

אוריינות מתמטית בחטיבת הביניים – דו"ח מיום עיון 21.9.22

הקדמה

המונח אוריינות מתמטית אינו מונח חדש. השימוש בו החל עם כניסת ישראל למחקר פיזה לפני כ-20 שנה, ובשנים האחרונות הולך וגובר העיסוק בו, הן במחקר האקדמי, הן בעיצוב המדיניות והן בהוראה ובלמידה בשדה. סוגיות רבות הקשורות להגדרת האוריינות, נחיצותה וחשיבותה, ובעיקר- כיצד לפתחה בקרב התלמידים, פתוחות ודורשות חשיבה ודיון.

במענה לפנייה של קרן טראמפ, היוזמה – מרכז לידע ולמחקר בחינוך, קיימה יום עיון בנושא אוריינות מתמטית בחטיבת הביניים אשר הציג מגוון קולות מהמחקר העדכני בארץ ובעולם והפגיש את המחקר עם הנעשה בשדה. יום העיון כלל ארבעה מושבים: המושב הראשון עסק בהמשגה ובחשיבות של אוריינות מתמטית כמרכיב בדמות הבוגר במאה ה-21, ונתן ביטוי לפרספקטיבות שונות מן המחקר והתעשייה. המושב השני הציג מבט השוואתי – הוצגו ממצאים אודות מצבה של ישראל בתחום האוריינות המתמטית, לאחר מכן הוצגה השוואה בין רכיבי התחום כפי שמוגדר בישראל ובפיזה, ולבסוף הוצגה המדיניות ודרכי הפעולה בשלוש מדינות מובלות בתחום בעולם. המושב השלישי הציג את תובנותיהם של מובילי תוכניות לפיתוח אוריינות מתמטית הפועלות בשטח בנוגע לאתגרי היישום בכיתות וההתמודדות עם אתגרים אלה. המושב הרביעי התייחס להטמעה מערכתית של אוריינות מתמטית.

יום העיון לא נועד לספק 'תשובות', אשר ספק אם ישנן, אלא לחדד את התפיסות השונות והעדכניות העולות מהמחקר ומהניסיון בשטח, להציג תובנות אפשריות ולאפשר שיחה בעניין בין אנשי המחקר, אנשי השדה וקובעי המדיניות בתחום.

אנו מודים לצוות ההיגוי של יום העיון: פרופ' טלי נחליאלי ממכללת לוינסקי לחינוך, ד"ר ג'ייסון קופר ממכון ויצמן למדע ופרופ' רז קופרמן מהאוניברסיטה העברית בירושלים, לקרן טראמפ, אשר פנייתה אלינו בנושא ותמיכתה הנדיבה אפשרה את קיום היום ואת יצירת הבמה לדיון, לדוברים שנאותו להקדיש ממרצם ומזמנם, ולמשתתפי היום אשר הפרו את השיח.

"אנחנו בכיוון להפוך לאורייניים", אמרה נרית כץ, מפמ"רית מתמטיקה, בהרצאתה בסיום יום העיון ואכן ישנם מספר מהלכים המשקפים את הצעדים בכיוון. יחד עם זאת, לאור הנתונים על הישגי ישראל, כמו גם ניסיונם של מפעילי התוכניות לפיתוח אוריינות מתמטית הפועלות כיום בשטח, ניתן להבין שבין הרצוי למצוי קיים פער, וישנם מכשולים רבים בדרך להפיכת תלמידי ישראל ל"אורייניים". בחלק הראשון של מסמך זה נציג את השאלות המרכזיות שנדונו ביום העיון, האתגרים המרכזיים שהוצגו, ודרכי ההתמודדות שהוצעו. בחלק השני יובאו סיכומי ההרצאות והפאנלים שהתקיימו.

מהי אוריינות מתמטית?

המושג "אוריינות מתמטית" (או אורת"ם) נתון לפרשנות וניתן להמשיגו בדרכים שונות שיש ביניהן מן המשותף ומן השונה. לפי פרופ' אנה ספרד, אוריינות מתמטית היא מיומנות לתיווך מגוון רחב של פעולות בשיח מתמטי. דוגמא למיומנות זו, היא היכולת לפתור בעיה מתמטית תוך מעבר ותרגום משיחה על עצמים מוחשיים כגון עוגיות, לשיחה על מספרים, ולחזור חזרה למוחשי.

מחקר פיזה 2022 הגדיר אוריינות מתמטית כ"יכולת לחשוב חשיבה מתמטית, לנסח, ליישם ולפרש מתמטיקה כדי לפתור בעיות במגוון הקשרים מהעולם האמיתי. אוריינות מתמטית כוללת מושגים, פרוצדורות, עובדות וכלים שונים שמטרתם לתאר להסביר ולחזות תופעות שונות."

במסמך תפיסת הלמידה הוגדרה אוריינות מתמטית כ"יכולת לייצג מצבים ותופעות בשפה מתמטית וליישם ידע, מיומנות ואסטרטגיית חשיבה מתמטיים על אודות נתונים, כמויות, גיאומטריה ותבניות-למגוון צרכים והקשרים לימודיים וחץ לימודיים."

פרופ' עידו גל התייחס לאוריינות מתמטית כמיומנות יסוד חיונית להקשרי חיים מגוונים. לדבריו יש לראות מיומנות זו כמושג הוליסטי הכולל לא רק ידע ויכולות של חשיבה מתמטית אלא גם חשיבה ביקורתית, עמדות תומכות, הרגלים ותחושת מסוגלות עצמית. האוריינות המתמטית היא חלק ממארג רחב יותר של מיומנויות נוספות קשורות כגון אוריינות סטטיסטית, הבנה וניתוח של נתונים וביג דאטה, אומדן סיכונים וקבלת החלטות בתנאי אי-וודאות. לשיטת גל עלינו לוודא שבוגרים מבינים את המשמעות של מידע מתמטי בהקשר של תופעות חברתיות וכלכליות בעולם. פרופ' שי שלו שוורץ התייחס לאוריינות מתמטית כיכולת הבנת הנקרא ויכולת הבעה מתמטית. לשיטתו, אוריינות מתמטית היא היכולת לקרוא ולהבין מאמר הנדסי מדעי שמשמש בכלים מתמטיים שמוכרים לתלמיד, או לנסח באופן מתמטי תופעה מדעית הנדסית.

הבחינה המודדת את יכולת האוריינות המתמטית בתלמידי ישראל היא בחינת מחקר פיזה הבינלאומי. עם זאת, על פי הרצאתה של ד"ר שחורי-אייל מראמ"ה, תפיסת מערכת החינוך בישראל את האוריינות המתמטית, כפי שבה לידי ביטוי במסמך תפיסת הלמידה מתחדשת¹ ובתוכנית הלימודים, שונה מהדרך בה מוצגת במסגרת המושגית של פיזה. פערים אלו מתבטאים מעט בתכנים אך בעיקר במיומנויות וההטמעה, כאשר הדבר הבולט הוא חסרונן של ההקשר החוץ-מתמטי במסמכים הישראליים. בפיזה, הדגש הוא על בעיות מתמטיות עם הקשר מהעולם החוץ-מתמטי. אלו גם השאלות אליהן מתייחסים לרוב כשדנים בבעיות אורייניות.

אחד המאפיינים לבעיית אוריינות הוא ההקשר שלה לעולם המציאותי. פרופ' אורית זסלבסקי הציגה בהרצאתה שתי אפשרויות מנוגדות ליצירת החיבור בין המתמטיקה לעולם האמיתי - האם אנחנו יוצאים מהמציאות ומצמיחים את המתמטיקה או יוצאים מהמתמטיקה ומיישמים אותה במציאות? בתוך כך חשובה האוטנטיות של ההקשר - האם הסיפור מהמציאות הוא טבעי והגיוני? זסלבסקי הדגישה שלא כל בעיה שמעוגנת בסיטואציה מחיי היום-יום היא בעיה אוריינית, ולהפך. בעיה אוריינית יכולה להתרחש בתוך העולם המתמטי- למשל במעבר בין ייצוגים שונים. בעיות אוריינות שונות זו מזו במאפיינים נוספים, כגון רמת האתגר הקוגניטיבי הנדרש, או תהליכי המידול הנדרשים מהתלמיד.

מעגל המידול, לפי פיזה, כולל שלושה תהליכים מרכזיים: ניסוח - ניסוח בעיה הנוטעה בעולם המציאותי במונחים מתמטיים; יישום - פתרון הבעיה באמצעות שימוש בכלים מתמטיים; פירוש והערכה - הצגת הפתרון לבעיה בהקשר המציאותי, ובחינת המידה שהוא ענה על הבעיה המקורית.

חשיבות האוריינות המתמטית לשוק התעסוקה

אוריינות מתמטית הוצגה ביום העיון כיכולת חשובה גם לצורך עידוד הצמיחה במשק וההשתלבות בשוק התעסוקה. לדברי ד"ר סומקין ממכון אהרון, אוריינות מתמטית היא מיומנות חשובה לצורך השתלבות במשרות שמובילות את החדשנות והצמיחה בכלל ענפי המשק - שכוננו על-ידו 'משרות הייטק', וכן לצורך השתלבות במשרות במגזר ההייטק בפרט.

העובדים ב'משרות הייטק' נדרשים להשתמש בעבודתם בכלים מתמטיים, אך בנוסף, הם נדרשים להפגין כישורים המכונים "כישורי פיזה" - פתרון בעיות מורכבות, תקשורת בין אישית, עבודה בצוות, חשיבה ביקורתית, חשיבה יצירתית, גמישות, לימוד עצמי. כישורים אלו ניתנים למדידה ולשיפור. ד"ר סומקין ציין כי נמצאה קורלציה בין כישורי פיזה והשתתפות במסגרות חינוך בלתי פורמלי, ובפרט בחוגי STEM, לבין מה שמכונה "בגרות הייטק" - בגרות הכוללת 5 יח' אנגלית, 5 יח' מתמטיקה ו-5 יח' פיזיקה או מדעי המחשב. כל אלו יחד תורמים לתחושת המסוגלות של התלמיד ובכך תורמים גם להשתלבותו בלימודים גבוהים בתחומי ההייטק.

¹ מסמך תפיסת הלמידה המתחדשת הוא חזון שנבנה ומתגבש אשר נועד לעדכן ולהגדיר את מטרות הלמידה במערכת החינוך- בין ידע מיומנויות וערכים- מתוך שאיפה להניע את המערכת לעבור מתכנית לימודים שממוקדת בידע לתכנית למידה שממוקדת בלומד.

רמת האוריינות המתמטית של תלמידי ישראל

ד"ר יוסי מחלוף מראמ"ה הציג נתונים באשר למצבה של ישראל בפיזה ובאוריינות מתמטית. בתוך כך הדגיש ד"ר מחלוף כי מחקרים בינלאומיים מספקים מידע חשוב על הערכת האוריינות המתמטית, אך הם אינם מספיקים. כפי שמעריכים כל תחום דעת אחר, נדרש להשלים את התמונה באמצעות כלים נוספים.

הציון הממוצע של תלמידי ישראל במחקר פיזה 2018 נמוך ב-25 נקודות ממוצע מדינות ה-OECD. לעומת זאת, במחקר טימס, הבוחן ידע קוריקולרי, המצב ב-2019 היה טוב בהרבה – ישראל מוקמה במקום הרביעי מבין מדינות ה-OECD.

פיזור הציונים של תלמידי ישראל במחקר פיזה הוא הגבוה ביותר מבין כלל המדינות שהשתתפו בו. גם בבחינת הציונים בחלוקה לפלחים ע"פ שפה, מגדר או רקע חברתי-כלכלי, נמצא שהפיזור דומה או גדול מהפיזור הממוצע במדינות ה-OECD. בכל אחת מהקבוצות הפיזור בקרב הבנים גבוה יותר בהשוואה לבנות.

מצב האוריינות המתמטית בישראל מאתגר במיוחד בקרב דוברי ערבית. ניתן לראות זאת בשני נתונים: בקרב דוברי ערבית, אין קשר בין ציוני פיזה ובין רקע חברתי-כלכלי, וזאת בניגוד למצב בקרב דוברי עברית. כלומר – הקושי הוא רוחבי. שנית, שיעור המצטיינים במחקר פיזה בישראל דומה לממוצע במדינות ה-OECD, אך נמצא שכמעט כולם דוברי עברית. לעומת זאת, מבין התלמידים המתקשים, שני שלישים הם דוברי ערבית.

ציוני תלמידי ישראל באוריינות מתמטית לפי פיזה השתפרו עם השנים אך השיפור מתון ביחס לשיפור בציוני הידע הקוריקולרי לפי טימס. השיפור בציוני האוריינות המתמטית מיוחס לשיפור בקרב דוברי העברית. בקרב דוברי הערבית לא חל שיפור בציוני פיזה בין השנים 2006 ל-2016, בעוד שבמבחני טימס השיפור ניכר יותר בקרב דוברי הערבית.

