

כרוניקה של החדרת שינוי בחינוך הטכנולוגי - תיאור מקרה

על תלמידים בעלי הישגים לימודיים גבוהים, הוא רצונם (בעידוד ההורים) בהשקעה מיטבית של מאמציהם, במטרה להשיג "סכס" גבוה, הנדרש כתנאי קבלה למוסדות ההשכלה הגבוהה. לכן התלמידים מעדיפים ללמוד את המקצועות מתמטיקה, פיסיקה, המעניקים בונס בגובה 30% ולא ללמוד חשמל ואלקטרוניקה, המחייבים שעות לימוד רבות ומעניקים בונס של 25% בלבד. אם גם נוסף את דברי המורים, "שהלימודים במגמה אינם מהווים אתגר ולעתים אף משעממים את התלמידים", ודאי נשתכנע שההתערבות לשיפור המצב הכרחית.

על מנת לסייע לבתי הספר לשפר מצב זה, אותרה מסגרת תומכת כלכלית ואותר צוות מוביל פדגוגי, מן הדיסציפלינה המתאימה. נערכה פגישה ראשונה בין ראשי הצוות המוביל ומורי בתי הספר, ללימוד ציפיות המורים מן הצוות המוביל. הוחלט על פעילות שיפור תלת שנתית עם אפשרות הארכה בשנה נוספת להטמעת השינוי בבתי הספר. פעילות הצוות המוביל התאפיינה בנוכחות גבוהה בשדה. מה שהתבטא בתצפיות על הפעילות, ראיונות רבים עם מנהלים, מורים ותלמידים, רגישות להצלחה או אי הצלחת התהליכים החדשים ונכונות גבוהה לשנות כשנדרש שינוי. הפעילות, שנמשכה ארבע שנים, החלה בארבעה בתי ספר בגליל ובתוך שנתיים הורחבה לשמונה בתי ספר.

רקע תיאורטי

כיצד אפשר להטמיע שינוי חינוכי לאורך זמן? מורים יאמצו שיטות הוראה חדשות אם המודל המתואר באיור 1 (Rogers & Shoemaker, 1971), יניב אישור סופי להמשך יישום השינוי. הסיבה ששינוי חינוכי אינו מוטמע בשדה לאורך זמן נובעת בין היתר מכך שמורים נוטים לאמץ רק חלקים קטנים של שיטה חדשה. מורים נוטים לאמץ רק חומרי לימוד שאינם סוטים בהרבה מן הגישה שאליה הם רגילים. יישום של שיטת לימוד חדשה תוך כדי השתלמות מורים התומכת ביישום זה עשויה לתרום להצלחתו בשדה ולהגדלת הסיכוי שמורים יאמצו את שיטת הלימוד החדשה לאורך זמן (Resnick, 2005). בלמידה סביב מחשב (כמו גם בלמידה סביב פרויקטים טכנולוגיים) ניכרת חשיבות רבה לתפקיד המורה כמנחה. המורים הם המחליטים העיקריים מהו נושא ראוי ללימוד ומנחים את תלמידיהם לקראת תשובות ידועות מראש (פישר, 1996). לדבריה גם אם תוכני הלימוד יהיו פתוחים וחלקם ייקבעו על

ניסים סבאג

המחלקה להנדסת חשמל ואלקטרוניקה, המכללה האקדמית להנדסה
אורט בראודה, ת"ד 78, כרמיאל, nsabag@braude.ac.il

ירון דופלט

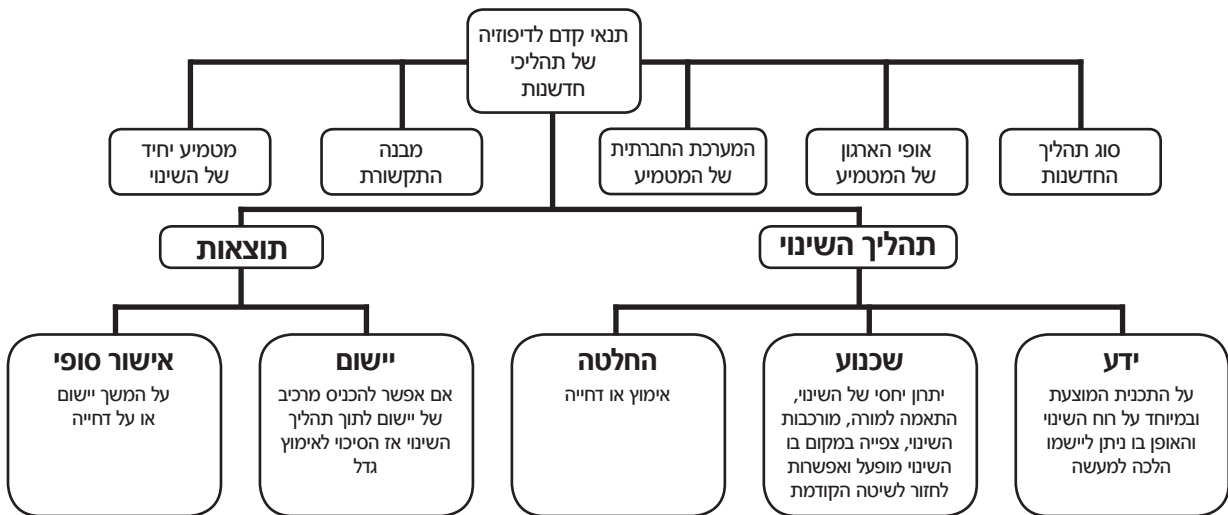
המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, הטכניון - מכון טכנולוגי
לישראל, קריית הטכניון, חיפה 32000, yarondoppelt@gmail.com

