לעיל, כל מורה יוודא כי תכנית הליבה תכלול נושאים מתוך רשימת הנושאים שבמפרט התכנים בחלק ב של התכנית:
- מחזור הסלעים ומערכות כדור הארץ (60-90 שעות)
- המחזור ההידרוספרי ומערכות כדור הארץ (30-90 שעות)
- חתך נושאי-העל: יחסי הגומלין בין האדם למערכות כדור הארץ (30-90 שעות).
- הערכת נושאים אלו תהיה על פי תיק העבודות והמבחן העיוני (ראו להלן, הערכת תכנית הליבה עמ' 00).
5. תכנית הליבה תכלול מגוון רחב של שיטות הערכה ותעודד ביצוע פרויקטים על ידי תלמידים והצגתם בכתב, בעל-פה ובמצגות מחשב. הערכת הליבה בבחינת הבגרות תתבסס על שלושה מרכיבים:
- בחינה מעשית בשדה (ראו להלן, הערכת תכנית הליבה עמ' 00),
 - תלקיט עבודות (פורטפוליו) שיקיפו את המרכיב המוחשי-מעשי של תכנית הלימודים (ראו להלן, הערכת תכנית הליבה עמ' 00)
 - ובחינה בכתב שתקיף את המרכיב העיוני של התכנית (ראו להלן, הערכת תכנית הליבה, עמ' 00).

תכנית העמקה

תכנית זו תכלול 2 יחידות לימוד בהיקף של 90 שעות כל אחת. **תנאי מקדים** ללימוד 2 יחידות ההעמקה הוא לימוד תכנית הליבה. תכנית הליבה ותכנית ההעמקה ירכיבו יחד, באופן מודולרי, את תכנית הלימודים ב- 5 יחידות לימוד. להלן פירוט 2 יחידות הלימוד:

יחידת הלימוד הרביעית

תיקבע באחת משתי האפשרויות הבאות:

1. ייבחר נושא מתוך רשימת הנושאים המפורטים בחלק ב, להוציא נושא 1.1 (מבנה כדור הארץ ותאוריית הלוחות) שיילמד בהיקף של 90 שעות בתכנית הליבה. הנושא שייבחר יילמד בהיקף של 90 שעות.
2. ייבחר נושא מתוך רשימת הנושאים שלהלן או יוצע נושא שאינו מופיע ברשימה. המורה שיבחר באפשרות זו יגיש הצעה שתכלול רעיונות מרכזיים, תכנים, מיומנויות, סביבות למידה, דוגמאות לפעילויות למידה, חלוקה לשעות ודרכי הערכה. ההצעה תיבחן ותאושר על ידי תת-ועדה של ועדת המקצוע, שתכלול את יו"ר הוועדה, המפמ"ר ומומחה תוכן.

רשימת הנושאים

- מערכות כדור הארץ (מחזור הפחמן כמודל)
- רעידות אדמה בהיבט סביבתי
- הידרולוגיה בהיבט סביבתי
- גאולוגיה כלכלית
- אבולוציה בממד הזמן

- האוקיינוסים ומערכות כדור הארץ
- ביו-גאוגרפיה על רקע תאוריית הלוחות
- כדור הארץ ככוכב לכת
- גאומורפולוגיה

יחידת הלימוד החמישית

תכלול גאוטופ. יחידה זו היא מחקר זוטא שהתלמיד יבצע בשדה ובמעבדה בהנחיית המורה או מומחה או מתמחה אקדמי (מסטרנט או דוקטורנט) בנושא המחקר.

כיצד יש לבחור נושאי ליבה או העמקה?

לאחר התייעצות עם מורים בתחום מדעי כדור הארץ והסביבה, הגיעה הוועדה למסקנה כי חמשת העקרונות הנזכרים למעלה, שעל פיהם יש לבחור את תוכני הליבה, יאפשרו למורים למצות את הליבה בטווח שיכסה את כל הנושאים. במקביל, יתאפשר למורה לבחור את רמת ההעמקה בכל נושא. לדוגמה: אין רע בכך אם מורה המעדיף להדגיש את תחום ההידרוספירה, יעמיק מעט יותר בתחום זה במסגרת תכנית הליבה על חשבון התייחסות פחותה מעט לנושאים אחרים.