כאשר עוקבים אחרי תלמידים מחטיבת הביניים ועד לתיכון, ניתן לראות שככל שרמת הבקיאות בפיזה גבוהה יותר כך עולים שיעורי הנבחנים בבגרות במתמטיקה ב-5 וב-4 יחידות. נתון זה נכון הן בקרב דוברי עברית והן אצל דוברי ערבית. עם זאת יש שיעור לא מבוטל של חריגים: מצטייני אוריינות שניגשו ל-3 יח"ל - בעיקר דוברי עברית, ומתקשי אוריינות שנבחנים ברמת 4-5 יח"ל – בעיקר דוברי ערבית.

ביום העיון הוצג מחקר נוסף, שנערך ע"י פרופ' מרצ'ניאק ושותפותיו, וניתח את ציוני תלמידי ישראל בפיזה. ממחקר זה עולה כי התלמיד הישראלי די טוב במתמטיקה פורמלית, כלומר מבצע את שלב היישום במעגל המידול בצורה טובה, אך מתקשה בשלב הראשון במעגל, שבו יש לתרגם מצב לא מוכר לבעיה מתמטית.

ממצא זה עולה בקנה אחד עם ניתוח תכנית הלימודים בישראל שבה ניתן דגש לשלב היישום וחסרה התייחסות להקשר. עוד נמצא במחקר שתלמידי ישראל מתקשים בשאלות בגיאומטריה. ההסבר שהוצע לכך הוא שבשאלות אלו לא ניתן להפוך את דרך הפתרון לאלגוריתם.

מה ניתן ללמוד מהעולם? דוגמאות מפולין, הולנד וסינגפור

פולין, הולנד וסינגפור הן שלוש מדינות מובילות מבחינת הוראת אוריינות מתמטית וציונים במבחני פיזה. בחינת ההוראה במדינות אלה מעלה כי ישנם קווי דמיון אך גם שוני רב, ומצביעה על כך שישנן דרכים שונות להצלחה.

בפולין נערכה רפורמה מקיפה בתוכנית הלימוד וההיבחות שהזניקה את הישגי התלמידים. פרופ' מרצ'ניאק, שהיה ממובילי הרפורמה, שיתף כי במסגרתה ניתנו למורים כמה מאות של שאלות לדוגמה, בהן שאלות בסיסיות שמיועדות לכלל הרמות וכוללות אוריינות מתמטית. בנוסף, הנושא הוכנס למבחנים הארציים בכדי לחייב את המורים ללמדו.

מחקרן של פרופ' אורית זסלבסקי ושותפותיה משווה בין הוראת האוריינות המתמטית בהולנד ובסינגפור. מערכת החינוך בהולנד פועלת בהתבסס על גישה של הצמחת עקרונות מתמטיים מתוך

המשימות (Realistic Mathematics Education – RME). לפי גישה זו, בשלב ראשון נדון ההקשר המציאותי, ורק לאחר מכן עוסקים בהיבטים המתמטיים. כך, הידע הפורמלי הדרוש נבנה מתוך הקשר. לאחר הצגת ההקשר התלמידים מאמצים באופן הדרגתי מינוח וסימונים מתמטיים מתאימים, כאשר אותו ההקשר מלווה את הלמידה לכל אורך הפרק. בתוכנית הלימודים שזורים מגוון ועושר רב של הקשרים שונים מחיי היומיום.

בסינגפור, לעומת זאת, המתמטיקה קודמת להקשר. בשלב ראשון לומדים את המושגים המתמטיים, בהמשך מיישמים את המושגים באמצעות פתרון תרגילים ברמות קושי עולות, ורק אז פותרים בעיות שמשלבות יישומים בחיי היומיום. אין הקשר אחיד לאורך כל הפרק, וכל משימה או פעילות עומדת בפני עצמה. בשתי המדינות הקשר השאלות לעולם האמיתי הוא טבעי והגיוני.

לכל אחת מהמדינות נקודות חוזקה: בהולנד, כאמור, מודגשת ההתבוננות בעולם דרך עין מתמטית, ובסינגפור יש ניהול הדוק של הלמידה והלומדים, מעקב צמוד אחר ההתקדמות של כל תלמיד, ועידוד התלמידים לעבור למסלול מאתגר יותר. על בסיס מחקרן מציעות זסלבסקי ושותפותיה להשקיע את מירב המשאבים בעבודה עם המורים, לספק למורים היקף משמעותי של בעיות אוריינות טובות, ולהפוך את שיעורי פיתוח האוריינות בבית הספר לדבר שבשגרה.

בשלוש המדינות שהוזכרו ביום העיון- הולנד, סינגפור ופולין האוריינות המתמטית היא חלק מתוכנית הלימודים וההיבחות. תוכנית הלימודים במדינות אלה כוללת אוריינות מתמטית ועשירה בדוגמאות רבות ללמידה מתוך הקשר. מאפיין משותף נוסף הוא כי במדינות אלו עושים שימוש משמעותי במבחנים הארציים להבטחת היישום של תוכנית הלימודים, כלומר השגת המטרות של הלמידה נבדקת בצורה מסודרת ומאורגנת במבחנים החיצוניים.

חסמים לפיתוח אוריינות מתמטית

במהלך היום הוצגו אתגרים, מכשולים וחסמים שונים לפיתוח אוריינות מתמטית:

חסמים ברמת התלמיד

לשיטת פרופ' ספרד, הוראת המתמטיקה כפי שמתקיימת כיום אינה מספיקה בכדי לפתח יכולת ונכונות לתווך מגוון רחב של פעולות באמצעות שיח מתמטי, קרי, ליצור בוגרים הפועלים בחייהם באופן מתמטי אורייני. ראייה לכך ניתנת במחקרים רבים שמראים שגם בעלי השכלה מתמטית נמנעים משימוש בשיח מתמטי.

פרופ' אנה ספרד הציגה את **המנגנונים הקוגניטיביים** המעורבים בשיח האורייני: כאשר נתקלים במצב חדש, הנטייה האנושית הרווחת היא להיזכר מה עשינו במצבים דומים בעבר, כלומר לחפש תקדימים, ולפעול על פיהם. לפי **תורת הסימולציה** בכל מצב שאנו נקלעים אליו אנו מזהים מיד עצמים ואנשים מוכרים וזה גורם לנו אוטומטית לסימולציה - כלומר לשחזור של **מצב תקדימי** (מצב תקדימי כולל את המצב או המשימה ואת הליך הביצוע כלומר את הפתרון). שחזור פעולות העבר יוצר דפוסי פעולה המכונים **רוטינות**. כשיש בזכרוננו מספר תקדימים, כלומר מספר רוטינות אפשריות לביצוע מטלה, אנו נוטים לבחור את הדרך הקצרה ביותר, שדורשת את המאמץ המינימלי. זהו **חוק מסגור המאמץ של דניאל כהנמן**. הנטייה המשולבת שלנו לסימולציה ולמסגור המאמץ, גורמת לנו לפעול באופן אוטומטי כמעט בלי לחשוב. התופעה של היצמדות לשיח על עצמים והימנעות מתיווך בשיח אחר מכונה **ממוצבות של הפעולה**.

במצב של היעדר תקדימים עלינו להיות יצירתיים ולסרטט את המסלול בלי להסתמך על רוטינות ישנות. גם במקרה זה נזדקק לרוטינות- אך נצטרך להרכיב אותן באופן חדש ושונה. פרופ' ספרד הדגישה כי שימוש ברוטינות אינו סותר יצירתיות - רוטינות הן אבני בניין לפעולה יצירתית.

על בסיס הניתוח של פרופ' ספרד, הציע פרופ' אברהם הרכבי להתייחס לארבעה פרופילים של תלמידים – השונים במידת מעורבותם בשיח אורייני:
1. התלמיד שמתנגד נחרצות להיכנס לשיח מתמטי.

2. תלמיד שפותר בעיות אך תוך היצמדות לעצמים הקונקרטיים- כלומר מפגין ממוצבות פעולה. בהקשר זה, העלה פרופ' הרכבי את השאלה, האם ממוצבות היא 'אויב' האוריינות, או שהיא יכולה לשמש כנקודת מוצא לפיתוח אוריינות.
3. התלמיד שפותר בעיה ונכנס לשיח מתמטי.
4. התלמיד שבוחר להתמודד עם סיטואציה באמצעים מתמטיים למרות שאינו נדרש לכך.

פרופ' שירי ארטשטיין-אבידן התייחסה גם ל**גורם הרגשי** הכרוך בכך: לדבריה, תלמידים רבים מחזיקים בתפיסות שמתמטיקה היא קשה ומפחידה, משעממת ולא רלוונטית לחיים. תפיסות אלה מבטאות סלידה מהמקצוע. קשה מאוד להצליח במתמטיקה ללא גישה ורגש חיוביים כלפי המקצוע. בנוסף, היכולת להתמודד עם אתגרים חדשים דורשת **אומץ מתמטי** – נכונות ורצון לנסות ולהתמודד עם האתגר. בעיה זו קשורה למינימום מאמץ ולממוצבות שהוזכרו קודם.

חסמים ברמת המורים והמערכת:

מדבריהם של דוברים רבים במהלך יום העיון, ובמיוחד בפאנל שעסק בתובנות מפעילי התוכניות, עלה כי מקורם של החסמים המרכזיים לפיתוח אוריינות מתמטית נעוץ במורים ובהעדרה של תמיכה מערכתית מספקת. מתוך הדברים השונים ניתן להצביע על כמה אתגרים מרכזיים, שכרוכים זה בזה:

- שינוי בתפיסת התפקיד של המורה – העיסוק באוריינות מתמטית מחייב שינוי בתפיסה של המורים את תפקידם. ההוראה המסורתית שבה המורה עומד מול הכיתה ומסביר את החומר פחות רלוונטית, וכך גם התפיסה של המורים ככאלה שצריכים לעזור לתלמידים להצליח לפתור את המשימות. תפקידו של המורה עובר שינוי: עליו ללמוד כיצד להוביל את העיסוק בבעיה, אך למעט בהנחייה שעשויה לשלול מהתלמידים חוויה של פתרון בעיות אמיתית.
- הצורך בפיתוח מיומנות חדשה - המורים נדרשים לצאת מ'אזור הנוחות' שלהם, ללמוד ולעשות שימוש במשימות ובפרקטיקות הוראה חדשות.
- זמן - עיסוק במשימות האוריינות דורש זמן רב, הן ללמידה ותכנון מקדים מצד המורים, והן לחשיבה ועבודה עצמית של התלמידים במהלך השיעור. המורים חשים שאינם יכולים להקדיש לכך זמן, לאור הלחץ לעמוד ב'הספקים' המוכתבים ע"י תוכנית הלימוד ובית הספר. בהקשר זה הודגש, כי על מנת לפתח אוריינות, נדרשת חשיפה סדירה ושגרתית למשימות אוריינות.
- מחסור במשאבי הוראה – ובפרט משימות ופרקטיקות הוראה. אין מספיק חומרי הוראה, והנגישות של המורים לחומרים הקיימים מוגבלת.
- בעיות תשתית – חוסר במחשבים, חסימות של אתרים, חיבור חלש לרשת האינטרנט.
- מוטיבציה – מכלול הקשיים שהוצגו מביאים לכך שלמורים חסרה מוטיבציה לעצור את השטף הרגיל ולהטמיע את פיתוח האוריינות בשיעורים.

כיצד ניתן להטמיע באופן רחב רעיון או פרקטיקה מתמטית?

התוכניות שהוצגו במסגרת הפאנל, הן איים של עשייה ממוקדת. על מנת לשפר את מצבם של כלל תלמידי ישראל, נדרש לקדם את התחום באופן מערכתי. ד"ר קרסנטי הציגה כמה מודלים של הטמעה מערכתית: מודל השחזור, אשר בנוסחו הטהור כמעט ואינו אפשרי, מודל ההתאמה, ומודל ההתרבות שמתייחס להטמעה אשר שומרת על ערכי היסוד של הרעיון או התוכנית, אך מאפשרת גמישות בביצוע. בתוך כך, עמדה ד"ר קרסנטי על ההבדל בין הטמעה רחבה של ה-*settings*, שמתייחסים להיבטים הכמותיים של הטמעת המהלך או התוכנית, לבין הטמעה של ערכי התוכנית. ד"ר קרסנטי הציגה גם את הגורמים המרכזיים שמשפיעים על הצלחת ההטמעה. לדבריה, התוכנית צריכה להיות בעלת יעדים מוגדרים ומציאותיים והמורים צריכים להבינה, לראות את נחיצותה ולהיות מסוגלים ליישמה מבחינת ידע וכישורים. בנוסף, כדי שתוכנית תצליח חשובה התמיכה ושיתוף הפעולה מצד כלל השחקנים בבית

הספר – הנהלה, הורים, מינהלה. לפי ד"ר קרסנטי, ככל שהפיתוח המקצועי נשען על מודל אוטונומי יותר, כך יש אתגרים רבים יותר בהטמעה במובן הכמותי, קרי - הפעלה ביותר בתי ספר, אבל יש סיכוי רב יותר להטמיע באופן רחב את ערכי היסוד של המהלך או התוכנית.

