

גישה מערכתית בהוראת מדעים

תאוריה, יישום והערכה של התנסות מורי מדע וטכנולוגיה בנושא: מסיסות

אורית הרשקוביץ, יהודית דורי

רקע תאורטי

התפתחויות בהוראת המדעים

בעשור האחרון מתבצעת רפורמה בהוראת המדעים בארץ ובעולם בהנחה שהוראת המדעים במתכונת הנהוגה עד שנות השמונים לא ענתה על צורכי התלמידים וצורכי החברה בהקשר המדעי-טכנולוגי-חברתי -- (1987; & 1987; & 1986; ; 1999; צולר, 1986; דורי, 1996). בבסיס תכניות הלימודים החדשות במדעים עומד הצורך בהדגשת הקשרים והשפעות הגומלין בין המדעים התאורטיים לבין הטכנולוגיה וההשלכות הסביבתיות והחברתיות שיש לכך. תכניות אלה עומדות בסימן המעבר מהוראה תחומית להוראה בין-תחומית. השקפת העולם המתאימה להוראה/למידה בין-תחומית בגישת מדע-טכנולוגיה-סביבה-חברה - (---) מבוססת על גישה מערכתית - (& 1993).

גישה זו מאפשרת פתרון בעיות אמתיות בחיי היום-יום, בעיקר בעיות בעלות השלכות סביבתיות (1991). חוקרים מתחום הוראת המדעים סבורים כי בשלב הראשון של כל תהליך רפורמה נחוץ לזהות מחסומים פוטנציאליים בדרך לשינוי. לטענתם, בירור אמונות ותפיסות של מורים קודמים לכל שינוי, כי המורה הוא ה"סוכן" שיקבע בסופו של דבר את מידת ההצלחה של כל שינוי בהוראה (1996, &).

המעבר להוראה בין-תחומית מצריך שינויים הן בתחום הקוגניטיבי והפדגוגי והן בתחום השקפתי ואמונותיו החינוכיות והחברתיות של המורה. בתחום הקוגניטיבי, על המורה להרחיב את ידיעותיו כדי להתמודד עם הוראת תחומי תוכן גם מעבר לתחום התמחותו והכשרתו הבסיסית. במישור הפדגוגי, על המורה להפעיל מגוון של מיומנויות הוראה ולכוון את התלמידים ללמידה עצמאית ופעילה. הוראה/למידה בדרך זאת מטרתה להביא את התלמיד לרמות חשיבה גבוהות ולמיומנויות של שאילת שאלות, חשיבה ביקורתית וקבלת החלטות (1999, &). במקביל, על המורה לעבור מהפך בתפיסתו את הוראת המדעים וכן שינוי בהשקפת עולמו. זאת, מפני שהוראה תחומית דגלה בעבר בתפיסה האינסטרומנטלית, שעל פיה ההוראה היא מיומנות והמורה הוא מעביר הידע לתלמיד הקולט אותו; ואילו ההוראה הבין-תחומית (על-פי גישת /) רואה במורה מדריך ומסייע לתלמידו. עיקר תהליך הלמידה היא שאילת השאלות והחשיבה הרב-כוונית, כי לבעיות טכנולוגיות-סביבתיות-חברתיות אין בהכרח תשובה אחת נכונה, אלא פתרונות אפשריים אחדים.

הוראה/למידה לפי הגישה המערכתית

הגישה המערכתית רואה את עולם כמסכת של יחסי גומלין והדדיות, ומכאן הצורך בהתייחסות הוליסטית למכלול גורמים במערכת ולא התמקדות בהיבטים בודדים. השקפת עולם זאת שונה במהותה מהשקפת העולם המסורתית שגרסה כי אפשר להבין בעיה/תופעה מורכבת באמצעות צמצומה למרכיביה הבודדים (1991).

הבסיס התאורטי לגישה המערכתית מקורו בתאוריית המערכות הכללית - תאוריה זו, שמקורה בניסיון להבנה אחרת של חוקי הפעולה ביקום, אומצה במשך הזמן על ידי אנשי כלכלה וחינוך. הנחת היסוד בתורה זו היא שמערכת היא מכלול של חלקים המקיימים אינטראקציה ביניהם והמביאים למצב שבו "השלם הוא יותר מסכום חלקיו". תאוריה זו פורסמה ב-1955 על ידי ואפשרה התמודדות עם מערכות מורכבות במדעי הטבע, החברה וההנדסה. היא גם זימנה אפשרות יישום ייחודי בתחום החינוך ובתחום זה היא מעמידה מסגרת לחינוך מדעי המאפשר בנייה של תכנית לימודים (& 1993). תכנית לימודים המבוססת על רעיונות תאורטיים שילוב בין המדעים התאורטיים ובינם לבין הטכנולוגיה והחברה, תיצור גשר בין העולם הנלמד בכיתה לעולם הממש.

Chen & Stroup (1993) מצביעים על כך שלגישה המערכתית אין די ביטוי בחינוך. הסיבות האפשריות לכך, לפי (1991), הן אלה:

אי-יכולת מחשבתית - החשיבה היא הכרחית ליצירת רעיונות חדשים שיווצרו על ידי צירוף החשיבה לידע ולנתונים ידועים על ידי ארגון חדש של המידע. תהליך זה איננו טבעי או פורמלי. תהליכי חשיבה מתכנסים מתאימים לפתרון יחיד, וזהו התהליך שהיה מקובל בבית הספר. חשיבה זו איננה מתאימה לבעיות סביבתיות, שיכולים להיות להן פתרונות מספר. חשיבה נאותה היא חשיבה יצירתית המצביעה על מספר חלופות. הדרך המומלצת לעודד חשיבה זו היא דיון קבוצתי.

אי-יכולת אפיסטמולוגית - הגישה הדיסציפלינרית המארגנת את הידע בגופים נפרדים, מעודדת התמודדות עם מרכיב בודד במערכת בכל פעם. גישה זו איננה מתאימה לבעיות במציאות. לעומת זאת, החשיבה המערכתית היא כלי קוגניטיבי, מודל מושגי המאפשר לדון בבעיות מורכבות בדרך פשוטה יחסית. היא איננה מבטיחה פתרון יחיד לבעיה, אך מאפשרת הבנה מעמיקה ומקיפה של מורכבות הבעיה ופתרונות שונים.

לתאוריית למידה המבוססת על השקפת העולם המערכתית ארבעה מרכיבים עיקריים: פתרון בעיות; שימוש בסביבה כמקור לימודי; גישה בין-תחומית, שילוב היבט הכרתי וריגושי בלמידה. אחת מאסטרטגיות ההוראה/למידה המומלצות בגישה המערכתית היא שילוב חקר אירועים אמיתיים במהלך הלמידה (1994; 1994). באמצעות אירוע המציג בעיה סביבתית אמיתית, בעלת עניין לתלמידים, ניתן להתייחס ליחסי הגומלין של מרכיבי האירוע ובהמשך לעבור לניסוח בעיה סביבתית חדשה תוך חיפוש פתרונות חלופיים.

שילוב חקר אירועים בהוראה/למידה לפי הגישה המערכתית

על שילוב אירועים אמיתיים בהוראה ממליצים חוקרים ואנשי חינוך מובילים הן בתחום הוראה/למידה בגישת (1987; 1991-92; 1991-92) והן בגישת (1993). חוקרים אלה מדגישים את חשיבות הלמידה תוך התנסות עצמית, למידה הנעזרת בתכנים מן המציאות המוכרים לתלמידים. כוונת למידה זו היא לערב את התלמידים בתהליך הלמידה, לפתח בהם מיומנויות חשיבה גבוהות ולהדגיש הבנה של תהליכים ויישומם בבעיות יום-יומיות.

חקר אירועים נמצא מתאים במיוחד להוראה בין-תחומית כמו זו המשלבת היבטים סביבתיים, טכנולוגיים וחברתיים בנושאים מדעיים (1986). גישה זו מאפשרת ללומדים להתנסות במורכבות של חיפוש פתרונות ותהליכי קבלת החלטות הקשורות בבעיות בעלות אופי מדעי שיש להן השלכות חברתיות עמוקות וסבוכות.

חוקרים ואנשי חינוך שבדקו את השפעות שילוב חקר אירועים בהוראה בבית הספר, מדווחים על יתרונות רבים לתלמידים:

פיתוח מיומנויות של חשיבה אנליטית וביקורתית של קבלת החלטות תוך התמודדות עם בעיות מורכבות ומציאותיות (1994; 1992).

פיתוח חשיבה מערכתית בהקשר של פתרון בעיות סביבתיות (2000; 1991).

שיפור יכולת הוויכוח וההתבטאות של התלמידים (1992; 1994).