אשר לתכנית ההעמקה, המורים יוכלו להיעזר בבחירתם באופן הבא:

- א. לגבי נושאים המופיעים בחלק ב (עמ' 00) ושנלמדו במסגרת תכנית הליבה, המורה יוכל לדעת אלו מהמושגים המופיעים בטבלאות לא כוסו בליבה. לפי המידע הזה, המורה יבנה את יחידת ההעמקה, או ליתר דיוק - יוודא שיחידת הלימוד שבחר ללמד במסגרת העמקה אכן מקיפה את הנושא.
- ב. לגבי נושאים המופיעים בחלק ב (עמ' 00) אך אינם נכללים בתכנית הליבה, מורה שבחר ללמד אחד הנושאים האלו בתכנית ההעמקה, ייעזר בטבלה המתאימה.
- ג. מורים שירצו לבנות יחידה עצמאית, יגישו הצעה מפורטת למפמ"ר שיכוון אותם למיצוי נכון של יחידת ההעמקה. היחידה העצמאית תאושר לאחר דיון עם תת-ועדה שתתמנה אד-הוק מתוך חברי ועדת המקצוע.

דרכי ההערכה של תכנית הליבה

על פי שיטת הצבירה של משרד החינוך, ניתן לפרק את תכנית הלימודים ל-5 יחידות הערכה. כל יחידה מהמפורטות לעיל היא בת 90 שעות, כלומר היא שוות ערך ליחידה אחת לבחינות בגרות. להלן פירוט היחידות ודרכי הערכתן:

יחידה 1: הערכת יחידה זו תיעשה באמצעות **בחינה מעשית בשדה** (נספח 1א, עמ' 00). היחידה תכלול ניתוח מחשוף גאולוגי בסביבת בית הספר. יחידה זו מהווה מרכיב בהערכת פרקי לימוד של מחזור הסלעים ומערכות כדור הארץ. הערכת יחידה זו תבצע על ידי בוחן חיצוני.

יחידה 2: הערכת יחידה זו תיעשה באמצעות **תיק עבודות** הכולל דוחות סיור, דוחות מעבדה, דוח מחנה לימודי ועבודה עצמית על פי בחירת התלמיד (נספח 1ב, עמ' 00). יחידה זו מהווה מרכיב

בהערכת פרקי לימוד של מחזור הסלעים, מערכות כדור הארץ, גאולוגיה סביבתית, שימוש בחומרי כדור הארץ על ידי האדם. הערכת יחידה זו תתבצע על ידי בוחן חיצוני.

יחידה 3: הערכת יחידה זו תיעשה באמצעות **בחינה עיונית** (נספח 1ג, עמ' 00). יחידה זו מהווה מרכיב בהערכת פרקי לימוד של מחזור הסלעים, מערכות כדור הארץ, מבנה כדור הארץ, תאוריית הלוחות, התפתחות כדור הארץ בממד הזמן, הידרולוגיה וגאולוגיה של ארץ-ישראל. הערכת יחידה זו תתבצע על ידי בוחן חיצוני.

דרכי ההערכה של תכנית ההעמקה

יחידה 4: הערכת יחידת הבחירה תתבצע באמצעות **עבודה כתובה** שתלווה במגגת מחשב או בהרצאה, או בפוסטר מדעי (שיעברו גם הערכה חיצונית), או באמצעות **בחינה בכתב** (באישור מפמ"ר).

יחידה 5: גאוטופ. הערכת יחידה זו תכלול **דוח מדעי בכתב ובחינה בעל פה**, שיוערכו על ידי בוחן חיצוני (פירוט הקריטריונים להערכה, ראו נספח 1ד, עמ' 00).

הרכב הציון הסופי

כמקובל במערכת החינוך, יורכב ציון בחינת הבגרות של התלמיד באופן שווה מציון המגן ומציון ההערכה החיצונית. הציון ל-3 יחידות לימוד יורכב באופן שווה משלושת המרכיבים הבאים: בחינה מעשית בשדה, תיק עבודות ובחינה עיונית. הציון ל-5 יחידות לימוד יורכב מהציון ל-3 יחידות לימוד, ציון יחידת הבחירה וציון הגאוטופ. בסך הכול יכלול ציון זה חמישה מרכיבים שמשקלם זהה (20%).