מה ניתן לעשות כדי לקדם אוריינות מתמטית? תובנות מן המחקר ומן השטח

במסגרת יום העיון, התייחסה מפמ"ת מתמטיקה נרית כץ למהלך המתוכנן של משרד החינוך בשיתוף קרן טראמפ לקידום האוריינות המתמטית בחטיבות הביניים. בנוסף בשנה הבאה יתחילו תיכונים ישראל ללמד בהתאם לתוכנית חדשה, שפעלה כפילוט במשך מספר שנים ומדגישה את נושא האוריינות המתמטית, בפרט ברמת 3 יח"ל. האוריינות המתמטית אמורה להיות במוקד התוכנית, ובחינות הבגרות יכללו למשל אשכול כלכלי פיננסי, שאלות התמצאות במישור ובמרחב ואשכול מדעים וחברה. לצד זאת, התייחסה כץ לכך שאתגר מרכזי בקידום התחום נעוץ בהוראה עצמה – הרבה יותר מורכב לפתח אוריינות מתמטית מללמד נושאים אחרים. דוברים רבים נוספים התייחסו לאתגרים המקשים על פיתוח האוריינות המתמטית במישורים שונים. בהמשך לכך, הוצעו דרכים וכיווני פעולה שונים על מנת להתמודד עם האתגרים ועל מנת לקדם את האוריינות המתמטית בקרב תלמידי ישראל. להלן חלק מן התובנות שעלו:

המשגה והבהרה תפיסתית:

כיום ישנם פערים משמעותיים בין המרכיבים של אוריינות מתמטית כפי שבאים לידי ביטוי במסמכי מדיניות רשמיים של משרד החינוך ובין המסגרת המושגית של פיזה, בעיקר בהתייחס למעגל המידול ולשימוש בהקשר החוץ מתמטי. כדאי לתת את הדעת להבדלים אלו, להבין אותן ואת ההשלכות היישומיות שעלולות להיגזר מהן.

קידום הוראה המקדמת אוריינות מתמטית:

מתן דגש על הוראה מקדמת חשיבה – דוברים רבים התייחסו, מנקודות מבט שונות, לעקרונות של פיתוח חשיבה הנחוצה לפתרון בעיות של אוריינות מתמטית:

לפי פרופ' ספרד, ובמונחים של תורת הסימולציה, הרוטינות השונות מקושרות ביניהן בצורה זו או אחרת ויוצרות רשת, בדומה לרחובות של עיר. כדי לפתור בעיות אוריינות יש לנוע בתוך רשת הרוטינות בדרכים שונות. לצורך כך, הציעה ספרד לצייד את התלמיד בהיכרות טובה ומפות של "רחובות העיר", ה"דרכים הבינעירוניות" והחיבורים ביניהן. כמו כן הציעה פרופ' ספרד לצייד את התלמידים בשיטות היחלצות, כלומר ב"רוטינות-על" להתמודדות עם מצבים ללא תקדים וחיפוש אחר מעקפים. בנוסף, פרופ' ספרד התייחסה גם לחשיבות של עידוד חשיבה ביקורתית, שתמתן את השפעת הממוצבות ותאפשר לתלמידים לבחון את המסלולים שהם בוחרים.

כמה מדוברי היום הדגישו את החשיבות של הצגת כמה דרכים להסביר ולפתור על בעיה. היכולת להסתכל על תמונה מכמה זוויות היא מהות החשיבה המדעית והמתמטית.

הקניית "כלים טהורים" של מתמטיקה – חשוב לא להפריד באופן דיכוטומי בין כלים מתמטיים לבין אוריינות. הדברים משלימים זה את זה.

הדגשת הנחיצות ויצירת מוטיבציה וענין – חשוב לחדד הן בפני המורים והן בפני התלמידים את החשיבות של אוריינות מתמטית והרלוונטיות שלה לחיים האמיתיים. בתוך כך, חשוב כי משימות האוריינות יהיו אותנטיות וייצרו ענין בקרב התלמידים.

זמן ויצירת שגרה – דוברים רבים התייחסו לצורך בהקדשת יותר זמן לנושא במסגרת השיעורים, על מנת לאפשר לתלמידים את החשיבה העצמאית הנדרשת, ועל מנת לאפשר למורים לתכנן ולהיערך.

יצירת אתגר פרודוקטיבי – דוברים שונים עמדו על הצורך לאתגר את התלמיד עם בעיה שתדרוש ממנו להתמודד עם משהו חדש שלא נפגש בו בעבר, אבל להיזהר שלא לייאשו. התגברות עצמאית על הקושי תבנה אצל התלמיד אמונה ביכולתו.

עבודה בקבוצות קטנות - הודגשה החשיבות של עבודה בקבוצות, כאשר בשלב ראשון התלמידים מנהלים דיון עצמאי ללא עזרת המורה.

תמיכה מערכתית:

שילוב נושא האוריינות באופן משמעותי ושגרתי בלימודי המתמטיקה, וכחלק אינטגרלי מהם. כיום נושא האוריינות מקבל ביטוי במעט מאוד שיעורים ובמנותק משאר החומר.

יצירת רצף לימודי – במסגרת היום דובר על היתרון בהתחלת פיתוח האוריינות בחטיבת הביניים – כאשר עוד אין בגרויות - ולהמשיך בכך גם בתיכון מבלי לקטוע את הרצף.

יצירת מבחר רחב של משאבי הוראה עבור המורים - מערך של משימות אוריינות בהתאם לפריסה השנתית של תכנית הלימודים במתמטיקה, עם דגש על הקשר חוץ מתמטי, וכן מערך של פרקטיקות הוראה אפשריות המותאמות לרמת התלמידים.

שילוב האוריינות בבחינות בבית הספר – דוברים רבים הצביעו על כך שזו הדרך היעילה ביותר להבטיח שהמורים אכן יעסקו באוריינות מתמטית.

פיתוח מקצועי של צוותי ההוראה - מרבית הדוברים ביום העיון היו שותפים לתפיסה כי הטמעת נושא האוריינות תלוי בראש ובראשונה ביכולת המקצועית ובתחושת המסוגלות של המורים, ועל כן חשוב להשקיע משאבים רבים בהכשרה ובפיתוח מקצועי של המורים בתחום. בתוך כך, דובר על המקום המשמעותי של קהילות המורים, כמסגרת המאפשרת הנחייה מקצועית וליווי בתחום הרגשי-חברתי – כל זאת תוך שיתוף, התייעצות ולמידת עמיתים.

צמצום פערים וחיזוק התלמידים החלשים:

ממצאים מראים שבתחום האוריינות המתמטית הפערים גדולים במיוחד, כאשר התלמידים עם ההישגים הנמוכים ביותר הם בנים דוברי ערבית. חשוב לבחון את הסיבות לממצאים אלה. שיפור היכולות של התלמידים החלשים היא הדרך הפשוטה ביותר לשפר את הישגי ישראל במחקר פיזה, אך הרבה יותר חשוב מכך – תקל על תלמידים אלו להשתלב בהמשך בשוק התעסוקה.

סיכומי ההרצאות והפאנלים, לפי סדר הופעתם ביום:

מושב ראשון:

פרופסור אנה ספרד:

במוקד ההרצאה עמדה ההבחנה בין הוראת המתמטיקה לפיתוח אוריינות מתמטית (אורמ"ת). במהלך ההרצאה, נגעה פרופ' ספרד בארבע שאלות:

1. מהי אוריינות מתמטית ומה חשיבותה? מה הופך אותה לנושא כה מדובר?
2. האם די בהוראת המתמטיקה "הרגילה", כפי שאנחנו מכירים אותה כדי להגיע לאורמ"ת?
3. מה האתגרים הייחודיים של הוראה לקראת אורמ"ת?
4. אז מה עושים?

סיפורי מקרה:

יום אחד בשנת 2020 בתחילת הקורונה ישבתי במספרה היכיתי לתורי. עם כניסת לקוח חדש הספרית: "תוכל בבקשה לעטות את המסכה? זה לטובת שנינו" הלקוח: "מה? מסכה? למה? בגלל השפעת הזאת?" הספרית: "טוב, אומרים שזה לא פשוט כמו שפעת. זה מתפשט הרבה יותר מהרץ טוענים ש-2% מהנדבקים ימותו". הלקוח: "שטויות. מה הסיכוי שלי למות? אפס. מאכילים אותנו פייק ניוז ומנסים להשליט טרור ופחד". בשלב זה התערבה לקוחה נוספת שישבה במספרה: "אבל 2% זה בכל זאת הרבה יותר מאשר בשפעת, ההתפשטות היא אקספוננציאלית וכל מערכת הבריאות עלולה לקרוס. הלקוח: "זאת דעתך. יש לי זכות לדעה משלי!".

מראיינת נותנת לילדה מירה ערימה של מטבעות. המראיינת: "קנית ממני 3 עוגיות, כל אחת ב-75 אגורות. שלמי לי, בבקשה". מירה: "3 פעמים 75, ועוד 2 פעמים 25... 75, 150 ועוד 75... 225. הנה 2 שקל ו-25 אגורות" ונותנת למראיינת את המטבעות בשווי 2 שקלים ו-25 אגורות. המראיינת פונה לילדה נוספת בשם טלי באותה בקשה. טלי: "כל אחת היא 75 אגורות..." , מעבירה למראיינת מטבע של 50 אג', שניים של 10 אג' ואחד של 5 אג', "והנה לך שקל ו-75", מעבירה שקל, "בשקל יש 75 אג' אז יש פה 25 יותר, אז הנה לך עוד חצי שקל. וזהו". ומעבירה מטבע של 50 אג'.

מה ההבדל בין הסיטואציות? בשני המקרים בוצע תשלום לשביעות רצון כל המשתתפים. ההבדל נעוץ בדרך שבה בוצע התשלום. מירה התחילה באזכור של עוגיות ומטבעות – וסיימה עם מספרים ומטבעות. בניגוד אליה, טלי השתמשה רק במטבעות. מילות המספר שימשו אותה כתבניות לצירופים שונים של מטבעות. היא אף ליוותה כל היגד בפעולה פיזית במטבעות. היא ידעה ששילמה את חובה, אבל לא ידעה כמה.

השיח של טלי היה שיח ישיר על עצמים מוחשיים בלבד, המטבעות. השיח של נירה התחיל כשיח על עצמים מוחשיים (עוגיות ומטבעות), הפך לשיח על עצמים מתמטיים מופשטים (מספרים) ובחזרה. כלומר, הפעולה שנירה ביצעה תווכה בשיח מספרי. על פעולה מתווכת מסוג זה אנו נוהגים לומר שהיא אוריינית.

במקרה של נירה וטלי שתיהן הצליחו במידה שווה. הסיבה שאנו בכל זאת משוכנעים בחשיבות של פיתוח אוריינות מתמטית, היא כי במקרים מורכבים יותר הפעולה המתווכת מתגלה כעוצמתית יותר, ובמקרים רבים, אי אפשר בלעדיה.

המושג אוריינות מתקשר בעיקר לשפה, וספציפית יותר לקריאה ולכתיבה. במקור, המונח אוריינות שימש הגדרה למיומנות בשיח כתוב המלווה ביכולת לתווך מגוון רחב של פעולות בשיח כזה. גם כשמדברים על אוריינות מתמטית הכוונה היא לתיווך באמצעות שיח, רק שכאן השיח הוא מתמטי. על פי הגדרה זו אוריינות מתמטית היא מיומנות בשיח מתמטי המלווה ביכולת לתווך לשיח זה מגוון רחב של פעולות. האם יש כאן משהו חדש? האם די במתמטיקה כפי שהיא ידועה לנו היום כדי להבטיח שהבוגרים יפעלו בחיים באופן מתמטי-אורייני?"

הדוגמאות של לקוח המספרה ושל הילדות מציגות את הקושי לצאת מהשיח היומיומי אל המתמטיקה. מחקרים רבים בעולם מראים שמדובר בתופעה כללית, וכי גם אלה שרכשו השכלה מתמטית סבירה ומעלה נמנעים להשתמש בשיח מתמטי.

דוגמא לכך הוא מחקרה של חוקרת אמריקאית בשם ג'ין לייף. לייף התלוותה לקבוצה של בוגרי תיכון כשהם עורכים קניות בסופר, צפתה בהם כשהם מבצעים פעולות כגון: מציאת התמורה הטובה ביותר לכסף או בחירת מזון שמתאים לצרכיהם ואמציהם. המשתתפים גילו מיומנות מרשימה. עם זאת, כשהחוקרת בחנה את האופן שבו התלמידים הגיעו למבוקשם היא מצאה, בדומה למקרים הקודמים, שהם לא השתמשו במתמטיקה בית ספרית, אלא פעלו בשיטות ישירות שפיתחו בעצמם. זאת, למרות שהייתה למשתתפים השליטה הנדרשת לפעולה האוריינית הנדרשת - לפני היציאה לסופר הם עברו בהצלחה בחינה מסורתית המורכבת משאלות מתמטיות רלוונטיות.