הגברת המוטיבציה וההנאה של הלומדים ובעקבות כך שיפור הישגיהם (1994).

רכישת ידע בצורה פעילה תוך התנסות בפתרון בעיות (1992).

יכולת להעריך את התלמיד על-פי קריטריונים מגוונים כגון: יכולת חשיבה, יכולת ביטוי של רעיונות והשקפות אישיות והערכה עצמית. זאת, לעומת הערכת הידע התוכני בלבד המקובלת בשיטת הלימוד המסורתית (1994).

שיפור מיומנות שאילת שאלות ברמות חשיבה שונות על ידי תלמידים ברמות אקדמיות שונות, המתבטא במספרן ובמורכבותן של השאלות.

מיומנות זו היא קריטריון להערכת התלמידים (1996; & 1999).

קיימות גישות שונות להוראה באמצעות חקר אירועים, אך כולן מתאפיינות בחמישה שלבים (1994): תיאור האירוע, הצגת שאלות מנחות, דיון קבוצתי מסכם, הרחבת חקר האירוע, מעקב וגילוי נוסף.

כל אירוע מזמן בעיה או דילמה שאין לה בהכרח פתרון אחד. האירוע מלווה בשאלות מנחות ברמות חשיבה שונות, והלומדים מעורבים בדיון המלווה את חקר האירוע ומפעילים חשיבה מורכבת, ביקורתית ויצירתית (1992; 1994). השאלות המנחות המוצגות על ידי המורה בסיום האירוע, נועדו לאפשר ללומדים ליישם את הידע בבחינת הרעיונות המרכזיים באירוע תוך עידוד היכולת להציע פתרונות. מטרת הדיון המסכם היא להוביל את התלמידים לכיוונים ולהיבטים נוספים, ובכך לפתח ראייה כוללת וחשיבה מערכתית של בעיות/נושאים סבוכים (1992; 1994). שלב זה מאפשר מעבר מהרמה המושגית לרמה ההקשרית - ניסוח בעיה חדשה וחיפוש פתרונות חלופיים.

יישום

הוראה/למידת נושא המסיסות לפי הגישה המערכתית - רציונל

נושא מסיסותם של חומרים שונים במים ובממסים אחרים נלמד בשילוב עם נושאים מדעיים מגוונים בביוכימיה, בכימיה ובפיזיקה הן בחטיבת הביניים והן בחטיבה העליונה (ברזנר, מימרן ורון, 1993; מנדלר, 1997). בכימיה נלמד נושא המסיסות בשלוש וחמש יחידות לימוד (בן-צבי וזילברשטיין, 1986). הוא איננו נלמד כנושא מרכזי, אלא נלווה לנושאים שונים, בכל פעם בהדגש אחר:

מבנה וקישור - מסיסות חומרים כתלות במבנה המרחבי ובסוג הקשרים הבין-מולקולריים.

חומצות, בסיסים ומלחים - חומרים קשי וקלי תמס, פירוק ליונים במים, תהליך המיום בחומרים יוניים, ניסוח תהליכי מסיסות ושיקוע,

ניבויים במעבדה הכוללים תגובות חומצה-בסיס (הרשקוביץ ודורי, 1996) ו/או מדידת (1993; & 1993).

תרכובות הפחמן - מסיסותם של חומרים אורגניים במים ובממסים אורגניים (מילנר, 1990).

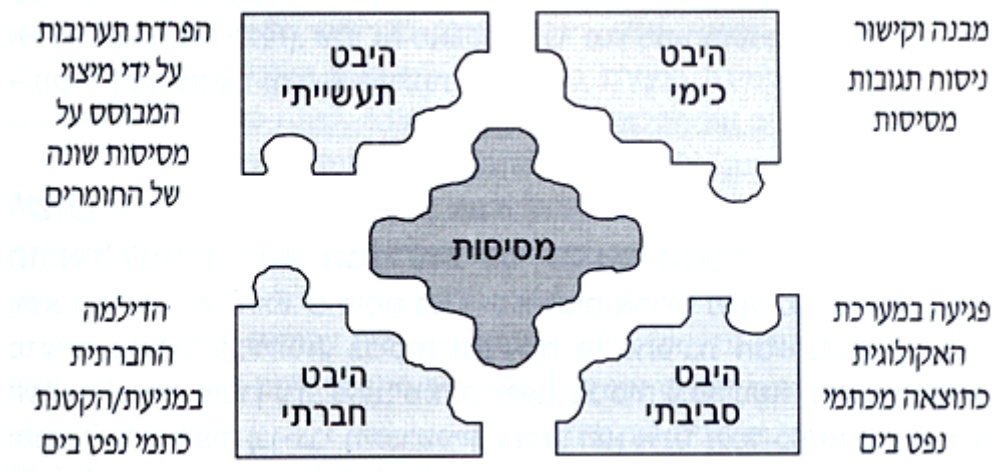
תעשייה - שיטות הפרדה המבוססות על מסיסות שונה של חומרים בממסים שונים, תהליכי מיצוי (קסנר, 1984, 1998; & -, 1997).

במערך הלמידה שפותח למחקר זה, מוצגת הוראה/למידה של נושא המסיסות כנושא מרכזי. כדי להבין את תופעת המסיסות, את מקומה וחשיבותה בטבע ובחיי היום-יום, משולבים היבטים שונים של הנושא במטרה לקבל תמונה מערכתית כוללת. ישנה חשיבות רבה להבנת הקשרן למדע של תופעות בחיי היום-יום, דבר המשפר בקרב הלומדים הבנה מושגית בנושא (- & 1994). בהתאם לכך, לצד ההיבט המדעי-כימי של התופעה

מושם דגש מיוחד על השלכות המסיסות מבחינה סביבתית וחברתית על ידי הצגת בעיית כתמי הנפט בים והזרמת נפט למפרץ הפרסי במלחמת המפרץ.

מבט כללי על היבטיו השונים של הנושא מובא בתרשים מס' 1.

תרשים מס' 1: היבטים שונים בהוראת/למידת נושא המסיסות לפי הגישה המערכתית



הידע הדרוש ללמידת הנושא הוא רקע בסיסי במבנה וקישור כימי: היכרות עם קשרים יוניים וקו-ולנטיים, קשרים בין-מולקולריים (ון-דר-ולס ומימני) ורקע כללי בניסוח תהליכי מסיסות.

ההוראה/למידה נמשכת כשלושה-ארבעה שיעורים כפולים (תלוי ברקע הלומדים). ההיבט הכימי כולל ניסויי מעבדה; ההיבט הסביבתי-חברתי כולל הצגת סרט על כתם הנפט באלסקה, חקר אירוע וניסויי הדמיית ניקוי כתם נפט בים; ההיבט התעשייתי כולל פעילות בדפי עבודה. הלמידה מגוונת ומשולבת בפעילויות למידה רבות:

ההיבט הכימי והתעשייתי נלמד באמצעות דיון בכיתה בהנחיית המורה ובליווי הדגמות של מודלים וכן פעילות מעבדה.

ההיבט הסביבתי-חברתי נלמד כולו בדרך שיתופית, בקבוצות קטנות, בעזרת דפי עבודה הכוללים חקר אירוע שעניינו כתמי נפט בים וניסוי פשוט להדמיית ניקוי כתמי נפט בים.

הרציונל והפעילויות השונות בהוראת/למידת הנושא מוצגים בתרשים מס' 2.

תרשים מס' 2: רציונל היבטים שונים בהוראת/למידת נושא המסיסות

לפי הגישה המערכתית

**תרשים מס' 2: רציונל היבטים שונים בהוראת/למידת נושא המסיוסות
לפי הגישה המערכתית**

מסיוסות - רציונל הנושא

מטרה	כימיה	טכנולוגיה	סביבה - חברה
תוכן	היכרות עם תכונת המסיוסות כולות במבנה החומר ובקשרים הבין-מולקולריים. הכרה של תהליכי מסיוסות חומרים יוניים ומולקולריים.	הכרת דוגמאות לניצול תכונות המסיוסות של חומרים בתעשייה הכימית.	כתמי נפט בים - זיהום סביבתי הקשור בתכונות הנפט ובאי מסיוסותו במים. הדילמה החברתית והמוסרית הקשורה במניעת/הקטנת כתמי נפט בים. ההשפעה הסביבתית של כתמי נפט בים. אסון מכלית הנפט לחופי אלסקה ב- 1989. מלחמה אקולוגית - הזרמת נפט לים במלחמת המפרץ 1991.
	מסיוסות חומרים יוניים במים - תהליך המיוס. מסיוסות חומרים מולקולריים במים - יצירת קשרי מימן. ניסוח תהליכי מסיוסות הכימיה של הסרת כתמים.	הפרדת חומצה חנקתית מחומצה כלורית על ידי מיצוי בתהליך יצור הדשן אשלגן חנקתי במפעל "חיפה כימיקלים".	הפרדת חומצה כלורית מחומצה זרחתית על ידי מיצוי בתהליך הפקת חומצה זרחתית במפעל "חיפה כימיקלים".
פעולות	ניסוי מעבדה - מסיוסות חומרים שונים במים. מנגנוני מסיוסות - דיון כיתתי, הדמיה על מטול שקפים ועל ידי גולות ומגנטים (לפי מנדלר, 1997). דפי עבודה.	דיון כיתתי. דפי עבודה בשילוב מודלים.	עבודה קבוצתית - חקר אירוע, ניסוי להדמיית ניקוי כתם נפט בים. סרט וידאו: אסון מכלית הנפט Exxon Valdes.