תקציר

המאמר מתאר תכנית לקידום לימודי חשמל ואלקטרוניקה והפעלתה בשיתוף פעולה עם בתי ספר בצפון הארץ. התכנית נפתחה עם ארבעה בתי ספר תיכוניים בגליל והתרחבה לשמונה בתי ספר. במאמר מוצגים תהליכי הוראה למידה של מורים ותלמידים במהלך שלוש שנות פעילות. לצורך יישום התכנית פותחו חומרי לימוד, מדריכים למורה, נערכו השתלמויות מורים, והנחיה בבתי הספר כדי לעקוב אחר המתרחש בשטח והן כדי לקדם נושאים הקשורים בתכנית. בשלהי התכנית ניגשו תלמידי כיתות י"ב של שמונה בתי ספר לבחינות בגרות על פרויקטים בהיקף רחב. יותר מ-150 תלמידי אלקטרוניקה ו-50 תלמידי חשמל ניגשו לבחינות ועמדו בהן בהצלחה. טרם הפעלת התכנית, התבצעו במגמות חשמל ואלקטרוניקה, בכל מדינת ישראל, 40 עבודות או פרויקטי גמר. כיום, 10 שנים אחר, מוגשים כל שנה כ-2000 עבודות ופרויקטי גמר לבחינות בגרות של משרד החינוך.

מבוא

המקרה המוצג במאמר זה הוא תוצר של דאגה רבה שהושמעה על ידי מורי מגמות החשמל והאלקטרוניקה המלמדים בבתי הספר התיכוניים ובמכללות לטכנאים והנדסאים. סך כל האמירות של המורים ומנהלי בתי הספר מסתכם למסקנה, שתחום הוראת החשמל והאלקטרוניקה במשבר. התלמידים הטובים, שבעבר התחרו על זכותם ללמוד בתחומים אטרקטיביים אלו, אינם נדרשים עוד להתאמץ במיוחד כדי להתקבל למגמה. נהפוך הוא, מורי המגמה ומנהליה מוצאים עצמם נאלצים לחזר אחר תלמידים טובים על מנת שיבואו ללמוד במגמה. הישגי התלמידים אינם גבוהים כבעבר המוטיבציה שלהם ללמוד ירדה. אחד הגורמים המשפיע במיוחד



איור 1: מודל לדיפוזיה של תהליכי חדשנות בחינוך

נמצא שמורים משתפים פעולה כשיש עניין קוריקולרי משותף למדע ולטכנולוגיה ובייחוד בלמידה הכוללת התנסות (Barak & Pearlman-Avni, 1999). הם ממליצים על למידה סביב פרויקט כדרך אפקטיבית להשגת שיתוף פעולה בין מורים. בתכנית המתוארת במאמר זה, אכן נתגלו מקרים של שיתוף פעולה בין מורים וגם מקרים שבהם המורים פנו בבקשת עזרה מקצועית ממורים אחרים.

תכנית ההתערבות

צעדים ראשונים - הכרת השטח

קריאתם של מורי בתי הספר נפלה על אוזני הנהלת פרויקט מטאורט בגליל, פרויקט משותף לרשת אורט ולקרן סקט"א רש"י. ראשי פרויקט מטאורט בגליל נענו ליוזמה והחליטו על פתיחת התכנית לקידום לימודי החשמל ואלקטרוניקה. בתוך זמן קצר התגבש צוות פדגוגי שקיבל על עצמו להוביל שינוי. כצעד אופרטיבי ראשון נערכה פגישה בין ראשי הצוות המוביל לבין נציגים של מורי החשמל ואלקטרוניקה מארבעה בתי ספר. בהמשך לפגישה זאת נערך פורום סיעור מוחות בהשתתפות כ-30 מורי חשמל ואלקטרוניקה, ביניהם מורי בתי הספר, חברי הצוות המוביל ומורים אחרים מן התחום. סיעור המוחות נסב סביב השאלות: מהי מטרת תכנית הקידום? מהן הדרכים להשגת המטרה? מהם התכנים שיש ללמד בהשתלמות מורים כדי להגיע למטרה הזאת? מהן שיטות ההוראה העדיפות? מהי סביבת הלמידה הדרושה להשגת המטרה? מפגש סיעור המוחות נמשך ארבע שעות קדחתניות ובמהלכו עלו עשרות רעיונות. כמו למשל: לגרום ל"גאוות יחידה" אצל התלמידים, להכניס נושאי לימוד מעניינים, לצייד את המעבדות במחשבים עם תוכנות

ידי התלמידים, תפקיד ניהול הכיתה ימשיך להיות נחלת המורים. עם זאת אין להתעלם מכך שמורים רבים מתקשים להשתחרר מן התפיסה שתחומי תוכן מסוימים מחייבים גישה בעלת מבנה קבוע להבטחת "למידה יעילה" (המזוהה לעתים עם "להספיק את החומר"). למידה זו יכולה למנוע פיתוח חשיבה יוצרת שכה חיונית בלמידה סביב פרויקטים. לפי (Chagas & Abegg, 1999), המורים מוכנים לתרום להצלחת תכנית לימודים הכוללת שימוש בטכנולוגיה מתקדמת, אך במקרים רבים המורים מתנגדים לדרך הלימוד הזאת ולכן החדרת למידה המבוססת מחשבים היא בעייתית.

