



הנושא: **טל"מ – תכנית למיצוי יכולת וטיפול מצוינות במתמטיקה**

הוכן ע"י: רוזה לייקין ואורית זסלבסקי.

תקציר: במאמר מתוארת תכנית למיצוי יכולת וטיפול מצוינות במתמטיקה, אשר אוכלוסיית היעד שלה היא תלמידים מצפון הארץ החל מכיתה ז ועד כיתה י או י"א. מטרת התכנית היא להפוך את המתמטיקה ממחסום אפשרי למנוף לקראת הלימודים הגבוהים, זאת על ידי טיפוח יחס אוהד למתמטיקה ופיתוח החשיבה המתמטית שלהם מגיל צעיר. במאמר מובא פירוט של סוגי הפעילויות לתלמידים, דרכי איתור התלמידים, הפעילויות למורים, ודוגמאות למשוב ולממצאי הערכה.

מילות מפתח: הוראת המתמטיקה, חשיבה מתמטית, טיפוח, פיתוח חשיבה, מצוינות, הנעה, חזקות.

החומר פורסם במסגרת: על"ה 30, אביב תשס"ג, 2003, עמודים 36-44.

החומר מכיל בנוסף לעמוד הפתיחה: 9 עמודים.

טל"מ

תכנית למיצוי יכולת וטיפול מצוינות במתמטיקה



אורית זילבסקי

המח' להוראת הטכנולוגיה
המדעים, הטכניון



רוזה לייקין

המח' להוראת המדעים,
אוניברסיטת חיפה

הרקע¹

"טל"מ - הטכניון לעידוד המתמטיקה" הוא פרויקט טכניוני המתנהל במסגרת הארגונית של המרכז לחינוך קדם אקדמי ובהובלה המקצועית והאקדמית של המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים בטכניון.

נקודת המוצא של טל"מ היא שהמקצוע מתמטיקה מהווה מחסום ללימודים גבוהים בתחומי המדע והטכנולוגיה בפני תלמידים רבים. לפיכך, המטרה המרכזית של טל"מ היא להפוך את המתמטיקה ממחסום אפשרי למנוף, זאת על-ידי טיפוח יחס אוהד של תלמידים ללימוד מתמטיקה ופיתוח החשיבה המתמטית שלהם מגיל צעיר. אוכלוסית היעד היא בעיקרה תלמידים בעלי מוטיבציה גבוהה בסוף ביה"ס היסודי או בראשית חטה"ב, שניתן לעודד אותם ללמוד מתמטיקה בהרחבה ובהעמקה ולממש את הפוטנציאל שלהם במתמטיקה. הנחת היסוד היא כי פוטנציאל במתמטיקה הוא פונקציה מורכבת של יכולת מתמטית, מוטיבציה ללמוד מתמטיקה, אמונות ביכולת האישית ובחשיבות לימוד המתמטיקה, נסיון מצטבר והזדמנויות ללמוד מתמטיקה (NCTM, 2000). מכאן שמימוש הפוטנציאל במסגרת הפרויקט נעשה על ידי עידוד ההנעה ללמוד מתמטיקה, תמיכה באמונות התלמידים ביכולתם, ויצירת הזדמנויות מגוונות

ללימוד מתמטיקה ברמה המתאימה ליכולת של התלמידים.

לתלמידים שאותרו על-ידי צוות הפרויקט כמתאימים, מוצעת תכנית מיוחדת ללימוד מתמטיקה החל מכיתה ז ועד לכיתה י או י"א. התכנית, שפותחה במסגרת הפרויקט, משלבת גישות חדשניות ללימוד המקצוע תוך הצבת אתגרים ועניין, במגמה לפתח את החשיבה המתמטית של התלמידים, זאת במקביל להכנתם לקראת לימוד מתמטיקה בהיקף של 5 יח"ל. ההנחה היא שתלמידים, שיסיימו בהצלחה את התכנית, יהיו בעלי הישגים גבוהים במתמטיקה, שיאפשרו להם להתקבל ללימודים גבוהים בתחומי המדע והטכנולוגיה. יתרה מזאת, לבוגרי התכנית תהיה השכלה מתמטית רחבה הכוללת ידע, הבנה עמוקה, כלים לפתרון בעיות, ודרכי חשיבה שיסייעו בידיהם לא רק להתקבל, אלא גם להשתלב בצורה טובה ביותר בלימודים אלה.

דרכי הפעולה של טל"מ נשענות על שיתוף פעולה מלא עם בתי הספר המגלים עניין להשתתף בפרויקט.

השנה היא שנת הפעילות הרביעית של פרויקט טל"מ, הפועל כיום ב-15 בתי ספר בצפון הארץ ומשתתפים בפעילויות השונות במסגרתו כ-1250 תלמידים ולמעלה מ-40 מורים. במסגרת הפרויקט מתבצעות פעילויות רבות לתלמידים, חלקן במסגרת הלימודים הסדירים בבית הספר וחלקן במסגרות לא פורמליות בשעות אחר הצהריים. בנוסף מתקיימות פעילויות שונות עם המורים הלוקחים חלק בתכנית, ומתבצעת פעילות נרחבת של פיתוח חומרי לימוד לפיתוח החשיבה המתמטית.