אוכלוסיית המחקר

אוכלוסיית המחקר כללה 19 מורים למדע וטכנולוגיה באזור חיפה והצפון, המלמדים מקצועות אלה בפועל בחטיבות הביניים. המורים לומדים בהשתלמות ארוכת טווח (שלוש שנים) אחת לשבוע, יום שלם. מטרת ההשתלמות היא לחשוף את המורים למקצוע מדע-טכנולוגיה במתכונתו החדשה, מתכונת המשלבת תכנים מדעיים וטכנולוגיים עם היבטים סביבתיים וחברתיים. במהלך הלמידה מעשירים המורים את ידיעותיהם בכימיה, בלימודי הסביבה, בביוטכנולוגיה, בפיזיקה, בטכנולוגיה וביישומי מחשב.

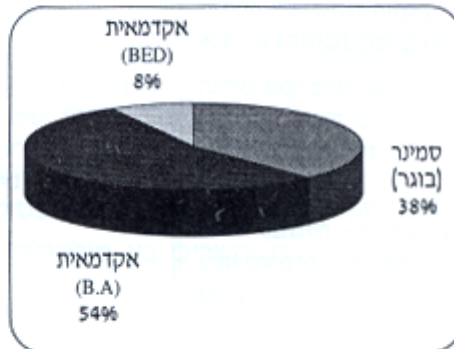
המחקר נערך במהלך שיעורי הכימיה והסביבה בתקופת ההשתלמות. המורים למדו במשך שנה כימיה בגישה בין-תחומית המשלבת היבטים סביבתיים, חברתיים וטכנולוגיים. במהלך המחקר למדו המורים את הנושא "מבנה וקישור" ואחר כך את הנושא "מסיוסות" במשך ארבע פגישות בנות שעתיים כל אחת.

58% מהמורים שהשתתפו בהשתלמות באו מהמגזר היהודי והשאר מהמגזר הערבי. 85% הם נשים והשאר גברים. מאפייני הרקע של קבוצת המורים במחקר מתוארים בתרשים מס' 3.

תרשים מס' 3: מאפייני רקע של אוכלוסיית המחקר

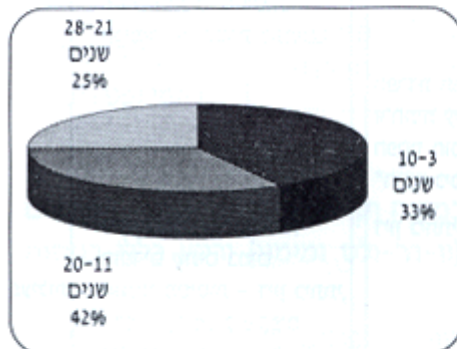
השכלה פורמלית:

יותר ממחצית המורים הם בעלי השכלה אקדמאית – תואר ראשון אוניברסיטאי – וכולם בעלי רישיון הוראה קבוע.



שנות ותק בהוראה:

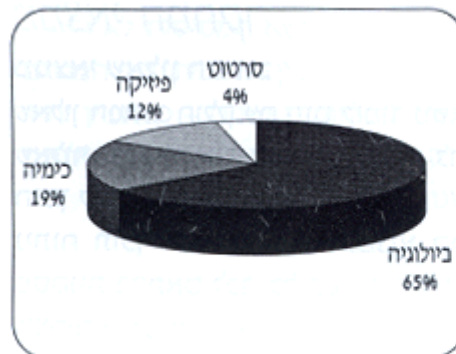
שני-שלישים מהמורים הם בעלי ותק של למעלה מ- 10 שנות הוראה. כרבע מהם אף בעלי ותק של 20 שנה ויותר.



3 א. התפלגות השכלה פורמלית של המורים
3 ב. התפלגות שנות ותק בהוראה של המורים

תחום התמחות:

רוב המורים (כשנישלישים) הם בעלי רקע והתמחות בביולוגיה. השאר הם בעלי התמחות בכימיה ובפיזיקה, מלבד מורה אחת בעלת התמחות בטכנולוגיה – סרטוט.



3 ג. התפלגות תחומי התמחות של המורים

אוכלוסיית המחקר מייצגת אוכלוסיות מורים דומות באזור חיפה והצפון. התפלגות ההשכלה, הוותק וההתמחות של המורים בקבוצה המתוארת דומה לזו של שלש קבוצות מורים נוספות שהשתתפו בהשתלמות דומה בטכניון ובמרכז מורים "זווית רחבה" (פלד ודורי, 1998).

מטרת המחקר

מטרת המחקר הייתה לבדוק כיצד מבינים ומיישמים מורי מדע וטכנולוגיה את הגישה המערכתית ואת ההוראה/למידה הבין-תחומית והאם חל שינוי בהשקפת עולמם של המורים ובתפיסתם את הלמידה ואת מקומם בתוכה.

הערכה

כדי להגיע להבנה מעמיקה של תופעות בחינוך נחוצות שיטות מחקר איכותניות (צבר בן-יהושע, 1990), ולכן שיטת ההערכה במחקר המתואר נערכה לפי מתודולוגיה איכותנית (צבר בן-יהושע, 1990; 1986; 1982). בהתאם למתודולוגיה זו, לא נבדקו משתנים מבודדים, אלא אירועים אשר לצורך ניתוחם הוגדרו קטגוריות, שהופקו מתוך המושגים אשר בהם השתמשו הנחקרים (). כלי המחקר תוכננו ונבחרו בהתאם למטרת המחקר, טיב אוכלוסיית המחקר והפעילות שבוצעה. ההערכה התבססה על דיון כיתתי חופשי עם כל המורים בסיום הפעילות, ראיונות פתוחים עם שתי מורות ושאלון משוב שחולק לכל קבוצת המחקר.

ממצאי המחקר

שאלון המשוב חולק עם תום לימוד נושא המסילות על כל היבטיו. השאלון כלל חמש שאלות פתוחות כדי לאפשר למורים להתבטא ולא לתחום מראש את תשובותיהם. הזמן למילוי השאלון היה כחצי שעה. ניתוח תוכן התשובות נועד למצוא קריטריונים למיון ולסיווג התשובות ולהסקת מסקנות בהתאם לכך. כל תשובה מוינה לאחת מהקטגוריות שנקבעו לשאלה הנדונה. הניתוח בוצע על ידי חוקרת בכירה בהוראת המדעים ושלושה מורים, שהם גם תלמידי מחקר לתארים גבוהים. ניתוח זה התבסס בחלקו על מחקר שבוצע בקרב תלמידי תיכון שעסקו בשילוב נושא מדעי-טכנולוגי בהיבט סביבתי (& , 1999).

השאלון כלל ארבע שאלות אשר דנו בהיבטים שונים של גישת הוראה/למידה מערכתית: גישה בין-תחומית בהוראה/למידה, הצעות להיבט נוסף בנושא המסילות, תרומה להבנה מערכתית וסיבות לבחירה בהוראה/למידה בגישה זו.

גישה בין-תחומית

שאלה: בקורס מדע וטכנולוגיה למדת את נושא המסילות. כיצד ההוראה/למידה של נושא זה מבטאת, לדעתך, גישה בין-תחומית? אנא פרט/י.

בניתוח תשובות המורים לשאלה זו נמצא כי 21% ענו תשובות לא רלוונטיות. מבין שאר המורים, 80% התייחסו בתשובתם בצורה ספציפית לנושא המסילות ומיעוטם (20%) התייחסו לרעיון הגישה הבין-תחומית באופן כללי, מעבר לנושא המסילות. בהתייחס להבנה רב-ממדית של הגישה הבין-תחומית להוראה/למידה אותרו הקטגוריות הבאות:

תחומים שונים - רוב המורים (79%) התייחסו למרכיב זה בגישה הבין-תחומית כפי שניתן לראות מתשובתה של אחת המורות: "העיסוק בניצול תכונות המסילות בתעשייה הכימית והטיפול בזיהום סביבתי כתוצאה מהזרמת נפט לים בעיקר בדרך הכימית בהשוואה לדרכים הביולוגיות והמכניות, המביא אותנו לטיפול בהיבט הסביבתי חברתי, מבטא גישה בין-תחומית".