ההימנעות מפעולות אורייניות היא תופעה שזכתה לאישוש מחקרי חד משמעי. תופעה זו ידועה בשם ממוצבות של הפעולה. כאשר אנו פועלים בצורה ממוצבת אנו נוטים להיצמד לשיח החיצוני על העצמים בהם מתבצעת הפעולה, ונמנעים מתיווך בשיח מתמטי או מדעי. עולה מכך, כי בית הספר לא מעניק ללומדים את המרכיב השני של אוריינות מתמטית. הוא אינו מפתח אצלם יכולת ונכונות לתווך מגוון רחב של פעולות באמצעות שיח מתמטי.

מה המנגנונים שמאחורי תופעה – מה עוצר את האוריינות המתמטית? כדי לענות על שאלה זו נשאל שאלה מקדימה: איך אנו בכלל מחליטים מה לעשות במצבים שונים? ברוב המוחלט של המצבים אנו יודעים מה לעשות גם בלי להתלבט. הדבר שמאפשר בחירות מיידיות של דרך פעולה, ללא הפעלת שיקול דעת מפורש, הוא ניסיון העבר שלנו. כשאנו נמצאים במצב בו אנו חשים שאנו חייבים לפעול, אנו נוטים להיזכר מה עשינו במצבים דומים בעבר – אנו מחפשים תקדימים. ההיזכרות הזאת לא חייבת להיות מודעת לגמרי.

לפי תורת הסימולציה, תיאוריה חדשנית במדעי המוח, בכל מצב שאנו נקלעים אליו אנו מזהים מיד עצמים ואנשים מוכרים וזה גורם לנו אוטומטית לסימולציה של המצב התקדימי. הסימולציה היא שחזור של המצב הפיזיולוגי הרגשי שלנו וגם של אופן החשיבה שלנו, כלומר השיח. הסימולציה קובעת את המרחב המצומצם שבו נחפש אחר כך תקדימים. מתוך התקדימים שעלו במרחב החיפוש המצומצם אנו בוחרים אחד, בין אם באופן שקול ומודע ובין אם באופן אוטומי.

בשלב האחרון אנו מבצעים את הפעולה בהתאם לתקדים שנבחר, וכאן ייסגר המעגל: הביצוע יכניס אותנו למצב מטלה חדש ולסדר פעולות חדש. זו הסיבה שלפיה המודל התיאורטי הזה נקרא בשם מחזור הפעולה הממוצבת.

שחזור פעולות העבר יוצרת דפוס פעולה המכונים רוטינות. אפשר לחשוב על רוטינה כזוג המורכב ממטלה והליך ביצוע. התהליך יכול להיות אלגוריתמי או היררכי. הרוטינות הן אלה שמאפשרות לנו לפעול כמעט בלי לחשוב.

מדוע מלכתחילה יש לנו מספר הליכים שונים לביצוע אותה מטלה? התשובה לשאלה היא שכל הרוטינות שנועדו להפעלה בסוג מסוים של עצמים- למשל במספרים או במטבעות, מקושרות ביניהן בצורה כזו או אחרת ויוצרות רשת, בדומה לרחובות של עיר. כל ביצוע של רוטינה מוביל לרוטינה חדשה. אם ביצוע של רוטינה א' גורם להיווצרות מצב מטלה שמוביל רוטינה ב'- רוטינות א' ו-ב' מקושרות זו לזו ויוצרות רוטינה חדשה, גדולה יותר. בתוך רשת הרוטינות אפשר לנוע ממקום אחד למקום אחר בדרכים שונות.

כיצד אנו בוחרים מסלול או רוטינה, ו'מגייסים' אותה? נתייחס לכמה מקרים:

במקרה הראשון הסימולציה מותירה אותנו עם תקדים יחיד ולכן גם עם רוטינה אפשרית יחידה. בהיעדר אלטרנטיבות ואנו נפעיל באופן אוטומטי את האופציה היחידה לפעולה.

במקרה השני יש מספר תקדימים. כדי לפעול אנו נצטרך לבחור בצורה שקולה בין הרוטינות האפשריות. כיצד נבחר ביניהן? התשובה האפשרית מגיעה מפסיכולוגיה- במצבי בחירה אנו מונחים לרוב, באופן בלתי מודע, על ידי עיקרון "חוק מסגור המאמץ" של דניאל כהנמן. לפי חוק זה, כשיש מספר רוטינות

אפשרויות לביצוע של מטלה אנו נוטים לבחור את הדרך הקצרה ביותר, זו שדורשת את המאמץ המינימלי.

במקרה השלישי מרחב החיפוש שהגענו אליו בזכות הסימולציה אינו מציב כל תקדים למצב המטרה. במילים אחרות, הסימולציה אמנם שלחה אותנו לעיר מסוימת, אך לא מצאנו בה את מה שחיפשנו.

האנושות כולה מצאה את עצמה במצב כזה עם פרוץ הקורונה. המגפה העולמית מיקמה את כולנו בעיר של מחלות ומגפות, ללא תקדים למצב מטלה שנוצר בעבר. בהיעדר תקדימים צריכים להיות יצירתיים ולסרטט מסלול חדש. גם במקרה זה נזדקק לרוטינות, אך החידוש יתבטא בכך שיהיה צורך להרכיב אותן באופן חדש ושונה. שימוש ברוטינות אינו סותר יצירתיות - רוטינות הן אבני בניין לפעולה יצירתית.

אוריינות מתמטית היא הכלי הטוב ביותר שיש ברשותנו להתמודדות עם הבלתי נודע. החסם, או המכשול המרכזי לשימוש בכלי הזה, הוא הנטייה המשולבת שלנו לסימולציה ומסגור המאמץ, אשר גורמות לקיבוען ולממוצבות. אלו חוסמים את האוריינות. כלומר, הסימולציה היא חרב פיפיות- היא זאת שמאפשרת להתמודד בקלות עם מצבים יומיומיים מוכרים, והיא גם זאת שעוצרת פעולה חדשנית ויצירתית במצבים בלתי מוכרים.

מה ניתן לעשות על מנת שתלמידינו יפתחו לאוריינות? ספרד הציעה 'רשימת ציוד' שדרוש למתחם האורייני:

1. היכרות טובה עם רחובות העיר מתמטיקה.
2. מפנה המראה כיצד מקושרים רחובות אלו לרשת.
3. מפות של דרכים בינעירוניות- רוטינות ומעברים בין שיחים. מטבע הדברים, הצטיידות במפות בינעירוניות תוכל להתחיל לאחר שנות השכלה רבות, שכן גם לאחר 12 שנות לימוד התלמיד לא יוכל לטייל בין כל שתי ערים או בין כל שני שיחים. לכן נדרש הכלי הבא:
4. שיטות היחלצות, כלומר רוטינות-על להתמודדות עם מצבים ללא תקדים וחיפוש אחר מעקפים.
5. חשיבה ביקורתית- שתמתן את השפעת הממוצבות, ותאפשר לתלמידים לבחון את המסלולים שהם בוחרים.

הוראת המתמטיקה המסורתית כוונה לשני הכלים הראשונים, ואינה מפתחת את שלושת הכלים האחרונים, ויש האומרים שהיא אף מרחיקה.

תגובתו של פרופ' אברהם הרכבי:

בתגובתו, פרופ' הרכבי התייחס לדוגמאות שהציג פרופ' ספרד, והציע לחלק את אוכלוסיית התלמידים לארבעה 'פרופילים' על פי גישתם לאוריינות המתמטית:

1. הסוג הראשון - התלמיד שמתנגד נחרצות להיכנס לשיח מתמטי. דוגמא לכך היא לקוח המספרה של פרופ' ספרד.
2. הסוג השני - התלמיד הנמנע מפעולות אוריינות, ומפגין 'ממוצבות פעולה' עם העצמים הקונקרטיים שסביבו. זוהי טלי מסיפור העוגיות של פרופ' ספרד. בהקשר זה נשאלת השאלה, האם ניתן להשתמש בממוצבות כבסיס למתמטיקה בית ספרית? האם היא גם יכולה לשמש כבסיס לאוריינות? כלומר האם ממוצבות היא אויב האוריינות או לאו דווקא? פרופ' הרכבי משיב כי אין תשובה חד משמעית לשאלה זו, וישנן דוגמאות לכאן ולכאן.
3. הסוג השלישי - התלמיד הפותח בשיח מתמטי כדי להתייחס לבעיה ולפתור אותה. זוהי נירה מסיפור העוגיות של פרופ' ספרד.
4. הסוג הרביעי - התלמיד בוחר להתמודד עם סיטואציה באמצעים מתמטיים אף שלא נדרש לכך. יש מצבים רבים בחיים שעליהם ניתן לחשוב באופן מתמטי. תלמיד זה בוחר לשאול שאלות, לחקור ולחשוב באופן מתמטי במגוון מצבים.

איך יכולים בתי הספר להתמודד עם כל פרופיל, ועם עצם ריבוי הפרופילים? לשיטת פרופ' הרכבי, הנטייה ללכת לכיוונים אורייניים בבית ספר אינה צריכה לבוא במקום לימוד כלים טהורים של מתמטיקה, אשר בלעדיהם אוריינות לא תעבוד. יש להיזהר מדיכטומיה, הדברים משלימים זה את זה: יש צורך ללמד כלים מתמטיים ובמקביל לפתח את היכולת לשאול שאלות בתלמידים.

רב שיח בנושא יעדי הלימוד ודמות הבוגר:

פרופ' שירי ארטשטיין-אבידן הציגה את שתי התפיסות הבעייתיות של תלמידים לגבי מתמטיקה:

1. שעמום - תפיסת התלמידים שהמתמטיקה משעממת ולא תשמש אותם בעתיד. חשוב שהבוגר יבין מה מתמטיקה יכולה לעשות בשבילו, את הכוח העצום של המתמטיקה.
2. חרדה – התפיסה כי מתמטיקה היא קשה ומפחידה, ותחושת התלמידים ש"זה לא בשבילי".

שתי הבעיות האלו הן למעשה ביטוי לסלידה מהמקצוע. סלידה זו קשורה לדרך שבה מלמדים, למה שמלמדים, וגם לחוסר הבנה של משמעות המתמטיקה בכלל: מה היא כוללת, מה ניתן לעשות איתה ואיך היא מחוברת לחיים, לא רק כמתכון שמדביקים לפתרון. ארטשטיין-אבידן חושבת שההוראה צריכה להיות מכוונת חשיבה, וזה יכול לסייע בהתמודדות עם חלק מהבעיות הללו.

נושא נוסף הוא פיתוח 'אומץ מתמטי' ופיתוח היכולת לנסות להתמודד עם משהו חדש. זה קשור לנטייה להפעיל מינימום מאמץ ול'ממוצבות' שהזכירה פרופ' ספרד.

פרופסור שי שלו - שוורץ התייחס לתפקיד של הוראת המתמטיקה כהוראת שפה. לשיטתו, התפקיד החשוב ביותר של המתמטיקה הוא להיות שפת ההנדסה והמדעים. מה המשמעות של רכישת שפה? ברובד הבסיסי, רכישת שפה כוללת אוור מילים, הבנת מבנה תחבירי, הכרת הא'-ב' וכדומה. הבנה מלאה של השפה דורשת את היכולת לבטא רעיונות ולתקשר אותם למישהו אחר, בכתב או בעל פה, וכן להבין רעיונות של מישהו אחר הביטוי של רעיונות על ידי שפה דורש רמה מסוימת של הפשטה.

לשיטת פרופ' שלו-שוורץ אוריינות מתמטית היא היכולת לקרוא ולהבין (ומצד השני – לכתוב ולנסח) מאמר הנדסי מדעי, שמשתמש בכלים מתמטיים שמוכרים לתלמיד. זו היכולת הנדרשת מעובדים מוצלחים בתעשיית ההייטק, ולטעמי זו גם היכולת הנדרשת מכל תלמיד מחקר במדעים המדויקים או בהנדסה.

כמובן, רמת המאמרים והרעיונות שיובנו משתנה עם התפתחות התלמיד, אבל הרעיון דומה. לימוד מתמטיקה צריך להיות דומה ללימוד שפה, עם דגש על הבנת הנקרא המתמטית ועל הבעה מתמטית, ולא רק אוצר מילים ותחביר.

בכדי לשלוט בשפה המתמטית יש צורך לבנות הבנה עמוקה של הבסיס, למשל להסביר ולהוכיח משפטים ולא רק להשקיע בתרגול הנוסחה, לספק הסברים שונים, היות והיכולת להסתכל על תמונה מכמה זוויות חשובה ביותר ומהווה את מהות החשיבה המדעית והמתמטית. בנוסף, על מנת לייצר מוטיבציה יש להראות למה המתמטיקה רלוונטית לחיים האמיתיים.

לשיטת פרופ' שלו-שוורץ, לשם כך, תכניות הלימודים צריכות להתרענן וגם שיטות ההוראה. ניתן לשנות את דרך ההוראה המסורתית תוך שימוש בטכנולוגיות שיפותחו במשרד החינוך או בשיתוף עם השוק החופשי. בתוך כך, תפקיד המורה גם הוא יכול להשתנות – יותר פיקוח על ההוראה ופחות הוראה פרונטלית. מעבר לכך, מכיוון שרוב התקשורת המדעית היא באנגלית- יש צורך ללמד את מושגי המתמטיקה בתיכון ובאוניברסיטה גם באנגלית.