רפלוביץ (1999) בדק את הטמעת המקצוע "מדע וטכנולוגיה" בחטיבות הביניים וגילה שתכנית הלימודים לא הובנה היטב על ידי רוב מורי המדע ומורי הטכנולוגיה. מה שהיה אחד הגורמים לדחיית ההפעלה המלאה של התכנית. מממצאיו עולה שהמורים מעדיפים להמשיך לעשות את מה שהם כבר יודעים. מורים נמנעו מלהגיע להשתלמויות בגלל אי נעימות במפגש עם "טובים" מהם. מצד אחר, כשמעגנים את השינוי החינוכי ביישום מוקדם של המורים בכיתות הנתמך בהשתלמות תוך כדי עבודת המורים, נמצא שמורים רבים אימצו תכניות חדשות, יישמו חומרי לימוד חדשים וטיפחו מיומנויות חשיבה מסדר גבוה (Doppelt, 2003; Dopeplt, 2009). בתכנית המתוארת במאמר זה נערכו השתלמויות מורים. בתי הספר התבקשו להטיל את פעילות הנחיית הפרויקטים על המורים שהשתתפו באופן פעיל בבניית פרויקטים בהשתלמויות.

חוקרים אחרים טוענים שהמאפיינים האישיים של המורה (אמונות, ניסיון, ידע בתחום הנלמד ועוד) משפיעים על האופן שבו ינהל את הפעילות (Krajcik, 1994). לדוגמה, הידע המקצועי והפדגוגי של המורה, יקבעו את השאלות המנחות שהמורה יבחר כדי לקדם את הלמידה של תלמידיו, או שהמורה ייתן לתלמידיו לבחור את השאלות בעצמם. במחקר שבו נדרשו מורים למדעים ומורים לטכנולוגיה לשתף פעולה בהוראת מקצוע מדעי-טכנולוגי,

באלקטרוניקה. הפעילות ארכה כ-30 שעות במסגרת המקצוע סדנה לאלקטרוניקה. לצורך זה הוגדר תהליך למידה סביב פרויקטים, פותחו 10 נושאים לפרויקטים מתחום התוכן "מיתוג ומערכות ספרותיות", שהיוו בסיס לפעילות. לכל פרויקט נכתבה חוברת לתלמיד המנחה את התלמיד בעבודתו וכוללת רמזים (שאלות מכוונות) לפתרון הבעיה. ההתמודדות עם הבעיה מחייבת, בדרך כלל, גם התמודדות עם נושא שהתלמיד עדיין לא למד. הנושא הבלתי מוכר מהווה חלק קטן מכלל הנושאים המעורבים בפרויקט, לדוגמה: בפרויקט "רמזור" נדרש התלמיד להכיר פעולתו של "דלגלג" ושל "מונה". נושאים אלו נלמדים בשלב מאוחר יותר בתכנית הלימודים. את הנושא הזה התלמיד למד באופן עצמאי תוך שהוא שואב מידע ממקורות שונים (מורים, הורים וקרובי משפחה, חברים, אינטרנט, או ספרות מקצועית). בכל פרויקט יש דרישה לביצוע אופטימיזציה ברמה מערכתית. בהמשך פותח נושא נוסף לפרויקט בעבור תלמידי החשמל. כל התלמידים בנו פרויקט המהווה פתרון לבעיה פתוחה שהוצגה לפני התלמידים. תלמידים אחדים ביקשו לבצע פרויקט נוסף ובקשתם נענתה.

במהלך פעילותם בפרויקט נדרשו התלמידים לעבור את השלבים האלה:

1. בחירת נושא ואפיון המערכת. ניתנה אפשרות לבחור מן ההיצע הקיים או להציע נושא עצמי.
 2. הגדרת חלוקת העבודה בצוות.
 3. איסוף מידע באינטרנט (ניתנה הכוונה לאתרים מומלצים).
 4. רישום תרשים מלבנים של המערכת (ראייה מערכתית).
 5. ניסוח פתרון לוגי לבעיה נתונה, מימוש בשערים לוגיים תוך ביצוע אופטימיזציה מערכתית.
 6. בדיקת הפתרון בסימולציה ממחשבת (EWB) ותיקון תקלות.
 7. הכנת מסמכי ייצור (רשימת רכיבים, רשימת חיווט וסרטוט הרכבה) לפני הרכבת המערכת.
 8. הרכבת המערכת (בנייה ברכיבים אמיתיים) ואיתור תקלות באופן שיטתי.
 9. בדיקה סופית על פי מפרט בדיקות שיחובר על ידי התלמידים.
 10. דיון משותף בין המורה וכלל תלמידי הכתה, לשם קביעה של קריטריונים להערכת הפרויקט.
 11. התהליך לווה בתיעוד שלבי הביצוע ובסוף נדרשו התלמידים להגיש את חוברת הפרויקט.
- כאן המקום לציין שתכנית ההתערבות כללה פיתוח פרויקטונים לכיתה י" ו-י"א, ופרויקטי גמר לכיתה י"ב. אחד התוצרים של התכנית היה אוגדן למידה סביב פרויקטים (סבאג, דופלט ואזיה, 2001), שכלל: חוברות לתלמיד, חוברת הנחיה למורה, חוברת הנחיה בנושא חלופות בהערכה.