קשר בין התחומים - 26% מהמורים התייחסו בתשובתם למרכיב זה.

מגוון פעילויות הוראה - 5% מהמורים התייחסו לחשיבות שילובו של מרכיב זה בהוראה הבין-תחומית.

קשר לחיי היום-יום ורלוונטיות ללומדים - 10% מהמורים התייחסו למרכיב זה. אחת המורות ציינה: "מסילות נחשבת לתופעה יום-יומית, לכן הגישה הבין-תחומית רצויה ומקרבת את התלמיד לנושא, וטוב שיהיה אינטגרציה בין התחומים".

מניתוח תשובות המורים לשאלה זו עולה כי בתום לימוד נושא המסילות לא הייתה למורים הבנה עמוקה של השקפת העולם שביסוד הגישה הבין-תחומית. רוב המורים (74%) התייחסו למרכיב אחד בתשובותיהם - שילוב תחומים שונים - כמאפיין יחיד של הגישה הבין-תחומית בהוראת הנושא. רק 26% התייחסו לשניים או שלושה מרכיבים (ולכן סך השכיחויות בקטגוריות השונות גבוה מ-100%).

הצעות להיבט נוסף

שאלה: נסה/י להציע היבט נוסף לנושא המסילות אשר יאפשר את הרחבת הנושא.

בניתוח תשובות המורים נמצא כי 26% לא השיבו לסעיף זה או השיבו לא לעניין. בתשובות המורים שענו לסעיף זה, נמצאו חמישה תחומים הפורסים מגוון היבטים של נושא המסילות.

מניתוח תשובות המורים עולה כי:

רוב המורים (71%) הציעו היבטים חדשים לנושא, אם כי לא בתחומים חדשים. השאר הציעו הרחבה של ההיבטים שנכללו בנושא. בהתייחס לתחומי ההתמחות של המורים, הרוב בחרו בהיבט של תחום הדעת בו הם מתמחים. 58% מהמורים נטו להיבט המדעי-ביולוגי, כימי. 14% מהמורים הציעו הרחבה בתחום הטכנולוגי, 14% הציעו הרחבה בתחום הסביבתי ו-14% הרחבה בתחום החברתי וההומניסטי (דת וספרות).

דוגמאות לתחומי הרחבה בנושא המסילות שהוצעו על ידי המורים:

בתחום הביולוגי - מסילות חומרים דרך מרכיבי התא; בתחום הטכנולוגי - ייצור אבקות כביסה לפי סוג הכתמים; בתחום הכימי - קשר בין דרגת המסילות לסוגי הקשרים בחומרים השונים; בתחום הסביבתי - נזק ממסילות חומרים רעילים במים; בתחום החברתי/כלכלי - כדאיות של הפקה/ניקוי של חומרים על ידי ממיסים.

תרומה להבנה מערכתית

שאלה: כתלמיד/ה, האם למידת נושא המסילות, בדרך שבה התנסית, תרמה לך להבנה מערכתית כוללת? אנא פרט/י.

מניתוח התשובות עולה כי כרבע מהן היו לא ענייניות. שאר התשובות מתחלקות לארבע קטגוריות של נימוקים: מכלול תחומים, קישור בין תחומים, רלוונטיות לחיי היום-יום והיבט ריגושי. ניתוח התפלגות קטגוריות אלו העיד כי מחצית המורים (50%) תפסו את מושג ההבנה המערכתית כמכלול תחומים המעורבים בנושא. רק חלקם התייחסו גם למרכיבים אחרים בגישה המערכתית כגון: קישור בין התחומים השונים, רלוונטיות לחיי היום-יום והיבט הריגושי הקשור בעניין ובסקרנות שהנושא מעורר בקרב התלמידים.

שאלה: כמורה, האם היית בוחר/ת כבר השנה ללמד נושא כל שהוא בגישה זו?

א. אם לא, נמק/י מדוע. ב. אם כן, הסבר/י מדוע תבחר/י ללמד בגישה זו.

בניתוח תשובות המורים נמצא כי:

שלושה מורים (16%) ציינו כי לא היו בוחרים כבר השנה ללמד בגישה זו. בנימוקים נמנו קשיים הנובעים מאי-שליטה בחומר ומהצורך להתעמקות רבה.

שני מורים (10%) ציינו הסתייגות על רקע הצורך בהבנה רבה ובחירת נושא מתאים.

מורה אחת ציינה כי הייתה מעדיפה לבחור נושא מתחום הביולוגיה הקרוב אליה ולהוסיף לו היבטים שונים.

74% מהמורים הביעו רצון ללמד כבר השנה בגישה זו. מלבד אצל שניים, רוב הנימוקים נגעו לתלמידים ולא להרגשתם כמורים לגבי גישה

זו. מורה אחת ציינה במפורש כי היא, כמו תלמידיה, מתעניינת ומבינה יותר את הנושא כאשר הוא נלמד בגישה זו. מורה אחר אמר: "... הייתי

בוחר כבר השנה ללמד בגישה זו כי אני מאמין בה ואני לומד אותה השנה, ואם יש בעיות אפשר לשאול ולהיעזר".

בניתוח הנימוקים לבחירה ללמד בגישה זו הוגדרו שלש קטגוריות המובאות בטבלה מס' 1.

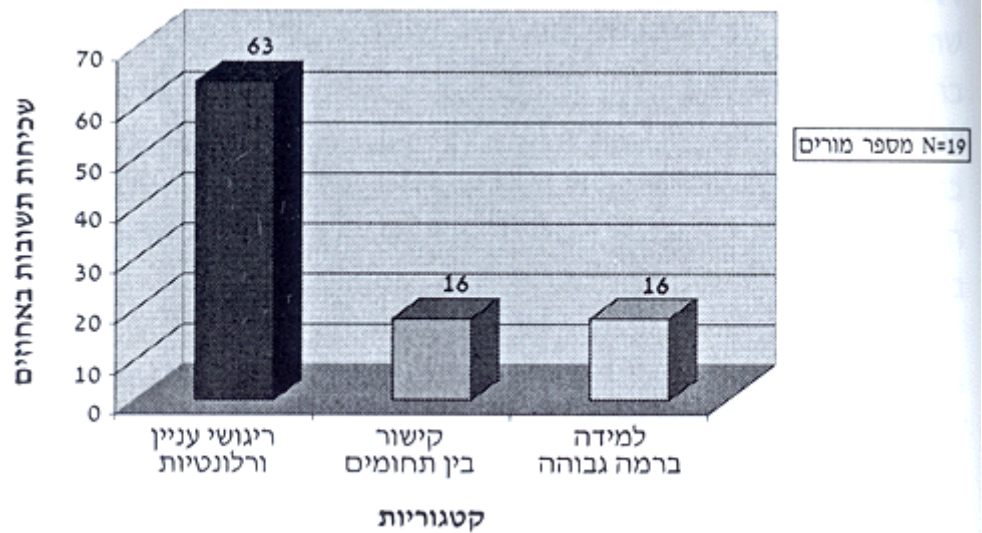
טבלה מס' 1: נימוקים להוראה/למידה לפי הגישה המערכתית

קטגוריה	נימוק לדוגמה
ריגושית – עניין / רלוונטיות לתלמיד / רלוונטיות לחיי היום-יום	"התלמידים כמוני מתעניינים יותר בנושא כאשר מתייחסים גם ליישומים בחיי היום-יום והקשר לשימושים בתעשייה ומתקשרים אליהם באופן ישיר או עקיף".
קישור בין תחומים	"אני מלמדת בגישה זו. היא נותנת לתלמיד ראייה כוללת ורב-תחומית ועוזרת לתלמיד לקשר בין אותם מושגים בכל תחום".
הבנה טובה יותר/למידה ברמה גבוהה	"... אני מאמין בשיטה אשר גם תיתן לתלמיד להבין את המערכת גם יותר מעניינת לתלמיד".

הערה: חלק מהתשובות הכילו יותר מקטגוריה אחת של נימוקים.

התפלגות הקטגוריות השונות בנימוקי המורים מתוארת בתרשים מס' 4.

תרשים מס' 4: התפלגות הקטגוריות בנימוקים לבחירה ללמד בגישה מערכתית



מהתרשים עולה כי רוב המורים מנמקים את חשיבות הלמידה לפי הגישה המערכתית בהיבט הריגושי המדגיש את העניין והרלוונטיות של הצגת נושאים בגישה זו לתלמידים.