ד"ר סרגי סומקין התייחס לחינוך המתמטי מהזווית של צרכי ענף ההייטק, והציג את ממצאי המחקר שערך יחד עם שותפיו. לדבריו, בארבע שנים האחרונות ישנה עליה משמעותית באיכות כוח האדם, שאותה אפשר לייחס באופן חלקי להצלחות במערכת החינוך. העלייה באיכות באה לידי ביטוי בעלייה מאוד גבוהה בכמות בעלי מיומנויות הייטק, באנשים שנמצאים בענף ההייטק, ואלו שעובדים ב'משלח יד הייטק' בכלל ענפי המשק. 'משלח יד הייטק', מתייחס לעובדים בכלל המשק ומובילים את החדשנות והצמיחה. במונח 'מיומנויות הייטק' הכוונה לפתרון בעיות מורכבות, תקשורת בין אישית, עבודה בצוות, חשיבה ביקורתית, חשיבה יצירתית, גמישות, לימוד עצמי. חלק מאותן מיומנויות מכונות 'כישורי פיזה'. כישורים אלה ניתנים למדידה וניתנים גם לשיפור.

ד"ר סומקין הדגיש כי בקרב אוכלוסיה זו בולטת ההשקעה בחינוך א-פורמלי: כ-2/3 מעובדי ההייטק השתתפו בפעילויות מחוץ לבית ספר, כ-20% בחוגי STEM. במחקר נמצאה קורלציה בין כישורי פיזה

והינוך א-פורמלי לבין "בגרות הייטק"- הכוללת 5 יח' אנגלית, 5 יח' מתמטיקה ו-5 יח' פיזיקה או מדעי המחשב. למעשה שני הרכיבים מייצרים תחושת מסוגלות שמאפשרת אחר כך לתלמיד ללמוד בגרות איכותית ובהמשך גם תואר איכותי. התרומה למשק רבה: ככל שהפרט בחר במסלול איכותי בבית ספר הוא ירוויח יותר והתוצר שלו יהיה גבוה פי שתיים מאשר תוצר של עובד אחר.

ד"ר סומקין שיתף בהמלצותיהם על בסיס מחקרם:

- להקנות כישורי פיזה;
- להגביר קורסי STEM כבר מחטיבות הביניים. להגדיל את שיעור בעלי "בגרות הייטק";
- לערוך שינוי מהותי בלימודי השפה האנגלית כך שהתלמידים יוכלו לנהל שיחה, להציג נושא ולנהל דיון.

פרופסור עדו גל התייחס למונח של אוריינות מתמטית כחלק ממארג רחב יותר של מיומנויות יסוד, שיש לפתח בקרב תלמידי ישראל. במיומנות יסוד הכוונה למיומנויות שכולם צריכים אותן, כל הזמן, בהרבה הקשרי חיים. המונח מיומנות כולל גם עמדות תומכות, הרגלים, יכולות חשיבה ותחושת מסוגלות עצמית.

המושג של אוריינות מתמטית הופיע לפני כ-20 שנה כחלק מתכנית המדידה של פיזה, ומאז המערכת עוד לא לגמרי יודעת איך להתמודד עימו. פרופ' גל סבור כי אחת הסיבות לקושי היא שמתסכלים על אוריינות מתמטית כיכולת ייחודי, במקום לראותה כחלק מרשת רחבה יותר של מיומנויות ויכולות נדרשות לשם התמודדות אפקטיבית עם העולם.

כך, אוריינות מתמטית קשורה מאוד לאוריינות לשונית: רוב המידע המועבר לאזרחים מגיע דרך אמצעים כתובים שאותם צריך לפרש. אוריינות מתמטית מאוד קשורה גם לאוריינות סטטיסטית, מאחר שמרבית המידע המתמטי שמגיע לאזרחים, בעיקר באמצעי התקשורת, הוא מידע שמבוסס על תהליכים סטטיסטיים, תקופת הקורונה היא דוגמה טובה לכך. בשנים האחרונות תשומת לב ניתנת גם לתחומים נוספים, כמו למשל לנושא של אומדן סיכונים לשם קבלת החלטות בתנאי אי וודאות, ולנושא של הבנת נתונים- כולל נתוני ביג דאטה, אוריינות פיננסית ואוריינות בריאות. כל הנושאים האלה מתחברים כאשר אנחנו מסתכלים על 'אוריינות' כמיומנויות נדרשות לצורך תפקוד בסביבות מסוימות. מערכת החינוך עוד לא יודעת איך להתמודד עם צרכם אלה.

ככלל, בוגרי מערכת החינוך צריכים להבין מסרים וטיעונים סטטיסטיים, לנתח נתונים, ולהבין את המשמעות של המידע המתמטי בתוך ההקשר של החיים. פרופ' גל נתן כדוגמה את הדיון על פערי שכר בין גברים לנשים: בכתבה לכבוד יום האישה הבינלאומי הוצג טיעון סטטיסטי לגבי פערי שכר בין נשים לגברים. בכתבה מאוחרת יותר נאמר שהממונה על השכר במשרד האוצר טוען שהפער הוא נמוך יותר משמעותית. במקרים אלה נעשה שימוש במודלים סטטיסטיים מסוגים שונים כדי לנסות ולנתח תופעות חברתיות וכלכליות שיש להן משמעות ניכרת בחיי הפרט וגם בחיי קהילות וחברות ומשפחות. הטיעונים האלו הם טיעונים מורכבים, כאשר רוב המידע סמוי מהעין. על האזרח לדעת איך לשאול שאלות ביקורתיות לגבי המידע ואופן העיבוד שלו, מקורות המידע הרלוונטיים, דרך הסקת המסקנות, והמשמעויות שלו.

ברמה המערכתית, נשאלת השאלה מתי ללמד אוריינות מתמטית? העיסוק באוריינות מתמטית מצביע על המחויבות של מערכת החינוך להכין בוגרים ובוגרות לכניסה ולהתמודדות עם עולם המבוגרים, ולכן לא ניתן לעסוק באוריינות מתמטית רק בחטיבת הביניים, ובתיכון להפסיק לעסוק בכך וללמד דברים אחרים. יש חשיבות רבה לרציפות ולתיאום במערכת השיעורים בכל שנות הלימוד.

מושב שני

ד"ר נועה שחורי אייל, ראמ"ה:

בהרצאתה, הציגה ד"ר שחורי איל השוואה שנערכה בראמ"ה בין 'אוריינות מתמטית' במסגרות שונות: המסגרת המושגית של מחקר פיזה, תכנית הלימודים בחטיבת הביניים ומסמך תפיסת הלימוד המתחדשת של משרד החינוך. על מנת שראמ"ה תוכל להעריך להעריך אוריינות מתמטית עליה לדעת, קודם כל, מהי ההגדרה לאוריינות מתמטית.

מחקר פיזה נערך בקרב תלמידים בני 15, שנמצאים לקראת סוף לימודי החובה שלהם, ובודק אילו כלים ומיומנויות יש להם ומה היכולת שלהם ליישם אותם בהקשרים ובמצבים מציאותיים. ניתן לחשוב על מחקר פיזה כעל אמת מידה, כעל איזשהו סרגל שאנחנו מודדים את עצמנו לעומתו, ואפשר לחשוב על פיזה גם כפלט שאנחנו מנסים להתיישר לפיו.

תפיסת הלמידה המתחדשת הוא חזון שנבנה ומתגבש אשר נועד לעדכן ולהגדיר את מטרות הלמידה במערכת החינוך- בין ידע מיומנויות וערכים- מתוך שאיפה להניע את המערכת לעבור מתכנית לימודים שממוקדת בידע, לתכנית למידה שממוקדת בלומד. המסמך מציג 13 מיומנויות מרכזיות שאמורות לאפיין את הבוגר של מערכת החינוך במאה ה-21. אוריינות מתמטית נמצאת במקום של כבוד ברשימה הזו.

במסגרת המושגית של פיזה, אוריינות מתמטית מוגדרת כיכולת של הפרט "לחשוב חשיבה מתמטית, לנסח ליישם ולפרש מתמטיקה כדי לפתור בעיות במגוון הקשרים מהעולם האמיתי. אוריינות מתמטית כוללת מושגים, פרוצדורות, עובדות וכלים שונים שמטרתם לתאר להסביר ולחזות תופעות שונות." בתפיסת הלמידה המתחדשת אוריינות מתמטית מוגדרת כיכולת "לייצג מצבים ותופעות בשפה מתמטית וליישם ידע, מיומנות ואסטרטגיית חשיבה מתמטיים על אודות נתונים, כמויות, גיאומטריה ותבניות- למגוון צרכים והקשרים לימודיים וחוץ לימודיים". שתי ההגדרות האלו מתכתבות. בתכנית הלימודים לחטיבת הביניים אין התייחסות מפורשת לאוריינות מתמטית.

כדי לערוך את ההשוואה נבדקו שלושת המסמכים בשלושה צירים מרכזיים: תחומי תוכן, חשיבה מתמטית, והקשרים. ד"ר שחורי איל הציגה את הממצאים המרכזיים, כאשר מחקר פיזה משמש כנקודת מוצא להשוואה.

תוכן: תחומי התוכן לפי פיזה הינם:

- כמות
- אי וודאות ועיבוד נתונים
- שינוי ויחסים
- מרחב וצורה

בתחום התוכן כמות, הנושאים מספרים ויחידות, פעולות חשבון, אחוזים ויחסים ופרופורציות מופיעים בשלושת המסמכים. עקרון הכפל לא נמצא במסמך תפיסת הלמידה המתחדשת (אבל כן נמצא בתכנית הלימודים). קומבינטוריקה פשוטה והדמיות מחשב נמצא בפיזה אך לא במסמכים האחרים. נושא זה נמצא במקד תכנית הלימודים של פיזה מתוך תפיסה שבתחום הכמות יש בעיות מורכבות שהדרך להתמודד איתן היא באמצעות הדמיות מחשב.

בתחום התוכן אי וודאות ועיבוד נתונים יש לא מעט השקה. נושאים של איסוף מידע, ייצוג ופרשנות נמצאים בכל שלושת המסמכים. כך גם הנושא של קבלת החלטות מותנית, כאשר בתכנית הלימודים יש יותר תשתית תיאורטית לכך ופחות התניה ופרקטיקה. שונות ותיאור שונות נמצא בתכנית הלימודים, אך לא בתפיסת הלמידה המתחדשת. הנושא של דגימה ומדגם לא נמצא באף אחת מהן.

בתחום התוכן שינוי ויחסים, מידול, שינוי ויחסים באמצעות פונקציות ומשוואות הינו נושא אשר נמצא גם בתכנית הלימודים וגם בתפיסת הלמידה המתחדשת. כך גם ייצוגים אלגבריים וגרפיים של יחסים. מעבר בין ייצוגים נמצא בתכנית הלימודים ואף מקבל בה דגש, אך לא נמצא בתפיסת הלמידה המתחדשת. תופעות של צמיחה הוא נושא שנמצא באופן מובלע בתכנית הלימודים אך לא בתפיסת הלמידה המתחדשת, שם יש קריאה ללמד את הנושא בהקשר מציאותי, אך הנושא אינו מרכזי.

בתחום התוכן מרחב וצורה, יחסים בתוך עצמים גאומטריים הוא נושא אשר נמצא גם בתכנית הלימודים וגם בתפיסת הלמידה המתחדשת, כך גם מדידה. הנושא של קירובים גאומטריים נמצא בתכנית הלימודים אך לא בתפיסת הלמידה המתחדשת.

לסיכום, ניתן לראות כי יש התאמה גבוהה מבחינת התכנים בין פיזה 2022 לתכנית הלימודים בחטיבות הביניים, כאשר ההבדל המשמעותי הוא העיגון בהקשר המציאותי או הקשר חוץ מתמטי. זהו מאפיין מרכזי בפיזה, אך הרבה פחות בתכנית הלימודים. בתפיסת הלמידה המתחדשת יש ייצוג מצומצם יותר

לתחומי התוכן, אך יתכן שהדבר נובע מהרזולוציה והדגש במסמך, שעוסק יותר במיומנויות ויכולות ליבה ופחות בתכנים.

חשיבה מתמטית:

הציר השני של ההשוואה היה החשיבה המתמטית. זהו תהליך מחזורי שמתחיל בניסוח בעיה מציאותית בשפה מתמטית, ממשיך ליישום בכלים מתמטיים, פירוש והערכה, וחוזר חזרה לעולם המציאות עם הפתרון.

במסמך תפיסת הלמידה ישנם רכיבים מהתהליך, אך לא המעגל כולו. לדוגמה שלב הניסוח מופיע כחלק מתהליך המידול תחת אוריינות כמותית. גם ביכולות ליבה אחרות אנחנו רואים רכיבי ניסוח. כאשר עושים את ההשוואה בין החשיבה המתמטית של פיזה לבין תפיסת הלמידה אנחנו יכולים לראות שניסוח קיים ויש דגש על פעילויות שמטפחות את יכולת הניסוח, אך לא כתרגום לבעיות חוץ מתמטיות.