שיטת המחקר

המחקר שנמשך במשך שלוש השנים שבהן הופעלה תכנית

סימולציה לצד מכשור מדידה מודרני. בין שאר הרעיונות הוצעו גם למידה סביב פרויקטים ולהציג לראווה את הפרויקטים שיבנו התלמידים.

מתוך כל התכנים שהוצע להכליל בהשתלמות המורים בלטו: תגבור המורים בנושאי מחשוב (שימוש בכלי office לאלקטרוניקה, שילוב סימולציות - EWB - Electronics Work Bench, שימוש באינטרנט), למידה סביב פרויקטים ונושאי לימוד ייחודיים ללימודי החשמל והאלקטרוניקה.

השתלמות המורים

שבוע אחרי כנס סיעור המוחות נפתחה השתלמות מורים בהיקף של 4 שעות שבועיות. משפט היסוד שריחף תמיד מעל ראשי המשתתפים היה: מה יעשה התלמיד? כל נושא שנלמד במסגרת ההשתלמות מומש בשבועות העוקבים, בכיתות, והמורים חזרו ודיווחו על התוצאות במסגרת השתלמות המורים. הנושאים הראשונים שנלמדו היו יישומי מחשב, מתוך כוונה להביא גם את כלל המורים לרמה התחלתית נאותה בעניין חשוב זה. כצעד מכין התבקשו המורים להשיב לשאלון מקדים לברור רמת הפתיחה שלהם. ניתוח התשובות הצביע על פערים גדולים בין המורים בכל הקשור למיומנויות מחשב. עובדה זאת חייבה פיצול משתתפי ההשתלמות לשתי קבוצות על פי מיומנותם בנושאי המחשוב. בשבועות ההשתלמות הראשונים לא הובחנה התלהבות רבה של המורים. הצוות הפדגוגי המוביל, שגילה רגישות מספקת לאווירה, התכנס בדחיפות והחליט על שינוי תכנית ההשתלמות. הוחלט על הקדמת הטיפול בלמידה סביב פרויקטים. כבר בפגישה הראשונה בנושא למידה סביב פרויקטים הורגש שינוי באווירה.

בתוך מספר לא רב של מפגשי השתלמות כבש הנושא את אהדת המורים. הוחלט להתחיל פעילות שתתאים לתלמידי כיתות י" ועם הזמן לצמוח ולגבש פעילויות גם לכיתות הגבוהות יותר. גובשה תפיסה פדגוגית מתאימה ללמידה סביב פרויקטים. הוצעו כמה פרויקטים קטנים (פרויקטונים) לבחירת משתתפי השתלמות המורים. המורים הומצו להציע רעיונות משל עצמם לפרויקטונים נוספים. המורים התנסו בבניית הפרויקטונים, הבאתם לכדי פעולה וכתבת חוברת המסכמת את פעילותם, את תחושותיהם ואת מה שלמדו במהלך ההתנסות. חדות היצירה הורגשה באוויר במהלך מפגשי ההשתלמות. המורים לחשמל חשו שנושאי הפרויקטונים אינם מתאימים לתלמידי מגמת חשמל. הם ביקשו ואף נענו ברצון לבצע פרויקטונים באמצעות בקרים מתוכנתים.

כשבועיים אחרי תחילת ההתנסות במסגרת השתלמות, הפעילו המורים את אותן הגישות עם תלמידיהם בבתי הספר. הדיווחים החיוביים הלכו והתרבו. אמירות כמו: "התלמידים לא רוצים לצאת להפסקה" היו לעניין שבשגרה. המורים, מעודדים מן התפנית, התנדבו להמשיך את הפעילות גם בימי חופשת הפסח שלהם.

היישום בכיתות

תלמידי כיתות י" בארבעת בתי הספר למדו סביב פרויקטים

מתוצאות הראיונות אפשר לראות שיש שביעות רצון מפעילות הפרויקטים. מדברי התלמידים אפשר גם לזהות התייחסות לשלבי ביצוע הפרויקטים בהתאם לפעילות שהוגדרה מראש.

דעות תלמידים

כשלב מקדים לחיבור שאלון עמדות התבקשו תלמידים לכתוב שני היגדים חיוביים ושני היגדים שליליים המבטאים את דעתם על מגמת חשמל-אלקטרוניקה. האוכלוסייה כללה תלמידי כיתות י"א של בתי ספר 1, 2 ו-3 (תלמידים אלו לא ביצעו פרויקטים, אוכלוסייה דומה לאוכלוסייה נבדקת). נאספו 239 היגדים ונערך ניתוח תוכן שלהם.

המסקנות העיקריות מהיגדי התלמידים הן:

1. יש 132 היגדים חיוביים ו-107 שליליים, על אף שהתלמידים התבקשו לכתוב 2 היגדים מכל סוג.
2. יותר ממחצית ההיגדים השליליים מדברים על עומס לימודי כבד.
3. כשליש מן מההיגדים החיוביים מדברים בזכות ההתנסות המעשית. ממצא זה מחזק את הגישה המחייבת התנסות מעשית בצד לימודים תיאורטיים.

ההתערבות כלל שילוב של כלי איסוף נתונים כמותיים ואיכותניים. הכלים הכמותיים היו איסוף בלתי מתערב של ציונים שנתיים של בתי הספר וציוני בחינות הבגרות. הכלים האיכותניים כללו תצפיות בכיתות, שיחות עם מורים וניתוח התוכן של ראיונות עם תלמידים.