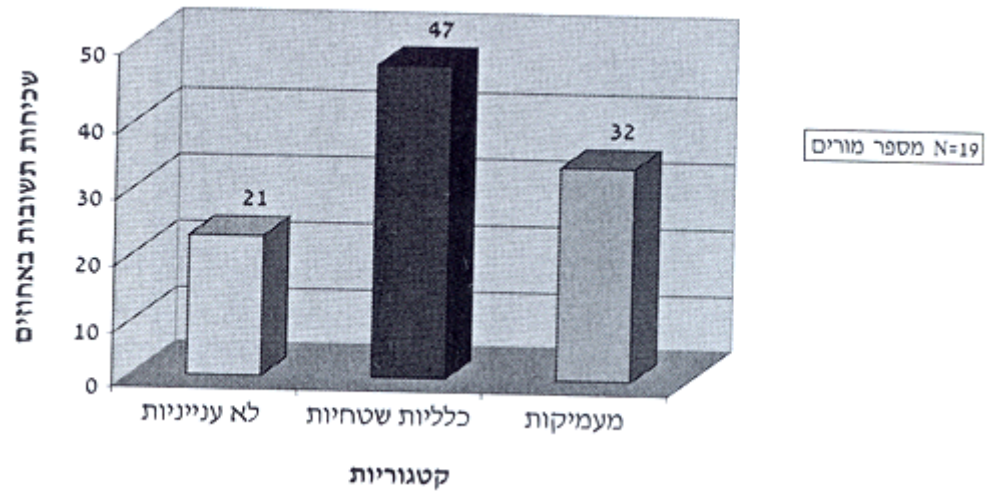
בסימו של שאלון המשוב נתבקשו המורים להציע נושא מתכנית הלימודים שהיו מוכנים לפתח במספר היבטים. תשובות המורים נאספו וחולקו לקטגוריות על פי רמת התשובה והבנת רעיון ההוראה/למידה לפי הגישה המערכתית, כמתואר בטבלה מס' 2.

טבלה מס' 2: קטגוריות ודוגמאות להוראת נושאים בגישה מערכתית

קטגוריה	תשובה לדוגמה
תשובות לא ענייניות	"מסיסות - תגובות כימיות, השפעת דרגת המסיסות על התגובות".
תשובות כלליות / שטחיות	"מים - אפשר להתייחס לצד הביולוגי, כימי, תעשייה, חברה".
תשובות מעמיקות	"תזונה נכונה - היבט כימי - מבנה של אבות מזון (מולקולות מורכבות; היבט ביולוגי - חומרים אלו בגוף החי וכיצד הם מגיעים ליעדם; היבט פיזיקלי - קלוריות, אנרגיה, הקשר בין המזון לאנרגיה, אנרגיית גוף האדם (חומר עתיר אנרגיה...); היבט חברתי - תזונה של חברת השפע, השמנה והרזיה והשלכותיה על הצד החברתי והבריאותי".

התפלגות תשובות המורים לקטגוריות השונות מוצגת בתרשים מס' 5.

תרשים מס' 5: התפלגות רמת התייחסות/הבנה בהצעות לנושאים בין-תחומיים



מן התרשים ניתן לראות כי כמחצית מתשובות המורים (בנוגע לעיבוד נושא בגישה מערכתית) היו כלליות ורק כשליש היו מעמיקות. מכאן עלה הצורך בהרחבת הרקע התאורטי, הרציונל ומכלול ההיבטים הקשורים בגישה המערכתית להוראת מדעים.

ממצאי הדיון הכיתתי והראיונות הדיון הכיתתי

בסיום הפעילויות נערך דיון חופשי עם המורים על תופעת המיסוס ועל הגישה המערכתית להוראה/למידה כפי שהתבטאה בנושא המיסוס. ההרגשה הכללית מדיון זה, וכן מתצפיות במהלך השיעורים בהם נלמד הנושא, הייתה של הנאה, של עניין ולמידה. המורים הביעו עניין רב בהוראה בין-תחומית משולבת-אירועים. אחת המורות ציינה במיוחד את העובדה שעליה לעבור "שינוי נפשי" כדי ללמד בגישה זו, היא מרגישה שהיא מסוגלת לכך וכי יש להעביר רעיונות אלו גם למורים אחרים בבית הספר. מספר מורים התלהבו במיוחד וצינו כי הם ישלבו את הפעילויות השונות ששולבו בהוראת נושא המיסוס, בעיקר את אלה הקשורות בהיבט הסביבתי. לעומתם, מספר מורים הדגישו שוב את הזמן הרב הדרוש להוראה/למידה בגישה זו והביעו חשש משילובה בכיתותיהם. נראה שביסוד בעיית הזמן, שבעצם איננה רלוונטית מכיוון שמדובר בתלמידי חטיבת הביניים, קיים חוסר ביטחון ללמד בגישה בין-תחומית. מורים אילו צריכים אפוא להמשיך ולהתנסות בלמידה מסוג זה בתקווה שירגישו יתר ביטחון ויאמינו בגישה וביכולתם להשתלב בה.

ראיונות

שתי מורות, אחת מהמגזר היהודי והאחרת מהמגזר הערבי, נתבקשו להשתתף בראיונות אישיים, ושתיהן נענו מיד. במעקב לאורך הלמידה נראה כי התייחסותן לגישה הבין-תחומית שונה וכי הן מסוגלות לייצג נאמנה גם חלק מהמורים האחרים. בראיונות קצרים שנערכו עמן כשבוע לאחר סיום הוראת הנושא, התייחסו שתי המורות לגישה הבין-תחומית להוראה/למידה בכלל וליישומה בהוראת נושא המיסוס בפרט.

מורה א' - מורה בחטיבת הביניים במגזר הערבי, בעלת 9 שנות וותק.

"אני חושבת שמאוד מתאים לתלמידים שלנו הוראה/למידה בגישה כזו. זה מגוון את ההוראה ומוסיף עניין לתלמידים והם גם לומדים טוב יותר את החומר. אני כבר סיפרתי לשתן מורות נוספות למדעים המלמדות אתי בבית הספר על הנושא והראיתי להן את הדפים. החלטנו לשלב את נושא כתמי הנפט בכיתה במסגרת הוראת הנושא 'מים חיים'. אנו מכינות פעילות בשיטת תחנות עבודה, ואחת מהן תהיה בנושא כתמי נפט בים".

מורה א' מראה התלהבות רבה מהנושא ומהגישה. מורה זו איננה מסתפקת בהצגת כוונות, אלא אף מגלה יזמה. היא "סחפה" אחריה מורות נוספות, ונראה שהיא גאה וחשה ביטחון בכך שהיא לומדת נושאים וגישות הוראה/למידה חדשות. בדבריה היא מדגישה במיוחד את עניין הגיוון בהוראה, וייתכן שאין לה עדיין הבנה מעמיקה של תפיסת העולם המערכתית העומדת ביסוד גישת הוראה/למידה זו, שבה הפן הריגושי הוא רק אחד המרכיבים. ההתלהבות, הנכונות והיזמה שמראה מורה זו הן צעד חשוב בשינוי תפיסתה את ההוראה/למידה.

בסיום השנה נערכה תצפית בשיעור שלימדה מורה א' בכיתה, ואחר כך נערך ריאיון נוסף עמה. בשיעור יישמה המורה בצורה מוצלחת מאוד את הגישה המערכתית בהוראת נושא הצפיפות, שאותו פיתחה עם שלושה מורים נוספים במסגרת פרויקט הסיכום בהשתלמות המורים. בריאיון היא

ציינה כי היא מרגישה יותר בטוחה בעצמה בעקבות השינוי שעברה בגישה להוראה. במהלך הריאיון ניכר שהיא מלאת אופטימיות, עובדת באווירה של תמיכה והערכה מהנהלת בית הספר ויוזמת שילוב תכניות לימודים וגישות הוראה חדשות, ובראשן הגישה המערכתית. מורה ב' - מורה לכימיה בחטיבה העליונה המלמדת גם בחטיבת הביניים במגזר היהודי, בעלת 18 שנות וותק. "אני מלמדת שנים רבות את נושא המסיסות לתלמידי שלוש וחמש יחידות לימוד בכימיה, ומעולם לא חשבתי על היבטים נוספים של הנושא ועל השלכות של תופעת המסיסות בחיי היום-יום. זה מאוד חשוב לתלמידים. הרעיון מאוד מוצא חן בעיני, ואני מתכוונת לשלב אותו בלימודים, אך רק לתלמידי כיתה י'. בכיתות י"א וי"ב אין לכך זמן. דפי הפעילות יפים ולכן לא כתבתי בתוכם כך שאוכל ישר לשכפלם לתלמידים".