¹ אורית זילבסקי מכהנת כראש הפרויקט ורוזה לייקין כרכזת מדעית שלו. הקמת הפרויקט החלה לפני כארבע שנים על-ידי פרופ' דוד ברנדון, שניהן באותה עת כראש המרכז לחינוך קדם אקדמי, וחתר למציאת דרכים לחזק את הקשר של הטכניון עם בתי הספר בצפון הארץ. יוזמה זו באה להרחיב ולהעמיק את תכנית הכיתות הטכניוניות, שהחלה בשנת תשנ"ז בהיקף מצומצם יותר ביוזמתו של פרופ' אברהם ברמן, ראש המרכז לחינוך קדם אקדמי דאז.

be nurtured and supported so that they have the opportunity and guidance to excel". (NCTM, 2000; p. 13).

הפעילויות לתלמידים מתוכננות במספר מישורים, כך שתלמידים רבים ככל שאפשר יוכלו להשתלב בכיוונים וברבדים המתאימים להם, בהתאם ליכולותיהם ולנטיותיהם.

להלן פירוט סוגי הפעילויות:

חוגי העשרה במתמטיקה

במסגרת הפרוייקט נערכים חוגים לתלמידי כיתות ו-ח, המתנהלים לאחר שעות הלימודים בבית הספר. החוגים מותאמים לרמות השונות של התלמידים ומתמקדים בפיתוח החשיבה המתמטית שלהם. במסגרת החוגים נחשפים התלמידים לנושאים נבחרים ומגוונים במתמטיקה שאינם נכללים בתכנית הלימודים (בהמשך מובאת דוגמה לפעילות בחוגי העשרה).

שני סוגים עיקריים של חוגים נערכים:

- חוגים לכלל התלמידים: חוגים אלה פתוחים בפני כל התלמידים. החוגים לכלל התלמידים משמשים גם כבסיס לאיתור תלמידים מתאימים לפעילויות אחרות בפרוייקט.
- חוגים לתלמידים מצטיינים במתמטיקה: בחוגים אלה יכולים להשתתף רק תלמידים שאותו כמתאימים (לפי דרכי האיתור המתוארות בהמשך).

חוג העשרה שנתי בנוי מ-25 מפגשים של שעות אקדמיות כל אחד (סה"כ 50 שעות אקדמיות). מרבית המפגשים מתנהלים בגישות שיתופיות ללמידה במסגרת קבוצתית קבועה. חומרי הלימוד לחוגי העשרה בנויים לפי העקרונות של "הוראה מפתחת" (Davydov, 1996). ברוח עקרונות אלה, התלמידים לומדים בקבוצות קטנות על מנת לפתח אינטראקציות בין אישיות התומכות בתהליך הלמידה. כל בעיה חדשה שניתנת לתלמידים, דומה מבחינות רבות לבעיה קודמת שפתרו באותו נושא, אך דורשת כלים נוספים לפתרון. התלמידים מתבקשים לגלות את הכלים הללו ולפתור את הבעיה תוך שיתוף פעולה עם עמיתיהם.

מפגשים אחדים מוקדשים לתחרויות בין קבוצות שונות. החוגים במתכונת זו נערכים בבתי ספר שונים או בטכניון. ההרשמה לחוגים נעשית על בסיס אישי.

המטרות וסוגי הפעילויות במסגרת טל"מ

מטרות הפרוייקט

המטרה העיקרית של הפרוייקט היא לקדם את החינוך המתמטי שאליו נחשפים התלמידים בבתי הספר העל-יסודיים בצפון הארץ ולהגדיל את מעורבותו של הטכניון בתחום החינוך המתמטי. זאת במגמה לחזק את הקשר של הטכניון עם בתי הספר ולהביא לעלייה במספר המועמדים ללימודי הסמכה בטכניון.

ממטרת העל של הפרוייקט נגזרות המטרות הבאות:

- הגברת העניין של התלמידים במתמטיקה, העלאת קרנה של המתמטיקה בעיני התלמידים ויצירת יחס אוהד שלהם למתמטיקה;
- פיתוח החשיבה המתמטית של התלמידים;
- טיפוח מצוינות במתמטיקה;
- חשיפה של התלמידים לטכניון על היבטיו השונים.

הפעילויות לתלמידים

הפעילויות לתלמידים במסגרת הפרוייקט מתבססות על ה- Equity Principle (NCTM, 2000) שעל פיו יש לספק הזדמנויות שוות ללימוד המתמטיקה לכל הילדים ללא תלות במאפיינים אישיים שלהם. יש לקחת בחשבון כי המונח 'הזדמנויות שוות לכולם' אינו שקול ל'מתמטיקה זהה לכולם':

"Educational equity is a core element of this vision. All students, regardless of their personal characteristics, backgrounds or physical challenges, must have opportunities to study – and support to learn – mathematics .

Equity does not mean that every student should receive identical instruction; instead, it demands that reasonable and appropriate accommodations be made as needed to promote access and attainment for all students". (NCTM, 2000; p. 12).