נספח 1: קריטריונים ומחווניים להערכה

- א. מחוון להערכת בחינה מעשית בשדה
 ב. תיק עבודות: מבנה וקריטריונים להערכה
 ג. הבחינה העיונית: בנק שאלות, מבנה ואופן הכנת הבחינה
 ד. גאוטופ: מבנה וקריטריונים להערכה

א. מחוון להערכת בחינה מעשית בשדה

דף בוחן להערכת בחינה מעשית בשדה

שם הבוחן: _____ בית הספר הנבחן: _____ תאריך: _____

קריטריון	ציון מרבי	נבחן מס' 1		נבחן מס' 2		נבחן מס' 3	
		שם:	הערות	שם:	הערות	שם:	הערות
מיומנויות שדה כגון: - זיהוי סלעים - חתך עמודי - חתך רוחב	20						
זיהוי תופעות והסברן: לדוגמה: - קו שבר - מבנה קימוט - קארסט	40						
שחזור היסטוריה גאולוגית	20						
חשיבה לוגית	10						
קישור לתופעות כלליות	10						
ציון סופי:							

ב. תיק עבודות: מבנה וקריטריונים להערכה

תיק עבודות אישי צריך לשקף (ולעודד) את הלמידה השוטפת במהלך הלמידה. מטרתו להעביר מסר ברור לתלמידים שנדרשת מהם למידה משמעותית רציפה לאורך זמן, ולא רק לקראת הבחינות. תיק העבודות צריך לשקף את התקדמות התלמיד במהלך הלמידה, ולכן יוגשו בתיק גם הערות המורה לכל דוח, כך שניתן יהיה לבחון את מידת הפקת הלקחים והתקדמות התלמידים מדוח לדוח.

תיק העבודות יכלול (לפחות) את המרכיבים הבאים:

1. שלושה דוחות סיור עוקבים (כולל הערות המורה), או שני דוחות שאחד מהם כולל תהליך של הגשה - הערות המורה - תיקון על ידי התלמיד - וחוזר חלילה.
2. דוחות מעבדה (אחד או שניים על פי החלטת המורה).
3. דוח מחנה לימודי אחד.
4. עבודה עצמית של התלמיד על פי בחירתו, כולל נימוק מדוע נבחר נושא זה ועל מה הוא מלמד.
5. מרכיב שייקבע על ידי כל מורה על פי העדפותיו בשיתוף התלמידים.

דוח הסיור יכלול אוסף תצפיות ומסקנות (לפחות 5). התצפיות לא חייבות להיות מאותו סיור, אך רצוי שכל התצפיות יציגו סיפור שלם, כגון ההתפתחות הגאולוגית של אזור מסוים. בכל אחת מהתצפיות יש להקפיד על תיאור מפורט ככל האפשר, תוך שימוש בסרטונים, תמונות וכדומה. לאחר תיאור התצפיות, יש להסביר מה המסקנה או המסקנות העולות מכל תצפית. יש להקפיד על כתיבה ברורה ותמציתית ואין להשתמש בלשון סיפורית. לדוגמה: יש לכתוב "המחשוף נמצא ממערב לדרך..." ולא "הסתכלנו ימינה וראינו מחשוף". בתיאור התצפיות חשוב מאוד לצרף איורים ותמונות ולהקפיד שיהיה קשר ביניהם לבין הכתוב. לדוגמה: "המחשוף נמצא ממערב לדרך (ראו תמונה מס' 4)".

דוח המעבדה צריך לכלול לפחות 3 ניסויי מעבדה. לגבי כל ניסוי, יש לפרט את מטרת הניסוי, מהלך הניסוי, תוצאות הניסוי ומה ניתן ללמוד מתוצאות אלו. אפשר ורצוי להצביע על קשר בין ניסוי ובין תצפית, כלומר להיעזר בניסוי כדי להסביר תצפית שנערכה בשטח.

דוח מחנה לימודי יוגש במבנה של מאמר מדעי: הקדמה, מטרות המחקר, שיטות המחקר וכלי המחקר, תוצאות, דיון ומסקנות, סיכום.