מורה ב' הצטרפה להשתלמות המורים רק בתחילת שנת הלימודים שמהלכה נערך המחקר המתואר, בעוד שלמורים האחרים הייתה זו שנת ההשתלמות השנייה, שבמהלכה התוודעו בהדרגה להוראה/למידה לפי הגישה המערכתית. למורה זו ותק רב בהוראה וביטחון ניכר ביכולה ובכישוריה ללמד. התייחסותה בריאיון היא של עליונות ויהירות. נראה כי היא רואה בהשתלמות ובפעילויות בה מקור לעזרי הוראה ולא דווקא בסיס להתפתחות אישית.

בעוד שמורה א' השתמשה ברעיון של כתמי הנפט בים ועיבדה אותו עם שתי מורות נוספות לרמת הידע של תלמידיה ולאופי הפעילות המתוכננת בכיתה, מורה ב', ברמת ההצהרה, לא מתכוונת להוסיף או לשנות דבר בדפי הפעילות, אלא לשלבם כמות שהם בכיתה מבלי להתאימם לתלמידיה ולנושא הלמידה. עם זאת, נראה כי מורה זו עשתה את "הצעד הראשון" לשינוי פרופסיונלי בציינה כי מצא חן בעיניה שילוב ההיבט הסביבתי-חברתי בנושאים מדעיים. נראה כי היבט השילוב עורר בה עניין ומחשבה נוספת.

בהמשך השנה התוודעה מורה ב' לנושאים נוספים בגישה המערכתית והייתה שותפה בצוות שפיתח נושא לימודי בגישה זו כפרויקט סיכום בהשתלמות. בריאיון נוסף ציינה המורה כי היא מרגישה שינוי אישי. בסמסטר השני של שנת הלימודים היא שילבה גישות הוראה מגוונות, בעיקר למידה שיתופית, בנושאים אחדים מתכנית הלימודים והתייחסה למספר היבטים. במהלך השנה חל במורה זו שיפור בהבנת הגישה המערכתית להוראה לא רק ברמת ההצהרה, אלא גם ברמת יישום ראשוני בשטח.

ממצאי המשוב המסכם

בניתוח שאלון המשוב שחולק עם תום לימוד נושא המסיסות, עלה כי יש פתיחות רבה אצל המורים לגישת הוראה/למידה מערכתית בעקבות התנסותם בה במהלך שנת השתלמותם הראשונה. עם זאת, עלה הצורך בהרחבת הרקע התאורטי של הגישה, פירוט הרציונל ומכלול ההיבטים הקשורים בגישה זו, בעיקר אלה הקשורים במורים עצמם.

בהתאם לכך, נערכה בהמשך השתלמות המורים הרצאה על הרקע התאורטי לגישה המערכתית ועל רציונל שילובה בהוראת המדעים. ניתנו מטלות קבוצתיות של עיבוד נושא מדעי להוראה בגישה מערכתית, הכוללות חקר אירוע ופעילויות לתלמידים. בסיום השנה חולק שאלון משוב מסכם, שבו התבקשו המורים להתייחס לשינוי אישי שחל בהם בעקבות ההתנסויות שחוו בהשתלמות בשיעורי הכימיה והסביבה. בניתוח תוכן לשאלון זה נמצאה התייחסות מורכבת לגישת ההוראה שכללה שלושה היבטים: היבט קוגניטיבי, היבט פדגוגי והיבט השקפות ואמונות חינוכיות. 65% מהמורים התייחסו לשינוי אישי בהיבט הקוגניטיבי. אחת המורות ציינה כי: "הפעילויות שעברנו במשך השנתיים בשיעורי הכימיה והסביבה תרמו לי באופן אישי להרחבת הידע בנושאים מדעיים"; ואחרת התייחסה ליכולתה לשלב תחומים: "כיום, כשאני ניגשת ללמד נושא חדש, אני מחפשת 'לתקוף' אותו בהיבטים שונים".

76% מהמורים התייחסו לשינוי אישי ברמה הפדגוגית, כפי שעולה מדבריו של אחד המורים: "חקר אירועים מזמן לתלמידים ראייה היקפית על הנושא ובכך מאפשר למורה דרך הוראה חלופית. למדתי כיצד לערוך קטע בצורה שתהיה ברורה ונעימה לתלמיד".

88% מהמורים התייחסו לשינוי אישי בהיבט השקפות ואמונות חינוכיות. אחת המורות ציינה במיוחד את חשיבות העבודה בצוות: "באופן אישי, השינוי האמתי שעברתי הוא בהבנה של חשיבות העבודה בקבוצה במהלך השתלמות זו, במסגרת כימיה וסביבה, התוודעתי לאפשרות של עבודה בצוות כאשר כל אחד תורם מיכולתו, מחשבתו וניסיונו, ובדרך זו ניתן להפיק תוצר מושלם". מורה אחרת הדגישה את השינוי ביחסי הגומלין מורה-תלמיד: "למדתי כי מורה יכול להיות גורם משמעותי במהלך הלמידה בלי שהתלמיד ירגיש לחצים או סמכותיות אלא תמיכה".

יש לציין כי שני מורים (12%) התייחסו להיבט אחד בלבד של שינוי אישי בגישתם להוראה - היבט השקפות ואמונות חינוכיות. לעומתם, 47% מהמורים התייחסו לשינוי היבטים של שינוי אישי ו- 41% מהמורים התייחסו לשלושה היבטים. הדבר מעיד על הבנת הגישה המערכתית של ההוראה המתבטאת בשינוי אישי בממדים שונים שחוו המורים במהלך השתלמותם לאורך שנתיים.

סיכום ודיון

תופעת המסיסות מוכרת היטב בחיי היום-יום והיא בעלת השלכות סביבתיות וחברתיות. בהתבסס על מחקרים רבים בתחום למידת/הוראת כימיה, מצביעה (גיבל 1998) על כך שלתלמידים קשיים רבים בהבנת מושגים ותופעות בכימיה בשלוש רמות: רמת המיקרו, רמת המאקרו ורמת הסמל. גישה המשלבת כימיה, טכנולוגיה וחברה תוך הדגשת הקשרים בין המושגים הכימיים ברמת המיקרו והמאקרו ובין תופעות בחיי היום-יום, משפרת את הבנת הלומדים לגבי העולם הסובב אותם (- & , 1994). לגישה זו חשיבות רבה, כיוון שתלמידים מתקשים בהרחבה ובהחלת ידיעותיהם במדע על תופעות בחיי היום-יום, בעיקר מפני שבמהלך לימודיהם שלא עודדו אותם לעסוק בכך (, 1991). יישום הגישה המערכתית

בלמידת תופעת המסיסות כפי שתוארה במחקר זה, מאפשרת את הבנתה ברמת המאקרו, המיקרו והסמל. ממצאי המחקר מצביעים על כך שרוב המורים מצאו עניין רב בנושא המסיסות ולמידתו בגישה המערכתית והביעו רצון ללמד כבר באותה שנת לימודים נושאים מדעיים לפי גישה זו. רוב המורים נימקו את רצונם בהיבט הריגושי מבחינת התלמיד - עניין ורלוונטיות לתלמיד - אך לא התייחסו למקומם כמורים בגישת הוראה/למידה זו. בנוגע לנושאים מתכנית הלימודים שניתן לעבד ולהתאים לגישה המערכתית, נמנו נושאים רבים, ושליש מהם הוצגו בצורה מעמיקה. מורים אחדים הציעו לשלב את נושא המסיסות לפי גישה זו גם אצל תלמידי החטיבה העליונה הלומדים כימיה בהיקף מורחב, כשהמטרה היא לאפשר מבט כוללני ורחב על נושא המסיסות תוך הדגשת ההיבט הסביבתי-חברתי. עוד ציינו המורים כי חשוב לשלב את נושא המסיסות בשיעורי מדע לתלמידי חטיבת הביניים תוך הדגשת ההיבט הסביבתי-חברתי ובהתייחסות כללית בלבד להיבט התעשייתי והכימי מבלי לכלול ניסוח תגובות כימיות של תהליכי המסה.

ממצאי שאלון המשוב הראשון הראו כי רוב המורים תופסים את מושג ההבנה המערכתית ואת הגישה הבין-תחומית בעיקר כמכלול היבטים מתחומים שונים הקשורים בנושא מרכזי. רק חלקם התייחסו גם למרכיבים אחרים בגישה המערכתית, כגון קישור בין התחומים השונים, הרלוונטיות של הנושא לחיי היום-יום וההיבט הריגושי בלמידה שמתבטא בעניין ובסקרנות. אף לא אחד התייחס לפיתוח מיומנויות חשיבה ברמה גבוהה, כגון חשיבה ביקורתית, פתרון בעיות, קבלת החלטות - מיומנויות שחשוב לפתח אצל הלומדים באמצעות הגישה המערכתית.