כותבי מאמר זה הובילו את השתלמות המורים ונכחו בכל מפגשי ההשתלמות, במפגשי ההנחיה בבית הספר וצפו בתצוגת פרויקטים בסיום כיתות י"ב (מרבית תלמידי כיתות אלו השתתפו בפרויקט במשך 3 שנים).

ממצאים

ראיונות עם שישה תלמידים

נערכו ראיונות עומק עם שישה תלמידים. הראיונות הוקלטו ובמקביל נערך רישום של הדברים. התלמידים נבחרו על ידי מרכז המגמה, מאותו בית ספר, מהם תלמידים מצליחים ומהם פחות מצליחים. לתמליל הראיונות נערך ניתוח תוכן והופקו קטגוריות והבולטות ביניהן מופיעות בטבלה 1.

טבלה 1: קטגוריות בולטות מניתוח תוכן של ראיונות עם תלמידים

שכיחות	קוד התלמידים	קטגוריה
6	38,36,35,26,19,16	שביעות רצון כללית מהמגמה
6	38,36,35,26,19,16	שביעות רצון מן הבחירה ללמוד אלקטרוניקה
2	38,16	תחושת עצמאות בעבודה על הפרויקט
1	16	אי מתן חופש לבחירת נושא הפרויקט
5	38,35,26,19,16	חלוקת עבודה מראש
6	38,36,35,26,19,16	תיאור של עבודת צוות
6	38,36,35,26,19,16	ביצוע סימולציה לבדיקת נכונות הפתרון
5	38,36,26,19,16	שביעות רצון מפעילות הפרויקטים
3 כן, 1 לא	38,36,26,16	אימוץ דרכי חשיבה חדשות?
3	38,36,19	פתיחות של המורים
3	38,36,26	התייחסות חיובית למטלת תיעוד הפעילות
4	36,35,26,19	תמיכה של העבודה המעשית בלמידה התיאורטית

טבלה 2: תוצאות שאלון עמדות - מנורמלות לסולם של 100

כיתות	N	דימוי המגמה	תחושת עומס לימודי	סביבת לימוד	שביעות רצון כללית
י'	44	71.25	56.25	77.75	83.50
י"א	42	65	63	67.50	78.50

נכנסת לחדרי מחשב ומשתמשת במחשב ללא חשש. המורות 3, 4, 5, 6 מבית ספר 4, יזמו שלושה נושאים לפרויקטים בתחום התוכן מיתוג ומערכות ספרותיות לכיתות י". מורים נוספים הביעו התלהבות במהלך הרכבת מעגל הפרויקט שהם בחרו לממש במסגרת השתלמות המורים.

ניצול הצלחה - שנה שנייה לפעילות תכנית הקידום

לקראת סוף השנה הראשונה הצטרפו לתכנית הקידום עוד שלושה בתי ספר ובתום השנה השנייה לפעילות הצטרף בית ספר נוסף. בסך הכול שמונה בתי ספר. בתום השנה הראשונה נערכה השתלמות מורים נוספת למורי בתי הספר שהצטרפו לתכנית. ההשתלמות נערכה בחופשת הקיץ ואפשרה הצטרפות ללא תקלות של בתי הספר החדשים לתכנית. כתחליף להשתלמות המורים שהסתיימה, הוקם פורום של רכזי המגמות יחד עם הצוות הפדגוגי המוביל. פורום זה התכנס אחת לחודש. בכל מפגש נמסר דיווח של בתי הספר על הפעילות המתבצעת ונדונו כיווני התפתחות נוספים במטרה לשפר עוד את לימודי החשמל והאלקטרוניקה. המאמץ המרכזי היה לשכנע את בתי הספר להגיש את תלמידיהם לבחינת פרויקטים לבגרות. הדעות נחלקו בין המצדדים לבין המתנגדים ולכולם טיעונים חשובים. המצדדים אמרו שביצוע פרויקטים לבגרות יקפיץ את המגמה בכמה דרגות למעלה. לעומתם אמרו המתנגדים: "כיום התלמידים נדרשים לבחינת מעבדה שיש לה היסטוריה של ציונים גבוהים. ביצוע פרויקט הוא תובעני יותר ויש חשש שגם ציוני הבגרות יהיו נמוכים יותר. מה נגיד לתלמידים ולהוריהם?" אכן טיעון שאי אפשר להתעלם ממנו. כמו כן הובע חשש של מורים שלא ביצעו פרויקטים (לבגרות) מעולם: זה מפחיד. כחלק ממאמצי השכנוע הובטח לבתי הספר שיגויסו מנחים מנוסים שיסייעו לבתי הספר בפתרון בעיות קשות. כמו כן הובטח לסייע במציאת נושאים, בהגדרת הפרויקטים וברכש הרכיבים והציוד הדרוש למימוש הפרויקטים. דרישה קטגורית, של הצוות המוביל, שלא יהיה שכפול של אותם הפרויקטים, חייבה מציאת מאות נושאים שונים לפרויקטים. כמו כן הובטח לבתי הספר שיקויים מחנה פרויקטים שיימשך שבוע ימים בחופשת הקיץ שבין כיתה י"א לכיתה י"ב.