העבודה העצמית תהיה בהיקף מצומצם. מטרתה להביא את התלמידים לעסוק בנושא כלשהו על פי בחירתם. האפשרויות מגוונות: דוח קצר על סרט הקשור למדעי כדה"א והסביבה שראיתי בערוץ המדע בטלוויזיה; אוסף מינרלים או אבני חן; תיעוד של תופעות גאולוגיות שפגשתי בטיוול בארץ או בחו"ל; תיעוד של פעילות שערכתי בנושא שמירת טבע; דוח קצר על מאמר שקראתי; תכנון ניסוי.

ציון תיק העבודות ייקבע על ידי בוחן חיצוני (מורה למדעי כדור הארץ והסביבה בבית ספר אחר).

להלן המחווון להערכת תיק העבודות:

דוחות סיור – 40%

דוחות מעבדה – 10%

דוח מחנה לימודי – 20%

עבודה עצמית של התלמיד על פי בחירתו – 10%-20%

מרכיב שיקבע כל מורה על פי העדפותיו - 10%-20%

ג. הבחינה העיונית: מבנה ואופן הכנת הבחינה

הבחינה העיונית תתמקד בהערכת הידע וההבנה של התלמידים בתחומים העיוניים של תכנית הלימודים, תחומים שאינם באים לידי ביטוי בבחינה המעשית בשדה ובתיק העבודות. הבחינה העיונית תורכב מחמישה חלקים על פי המבנה והשקלול הבאים:

חלק א' – שאלות רב-ברתיות (מכסימום 16 נקודות) (20 דקות):

ארבע שאלות חובה (אין בחירה). תשובה נכונה מקנה 4 נקודות ($4 \times 4 = 16$).

חלק ב' – שאלות קצרות (עד 5 שורות בלבד) (40 דקות):

בחירה של ארבע שאלות מתוך שמונה. תשובה מלאה מקנה 6 נקודות ($4 \times 6 = 24$).

חלק ג' – שחזור היסטוריה גאולוגית על פי חתך רוחב סכמטי (30 דקות):

שאלה אחת (אין בחירה). תשובה מלאה מקנה 20 נקודות.

חלק ד' – מערכות כדור הארץ בהקשר גלובלי (30 דקות):

השאלות המקיפות יעסקו בתפיסה מערכתית של יחסי הגומלין בין מערכות כדור הארץ. בחירה

של שאלה אחת מתוך שתיים. תשובה מלאה מקנה 20 נקודות.

חלק ה' – מערכות כדור הארץ בהקשר מקומי (30 דקות):

בחלק זה יש לסרטט חתך גאולוגי סכמטי של אזור מסוים בארץ ולהסביר את יחסי הגומלין בין

מערכות כדור הארץ והאדם הקיימות באזור. תשובה מלאה מקנה 20 נקודות.

השאלות תיבחרנה מתוך מאגר של כ-200 שאלות שיימסר לתלמידים כחודש לפני בחינת הברגרות.

המאגר יעודכן לפי הצורך כל שנה. מאגר זה הוא ארצי, והכנתו ועדכונו הם באחריות המפמ"ר.

ד. גאוטופ: מבנה וקריטריונים להערכה

הגאוטופ הוא מחקר זוטא של תלמידים הנערך בשדה ובמעבדה. מטרתו להקנות לתלמידים מיומנויות חקר שדה ומעבדה, לפתח מיומנויות חקר, עיבוד נתונים, כתיבת דוח מדעי והצגתו בכתב ובעל-פה.

מרכיבי ציון הגאוטופ

הציון יחולק לשני מרכיבים: ציון חיצוני (50%) וציון מגן (50%).

- הציון החיצוני יורכב מציון הבוחן החיצוני וייקבע, שווה בשווה, על פי הבחינה בעל-פה והעבודה בכתב.
- ציון המגן יורכב, שווה בשווה, מציון המורה ומציון המדריך, ויהווה 50% מהציון הכללי.
- ציון המדריך יורכב מרמת עבודת השדה ומהדוח הכתוב שיוגש לו בתום הפעילות.
- ציון המורה יורכב מהעבודה הכתובה ועל פי שיחה על העבודה שיערוך המורה עם תלמידיו.