לפיכך, הפעילויות לתלמידים מתמקדות בהתאמת רמת המתמטיקה לרמת התלמידים ויצירת הזדמנויות לפיתוח היכולת המתמטית, לחיזוק המוטיבציה ולהעלאת האמונה ביכולת העצמית שלהם, ברוח העקרונות והסטנדרטים של NCTM:

"Students with special interests or exceptional talent in mathematics may need enrichment programs or additional resources to challenge and engage them. The talent and interest of these students must

דוגמה לפעילות פתיחה בחוגי העשרה לכלל התלמידים
(גורביץ, לייקין ומדניקוב, 2001)

טבלת הפלא

דני חשב על מספר מסוים, הנמצא בטבלה.
הוא אמר למורה באילו עמודות מופיע המספר, והמורה מיד גילה את המספר עליו חשב דני. הכיצד?

עמודה מס' 1	עמודה מס' 2	עמודה מס' 3	עמודה מס' 4
1	2	4	8
3	3	5	9
5	6	6	10
7	7	7	11
9	10	12	12
11	11	13	13
13	14	14	14
15	15	15	15

הנחיות והצעות למורה:

הפעלה:

בקשו מהתלמידים לבחור מספר מהטבלה ולומר לכם באילו עמודות המספר מופיע. תוכלו להקסים אותם בגילוי המספר שברו. חזרו על הקסם פעמים אחדות (עם תלמידים שונים) ובקשו מהתלמידים לגלות את החוקיות שבטבלה.

הרחבה:

התוכלו להמשיך את הטבלה כך שדני יוכל לבחור מספר גדול מ-15?

גילוי המספר:

חברו את המספרים הנמצאים בשורה הראשונה של העמודות שצוינו.

הסבר:

בשורה הראשונה בטבלה מופיעות חזקות (עוקבות) של המספר 2.
השיבוץ של המספרים לעמודות מבוסס על כך, שכל מספר טבעי אפשר לרשום כסכום של חזקות שונות של המספר 2 עם המקדמים 0 או 1 בצורה אחת ויחידה.
לדוגמה, את המספר 9 אפשר לרשום כסכום חזקות של המספר 2 באופן הבא:
 $9 = 8 + 1 = 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$
לכן, בהתאם למקום של המקדם 1 בייצוג זה, הוא מופיע בעמודה הראשונה ובעמודה הרביעית.

שאלות מנחות לדיון:

- מהו המספר הטבעי הקטן ביותר שלא נמצא בטבלה?
- מדוע המספר 16 לא נמצא בטבלה?
- כיצד המורה ידע איזה מספר בחר דני?

כיתות מתמטיות

במחוז חיפה ובצפון הארץ נפתחו במסגרת הפרוייקט קבוצות לימוד מיוחדות במתמטיקה הנקראות 'כיתות מתמטיות'. ישנם שני סוגי כיתות מתמטיות: כיתות טל"מ וכיתות הטכניון.

עבור כל אחת מהכיתות המתמטיות של הפרוייקט נבנית תכנית לימודים המותאמת לקצב ההתקדמות של התלמידים בכיתה ולרמת התלמידים בכיתה. התכנית נבנית על ידי הרכזת המדעית של הפרוייקט בשיתוף עם רכז/ת המתמטיקה בבית הספר.

כיתות טל"מ

כיתות טל"מ נועדו כדי להרחיב את היריעה ולהגיע לתלמידים שיכולים ומעוניינים ללמוד מתמטיקה בהעמקה והרחבה ומוכנים להשקיע בכך, גם אם אינם בהכרח נמנים על שכבה מאד מצומצמת של תלמידים מצטיינים ביותר. התלמידים בכיתות טל"מ לומדים מתמטיקה בהעמקה רבה החל מכיתה ז' או ח עד לכיתה י"ב, לפי תכנית לימודים מיוחדת, המשלבת כלים טכנולוגיים. ההחלטה לשלב סביבת למידה עתירת טכנולוגיה נשענת על

- לימוד המתמטיקה בכיתות הטכניון נעשה בקצב מואץ יותר וברמה גבוהה יותר. כתוצאה מכך, איתור התלמידים לכיתות הטכניון הוא קפדני יותר, על מנת להבטיח ככל שניתן שיתקבלו לכיתות הטכניון רק תלמידים המסוגלים לעמוד בדרישות אלה;
- מטבע הדברים, כיתות הטכניון הן כיתות על-איזוריות, כלומר הן אמורות לקלוט תלמידים מאיזור רחב, בעוד שכיתות טל"מ הן כיתות בית ספריות;
- תכנית הלימודים לתלמידי כיתות הטכניון בנויה באופן מיוחד, כך שתאפשר להם להתחיל ללמוד קורסים בטכניון במהלך לימודיהם בבית הספר התיכון (בדרך כלל כבר בכיתה י"א).