תוכנית הלימודים מביאה לידי ביטוי את כל פעילויות היישום שנכללות תחת ההגדרה של חשיבה מתמטית. יש פירוש והערכה בייצוג במצומצם יחסית כשהקשר הוא תוך מתמטי בלבד, ואין את השלב של המעבר למציאות. יש יותר רכיבים ויותר נוכחות של חשיבה מתמטית בתוכנית הלימודים מאשר בתפיסת הלמידה, אך עדיין לא כהתהליך רציף, וגם בתוכנית הלימודים חסר ההקשר המציאותי.

הקשר:

ההקשר של הבעיה משפיע על הכלים שנשתמש בהם, על האופן שנעשה זאת, על האסטרטגיות ועל ההערכה שלי לפתרון. בפיזה יש 4 הקשרים: הקשר אישי- דברים שקשורים לעולמות הפרט, הקשר תעסוקתי (כגון משכורת, מלאי וכדומה), ההקשר החברתי (הקהילה המקומית שלי, דמוגרפיה, מדיניות ציבורית, סקרי דעת קהל וכו') וההקשר המדעי (גנטיקה, רפואה וגם הקשרים תוך מתמטיים).

בתפיסת הלמידה אנחנו כמעט ולא מזהים הקשר. בתוכנית הלימודים אין הנכחה שיטתית מוצהרת של הקשרים, אך אנחנו מזהים בעיות בהקשר האישי. בעיות בהקשר המדעי, החברתי והתעסוקתי יותר נדירות.

לסיכום, תוכנית הלימודים לחטיבת הביניים נמצאת בהלימה לא מבוטלת לפיזה מבחינת התכנים, אבל לא מבחינת המיומנויות וההטמעה. בתפיסת הלמידה המתחדשת, בין היתר בגלל אופייה, יש ייצוג מצומצם יותר לתכנים ולמיומנויות- כאשר דבר בולט בשני המסמכים הוא חסרונן של ההקשר החוץ מתמטי. חשוב לציין שהבדיקה מתבסס על תוכנית הלימודים המתוכננת, ולא נבדק מה קורה בתוכנית המיושמת בפועל.

ד"ר יוסי מחלוף, ראמ"ה:

בהרצאתו, הציג ד"ר יוסי מחלוף ממצאים אודות מצבם של תלמידי ישראל במתמטיקה לפי מחקרי פיזה וטימס, וניתח נתונים אלה.

מצב ישראל בתחום האוריינות לא מזהיר. במחקר פיזה שבוחן אוריינות מתמטית, ישראל ממקמת במקום ה-32 מבין החברות ב-OECD. בטימס, מחקר בינלאומי מדגמי שמתקיים אחת ל-4 שנים מטעם IEA ובדק ידע קוריקולרי בתלמידי כיתה ח', המצב יותר טוב, שם ישראל מדורגת במקום הרביעי מבין החברות ב-OECD.

הפער בדירוג של ישראל בשני המבחנים בלט במיוחד בממצאי פיזה 2018 וטימס 2019. ישראל מתקשה באוריינות מתמטית ונמצאת מתחת לקו הניבוי שמנבא את ההישגים בפיזה על סמך ההישגים בטימס.

ישראל ממקמת בראש מדרג המדינות על פי פיזור הציונים שלהם בפיזה, כלומר הפיזור בישראל הוא הגדול ביותר. תופעה זו אינה ייחודית רק לאוריינות מתמטית, רואים אותה גם באוריינות מדעית וגם באוריינות קריאה. גם במחקר טימס פיזור ההישגים בישראל יחסית גבוה, אך לא באותה מידה שאנחנו רואים בפיזה.

הפיזור הגדול במחקר פיזה אינו נובע רק מפערים בין פלחי אוכלוסייה על רקע של שפה, מגדר או רקע חברתי כלכלי תרבותי. גם בתוך בכל פלח אוכלוסייה, שהוא יחסית יותר הומוגני, עדיין פיזור ההישגים הוא דומה או גדול מאשר פיזור ההישגים לזה שבמוצע ה-OECD. תופעה מעניינת נוספת היא שבכל מגזר שפה הפיזור בקרב הבנים גבוה מאשר בקרב הבנות.

ציוני תלמידי ישראל באוריינות מתמטית עלו לאורך השנים ועד 2011, ומאז יש יציבות או עלייה קלה. יחד עם זאת, בקרב דוברי ערבית לא חל שיפור בהישגים באוריינות מתמטית בין השנים 2006-2016, כך שהשיפור הכללי מיוחס לשיפור בקרב דוברי השפה העברית.

במבחני הידע הקוריקולרי השיפור משמעותי יותר. במבחני טימס ובמיצב אנו רואים שיפור בהישגי שני מגזרי השפה, כאשר בטימס השיפור ניכר אף יותר בקרב דוברי ערבית. ניתן ללמוד מכך שהפערים בין מגזרי השפה בפיזה גדולים יותר מאשר בטימס ובמיצ"ב.

הקשר החזק והעקבי בין רקע חברתי-כלכלי להישגים במתמטיקה, שניכר במחקרים שונים ובמגזרים שונים, כמעט ו"נשבר" בקרב דוברי הערבית בכל הנוגע לאוריינות מתמטית: בפיזה הפער בין מגזרי השפה ניכר גם כאשר שולטים על קבוצות הרקע הכלכלי חברתי תרבותי. הממצאים דומים גם באוריינות מדעית ובאוריינות קריאה. זאת בשונה מהטימס והמיצ"ב, שם הפער בין מגזרי השפה נסגר כמעט לגמרי כאשר שולטים על קבוצות הרקע החברתי כלכלי.

במחקרים בינלאומיים, כמו במחקרים ישראלים, נהוג לחלק את סולם הציונים לרמות בקיאות אשר מתארות מה תלמיד ברמה נתונה יודע ומסוגל לעשות. בישראל שיעור התלמידים המצטיינים דומה לשאר מדינות ה-OECD, כאשר כמעט כל המצטיינים דוברי עברית. לצד זאת, כשליש מהתלמידים מסווגים כמתקשים, לעומת רבע במוצע מדינות ה-OECD. בקרב דוברי ערבית, $\frac{2}{3}$ מהתלמידים מסווגים כמתקשים וקיים חשש ממשי ליכולת שלהם להשתלב בשוק העבודה העתידי.

מה קורה עם אותם תלמידים שנבחנו בפיזה בחטיבה בהמשך לימודיהם? במסגרת המחקר, נערך מעקב אחר התלמידים שהשתתפו בפיזה 2015 ונבדק הקשר בין ההישגים באוריינות מתמטית כפי שמשתקפים במחקר פיזה- לבין היקף ההיבחות בבגרות במתמטיקה. נמצא, שכלל שרמת הבקיאות בפיזה גבוהה יותר כך שיעורי הנבחנים בבגרות במתמטיקה ב-5 יחידות הולך וגדל. תמונה דומה גם בקרב הנבחנים ב-4 יחידות. את התמונה הזו רואים בכל אחד ממגזרי השפה. עם זאת בקרב התלמידים המצטיינים יש שיעור לא מבוטל של תלמידים שנבחנו מאוחר יותר בהיקף 3 יחידות בלבד או לא ניגשו כלל לבגרות, בעיקר בקרב דוברי עברית אך גם בקרב דוברי ערבית. בנוסף, יש שיעור לא מבוטל של תלמידים שהתקשו בפיזה, אך נבחנו בהיקף 4 או 5 יחידות במתמטיקה, בעיקר בקרב דוברי ערבית.

הפערים בין הממצאים בפיזה (הערכת אוריינות) לבין הממצאים בטימס והמיצ"ב (ידע קוריקולרי ומיומנויות), הפערים המגזריים שניכרים יותר בפיזה, ושבירת הקשר בין רקע חברתי-כלכלי והישגים במתמטיקה יכולים לנבוע משילוב חלקי של רכיבי אוריינות בתוכנית הלימודים במתמטיקה, בעיקר בהיבטים של מיומנויות חשיבה מתמטית וגם הקשרים. הם יכולים גם לשקף יישום מצומצם של הוראה בגישה אוריינית. גם כאשר יש הוראה בגישה אוריינית, יש שאלה לגבי טיב ההוראה הזו ועד כמה היא מביאה את התלמידים לשיפור, בעיקר במגזר דוברי הערבית.

הסקה ממבחנים בינ"ל:

ניתוח המסגרת המושגית למחקר הבינ"ל ותוצאותיו יכולים לשקף את מצב ישראל, לזהות יתרונות, נקודות חוזקה משמעותיות ונקודות חולשה, ובכך לספק הכוונת קובעי מדיניות. יחד עם זאת, חשוב לזכור שלמחקר בינלאומי יש גם חולשות- בהגדרה, מחקר בינ"ל אינו בהלימה מלאה לתוכניות לימודים מקומיות ולמכלול יעדיה. לצד ההזדמנויות האדירות והחשובות ובעלות הערך הרב שקיימות בהשתתפות במחקר בינלאומי, יש גם סכנות ואיומים שיש להיות מודעים להם, למשל: קידוש המדרג ו'התמכרות' למדדים, אימוץ גישות כלכליות לחינוך, גיבוש רפורמות שלא מתחשבות במאפייני המקום, בחזון החינוכי ועוד.

המחקרים הבינלאומיים מספקים ידע משמעותי להערכת האוריינות המתמטית, אך הם אינם מספקים. כפי שמעריכים כל תחום דעת אחר, נדרש להשלים את התמונה באמצעות כלים נוספים- דוגמת מחקרים ארציים מדגמיים או מקיפים מדי שנה, בדרגות כיתה שונות, בהלימה לתוכנית הלימודים,

וכמובן תכנית הערכה פנימית וכלי הערכה מותאמים אישית בהתאם לצרכי בית הספר והכיתה. כלי ההערכה הם רק חלק מתוך מארג הנקודות וההיבטים שצריכים להתייחס אליהם. עליהם להתלוות לתכניות לימודים מתאימות, למסמכי מדיניות, להכשרת מורים וחומרי לימוד מתאימים.

ראיון מצולם עם פרופ' זבגנייב מרצ'יניאק: סיפור ההצלחה בפולין ותובנות באשר להישגי ישראל בפיזה. **מראיינת:** ד"ר מיכל איילון

במסגרת הראיון שיתף פרופ' מרצ'יניאק ברפורמה שנערכה בפולין והגורמים המניעים לה. במבחן פיזה 2003 פולין דורגה מתחת לממוצע במדינות ה-OECD במתמטיקה. בניתוח ממצאי המבחן נמצא כי התלמידים אינם מסוגלים להתמודד עם בעיות חדשות, שבהן לא נתקלו לפני כן. בעקבות כך, נערכה רפורמה בלימודי המתמטיקה, שבעקבותיה השתפרו משמעותית הישגי התלמידים.

במסגרת הרפורמה בפולין הופקו כמה מאות של שאלות לדוגמה אשר עודדו את התלמידים לחשוב אך מצד שני לא היו קשות מאוד ויועדו לכלל אוכלוסיית התלמידים. שאלות אוריינות גם שולבו במבחנים הארציים וכתוצאה מהמהלכים הללו הישגי פולין בפיזה ב-2012 הראו על מגמת שיפור וגם התלמידים החלשים ביותר התקדמו.

לבקשת קרן טראמפ, פרופ' מרצ'יניאק וצוותו בחנו את הישגי ישראל במבחני פיזה. מהניתוח עלה שהתלמידים הישראלים די טובים במתמטיקה פורמלית בשלב האמצעי של מעגל המידול* שהוא מתמטיקה טהורה. עם זאת הם נתקלו בקשיים בשלב הראשון, שבו הם היו צריכים להתמודד עם מצב לא מוכר בהקשר חוץ-מתמטי ולנסות לתרגם אותו למתמטיקה. הבעיה בלטה במיוחד בתחום המרחב צורה וזאת כי קשה להפוך את נושא הגיאומטריה לאלגוריתם. הבעיות בגאומטריה הן הבעיות הקשות ביותר לכלל תלמידי העולם.

לשיטת פרופ' מרצ'יניאק, במטרה לשפר את ההישגים, ובפרט ולהגדיל את מספר התלמידים שנמצאים ברמות הגבוהות של פיזה – 5 ו-6, יש לפעול באמצעות הגיאומטריה: צריך לשלב שאלות שגורמות לתלמידים לחשוב. דוגמא לשאלה כזו: קחו ריבוע בגודל מטר על מטר, ותחלקו אותו לריבועים קטנים של סנטימטר אחד. תציבו את הריבועים האלה זה אחרי זה. מה האורך של שורת הריבועים שתתקבל?

מניתוח תשובות תלמידי ישראל עולה גם שיש חלק גדול של שאלות לא פתורות. שיעור גבוה של תשובות חסרות מרמז על כך שהתלמידים אינם מאמינים בעצמם. הדרך לייצר תחושת מסוגלות היא לתת לתלמידים זמן לחשוב ולאפשר להם להגיע לתשובה בכוחות עצמם.

השאלות שעל המורים להביא לכיתה צריכות לאתגר את התלמידים אבל במקביל לא לגרום להם לתסכול. תפקידו של מורה טוב הוא לזהות מה ילד מסוגל לעשות ולתת לו משהו קצת קשה יותר, אבל רק קצת, כדי שהוא יצליח. באופן כללי כשמלמדים מתמטיקה חשוב לעורר רגש חיובי.