הקריטריונים להערכת העבודה הכתובה

א. מבנה העבודה (25%)

התאמת הכותרת לעבודה עצמה; תקציר ממצה; הצגת מטרות העבודה; שיטות המחקר ומהלך העבודה; הנתונים מוצגים באמצעות עזרים מתאימים כגון מפות, חתכים, גרפים, תרשימים ותמונות; שימוש נכון בציטטות בגוף העבודה; רשימת הספרות ערוכה בשיטה המקובלת; סיכום קצר וממצה.

ב. איכות העבודה (30%)

בהירות המטרות; מהלך ושיטות המחקר; קיים קשר ברור בין מטרות המחקר למהלך ושיטות המחקר; הנתונים מעובדים ומוצגים באופן ברור וקל להבנה; קיים קשר הגיוני בין מטרות המחקר לנתונים ולמסקנות; ניכרים ידע מקצועי והבנת החומר הנלמד; הנושא ממוקד וקיימת הבחנה בין עיקר וטפל; רמת הדיוק בעובדות ובנתונים.

ג. היקף העבודה ומורכבותה (15%)

הנושא רחב דיו; רמת ומידת ההעמקה; מידת המאמץ הפיזי והאינטלקטואלי שהושקע (לדוגמה: זמן, מורכבות המחקר, חומר הרקע).

ד. עצמאות (15%)

עצמאות בביצוע המחקר; מידת החשיבה העצמית בהצגת הנתונים וניתוחם; המקוריות; סוג והיקף הבעיות שנפתרו במהלך העבודה.

ה. צורה וסגנון (15%)

העבודה אסתטית וקריאה; ערוכה ומוגשת באופן מסודר; התמצאות נוחה: מספור עמודים, חלוקה ברורה לפרקים, כותרות; סגנון כתיבה ענייני בעברית תקינה ונקייה משגיאות כתיב; חובה להגיש עבודה מודפסת.

הקריטריונים להערכת הבחינה בעל-פה

- א. התמצאות בגוף העבודה (20%) : היכולת לתאר את הכתוב בעבודה.
- ב. הצגת הנושא (20%) : היכולת להציג את נושא המחקר באופן בהיר וממוקד.
- ד. בקיאות (20%) : הכרת הנושא, ידע של עובדות, בקיאות בשיטת העבודה.
- ה. גילוי חשיבה הגיונית (20%) : יכולת הסקת מסקנות מתצפיות השדה ויישום הממצאים בפתרון בעיות דומות המוצגות לראשונה.
- ו. קישור ממצאים לעקרונות גאולוגיים כלליים (10%) : היכולת לשוחח על היבטים גאולוגיים רחבים יותר ממה שהוצג בעבודה.
- ז. מעורבות התלמיד (10%) : העצמאות, הזמן והביטוי האישי שניכרים בעבודה.

הקריטריונים להערכת התלמיד על ידי מדריך הגאולוג

- עבודת התלמיד במהלך הגאולוגיה תוערך על פי הקריטריונים הבאים :
- א. רמת העצמאות במהלך העבודה.
 - ב. יכולת החשיבה העצמית.
 - ג. רמת העניין בנושאי העבודה.
 - ד. רמת המוטיבציה וההתמדה.
 - ה. רמת הדיוק בעבודת השדה ו/או המעבדה.
 - ו. רמת ניתוח הנתונים והצגתם.