מגוון התייחסות המורים במשוב המסכם שניתן בסיום ההשתלמות העיד על הבנה עמוקה יותר של הגישה המערכתית להוראה על כל רבדיה. התייחסויות המורים כללו שילוב תחומים בהוראת נושא מדעי תוך הדגשת הקשרים ביניהם, חשיבות שילוב מגוון שיטות הוראה (כגון למידה שיתופית, חקר אירועים, יחס מורה-תלמיד). מורים רבים ציינו את חשיבות עבודת הצוות בהכנת חומרי לימוד. הם ראו בכך תרומה רבה הן בתחום המקצועי והן בתחום האישי. הבנת המורים את הגישה המערכתית והתייחסותם החיובית אליה בעקבות התנסותם המוצלחת בכיתות - אלה הם הישגים בעלי חשיבות רבה בהתפתחותם המקצועית וביישום השיטה בעתיד.

& (1998) מדגישים כי בפיתוח ותכנון של תכניות לימודים חדשות יש להביא בחשבון את המאגרים האנושיים המעורבים, ובעיקר מורים. כמצטייר ממחקר זה וממחקרים נוספים (טל, דורי וצולר, 1999), מורים הנדרשים להתאים חומרי לימוד ושיטות הוראה חדשות לתלמידיהם בכיתה, מעידים על הרגשת אי-נוחות אישית ומקצועית. תופעה זו קיימת הן בקרב מורים חדשים והן בקרב מורים ותיקים הנמצאים בשלבים שונים בקריירה המקצועית שלהם. כל שינוי וחיידוש בחיים המקצועיים עלולים להוביל לתופעות של חרדה, התנגדות ושמרנות (1993). על כן, נודעת חשיבות רבה להבנה ולמתן תמיכה מתמשכת למורים במהלך יישום תכניות לימודים חדשות.

לסיכום, ההשתלמות ארוכת-הטווח שבה השתתפו המורים שהיו מושא מחקר זה, אפשרה חשיפה הדרגתית לרעיונות חדשים הן בתחום הידע והן בתחום הגישה המערכתית להוראה/למידה. התמיכה במורים העניקה להם ביטחון עצמי בכל הנוגע לביצוע שינויים בכיתות לקראת שילוב הגישה המערכתית בהוראת מדע. נוצרו אמונה והבנה כי אכן יש צורך בשינוי זה וכי השינוי הוא אפשרי.

ביבליוגרפיה

- בן-פרץ מ' (1991). "מבנה דעת כמושג מנחה בתכנון לימודים", בתוך: זילברשטיין מ' (עורך): מבנה הדעת של מקצועות וגישה אחדותית בתוכניות לימודים, משרד החינוך והתרבות, ירושלים, עמ' 10-23.
- בן-צבי ר', זילברשטיין י' (1986). הכימיה - אתגר, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן, רחובות.
- ברנד ר' (1996). למידה לשם הוראה - מודל לתכנון תכנית לימודים עבור פרחי-הוראה ויישומם בהוראת כימיה למתמחים בטבע, עבודת דוקטורט, האוניברסיטה העברית בירושלים.
- ברזנר א', מימרן ע', רון צ' (1993). פרקים בהוראת איכות הסביבה לבתי ספר יסודיים ולחטיבת הביניים, עיריית ירושלים - המחלקה לאיכות הסביבה, המינהלה לחינוך והחברה להגנת הטבע, ירושלים, עמ' 62-64.
- הרשקוביץ א' (1996). הישגים לימודיים ומיומנות שאילת שאלות בהוראת הנושא "איכות האוויר סביבנו" בשיטת הג'יקסו, עבודה לתואר מוסמך, הטכניון-מכון טכנולוגי לישראל, חיפה.
- הרשקוביץ א' (1999). מורי מדע בעידן של שינוי - לקראת הוראה/למידה בין תחומית משולבת אירועים, עבודה לתואר דוקטורט, הטכניון-מכון טכנולוגי לישראל, חיפה.
- הרשקוביץ א', דורי י' (1996). "למידה שיתופית - יישום שיטת הג'יקסו במעבדה לכימיה בנושא חומצות ובסיסים", הלכה למעשה, 11, האגף לתכניות לימודים, משרד החינוך והתרבות, ירושלים, עמ' 127-150.
- טל ר', דורי י', וצולר א' (1999). "הערכת התפתחות גישה מערכתית בקרב מורי מט"ס מפתחי תכניות לימודים בגישת - חקר מקרה", הלכה למעשה, 14, האגף לתכניות לימודים, משרד החינוך והתרבות, ירושלים, עמ' 111-129.
- מילנר נ' (1990). הכימיה - אתגר, תרכובות הפחמן, מדרוך למורה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן, רחובות, עמ' 98-112.
- מנדלר ד' (1997). "מדוע מים ושמן לא מתערבבים - הדגמה על מקרן שקפים", ידיעון כימיה, טכנולוגיה וחברה, 69, עמ' 28.
- פלד י', דורי י' (1998). "שילוב למידת רחק בהשתלמות מדע וטכנולוגיה", הכינוס 15 - של האגודה הישראלית למחשבים בחינוך, רמת-גן.
- צבר בן-יהושע נ' (1990). המחקר האיכותי בהוראה ובלמידה, מסדה, גבעתיים.

- צולר א' (1986). "הראליזם של פיתוח תכניות לימודים חדשניות בחינוך הסביבתי, החינוך הסביבתי בישראל, תמונת מצב לקראת שנת 2000", קובץ מאמרים, מדרשת שדה בוקר, עמ' 72-83.
- צולר א' (1990). "אנחנו, הסובב, והחינוך הסביבתי: לקראת שנת 2000 ולאחריה", סביבות, מדרשת שדה בוקר, עמ' 218-233.
- צולר א', דורי י', קייני ש' (1993). "פיתוח המקצוע 'מדע, טכנולוגיה וסביבה בחברה המודרנית' לחטיבה עליונה", הצעה למנהלת "מחר 98" - מל"מ, משרד החינוך והתרבות, ירושלים, עמ' 1-7.
- קסנר מ' (1984). הכימיה סביבנו, חלק א', המחלקה להוראת המדעים, מכון וייצמן, רחובות, עמ' 23-29.
- קסנר מ' (1998). לא על הדשן לבדו, המחלקה להוראת המדעים, מכון וייצמן, רחובות.
- רלן א', קימפסטון ר' (פברואר 1997). "אינטגרציה של תכניות לימודים: ניתוח ביקורתי של נושאים מעשיים ורעיוניים", לקט מאמרים בנושא הוראה בין-תחומית, יום עיון להוראה בין-תחומית בבית הספר העל-יסודי, משרד החינוך והתרבות.
- Adam, M. (1992). "Harvard to High School: will it Work?" **SnapShots**, 1(4), pp. 4-5.
- Aikenhead, G.S. (1991-92). "The Content of STS Education", in: **NSTA Handbook of STS**, 1, pp. 26-31.
- Bertalanffy, L.V. (1968). **General System Theory: Foundation, Development, Applications**, New York: George Braziller (from D. Chen & W. Stroup (1993)).
- Bickerton, L. (1992). "The Harvard Connection", **SnapShots**, 1(4), pp. 2-3.
- Ben-Zvi, N. & Gai, R. (1994). Classroom Knowledge versus the Experience of the Senses, **Journal of Chemical Education**, 71(9), pp. 730-732.
- Bodner, G.M. (1991). **Journal of Chemical Education**, 68, p. 385.
- Bybee, R.W. (1987). "Science Education and Science-Technology-Society (S-T-S) Theme", **Science Education**, 71 (5), pp. 667-683.
- Bybee, R.W. & Ben-Zvi, N. (1998). "Science Curriculum: Translating Goals to Practices". in: B.J. Fraser & K.G. Tobin.(Eds.), **International Handbook of Science Education**, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 487-498.
- Chen, D. & Stroup, W. (1993). "General System Theory: Toward Coceptual Framework for Science and Technology Education for All", **Journal of Science Education and Technology**, 2(3), pp. 447-459.
- Dori, Y.J. (1994). "Achievement and Attitude Evaluation of a Case-Based Chemistry for Nursing Students in Israel", **Educational Evaluation**, 20(3), pp. 337-348.
- Dori, Y.J. & Herscovitz, O.(1996). "Question Posing Capability Using an Environmental Case Study Before and After Studying 'The Quality of Air Around Us' Module", **69th Annual National Association for Research in Science Teaching Conference**, St. Louis, MO, USA.
- Dori, Y.J. & Herscovitz, O. (1999). "Question Posing Capability Using an Environmental Case Study Before and After Studying 'The Quality of Air Around Us' Module", **Journal of Science Education and Technology**, 2(3), pp. 411-430.
- Dori, Y.J. & Tal R.T. (2000). "Formal and Informal Collaborative Projects: Engaging in Industry with Environmental Awareness". **Science Education**, 84(1), pp. 1-19.
- Easley, J.A. (1982). "Naturalistic Case Studies Exploring Social-Cognitive Mechanisms and Some Methodological Issues in Research in Science Education", **Journal of Research in Science Teaching**, 19(8), pp. 627-638.
- Erickson, F.(1986). "Qualitative Methods in Research on Teaching", in: M.C. Wittrock (Ed.), **Handbook of Research on Teaching**, (3rd ed.), New York: Macmillan, pp. 119-158.
- Eulefeld, G. (1991). "Environmental Education and Inclusive Thinking", in: S. Keieny& U. Zolle (Eds.), **Conceptual Issues in Environmental Education**, New York: Peter Lang, pp. 155-170.