המפתח לשיפור ההישגים בפיזה הוא עבודה עם בעלי ההישגים הנמוכים. קל יותר לשפר את ההישגים הכלליים בהתבסס על שיפור בתלמידים המתקשים משני טעמים: הסיבה הסטטיסטית - יש יותר תלמידים בעלי הישגים נמוכים מאשר תלמידים בעלי הישגים גבוהים. הסיבה השנייה היא שלא נדרש הרבה כדי לשפר את התוצאות הנמוכות. מדובר פה בידע בסיסי ביותר. רמת השאלות במתמטיקה בפיזה נמוכה בהרבה ממה שאנשים בדרך כלל סבורים שצריכה להיות ולכן גם המתקשים יכולים להגיע לרמה הזו.

לסיכום, פרופ' מרצ'יניאק המליץ שתי המלצות מרכזיות:

- תנו לתלמידים לחשוב בעצמם, אך תנו להם זמן לחשוב ותנו להם בעיות שיגרמו להם לחשוב ושיעניינו אותם.
- תבהירו למורים שהם לא יכולים לחמוק מהוראת אוריינות מתמטית. הדרך הכי טובה היא להכניס בעיות כאלה למבחנים.

*מעגל המידול לפי פיזה 2021 כולל שלושה שלבים: שלב הניסוח שבו מתרגמים את הבעיה מהעולם האמיתי לבעיה מתמטית, שלב היישום שבו פותרים את הבעיה המתמטית ושלב הפירוש וההערכה

שבו מבינים את הפתרון המתמטי במונחים של הסיטואציה במציאות ובוחנים באיזה מידה הוא עונה על הבעיה המקורית.

פרופ' אורית זסלבסקי:

הרצאתה של פרופ' זסלבסקי כללה שני חלקים מרכזיים. בחלקה הראשון, אפיינה פרופ' זסלבסקי משימות אוריינות. בחלק השני נערכה השוואה לנעשה בשתי מדינות – הולנד וסינגפור. אוריינות מתמטית, כפי שעולה מהמסגרת המושגית של פיזה, קשורה לבעיות מהעולם האמיתי ולמידול. מידול עוסק בפתרון בעיות מהמציאות בכלים מתמטיים, ומחייב מעברים בין העולם המתמטי לעולם האמיתי.

מעגל המידול, לפי פיזה, כולל שלושה תהליכים מרכזיים: ניסוח, יישום, ופירוש והערכה. נקודת המוצא שלנו היא שלמרות קיומם של משתנים רבים נוספים, אחד הגורמים המרכזיים להצלחה בפיתוח אוריינות הן המשימות עצמן, ולכן העיסוק בהן.

במסגרת המחקר, פיתחנו מערכת של קטגוריות לניתוח ואפיון בעיות אורייניות, שחלקן מופיעות במאגר משרד החינוך. אחת הקטגוריות היא אפיון הקשר של הבעיה לעולם המציאותי - בהקשר זה עלתה הסוגיה האם הקשר הוא אותנטי והגיוני. פרופ' זסלבסקי הזכירה שלא כל בעיה שמעוגנת בסיטואציה מחייב היום-יום היא בעיה אוריינית, ולהפך. בעיה אוריינית יכולה להתרחש בתוך העולם המתמטי - למשל במעבר בין ייצוגים שונים. עם זאת, הדגש במסגרת של פיזה הוא על בעיות מהעולם החוץ-מתמטי ולכן נעסוק בבעיות שקשורות לעולם המציאותי.

מאפיינים נוספים לאפיון בעיות אורייניות הם: תהליכי המידול הנדרשים מהתלמיד, רמת הדרישה הקוגניטיבית של המשימה, נגישות המשימה לתלמידים ברמות שונות, ורמת האוריינות בהקשר למטרות העל של פיזה - כלומר האם השאלה מראה את השימוש במתמטיקה לפתרון בעיות אותנטיות ולבסוף דרכים למינוף המשימה.

אפיון המשימות משמש גם בהערכת הנעשה במדינות אחרות בעולם. בחרנו לערוך מחקר השוואתי בכדי לנסות לזהות מאפיינים ייחודיים או משותפים בתכניות הלימודים במתמטיקה ובמערכת ההיבחות במתמטיקה בסינגפור ובהולנד. שתי המדינות הללו בולטות בהישגיהן הגבוהים בפיזה אך עם זאת הן שונות בתכלית בדרך בה הן הצליחו.

מקורות המחקר הם פרסומים מהולנד וסינגפור שכללו תיאור מפורט של הנעשה במסגרת המתמטית במדינות אלו. בנוסף, בהולנד יש לנו אוסף של מבחני בגרות אותנטיים, אשר אפשרו להבין בקלות מה היו המשימות. בסינגפור לעומת זאת ראינו רק מה שבחרו להביא לנו כדוגמה לכן נסייג את המסקנות.

ישנם הבדלים ניכרים במשימות אוריינות בשתי המדינות. הבדל מהותי אחד קשור לגישה באשר לאופן קישור העולם המתמטי לעולם החוץ-מתמטי. הגישה הרווחת בהולנד היא הצמחת עקרונות מתמטיים מתוך המשימות (Realistic Mathematics Education) RME – יוצאים מהעולם האמיתי ומצמיחים ממנו כלים ועקרונות מתמטיים תוך כדי תהליך של פתרון בעיות. לעומת זאת בסינגפור הגישה הרווחת היא של יישום עקרונות מתמטיים שנלמדו קודם לכן. מעבר לכך, לפי ממצאי המחקר, בהולנד אין כמעט נושא מתמטי שלא מתחילים אותו בחשיפה להקשר המציאותי, ורק אחר כך נכנסים לתוך הנושא.

בשתי המדינות יש תמיכה חזקה במבחנים חיצוניים. לכל אחת מהמדינות יש נקודת חוזק: בהולנד מודגשת ההתבוננות בעולם בעין מתמטית. בסינגפור יש ניהול הדוק של הלמידה והלומדים, ויש עידוד וליזיון במסלולים מתקדמים.

פרופ' זסלבסקי מדגישה כי אימוץ של רפורמות וגישות ממדינות אחרות מחייב זהירות וצריך להיעשות בהתאמה לתרבות ולמצב הקיים במדינה. מורות מסינגפור שלמדו את השיטה ההולנדית טענו שיש הרבה מעלות לגישה ההולנדית, אך הן מרגישות שעל מנת לאמץ את הגישה הזאת יש צורך בשינוי פרדיגמטי ותמיכה במשאבים.

המחקר העלה כמה תובנות: ראשית, יש יותר מדרך אחת להצליח במבחני פיזה. כדי ללמוד ממדינות אחרות, חייבים לקחת בחשבון היבטים תרבותיים. בארץ למשל יש יותר נטייה לתיאוריה, ישנה משמעת

רופפת שהיא חלק מתרבות. הדבר בא לידי ביטוי לדוגמא בהיעדרויות מבי"ס, תופעה שאינה קיימת בסינגפור. המלצה שלהן היא לעבוד עם מורים, לספק להם מסה קריטית של בעיות אוריינות טובות ולהפוך את שיעורי פיתוח האוריינות לדבר שבשגרה. העבודה עם המורים חשובה יותר משנוי תוכנית הלימודים.

מושב שלישי

במושב זה התקיים פאנל בהנחיית פרופ' טלי נחילאי ובהשתתפות נציגות של תכניות לשילוב אוריינות מתמטית בחטיבות הביניים. במסגרת הפאנל נדונו השאלות הבאות:

מה השינוי שהתוכנית מנסה להוביל?
 מה נעשה במטרה לקדם את השינוי?
 מהם האתגרים שאתם חווים או צופים שתחוו כדי לקדם את השינוי?
 למה אתם נדרשים כדי להתמודד עם אותם אתגרים?
 מהן התובנות המרכזיות שלכם בהקשר זה עד כה?

ניצה שיאון, תוכנית i-MATH:

תוכנית i-MATH בטכניון עוסקת בתכנון ופיתוח משימות אוריינות ומשימות של מידול מתמטי. במשימות אלה, המבוססות כולן על תכנית הלימודים הקיימת, 'ההקשר האמיתי' הוא טכנולוגי. משימות האוריינות שמפותחות במסגרת התוכנית מפגישות את התלמידים עם בעיות לא מוכרות ולכן מזמנות חשיבה אחרת. פרקטיקות ההוראה והפדגוגיה הנדרשות בקשר למשימות אלה הן שונות, ומכאן גם נובעים הקשיים.

לדברי שיאון, תלמידים נהנים מהחשיפה למשימות החדשות. לראשונה הם נתקלים במשימות מעניינות, שגם מבהירות את הקשר בין העולם האמיתי למתמטיקה, ומדוע צריך אותה.

חסם מרכזי ביישום ושילוב משימות האוריינות מקורו במורים, אשר נדרשים לצאת מ'אזור הנוחות' שלהם. המורים עובדים בהתאם לתכנית לימודים ונדרשים לעמוד בהספקים מסוימים. משימות האוריינות דורשות תכנון מקדים מצד המורים וחשיבה אחרת מצד התלמידים, ושני אלה דורשים זמן. דרישות אלה מקשות על מורים לשלב את משימות האוריינות בתוכנית הלימודים, במיוחד כאשר יש להם ניסיון ניסיון ארוך שנים בעבודה מסוג אחר. למורים חסרה מוטיבציה לעצור את השטף הרגיל וללמד שיעור אוריינות, ועל כן חשוב לשכנע את המורים בערך של השיעורים הללו, ובכך שהם מספקים לתלמידים את היכולת להתמודד עם עולם המחר.

בנוסף, חשוב למצוא את המינון הנכון לשילוב אוריינות, שיאפשר למורים להתגבר על הקושי ולשלב משימות אלה בכיתה. שיאון הדגישה את החשיבות ביצירת חשיפה סדירה ושגרתית למשימות אוריינות - חשיפה של פעמיים בשנה לא תייצר שינוי.

לצד הקשיים, שיאון שיתפה, כי מניסיון מפעילי התוכנית עולה שההתמדה מביאה לשיפור: כך לדוגמא, בשנה שעברה הייתה קהילת מורים שהתקשתה במשימות, והשנה חל שיפור בנושא, גם כי המורים מבינים טוב יותר את התוכנית, וגם כי הניסיון החיובי של השנה שעברה עורר מוטיבציה בקרב המורים.

חולוד אבו ריא, מודלים לחשיבה:

התוכנית מאפשרת לתלמידים לחשוב בצורה מתמטית על תופעות מציאותיות תוך שימוש בכלים טכנולוגיים לסימולציות ולניתוח נתונים.

הטכנולוגיה יכולה למלא תפקיד מרכזי בתמיכה וקידום של מידול מתמטי. התלמידים נעזרים בכלי הסימולציה על מנת לדמות מצבים שקשה לדמות באופן אחר: הם חוקרים הקשרים ומצבים דרך הנחת הנחות, איסוף נתונים שונים והצבתם, מציגים יותר מפתרון אחד עבור נתוני פתיחה שונים, וכל זאת תוך אינטראקציה משחקית. מן הצד של המורים, הטכנולוגיה מאפשרת ניתוח אוטומטי לתשובות התלמידים והצגת הרעיונות השונים שעולים, ובכך מסייעת למורה להתאים את ההוראה שלו ולנהל דיון שמתבסס על עבודת התלמידים.

בהפעלת התוכנית אנו מתמודדים עם כמה סוגי אתגרים:

- אתגרי תשתיות - העדר די מחשבים, חסימת אתרים בבתי הספר וחיבור אינטרנט חלש.

- חוסר זמן - המורים צריכים 'להספיק חומר' ולכן מעדיפים פעילויות שעליהן ייבחנו התלמידים. כך, למרות שמורים רבים התלהבו מהפעילות בהשתלמויות המורים, הם לא הכניסו את הפעילות לכיתה.
- קושי בהתמודדות עם הכלי הטכנולוגי ואימוץ פרקטיקות הוראה מתאימות: המידע הרב שמועבר באמצעות הכלי הטכנולוגי מבלבל לעיתים את המורים. בנוסף, שימוש בתשובות התלמידים בכדי לקדם את הלמידה בכיתה היא פרקטיקה מורכבת. אמנם, המורה לומד את אופן השימוש במערכת ואת הפרקטיקות המתאימות לה במסגרת ההשתלמויות, אך הרבה פעמים לא מיישם אותן בכיתה, אלא חוזר לפרקטיקות ההוראה אליהן הוא רגיל.

מנוחה פרבר, תוכנית מהלכי"ם:

המטרה של פרויקט מהלכי"ם - 'מעלים את הרף לכיתות המתמטיקה' - היא לעודד ולתמוך בשילוב של פתרון בעיות מתמטיות מאתגרות בשיעורים. זו הפרספקטיבה דרכה האוריינות המתמטית ותהליך המידול משולבים בשיעורים. השאיפה כי התלמיד יתמודד עם קושי ואתגר, אך שההתמודדות תהיה פרודוקטיבית ולא מייאשת.