במחנה זה ישהו התלמידים ומוריהם, בתנאי קייטנה, ויתחילו את פעילותם לקראת מימוש פרויקט לבגרות. הנחישות השתלמה. כל שמונת בתי הספר הסכימו להיענות לאתגר ולהגיש את תלמידיהם לבגרות על פרויקטים. לקראת תחילת הפעילות במחנה הפרויקטים הוגדרו כ-200 הצעות פרויקט ונשלחו לאישור משרד החינוך. הצעות רבות הוצעו על ידי מורי בתי הספר והצעות נוספות על ידי צוות הפיתוח ומנחים שצורפו לצוות.

הישיבה התלמידים בכחינות הבגרות

תלמידי חשמל-אלקטרוניקה משמונה בתי ספר ניגשו לבחינות

על סמך היגדי התלמידים חובר שאלון עמדות לבירור עמדות התלמידים כלפי לימודיהם במגמת חשמל-אלקטרוניקה. השאלון הועבר לתלמידי כיתות י"ב שביצעו פרויקטים ותלמידי כיתות י"א שלא ביצעו פרויקטים.

מתוצאות שאלון העמדות אפשר לראות שתלמידי כיתות י"ב שביצעו פרויקטים מרוצים מלימודיהם, מסביבת הלימוד שלהם, הם מרגישים פחות עומס לימודי ודימוי המגמה בעיניהם גבוה לעומת תלמידי כיתות י"א שלא ביצעו פרויקטים. אין בתוצאות אלו כדי לקבוע שפעילות הפרויקטים היא שהביאה לשיפור ההרגשה של תלמידי כיתות י", אך די בתוצאות אלו כדי להצדיק את המשך הפעילות.

היגדים של מורים ומרכזי המגמות המתייחסים להשפעת הפרויקט על תלמידי בתי הספר בפגישות שנערכו עם מרכזי המגמות הם תיארו את השפעת הפרויקט על פעילות התלמידים:

בתי ספר 1 ו-2: רואים מאפייני למידה חדשים, התלמידים מתעניינים בנושאים מתקדמים שעוד לא למדו בכיתה. המעבדות פתוחות ומאפשרים לתלמידים לחפש חומרים באינטרנט.

בית ספר 3: התלמידים מתלהבים מן הפעילות סביב פרויקטים, שואלים בהקשר לחומר הלימוד. תלמיד שהתחמק בעבר אפילו ממבחנים, מתעניין היום, שואל ומחפש חומר באינטרנט. כלל התלמידים אוהבים את השימוש במחשבים. התלמידים מתמודדים עם שאלות מתחום התוכן גם בנושאים שלא למדו בכיתה. התלמידים פותרים בעיות בעצמם.

בית ספר 4: מרכז המגמה שנהג להיכנס לכיתת חשמל (רמה ג' ד') לפחות פעמיים בשבוע כדי להשליט משמעת אינו צריך לנהוג כך, מאז הפעילות סביב פרויקטים.

הפעילות סביב פרויקטים במגמת חשמל הכניסה לראשונה בהיסטוריה מחשבים למעבדת חשמל. התלמידים לומדים להשתמש בתוכנת הדמיה של מעגלים חשמליים (EWB) כמו החברים שלהם ממגמת אלקטרוניקה.

מרכז המגמה בבית ספר 4: (בפגישה עם הנהלת בית הספר 4, ב-19 באפריל 1999) התלמידים מאוד מרוצים מן הפעילות ואף ביקשו לעבוד בחופשת הפסח (בזמנם החופשי), בבית הספר כדי להספיק לסיים את הפרויקט. בקשתם נענתה ומורה 6 הגיעה לבית הספר בחופשתה על מנת לאפשר לתלמידים להתקדם.

מורה 2 בבית ספר 4: התלמידים מציעים הצעות משל עצמם לפתרון הפרויקטים, שבחרו לבצע. המורים הולכים לקראת התלמידים ומעודדים את התלמידים לממש את רעיונותיהם. התגלו מאפייני למידה חדשים אצל התלמידים, הם מעזים להתמודד עם נושאים שלא למדו קודם לכן בכיתה. המורים אינם מגלים לתלמידים את הפתרונות לבעיות שהם צריכים לפתור.

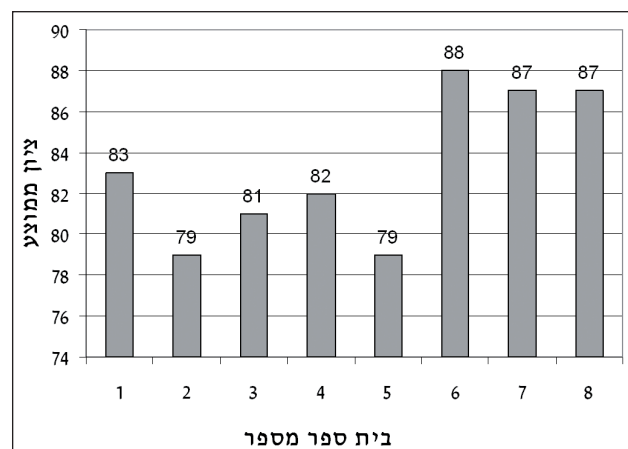
שינוי בהתנהגות מורים כפי שהובחן בתהליך ההנחיה ובהשתלמות המורים