תחרויות מתמטיות

אחת הפעילויות הייחודיות של טל"מ היא עריכת תחרויות מתמטיות מגוונות. התלמידים בכיתות המתמטיות בפרוייקט, וחלק מאלה המשתתפים בחוגי ההעשרה של טל"מ, מוזמנים להשתתף בתחרויות מתמטיות בהן עליהם להתמודד עם בעיות מתמטיות שלפיתרון נדרשת חשיבה מתמטית יצירתית. בכל שנה מעבד ומפתח צוות הפרוייקט נושאים ובעיות חדשות לתחרויות השונות. מידע על מועדי התחרויות נשלח לבתי הספר בחופשת הקיץ, לקראת שנת הלימודים. להלן תיאור כללי של שלושה סוגים של תחרויות המתנהלות במסגרת הפרוייקט:

- א. תחרות קבוצתית (מיני קרוסלה מתמטית) – התלמידים מתחלקים לקבוצות קטנות – 5-6 תלמידים בכל קבוצה – ופותרים בעיות בשיתוף פעולה. תחרות כזו נערכת בטכניון.
- ב. אולימפיאדה מתמטית – אוסף הבעיות לאולימפיאדה נשלח לבתי הספר וניתן לתלמידים המעוניינים להשתתף בתחרות זו. המורים למתמטיקה בודקים את העבודות של התלמידים לפי מפתח שנשלח אליהם. מכל כיתה נשלחות לטכניון כחמש העבודות הטובות ביותר לבדיקה נוספת על-ידי צוות הפרוייקט. צוות זה בוחר את העבודות הראויות לתעודות הצטיינות.
- ג. תחרות פרוייקטים – התלמידים מקבלים נושאים לחקירה מתמטית וכן הדרכה לביצוע החקירה. העבודה על חלק מהפרוייקטים הינה שיתופית ומתבצעת בזוגות של תלמידים. התלמידים

ההנחה כי סביבה כזאת תומכת בביצוע משימות חקר מגוונות ומאפשרת להעלות את רמת המתמטיקה. ההנחה זו עולה בקנה אחד עם עקרון נוסף של NCTM:

"Technology can help achieve equity in the classroom. For example, technological tools and environments can give all students opportunities to explore complex problems and mathematical ideas". (NCTM, 2000; p. 13).

על מנת להבטיח יישום עקרון זה, נבחרה התכנית "לראות מתמטיקה" (מט"ח, 1999) המשלבת משימות חקר בסביבה ממוחשבת ממוקדת תלמיד. תכנית זאת משתלבת באופן טבעי עם תכניות הלימוד הרגילות של בתי הספר.

במסגרת התכנית של כיתות טל"מ מוקדשות 5-6 שעות שבועיות ללימוד מתמטיקה בהתאם לתכנית הלימודים בהיקף של 5 יח"ל, ושעה שבועית אחת נוספת, המוקדשת לפעילויות של העשרה מתמטית. את יתר המקצועות לומדים התלמידים בכיתות-אם רגילות. בכיתות טל"מ משתתפים רק תלמידים העומדים בקריטריונים שגובשו על-ידי צוות הפרוייקט בעצה אחת עם הנהלת בית הספר.

כיתות הטכניון

התלמידים בכיתות הטכניון לומדים מתמטיקה בקצב מואץ ובהעמקה רבה החל מכיתה ז ועד כיתה י, לפי תכנית לימודים מיוחדת. את יתר המקצועות לומדים התלמידים בכיתות-אם רגילות. לתכנית מוקדשות 8 שעות שבועיות ללימוד מתמטיקה בהתאם לתכנית הלימודים בהיקף של 5 יח"ל, ושעתיים שבועיות המוקדשות לפעילויות של העשרה מתמטית. תלמידי הכיתה אמורים לגשת לבחינת הבגרות במתמטיקה (בהיקף של 5 יח"ל) בסוף כיתה י. בוגרי התכנית העומדים בהצלחה בבחינת הבגרות במתמטיקה יכולים ללמוד בטכניון קורסים במתמטיקה כבר בכיתה י"א. בכיתות הטכניון משתתפים רק תלמידים שאותרו כמתאימים (לפי דרכי האיתור המתוארות בהמשך).

למרות המטרות המשותפות לכל הכיתות המתמטיות במסגרת הפרוייקט, ישנם הבדלים אחדים בין כיתות טל"מ לבין כיתות הטכניון:

השותפים לפרוייקט. פעילויות אלה מתבססות על ה-
Teaching Principle (NCTM, 2000), שעל פיו:

"To be effective, teachers must know and understand deeply mathematics they are teaching and be able to draw on that knowledge with flexibility in their teaching tasks". (NCTM, 2000, pp. 17).

"Effective teaching involves observing students, listening carefully to their ideas and explanations, having mathematical goals, and using the information to make instructional decisions". (NCTM, 2000, pp. 19).

לכן, הפעילויות למורים במסגרת הפרוייקט כוללות:
השתלמויות למורים, מועדון מורים, והדרכת מורים.

א. השתלמויות למורים: ההשתלמויות למורים מיועדות לצוותי המורים למתמטיקה בבתי הספר המתכננים להצטרף לפרוייקט, וכוללות סדנאות, המכשירות אותם מבחינה דידקטית ומבחינה מתמטית לקראת עריכת חוגי העשרה במתמטיקה, הוראה בכיתות טל"מ, שילוב פעילויות מתמטיות לא שגרתיות בעבודתם (הן בכיתות המתמטיות והן בכיתות רגילות) וטיפול מצוינות במתמטיקה.

ב. מועדון מורים: מועדון המורים מיועד לצוותי המורים למתמטיקה בבתי הספר המעורבים בפעילויות הפרוייקט, וכולל פעילויות שיקוף, החלפת רעיונות, וסדנאות מתקדמות. במהלך השנה מתקיימים כשבעה מפגשים של מועדון המורים. משך כל מפגש הוא כארבע שעות.