נספח 2 – ציוד ייחודי הדרוש לחדר/מעבדת מדעי כדור הארץ

ספק	כמות לכיתה 24 תלמידים	הפריט
<ul style="list-style-type: none"> ● דלילה ציוד מעבדתי בע"מ ● מושב בית יצחק ● סוף רח' הראשונים ● ת"ד 13423, נתניה 42379 ● טלפון: 09-8627757 ● פקס: 09-8627758 ● נייד: 052-686218 	8	<p>ערכת קס"מ (קרקעות, סלעים ומינרלים) ובה:</p> <ul style="list-style-type: none"> - דוגמאות יד של הסלעים: גיר, קירטון, צור, פוספוריט, חוואר, חרסית, דולומיט, מלח מאכל, גבס, אבן חול נובית, כורכר, אספלט, גרניט, בזלת, שיסט, גנייס. - גבישי המינרלים: גבס, הליט, קלציט, מונטמורילוניט, קוורץ, מלכיט, גרנט, פלדשפר, ביוטיט. - דוגמאות קרקע: חמרה, טרה-רוסה, רנדזינה, קרקע חולית, קרקע בזלתית, לס.
<ul style="list-style-type: none"> ● דלילה (כני"ל) ● יבין ידע ● ת"ד 4644, קיסריה 38900 ● טלפון: 04-6363428 ● פקס: 04-6362344 	1	<p>ערכה לביצוע ניסויים בנושאי מחזור הסלעים ובה:</p> <ul style="list-style-type: none"> - דוגמאות-יד של גיר מאובנים מלוטש - דוגמאות-יד של גרניט מלוטש - דוגמאות-יד של אבני חול בהירות - דוגמאות-יד של אבני חול כהות - דוגמאות-יד של ריוליט - חול גס גרגר - חול בינוני גרגר - חול דק גרגר - חול בגוונים שונים - גבישי קוורץ גדולים - גבישי קוורץ קטנים - חלוקי קוורץ - מאובנים ימיים - 10 צדפים רצנטיים - פרפרט של פורמינפרה - פרפרט של רדילוריה - שיני כרישים - שקפים של גרניט - שקפים של ריוליט
<ul style="list-style-type: none"> ● דלילה (כני"ל) ● יבין ידע (כני"ל) ● סיגמה חברה לכימיקלים ● פארק רבין, רחובות 76100 ● טלפון: 08-9484222 ● פקס: 08-9484200 	2	<p>פריטים נוספים בנושאי מחזור הסלעים:</p> <ul style="list-style-type: none"> - שקפים של גיר גבישי - שקפים של בזלת - שקפים של שיסט או גנייס - פלסטלינה - תבנית ליציקת קוביות גבס - סאלול (פניל סליצילאט) - בקבוק של 100 גרם מספיק ל-20 ניסויים בערך, מחיר – כ 70 ₪ - חומצה מלחית (HCl) בריכוז 6%
<ul style="list-style-type: none"> ● דלילה (כני"ל) ● יבין ידע (כני"ל) 		<p>פריטים לניסויי הדמיה בהידרולוגיה:</p> <ul style="list-style-type: none"> - מודל להדגמת מעיין שכבה - מודל להדגמת מערכת מי התהום
		תמיסת אינדיקטור אוניברסלי של pH
		מי חמצן (6%)
		נתרן זרחתי
		נתרן פחמתי
		מתילן בלו

ספק	כמות לכיתה 24 תלמידים	הפריט
		תמיסה רוויה של נתרן כלורי - מלח בישול (כ- 38 גרם ב- 100 מ"ל מים מזוקקים)
		תמיסה רוויה של חומצה בנזואית באתנול (כ- 12 גרם חומצה בנזואית ב- 60 מ"ל אתנול)
		חומצה גופרתית
		מבחנות ומעמד למבחנות
<ul style="list-style-type: none"> • דלילה (כני"ל) • יבין ידע (כני"ל) • שולמן ציוד לימודי ת"ד 1039, תל-אביב 61009 טלפון: 03-5604987 ; 03-5605536 פקס: 03-5660340 	6	מיקרוסקופים
<ul style="list-style-type: none"> • דלילה (כני"ל) • יבין ידע (כני"ל) • שולמן (כני"ל) 	6	מקטבים
<ul style="list-style-type: none"> • דלילה (כני"ל) • יבין ידע (כני"ל) • שולמן (כני"ל) 	6	בינוקולרים
<ul style="list-style-type: none"> • דלילה (כני"ל) • יבין ידע (כני"ל) 	6	סט נפות מגודל חרסית ועד חלוקים (קוטר 0.063 מ"מ, 0.125 מ"מ, 0.5 מ"מ, 1 מ"מ, 2 מ"מ)
		משורות בגדלים שונים
		צלוחיות פטרי
		קעריות חרסינה
	20	בקבוקוני (טפיל) לחומצה מלחית
	20	בקבוקוני (טפיל) למים
	24	זכוכיות מגדלת
	12	מסמרי ברזל
	12	מגנטים
	20	כוסות כימיות 500 סמ"ק
	20	כוסות כימיות 250 סמ"ק
	4	פלטת חימום
	4	מאזניים (רצוי אנליטיות)
		זכוכיות נושא ומכסה
	12	תלת-רגל (או מעמד אחר) + רשתות
	12	כהלייה או גזייה צרת-להבה
<ul style="list-style-type: none"> • חנויות לחומרי בניין • דלילה (כני"ל) 	4	גלילי פלסטיק בקוטר 7.5 ס"מ (צינורות מים או ביוב)
		נרות חנוכה אדומים (רגילים) שיספיקו לשכבה של 1.5 ס"מ ב-10 כוסות כימיות (250 סמ"ק)