לדוגמה, מורה 5 בבית ספר 4, שנרתעה בעבר משימוש במחשב,

1. שיחה "בגובה העיניים" (הן מן הבחינה הפיסית והן מבחינת התוכן).
 2. במהלך הפעילות התלמידים והמורים אינם יושבים במקום אחד, הם ניידים. המורה המשמש כמנחה יוצר אווירה הרבה יותר נינוחה בכיתה. אווירה זו תורמת לקשר טוב יותר בין המורים. לקשר שנוצר בין מורה לתלמיד השפעה ניכרת על הצלחות התלמידים בהמשך.
 3. אפשר לראות מקרים שבהם התלמיד הוא הקובע את נושא השיעור, ואילו המורה בודק מה התלמיד יודע ומשלים את הקטעים החסרים לתלמיד.
 4. שיטת הלימוד היא שיטה שבה התלמיד משתמש בגרעין ידע הקיים אצלו ומצמיח את ידיעותיו החדשות סביב הידע הקיים: זוהי הבניית ידע. לדוגמה: תלמיד פונה למורה 7 ושואל: "איזה מונה לבחור?" המורה מחזיר את ההחלטה אל התלמיד. התלמיד מתלבט ולבסוף מחליט לבחור מונה אסינכרוני, עשרוני (BCD - Binary Coded Decimal). המורה שואל: "מה ההבדל בין סינכרוני לאסינכרוני?" התלמיד אינו יודע והמורה מסביר. אחר כך מתקיים דיון בשאלה מהו BCD.
 5. יש מקרים שבהם התלמיד הוא המנווט את השיחה על פי הצרכים שלו, בהקשר להתקדמות הפרויקט.
 6. התלמיד אינו מתבייש להודות בהיעדר ידע. ציטוט לדוגמה: התלמיד: "אני אגיד לך למה לא כתבתי את זה". המורה: "למה?" התלמיד: "בגלל שאני לא מבין את זה עדיין".
 7. התלמידים יושבים ועובדים על משימותיהם במשך שעות ברציפות בלי שיהיו בעיות משמעת או שבירת מוטיבציה. אפשר לראות בסרט הווידאו שאחרי כ-3 שעות לימוד רצופות התלמידים עדיין יושבים באופן מסודר ועובדים על הפרויקטים שלהם. (בשיעור רגיל הסבלנות של התלמידים נגמרת אחרי כ-15 דקות). לדוגמה, דקה 36 בקלטת 1: לכיתה נכנס מנחה בכיר (שאיננו נמנה עם צוות המורים של בית ספר 4). המורה שואל מה נשמע והמנחה מציין בהערכה: "כולם עובדים". המורה משיב בחיוך: "עובדים אה, זה מפתיע". נראה שאפילו המורים והמנחים מופתעים ממידת הרצינות שהתלמידים מייחסים לפעילות הפרויקטים.
 8. המורה אינה מתביישת להודות בכך שאין היא בטוחה בנושא מסוים ומשתפת את התלמידים בחקירה שהיא עורכת.
 9. מתקיים דו שיח בין מורה לתלמיד בסביבת EWB (זמן 1:35 בקלטת 1). התלמיד חוקר מדוע כש"נופל אור" על תא פוטו-אלקטרי, הטרוניסטור נכנס לרוויה. כל הדיון הוא סביב בעיית ההבנה של התלמיד. התלמיד מצביע על צורת הגל המופיעה על מסך המחשב ומציין באילו אזורים של הגל הוא חושב שהטרוניסטור מוליך ובאילו אזורים הטרוניסטור בקטעון (לא מוליך).
- דיון כזה שבו המורה והתלמיד פועלים במשותף לפתרון בעיה

הבגרות על פרויקטים על פי הפירוט הזה:

- 74 פרויקטים 3 יח"ל לתלמיד יחיד
 - 23 פרויקטים 3 יח"ל לזוג תלמידים
 - 6 פרויקטים 5 יח"ל לתלמיד יחיד
 - 14 פרויקטים 5 יח"ל לזוג תלמידים
 - 53 פרויקטים 3 יח"ל לתלמיד יחיד במגמות חשמל
 - 1 פרויקט 5 יח"ל שבוצע על ידי תלמיד מגמת חשמל
- בסך הכול בוצעו 171 פרויקטים על ידי 208 תלמידים. מהם 207 עברו בהצלחה את בחינת הבגרות על הפרויקטים כשמוצע הציונים של כל התלמידים 83.4. התפלגות הציונים הסופיים הממוצעים, לפי בתי ספר, מתוארת באיור 2. שמות בתי הספר הוחלפו במספרים.



איור 2: ציונים סופיים ממוצעים לפי בתי ספר

נבדקו המתאמים בין ציוני המגן לבין ציוני הבחינה הממלכתית, המתאמים רשומים בטבלה 2.

טבלה 2: מתאמים בין ציון שנתי לציון בחינת בגרות

ב"ס מספר	1	2	3	4	5	6	7	8
מתאם	0.7	0.7	0.85	0.81	0.8	0.98	0.9	0.5

מן הטבלה רואים שהמתאמים בדרך כלל גבוהים, למעט בית ספר 8. אפשר לראות בזה "מהימנות בין שופטים", על אף שאין מדובר בהערכה של אותו המבחן, אלא בהערכה של אותה הפעילות בכלים שונים.

ממצאים כולטים ממחנה הפרויקטים

הפעילות במחנה הפרויקטים צולמה בווידאו. ניתוח הסרטים מראה שלמידה סביב פרויקט מזמנת מפגשים בין מורה לתלמיד המאפשרים:

לוח וגיר אינה מצריכה. יש אפוא חשיבות ממדרגה ראשונה בהמשך פיתוח סגלי ההוראה במשך כל זמן היותם מורים. האמרה "למידה במשך כל החיים" (Life-long Learning) היא כורח המציאות של מורים בחינוך הטכנולוגי.