ג. הדרכת מורים: הדרכת המורים מיועדת למורים המלמדים בכיתות המתמטיות ומתבצעת על בסיס אישי וקבוצתי בבתי הספר המשתתפים בפרוייקט. מנחה מטעם הפרוייקט מגיעה לבית הספר על בסיס קבוע יום או יומיים בשבוע (בהתאם למספר המורים המלמדים בכיתות המתמטיות), נפגשת עם מורים בודדים ועם צוות המורים, צופה בכיתות, מסייעת בתכנון ההוראה, ומציעה תמיכה מקצועית בהתמודדות עם סוג ההוראה ועם תכני הלימוד המיוחדים לכיתות אלה.

ההתפתחות המקצועית של מורים למתמטיקה ושל מורי-מורים למתמטיקה במסגרת הפרוייקט מבוססת על שלושה עקרונות מרכזיים שיפורטו בהמשך:

א. הנחיית מורים לפי 'מודל הנחיה אקספוננציאלי' המאפשר להם להתפתח מקצועית תוך כדי עבודתם;

המשתתפים בתחרות זו מקבלים הערות מפורטות בנוגע לעבודה שהגישו והמלצות להמשך החקירה.

בסיום התחרויות מקבל כל תלמיד תעודת השתתפות בתחרות. לתלמידים שהשיגו ציון גבוה מוענקת תעודת הצטיינות.

דרכי איתור תלמידים לפעילויות טל"מ

המשתתפים בתכנית (למעט החוגים לכלל התלמידים אשר פתוחים, כאמור, לכל המעוניין) נבחרים על בסיס המלצות של המורה למתמטיקה, מוטיבציה ויכולת מתמטית. תהליך האיתור כולל השתתפות בפעילויות העשרה שבמהלכן ניתן להכיר את התלמידים מקרוב ולעמוד על יכולתם להשתלב בפעילויות טל"מ:

- חלק מהתלמידים, שהביעו עניין ללמוד בפעילויות המתנהלות במסגרת טל"מ, מוזמנים להשתתף בחוגי העשרה במתמטיקה. ההצלחה בחוגים אלה משמשת בסיס לבחירת התלמידים המתאימים לפעילויות השונות;
- תלמידים שלא משתתפים בחוגי העשרה השנתיים של טל"מ, מוזמנים להשתתף בארבעה ימים רצופים של פעילויות העשרה במתמטיקה, המתקיימים בטכניון בדרך כלל בחופשת הפסח. ימי הפעילות האלה משמשים גם הם בסיס לאיתור התלמידים המתאימים לפעילויות טל"מ, ובעיקר לכיתות הטכניון. במהלך הפעילות לומדים התלמידים נושאים חדשים במתמטיקה, שלא נלמדים לפי תכנית הלימודים בבית הספר. ביום הרביעי, לאחר סיום שלושה ימי לימוד, הם נבחנים בנושאים שנלמדו. פעילות זו נערכת ומתנהלת על-ידי צוות הפרוייקט. מבחני התלמידים נבדקים בקפידה ובהתאם לתוצאות נבחרים התלמידים המתאימים לכיתות הטכניון.

הפעילויות למורים

מרבית הפעילויות לתלמידים מונחות על ידי מורים מבתי הספר המשתתפים בפרוייקט. מכאן שהצלחת הפעילויות לתלמידים תלויה במומחיות המורים ובהכשרה שלהם להנחות פעילויות אלה. על מנת להכשיר וללוות אותם נערכות פעילויות למורים למתמטיקה במסגרת הפרוייקט המהוות חלק בלתי נפרד של התכנית. פעילויות אלה מיועדות להכשיר את המורים לעבודה עם התלמידים בהתאם למטרות התכנית, לתמוך בהם בעבודתם במסגרת הפרוייקט, ולהביא לקידום וחזקת ההתפתחות המקצועית של המורים למתמטיקה ושל מורי-המורים למתמטיקה

ב. הבטחת רוטציה בהוראה בכיתות המתמטיות המאפשרת לקבוצה גדולה של מורים להרחיב את נסיונם המקצועי; ג. עידוד ותמיכה בהנחלת גישות מתקדמות ללימוד מתמטיקה גם לכיתות אחרות.

להלן פירוט נוסף של העקרונות הללו:

א. 'מודל אקספוננציאלי' של הנחיה: מודל ההנחיה בנוי כך שמורים צוברים ניסיון ביישום בפועל של הגישות הדידקטיות והתכנים המתמטיים שלמדו בהשתלמות באופן הדרגתי, תוך ליווי והנחיה מקצועיים. בין המורים המנוסים יש הצוברים בהדרגה גם ניסיון בהדרכה והנחיה של מורים אחרים בפרוייקט, עד להתפתחותם והכשרתם

כמורי-מורים למתמטיקה והפיכתם למנחים הנמנים על צוות הפרוייקט.