- Gable, D. (1998). "The Complexity of Chemistry and Implications for Teaching, in: B.J. Fraser, & K.G. Tobin (Eds.), **International Handbook of Science Education**, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 233-248.
- Haney, J.J, Czerniak, C.M. & Lumpe, A.T. (1996). "Teacher Beliefs and Intentions Regarding the Implementation of Science Education Reform, Strands", **Journal of Research in Science Teaching**, **33**(9), pp. 971-993.
- Herreid, C.F. (1994a). "Case Studies in Science - A Novel Method of Science Education", **Journal of College Science Teaching**, **23**(4), pp. 221-229.
- Herreid, C.F (1994b). "Journal Articles as Case Studies - The New England Journal of Medicine on Breast Cancer ; Promoting Critical Thinking in Science", **Journal of College Science Teaching**, **23**(6), pp. 349-355.
- Huberman, M. (1993). "Steps Toward a Developmental Model of the Teaching Career", in: L. Kremer-Hayon, H.G. Vonk & R. Fessler (Eds.), **Teacher Professional Development: A Multiple Perspective Approach**, Amsterdam: Swets & Zeitlinger B.V.
- Keiny, S. (1991). "System Thinking as a Prerequisite for Environmental Problem Solving, in: S. Keiny & U. Zoller (Eds.), **Conceptual Issues in Environmental Education**, New York: Peter Lang, pp. 171-184.
- Kesner, M., Hofstein, A. & Ben-Zvi, R. (1997). "The Development and Implementation of two Industrial Chemistry Case Studies for the Israeli High School Chemistry Curriculum", **International Journal of Science Education**, **19**(5), pp. 565-576.
- Orion, N. (1993). "A Model for the Development and Implementation of Field Trips as an Integral Part of the Science Curriculum", **School Science and Mathematics**, **93**(6), pp. 325-331.
- Smith, M.L. (1982). "Benefits of Methods in Research in Science Education", **Journal of Research in Science Teaching**, **19**(8), pp. 627-638.
- Tobin, K. & Gallagher, J.J. (1987). "What Happens in High School Science Classrooms?" **Journal of Curriculum Studies**, **19**, pp. 549-560.
- Wassermann, S. (1992). "A Case for Social Studies", **Phi Delta Kappa**, pp. 793-801.
- Wassermann, S. (1994). **Introduction to Case Method Teaching**, New York: Teachers College Press.
- Wheatley, J. (1986). "The Use of Case Studies in the Science Classroom", **Journal of College Science Teaching**, **15**, pp. 428-431.
- Witenoff, S. & Lazarowitz, R. (1993). "Restructuring Laboratory Worksheets for Junior High School Biology Students in the Heterogeneous Classroom", **Research in Science and Technological Education**, **11**(2), pp. 225-239.
- Yager, R.E. (1991-92). "Basic Science or STS: Which is Better for Science Learning? The Case for STS as Reform", in: **NSTA Handbook of STS**, **1**, pp. 8-13.
- Yager, R.E. & Hofstein, A. (1986). "Features of a Quality Curriculum for School Science", **Journal of Curriculum Studies**, **18**, pp. 133-146.
- Yager, R.E. & Tamir, P. (1993). "STS Approach: Reasons, Intentions, Accomplishments and Outcomes", **Science Education**, **77**(6), pp. 637-658.
- Zoller, U. (1987). "Problem Solving and Decision-Making in Science — Technology — Environment - Society (STES) Education", in: K. Riquarts (Ed.), **Science Technology Education and the Quality of Life**, **2**, pp. 526-569.

Zoller, U. (1993a). "Expanding the Meaning of STS and the Movement Across the Globe", in: R.E. Yager (Ed.), **The Science, Technology, Society Movement - What Research Says to Science Teacher**, volume 7, Washington, DC: National Science Teachers Association.

Zoller, U. (June, 1999). "The Science, Technology and Environment in Modern Society" (STEMS) Curriculum: The Translation of theory into Practices in Environmental Education, **The 7th International Conference of the Environmental Quality Sciences on Environmental Challenges for the next Millenium**, Jerusalem.

נספח א'

חלק מפעילות ששולבה בהיבט הסביבתי-חברתי של נושא המסיסות.

כתמי נפט בים - זיהום בלתי נמנע?

גסיסתו ומותו הצפוי של עוף הים, הקורמורן, הרעיד את הלבבות בכל פינה בעולם, שעקב בחרדה אחר ניסיונותיו לשרוד בתוך כתם נפט ענקי במימי המפרץ הפרסי (במלחמת המפרץ, 1991). תמונות הקורמורן הגוסס הפכו לסמל אותה מלחמה, אשר במהלכה לא בחלה עיראק בשימוש בנפט כנשק - נשק אקולוגי. העיראקים הזרימו לים מיליוני טונות של נפט גלמי שהציף שטחים נרחבים במימי המפרץ הפרסי וגרם לפגיעה בחי ובצומח ולנזק אקולוגי מתמשך לשנים רבות.

זיהום מי הים מכתמי נפט גדולים הועלה לסדר היום הציבורי בעולם בעקבות מלחמת המפרץ, אך זהו איננו אירוע בודד. כתמי נפט בים נוצרים כל הזמן ממכליות נפט המשייטות בימים ובאוקיינוסים, אם כתוצאה מתאונות ואם כתוצאה משטיפת המכלים של מכליות הנפט במי ים והזרמת מי השטיפה שוב לים. במרץ 1989 אירעה תאונה במכלית הנפט הענקית סמוך לחופי אלסקה, וכתוצאה מכך נשפכו מיליוני טונות של נפט לים. כתם הנפט הגדול פגע מיד בדגי הסלמון, השרימפס, הסרטנים ושאר החי והצומח הרב באזור. יותר מ- 5000 לוטרות, כ- 300,000 ציפורים, 23 לוייתנים, 30 כלבי-ים ומספר רב של דגים ויצורים ימיים קטנים נוספים מתו. כתוצאה מכך נפגעה לשנים רבות פרנסתם של מאות דייגים באזור, כי גם לאחר העלמות הכתם, האיזון האקולוגי לא חזר לקדמותו. כמו כן נפגעו קשות ענף התיירות באזור.

מעובד על-פי:

Environmental Issues, Eddison-Wesley Publishing Company, USA, 1995.

"ביליון דולר אמריקאים לא הצליחו למחוק את כתם הנפט מעל אלסקה", הביוספרה, י"ט 1, 1989.

ו- "ידיעות אחרונות", מוסף מזכרת למלחמת המפרץ, מרץ 1991.

שאלות להעמקה ולדיון

1. נפט צף על-פני המים

א. הסבירו זאת במונחים של מבנה וקישור (היעזרו במידע לגבי נפט גלמי).

א. העובדה שהנפט צף על פני המים פוגעת בשתי תכונות חשובות של המים: כמות החמצן המומס במים קטנה ושקיפות המים נחסמת.

הסבירו מדוע נפגעות תכונות אילו של המים ומהן התוצאות הצפויות מפגיעות אילו.

2. מלחמת המפרץ מכונה גם המלחמה האקולוגית הראשונה. האם שם זה מוצדק, לדעתכם? הסבירו.

3. בחורף 1989 טבעה מכלית הנפט "איל" מול חופי תל-אביב. על סיפונה היו 660 טון שמן כבד (מזוט) המשמש דלק לאניות. מה היו השלכות

טביעת המכלית על חופי הארץ? (התייחסו להיבטים שונים).

4. נסו להציע פתרון לטווח הרחוק לבעיית כתמי הנפט בים.