רשימת מקורות

- סבאג, נ', דופלט, יי ואזיה, צ' (2001). אוגדן צומח. למידה סביב פרויקטים בחשמל-אלקטרוניקה, הוצאת אורט ישראל.
- פישר, יי (1996). תפקיד המורה בהוראה ממוחשבת. רבעון מחשבים בחינוך, גיליון 36, 4-12.
- רפלוביץ, ד' (1999). הערכה מעצבת של תהליך הטמעת המקצוע מדע וטכנולוגיה במורי חטיבת הביניים. עבודת M.Sc. הטכניון.
- Barak, M. & Pearlman-Avni, S. (1999). Who will teach an integrated program for science and technology in Israeli junior high schools? A case study. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (2), 239-253.
- Chagas, M. I., Abegg, G. L. (1996). Teachers as Innovators: A Case Study of Implementing the Interactive Videodisc in a Middle School Science Program. *Journal of Computers and Science Teaching*. 15 (1/2). 103 – 118.
- Doppelt, Y. (2009). Assessing creative thinking in design-based learning, *International Journal of Technology and Design Education*. 19 (1), 55-65.
- Doppelt, Y. (2003). Implementation and assessment of project-based learning in a flexible environment, *International Journal of Technology and Design Education*, 13, 255-272.
- Krajcik, J. S., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., & Soloway, E. (1994). A Collaborative Model for Helping Middle Grade Science Teachers Learn Project – based Instruction. *The Elementary School Journal*. 94 (5). (pp. 483 – 497).
- Resnick, L. B. (2005). Teaching teachers: Professional development to improve student achievement. *AERA Research Points*, 3(1), 1-4.
- Rogers, E. M. & Shoemaker, F.F. (1971). *Communication of Innovations: A Cross-Cultural Approach*. New York: The free press.

אמיתית, יכול להתקיים רק בסביבת פרויקט, סביבה שבה קיים מעגל אמיתי והתקלות הן אמיתיות. גם כאן אפשר לראות שיוזם הדיון הוא התלמיד. התלמיד קבע את נושא הדיון. דברים מעניינים שהועלו על ידי המורים בפגישות היומיות (במחנה הפרויקטים):

1. במפגש לסיכום רשמי היום הראשון לפעילות, דיווחו שלושה בתי ספר על קשיים וביקשו עזרה של מנחים נוספים. (אפשר לתלות ממצא זה בתחושת התסכול המלווה את פעילות הפרויקטים בשלבים הראשונים).
2. בית ספר אחד דיווח שהתלמידים מתקשים במציאת הקשר שבין הסרטוט החשמלי לבין המעגל האמיתי.
3. ביום השלישי לפעילות ביקשו תלמידי ומורי בית ספר 5 רשות להמשיך ללמוד במעבדה גם לאחר שעות הפעילות הרשמיות. התלמידים קיבלו אישור והמשיכו לעבוד עד השעה 22:00.
4. מורים של ארבעה בתי ספר דיווחו שתלמידיהם מתלוננים על כך שיש יותר מדי שעות המוקצבות לפעילויות חברתיות וטיולים. הם מעדיפים לייחד את השעות ללימודים (ביצוע פרויקטים).
5. מרכז מגמת האלקטרוניקה של בית ספר 7 מתאר: "בתחילת הפעילות התלמידים היו המומים, אך היום לקראת סוף ההדמיה (התלמידים נדרשו לבדוק בהדמיה את פעולת הפרויקט שלהם), ממש כ"ף".

דיון

כפי שאפשר ללמוד מן המקרה המתואר כאן, הטמעת שינוי בבתי הספר היא תהליך רגיש המערב כוחות רבים שלעתים פועלים בכיוונים מנוגדים. אין ספק כי מילת המפתח בהצלחת תהליכי שינוי היא רגישות של מובילי השינוי. רגישות המחייבת את מובילי השינוי להקשיב לקולות הבאים מן השטח, להיות נכונים לשנות מהלכים כשאפשר ולהתעקש כשצריך ובלבד שתושג המטרה הרצויה.

תנאי נוסף הוא שיתוף המורים והמנהלים והפיכתם לשותפים לדרך. להשגת תנאי זה חשוב שהמורים ירגישו שהם מרוויחים מן הקשר הנוצר בינם לבין מובילי השינוי. מורה המשתתף בהשתלמות כשהוא יודע שהוא מקבל כלים וחומרים העוזרים לו בפעילותו בכיתה עם התלמידים, ירצה להיות שותף.

הקשיים הנפוצים בלימוד סביב פרויקטים הם קושי של התלמיד לבחור את הנושא לפרויקט ולכתוב את הצעת הפרויקט המוגשת למשרד החינוך. כמו כן התלמידים נתקלים בקשיים של כתיבת הסקירה הספרותית והחקר שהם ביצעו. הרבה יותר קל להם לתעד את פעילות החשיבה, התכנון והבנייה שהם ביצעו באופן ישיר עם הרכיבים האלקטרוניים מלתעד תהליכי פתרון בעיות, קשיים ודרכי התגברות. כמו כן, למורים קל יותר לחזור לשיטת ההרצאה שבה הם שולטים בכל רגע נתון באופן העברת החומר, מה מועבר לתלמידים, בקצב השווה שבו מתנהל השיעור. זאת ועוד: למידה סביב פרויקטים מצריכה משאבים שלמידה בסביבת