כך, בשלב התחלתי רק מורים מנוסים מצוות הפרוייקט מדריכים את המורים המלמדים בכיתות המתמטיות ובחוגי ההעשרה במתמטיקה. בשלבים מתקדמים יותר גם מורים, שרכשו ניסיון בעבודה זו ונמצאו מתאימים, מתחילים לעסוק בהדרכת מורים אחרים מצוות המתמטיקה בבית-ספרם ולבסוף גם מבתי ספר אחרים.

בטבלה שלהלן מתואר מודל ההנחיה באמצעות שמות (בדויים) של חלק מהמורים והמנחים בפרוייקט.

מודל ההנחיה של המורים למתמטיקה בפרוייקט

השנה	שנה א'	שנה ב'	שנה ג'	שנה ד'
חברת צוות דליה	מדריכה מורה מנוסה את רינה בכיתה ז' - מתמטית	מדריכה מורה מנוסה את רינה, בכיתה ח' - מתמטית	מדריכה מורה מנוסה את רינה, בכיתה ט' - מתמטית	
מורה מנוסה רינה	מורה בפועל בכיתה ז' - מתמטית	מורה בפועל בכיתה ח' - מתמטית מדריכה מורה צעירה את לאה, בכיתה ז' - מתמטית	מורה בפועל בכיתות ח, ט - מתמטיות מדריכה מורה צעירה את לאה, בכיתה ח' - מתמטית	מורה בפועל בכיתות ח, ט - מתמטיות מדריכה בבית ספר חדש המצטרף לפרוייקט
מורה צעירה לאה	עוזרת הוראה למורה מנוסה לרינה, בכיתה ז' - מתמטית	מורה בפועל בכיתה ז' - מתמטית	מורה בפועל בכיתה ח' - מתמטית	מורה בפועל בכיתה ח' - מתמטית מדריכה מורה מתחילה את שרה, בכיתה ז' - מתמטית
מורה מתחילה שרה			עוזרת הוראה למורה צעירה ללאה, בכיתה ז' - מתמטית מורה בפועל בחוג למתמטיקה לכיתה ו'	מורה בפועל בכיתה ז' - מתמטית

- א. בניית כלים למעקב אחר התקדמות התלמידים המשתתפים בפרוייקט, שימוש בהם וניתוח ממצאים;
- ב. בניית שאלוני משוב על הפעילויות השונות בפרוייקט ושימוש בהם לצורך הפקת לקחים;
- ג. בניית כלים להערכה של חומרי הלימוד וחומרי ההדרכה ושימוש בהם לצורך הערכה מעצבת;
- ד. בדיקת התוקף של הכלים לאיתור התלמידים הלומדים בכיתות הטכניון;
- ה. כתיבת דוחות מדעיים.

דוגמאות למשוב ולממצאי הערכה על הפרוייקט

תגובות מורים

כחלק מההערכה של הפרוייקט נערכו ראיונות עם מורים המלמדים במסגרת הפרוייקט. כל המורים שראיינו הצביעו על ההשפעה החיובית של התוכנית על היחס של התלמידים למקצוע המתמטיקה, על האחריות האישית של התלמידים ללמידה, ועל היחסים החברתיים בין התלמידים הלומדים בכיתות המתמטיות.

להלן דוגמאות אחדות מהדברים שנאמרו בראיונות.

- על היחס של התלמידים למקצוע המתמטיקה:
הפתחתי השנה רוב הליצים אהבו מתמטיקה אבל יש כאלה שלא כל כך. שמחתי לראות כי יש ליצים שמושג מתחילים ליהנות מתהליך העיות והביצוע שיטותי הית.
- על האחריות האישית של התלמידים ללמידה שלהם:
חלק מהליצים העידו לכיתות האלף שהוריהם אחזו עליהם. הליצים האלה צריכים לעבוד על היחס שלהם למתמטיקה ולא האחריות שלהם. ליצים הצרף כלל רשמים שהורה אחראי לזה שהם יעשו. הכיתה שלי זה לא כל כך. לקח לי ארבעה חודשים עד שהליצים התחילו לעשות את כל שיטותי הבית וכל מה שביקשתי! אבל לא כל התלמידים. הם עכשיו יש שלשה ארבעה שלא עושים. אבל בהתחלה הייתה לי בעיה עם עשרים...
- על היחסים החברתיים בתוך הכיתות המתמטיות:
ליצים נפגשים בשעות שאחרי הבית הספר לומדים שעות הקצרה הם מבלים יחד עושים משיבות יחד הם הם אופנים אחרות יחד בליצים. יש

ב. רוטציה בהוראה: בניגוד למצב הרווח במקומות שונים בארץ ובעולם, לפיו ההוראה בכיתות מיוחדות היא נחלתם של קומץ מורים בלבד, בכיתות המתמטיות של הפרוייקט מלמדים מורים שונים מצוותי המורים למתמטיקה של בתי הספר, בתנאי שעברו הכשרה מתאימה לכך במסגרת הפרוייקט. אין צוות קבוע שמלמד בכיתות אלה. עקרון זה מאפשר למורים רבים ככל האפשר להתנסות בפועל בגישות הוראה ושיטות למידה חדשניות ומגוונות המתאימות במיוחד לעבודה בכיתות הפרוייקט.