נספח 3: חומרי עזר ללמידה

(נכון לחודש יולי 2003)

ספק	חומרי הלמידה
<ul style="list-style-type: none"> דלילה ציוד מעבדתי בע"מ מושב בית יצחק, רח' הראשונים ת"ד 13423, נתניה 42379 טלפון: 09-8627757 פקס: 09-8627758 נייד: 052-686218 	משחקים לימודיים: <ul style="list-style-type: none"> משחק זיכרון לזיהוי סלעים כמי סלעים רביעיות סלעים פאזל מבנים גאולוגיים
<ul style="list-style-type: none"> תרבות לעם רח' בית אלפא 17 ת"ד 57001, תל אביב 61570 טלפון: 03-5622727 	חוברות סיור: <ul style="list-style-type: none"> מהשפלה אל ההר מישור חוף יהודה מישור חוף השרון מההר אל הבקע
<ul style="list-style-type: none"> תרבות לעם (כנ"ל) 	סט מיני-פלקטים לסיורים: <ul style="list-style-type: none"> מהשפלה אל ההר סיור חוף יהודה סיור באזור אילת – תמנע מההר אל הבקע
<ul style="list-style-type: none"> תרבות לעם (כנ"ל) דלילה (כנ"ל) דלילה " דלילה " דלילה " דלילה " 	כרזות (פוסטרים) לתלייה: <ul style="list-style-type: none"> מההר אל הבקע סלעים וקרקות בישראל עולם המינרלים אבולוציה בממד הזמן תהליכים מגמטיים מערכת השמש
<ul style="list-style-type: none"> תרבות לעם (כנ"ל) 	ספרי לימוד: <ul style="list-style-type: none"> מחזור הסלעים – חוברת פעילויות לתלמיד מחזור הסלעים ומערכות כדור הארץ – סיכום לתלמיד תאוריית הלוחות מהדינזאורים ועד דרווין – אבולוציה בממד הזמן מחזור הפחמן רעידות אדמה בהיבט סביבתי
<p>להורדה מהאינטרנט כתובת האתר: http://stwww.weizmann.ac.il/menu</p>	לומדות: <ul style="list-style-type: none"> גאולומדה: מבנים גאולוגיים בתלת-ממד מערכת מומחה לזיהוי והגדרת סלעים מחזור הסלעים תאוריית הלוחות

נספח 4: ספרות עזר

הוצאה	המחבר	שם הספר
אקדמון, האוניברסיטה העברית	ע' פלכסר	גאולוגיה, יסודות ותהליכים
האוניברסיטה הפתוחה	ע' מזור	גאולוגיה בפטיש ישראלי
אקדמון, האוניברסיטה העברית	דורון מור	הגולן – ארץ הרי הגעש
האוניברסיטה הפתוחה	ג' הרבאו, ע' מזור	סולם הזמן הגאולוגי
האוניברסיטה הפתוחה	נ' שפרן, ע' מזור	נדבכים בגאולוגיה של ישראל
האוניברסיטה המשודרת	ע' מזור	גאולוגיה, עולם של תצפיות ומסקנות
האוניברסיטה המשודרת	ע' פלכסר	שיחות על הגאולוגיה של ישראל
מודן	ג' ויינר	כוכב הלכת ארץ
רשות שמורות הטבע	אלי רז	ספר ים המלח