ג. הנחלה לכיתות אחרות: בד בבד עם החשיפה לגישות ולשיטות המומלצות לעבודה בכיתות הפרוייקט, נעשות פעולות שמטרתן לעודד מורים המלמדים בכיתות המתמטיות, להשתמש בגישות ובשיטות אלה גם בכיתות אחרות. בנוסף, הקשר המקצועי שיש לצוות הפרוייקט עם רכזי המתמטיקה ועם צוותים שלמים בבתי הספר, ולא רק עם מורים בודדים, מאפשר לשתף מורים אחרים (בעיקר כאלה שעברו השתלמויות במסגרת הפרוייקט, אך עדין אינם מלמדים בפועל בכיתות מתמטיות) בניסיון החדש של עמיתיהם בכיתות רגילות, על מנת לעודד גם אותם לנהוג כך.

פיתוח חומרי לימוד והדרכה

במסגרת הפרוייקט נעשית עבודת פיתוח של חומרי לימוד והדרכה ועיבודם, המיועדים לחוגי העשרה במתמטיקה לרמות שונות של תלמידים ולשעורי העשרה במתמטיקה לכיתות המתמטיות השונות. חומרי הלימוד כוללים, בין היתר, גם פעילויות לא שגרתיות המתאימות לשילוב בשעורי מתמטיקה גם בכיתות רגילות. חומרי ההדרכה למורים כוללים הנחיות והצעות לשימוש בחומרי הלימוד. המטרה המרכזית בעבודת הפיתוח היא להעמיד חומרי עזר מתאימים לתכנית כוללת ומובנית לחוגי העשרה שנתיים במתמטיקה לכלל התלמידים ולתלמידים מצטיינים במתמטיקה².

פעילויות הערכה

הפרוייקט מלווה בפעילויות הערכה, הכוללות:

² לפרטים נוספים על חומרי הלימוד וההדרכה ואפשרויות רכישתם, אפשר לפנות לסימה טל, מסי' טלפון: 04-8292991, מסי' פקס: 04-8227433, דואר אלקטרוני: telemtec@tx.technion.ac.il

אָפּט חפּר'ס בכּיתות פּאָט, אַק קאַלדזש פּלאַט
פּאָפּר'ס פּאָפּר'ס פּאָפּר'ס, אַלדזש אַלדזש אַלדזש
פּאָפּר'ס.

חלק מהמורים שרואיינו הצביעו על קשיים הנוגעים לעומס העבודה הכרוך בתכנון ובהכנה של השעורים, בבדיקת שעורי הבית של התלמידים ובשימוש במחשבים בשעורי המתמטיקה. לדוגמה, בהתייחסה לעומס העבודה אמרה אחת המורות:

אני מוצאת את עצמי בבית או מכינה דפי
למורה לכיתה זו. או הוצקת את העבודות
פאפּר'ס אפּר'ס אפּר'ס אפּר'ס אפּר'ס אפּר'ס
אפּר'ס אפּר'ס אפּר'ס אפּר'ס אפּר'ס אפּר'ס
אפּר'ס אפּר'ס אפּר'ס אפּר'ס אפּר'ס אפּר'ס
פּאָפּר'ס פּאָפּר'ס פּאָפּר'ס פּאָפּר'ס פּאָפּר'ס

חלק מהמוראיינים סיפרו שחלו שינויים אחדים בדרך שבה הם מלמדים מתמטיקה בכיתות אחרות. רובם חשים שיידרש זמן רב להטמעה מלאה של הגישות שאותן הם מיישמים בכיתות המתמטיות גם בכיתות רגילות. כולם הצביעו על קושי משמעותי ביותר בהכנסת חלקים מהתכנית גם לכיתות רגילות הנובע ממחסור בחדרי מחשבים בבתי הספר הדרושים, על מנת לאפשר לכל הכיתות להשתמש בסביבת למידה ממוחשבת כתמיכה בלימוד מתמטיקה בגישת חקר.

הישיגי התלמידים

בשנה שעברה נערך מבחן אחיד לכל תלמידי כיתות ח בפרוייקט. מטרת המבחן הייתה לבדוק מיומנויות חקר של התלמידים. לשם כך נבחר נושא שלא נלמד באף אחת מכיתות הפרוייקט ונבנה מבחן מיוחד בנושא: 'טרנספורמציות של גרפים של פונקציות הקשורות לפונקציית הערך המוחלטי' (שאלון המבחן משתרע על ארבעה עמודים ומופיע, בצירוף הנחיות לבדיקה והשערות אפשריות שנשלחו למורים, בדו"ח פעילות הפרוייקט, פברואר, 2002). למבחן ניגשו 216 תלמידים. תוצאות המבחן היו טובות מאד. מרבית התלמידים קבלו ציון גבוה מ-80, ורק תלמידים בודדים נכשלו במבחן. ממצאים אלה מצביעים על השגת יעד חשוב של טל"מ – פיתוח החשיבה המתמטית של התלמידים. דוגמה נוספת להישגים בולטים של תלמידי טל"מ באה לידי ביטוי באחד מבתי הספר בפרוייקט, בו קיבלו

תלמידי כיתה ט של טל"מ מבחן זהה לזה שקיבלו תלמידי כיתה י של 5 יח"ל באותו בית ספר. ההישגים של תלמידי טל"מ בכיתה ט היו דומים ואף גבוהים מאלה של תלמידי כיתה י (שלא למדו במסגרת הפרוייקט). מסתבר כי לאחר שלוש שנות לימוד במסגרת התכנית (מכיתה ז עד ט) מרבית התלמידים שולטים בכל הנדרש לפי תכנית הלימודים במתמטיקה (המהווה בסיס לקראת בחינת הבגרות בהיקף של 5 יח"ל) ובנוסף מגלים חשיבה מתמטית מעמיקה, אסטרטגיות מגוונות לפתרון בעיות, ויכולת חקירה מתמטית.

זאת ועוד – מספר לא מבוטל של בוגרי כיתות הטכניון לומדים במסגרת קורסי הסמכה בטכניון ובולטים בהישגיהם הגבוהים.

שביעות הרצון מהתכנית

תלמידי התכנית התבקשו למלא שאלון משוב על הפרוייקט ולהתייחס להיבטים שונים של התכנית. מתוך השאלונים עולה כי, הדבר החיובי ביותר בכיתות הפרוייקט לדעת התלמידים, הוא סגנון ההוראה. התלמידים התייחסו להיבטים הייחודיים של אופי ההוראה בכיתה. רוב התלמידים שלומדים בכיתות הפרוייקט הביעו רצון להמשיך וללמוד לפי תוכנית טל"מ.

חיזוק לחשיבותו ונחיצותו של הפרוייקט ניתן לראות בעלייה במספר בתי הספר ומספר התלמידים המשתתפים בפרוייקט: מפחות מ-400 תלמידים בשנה"ל תש"ס גדל מספר התלמידים בקביעות בכל שנה, והיום הוא עומד על כ-1250 תלמידים.

ביטוי נוסף להצלחת התכנית עולה ממכתבים שנשלחים אל ראשי הפרוייקט באופן ספונטני מידי שנה על-ידי הורים, מורים ומנהלי בתי ספר. כך, למשל, סיכם מר דני פסלר, מנהל מרכז חינוך ליאו באק בחיפה, את ביקורו בשעור מתמטיקה בכיתה טל"מ (כיתה ז) בבית ספרו ואת עיקרי הדברים שנאמרו בשיחת המשוב שקיים עם התלמידים לאחר השעור.

להלן סיכום דברי התלמידים (מה- 14 בינואר, 2003), כפי שנשלח אלינו:

- עזרתי להעביר את המידע שלי ואת כל מה שאני יכול
- עזרתי להעביר את המידע שלי ואת כל מה שאני יכול
- עזרתי להעביר את המידע שלי ואת כל מה שאני יכול
- עזרתי להעביר את המידע שלי ואת כל מה שאני יכול
- עזרתי להעביר את המידע שלי ואת כל מה שאני יכול

- השימוש המחשב מאז מהפכה ומאסל. עם
 הביתה ולט הבית:
 - כולם התקינו הבית את התוכנות:
 - [לומדים] הרמה יותר טובה ומתקדמים
 בחומר יותר מהר:
 - שטורי ההשקעה מפתחים את החשיבה ולא
 רק המתמטיקה חשיבה חדשה לחיים:
 - מורים מאז מקבלים פלימוז ומפורסם:
 - תמיד יש מי שיטנה על השאלות אין מזה בו
 נוא נשאר אלא הסבר:
 - השקעה מוסיפה המון וחבל שלא כל תלמיד
 יכול להנות משעור זה:
 - התכנית מאז מסמיכה ואנחנו מבינים את
 התהליכים המתמטיים:
 - השעור ואופן הפלימוז מחזיר את האהבה
 למתמטיקה הפוראה יצירות:
 - יש עדיף הצדית הביתה ואנחנו עם עוצרים
 לחברים הביתות האם מתקשים המתמטיקה:
 - המורה עוצרת ותומכת המורה מסייעת לכל
 תלמיד שהחסיך:
 - הפוראה מעניינת מלונות ויזרת עניין
 וחיה אוקצוה.

לאחר הביקור שערך בשעור, שלח המנהל מכתב למורה
 של הכיתה (שהוכשרה ללמד את התכנית במסגרת
 טל"מ) ובו הוא כותב:

"צאתי מהכיתה בתחושה של התרוממות רוח.
 היה זה תענוט אשמוע את התלמידים
 מזהרים האהבה כנה אוקצוה. בשחק
 ובהערכה והבנה עמוקה לתכנית ומטרותיה.
 חשתי כי הצלחת אלה את הביתה ולהחזיר
 בהם עניין ומוטיבציה טובה אלאומי
 המתמטיקה".

מקורות:

מטי"ח (1999). לראות מתמטיקה: אלגברה ואנליזה,
 תכנית לימודים בדרך של חקירה ממוקדת מחשב,
 מטי"ח, משרד החינוך.
 גורביץ, א., לייקין, ר., ומדניקוב, ל. (2001), משימות
 לפיתוח חשיבה מתמטית – טל"מ למתחילים,
 הטכניון.
 Davydov, V. V. (1996), *Theory of Developing Education*,
 Moscow: Intor (In Russian).
 National Council of Teachers of Mathematics (2000),
Principles and Standards for School Mathematics,
 Reston. VA: National Council of Teachers of
 Mathematics.