במהלך יישום התוכנית, אנחנו נתקלים באתגרים שונים:

- מבחינת המורה, הכללת בעיות מתמטיות מאתגרות מלווה במידה מסוימת של עמימות וחוסר וודאות, ואינה מאפשרת למורה להיות בשליטה מלאה, כפי שהוא רגיל.
- גם את התלמידים בעיות אלה מוציאות מ'אזור הנוחות'. אין לתלמידים אלגוריתם לבעיות אלה והן דורשות מיומנויות מתמטיות גבוהות יותר.
- אילוץ הזמן מייצרים קושי נוסף - כמה זמן יש להקדיש להתמודדות עם בעיה כזאת?
- אתגר נוסף נעוץ בשינוי תפיסת התפקיד של המורים. המורים רגילים לראות את עצמם כמסייעים לתלמידים, וגם התלמידים מצפים לכך. במסגרת התוכנית הציפייה היא שהתלמידים יתמודדו עם הקושי בעצמם, וזה משנה את תפקידו של המורה. האם התפקיד של המורה הוא לתת לתלמיד יד ולמשוך אותו מהבור? או שמא תפקידו הוא לזרוק לו חבל ושיעלה בעצמו? האתגר הוא למצוא את האיזון, כך שהתלמיד יחווה את הקושי ויתמודד בעצמו, ומאידך, אך שההתמודדות תהיה פרודוקטיבית. ההתמודדות המורכבת של המורים מעוררת בקרבם גם ספקות: אולי הם לא יודעים איך להוביל שיעורים של פתרון בעיות מאתגרות? האם זו באמת מתמטיקה והוראת המתמטיקה? האם זה חלק מהתפקיד שלי? האם זה מתאים לכל התלמידים?

לדברי פרבר, המענה לחוסר הוודאות של מורים ותלמידים בשיעורים אלו הוא להפוך את ההתמודדות והקושי לעניין שבשגרה. התלמידים מתרגלים להיאבק בקושי, בין אם בכוחות עצמם בקבוצה או במסגרת הכיתה, תוך ניסיון לתת פשר לבעיה ולמצוא אסטרטגיית פתרון. תפקידו של המורה הוא לאפשר להם להתמודד עם הקושי בעצמם, ולמעט בהנחיה שעשויה לשלול מהתלמידים את החוויה של פתרון הבעיה. כאשר התלמידים תקועים, יש למצוא את הדרך ל"זרוק חבל" לתלמידים, אך לא למשוך אותם, ולאפשר להם הרבה בחירה בתוך כך.

על בסיס שאיפות האלה פותחו בפרויקט מגוון עשיר של בעיות מציאותיות ומושכות עבור התלמידים, שקשורות גם לחומר הנלמד בכיתה. לבעיות נלווה מדריך למורה, שמפרט איך להבין את הבעיה ומציע איך להוביל את העיסוק בה, אך כל מורה מתאים את הסיטואציה לכיתתו.

סורינה סבאח, תוכנית מחשב"ה:

ה"אני מאמין" של תוכנית מחשב"ה הוא שכל תלמיד יכול לחשוב, וזכאי לקבל הזדמנויות למידה המעודדות חשיבה. מטרת התוכנית היא שמרבית התלמידים בכיתה יחשבו חלק גדול מזמן השיעור. בתוך כך, התוכנית מעודדת השתתפות שמקדמת פיתוח של מיומנויות המאה 21, לרבות שיתוף פעולה בצוות, תקשורת יעילה, חשיבה ביקורתית ויכולת לפתור בעיות, עצמאות, יצירתיות, סקרנות ויזמות.

להטמעת השינוי אנו פועלים באופן מעגלי: המורים עוסקים במשימות ובפרקטיקות ההוראה בקהילות, מביאים את המשימות והפרקטיקות לכיתה וחוזרים לקהילה שוב על מנת לשתף. במסגרת הקהילות עובדים המורים על משימות המזמנות חשיבה, שאין להן פרוצדורה מוכנה, ולצד זאת יש הוראה מפורשת של פרקטיקות, לרבות שיקולי דעת ודיונים מתמטיים ופדגוגיים. המורים לוקחים את המשימות

ואת הפרקטיקות שלמדו לכיתה, מתעדים את העשייה המתמטית של התלמידים וחוזרים עם זה לקהילה.

האתגר המרכזי שבו נתקלים מפעילי התוכנית הוא שינוי תפיסת התפקיד של המורה ושל התלמיד. אתגר זה בא לידי ביטוי בסיפור של אחת המורות:

"התרגלתי שאני מורה, דמות משמעותית בכיתה... במחשב"ה הדמות שלי באיזשהו שלב לא תהיה הבולטת בכיתה... הם (התלמידים) פתרו, הם הסבירו אחד לשני... הם יכולים להסתכל עלי ולשאל: מה עשית עבורנו היום? נכון, הסתובבת בינינו ועודדת אותנו והגעת איתנו לפתרונות אך מה עשית? בראש שלי, לא שלהם, התלמידים, אני חייבת להביא משהו כי אני המורה".

אנו מתמודדים עם האתגר באמצעות הדיונים שנערכים בקהילות על הדילמות והאתגרים, וגם באמצעות הוראה מפורשת שנותנת למורים כלים - איך לבצע זאת בזמן אמת בשיעור.

סבאח שיתפה כי הגיעו להבנה אודות האתגר בשינוי בתפקיד המורה בעקבות שאלונים שהועברו בקהילות מחשב"ה, לפני ואחרי שנת לימודים שעברה. בשאלונים נשאלו המורים על הגורמים שמקשים לדעתם על יישום של הוראה מעודדת חשיבה. קודם להשתתפות בתוכנית, המורים ראו את תפקיד המורה באופן 'מסורתי': המורה צריך להביא את החומרים, להסביר לתלמידים ולקדם אותם. בשלב זה הם השיבו שהגורמים שמקשים עליהם קשורים לתלמידים עצמם - בין אם זה רמת התלמידים או גודל הכיתה. למעשה, הם כלל לא ראו בזמן ההתמודדות של התלמידים עם הבעיה כחלק מהשיעור. את השינוי התפיסתי התחלנו לראות אחרי השנה הראשונה. לאחר שהמורים התנסו בכיתות הם ראו מה השיעור מצריך מהם מבחינת ההכנה, ההספק וניהול השיעור.

גליה גונן, לחשוב רחוק עם מתמטיקה:

מטרת התוכנית היא להביא את המורים לידי כך שישלבו בהוראה פתרון של בעיות מורכבות בהקשרים של העולם הממשי. במסגרת התוכנית, אנו מפתחים יחידות הוראה שלכולן ארבעה מאפיינים משותפים:

- הן בנויות כסיפור הקשור לחיים האמיתיים ובו מככבות דמויות;
- הדמויות נתקלות בבעיות מורכבות בהקשר של העולם הממשי;
- ההקשר מספק סיבה הגיונית לעשיית מתמטיקה, כלומר, הפתרון המתמטי תורם ומועיל;
- הבעיות שבהן נתקלות הדמויות ניתנות לפתרון בדרכים מגוונות תוך שימוש בתחומים שונים כגון אלגברה, פונקציות וגיאומטריה.

במסגרת העבודה בכיתה, אנו מדגישים את התועלת בעבודת התלמידים בקבוצות קטנות, על קיום דיון על פתרונות התלמידים ועל דרכי פתרון שונות אפשריות. הדיון ראשוני שנערך, עדיין אינו מתמטי, ומתייחס לבעיה מהעולם האמיתי. במסגרת הדיון, חשוב לנו לעסוק בשאלה של מדוע אנו צריכים את המתמטיקה, ואיפה היא יכולה לסייע. רק אחרי שראינו כי היא רלוונטית, ניכנס לדיון המתמטי.

האתגרים שאנו חווים נובעים מהיחודיות של התוכנית:

- המשימות בתכנית שונות מהשאלות המופיעות בד"כ בספרי הלימוד, ודרכי העבודה המוצעות שונות מהפרקטיקה הנהוגה בשיעורי מתמטיקה.
- אתגר משמעותי נוסף נובע מתפיסת המחויבות המקצועית של המורות והמורים וההקשר הבית ספרי: המורים נדרשים להספיק את תוכנית הלימודים ולעמוד בדירות נוספות של ביה"ס, ולא תמיד הדברים מתיישבים.

אנו מתמודדים עם האתגרים בכמה דרכים מרכזיות:

- הרחבת הידע על המקום המרכזי של מתמטיקה יישומית בדיסציפלינה;
- מתן דגש ביחידות הלימוד על מיומנויות של מידול מתמטי והוכחה מתמטית, הנדרשות ללימוד המתמטיקה שבתכנית הלימודים ובפרט ברמת 5 יח"ל;
- פיתוח דרכים לשילוב התוכנית בהוראה בשיתוף עם המורים והמורות.

ד"ר סלעית רון, תכנית מית"ר:

תכנית מית"ר, מתמטיקה יישומית – תוכנית הרכזים, עובדת עם רכזי ורכזות המתמטיקה בבתי הספר. אנו מאמינים שהרכזים יכולים לשמש כסוכני שינוי להובלת תהליך בתוך בתי הספר.

אתגר משמעותי שאנו נתקלים בו קשור למוטיבציה לעסוק במשימות אורייניות ולהתמיד בעיסוק בהן. אנו שואפים שתיווצר שגרה של חשיבה ואוריינות בתוך בתי הספר. העבודה בתוכנית מתבצעת בשלוש רמות: אנו עובדים עם הרכזים, הרכזים עובדים עם המורים, והמורים עובדים עם התלמידים. בכל הרמות נדרש לייצר את המוטיבציה לעיסוק בשאלות אורייניות וחשיבה מתמטית מסדר גבוה. אין לנו 'הוראה מלמעלה' בענין זה, כפי שלדוגמא היה בפולין. אנו רוצים לגייס את המורים לכך מתוך הבנת החשיבות של הנושא.

אנו מנסים להתמודד עם האתגר בכמה דרכים:

- מתוך רעיונות תיאורטיים ומחקרים מהעולם שאותם ניסינו ליישם, למדנו על שני גורמים שתורמים למוטיבציה של אנשים לעשות שינוי התנהגותי, כמו להצטרף לקבוצת ריצה או למועדון דיאטה: השתייכות לקבוצה, וקיומה של יכולת בחירה ואוטונומיה. קהילות המורים ממלאות אחר הרצון האנושי להשתייך לקבוצה. בתוך הקהילה אנחנו עובדים במקרים רבים בקבוצות קטנות כדי לייצר לכידות ועל מנת לאפשר שיתוף בדילמות.
- בניסיון לענות על צרכי המורים, התאמנו לתכנים בתוכנית הלימודים מספר גדול של משימות. מאחר שאנחנו גוף הטמעה ולא גוף פיתוח, למדנו משימות רבות שפיתחו מפתחים שונים, על מנת לבחון לאיזה חלק מתוכנית הלימודים הן יכולות להיות רלוונטיות וכיצד הן יכולות לשמש את המורים.
- בנינו יחד עם המורים והרכזים שלנו מחוון, שמסייע לבדוק האם המשימה הפרטנית מתאימה לכיתה שלי, לזמן שאני מקדיש לנושא ולתלמידים שאני מלמד, ואיזה מיומנויות דורשת המשימה. הדגשת הרלוונטיות. במסגרת התהליך לקחנו את הרכזים לביקור במפעל הייטק, ולמדנו איך מתמטיקה של חטיבת ביניים מתחברת לעשייה שלהם. ראינו כי מתמטיקה היא שפה שבאה לידי ביטוי בהקשרים שונים. תובנה זו מחזקת מוטיבציה.
- אנו פועלים לייצר אצל הרכזים, ובהמשך לכך אצל התלמידים, תחושת מסוגלות והבנה כי כל אחד יכול לצמוח וללמוד נושאים חדשים. אנו לומדים בהשתלמויות על היבטים שקשורים לפעילות המוח ולקישוריות במוח, ואיך אנחנו יכולים לפתח את היכולות שלנו ושל התלמידים.
- theory of fun - איך אנחנו משלבים בתוך הלמידה של המתמטיקה גם אלמנטים של הנאה ואתגר? את אותן הפעולות שאנו עושים עם מורים, אנו עושים עם התלמידים.

שולה וויסמן, וידאו-קליפ מתמטי:

מטרת התוכנית היא להדגים פדגוגיה מותאמת להוראת בעיות מורכבת במתמטיקה יישומית על ידי הנגשת שיעורים מצולמים.

יש הרבה מאוד תכניות שפיתחו משימות שמערבות מתמטיקה יישומית והן נותרות על המדף. להרבה תכניות יש גם קהילת מורים, אשר מנסה להטמיע את המשימות ולהביא אותן אל השטח. יחד עם זאת, אנו לא יודעים מה קורה עם המשימות הללו בכיתות.

המשימה והאתגר שלנו הוא לסייע למורים להשתמש במשימות האלה. אנו עושים זאת בחמש דרכים:

1. צילומי שיעורים שבהם רואים כיצד התלמידים עובדים על המשימות האלו.
2. סרטונים קצרים שמתמקדים באירוע מעניין מהשיעור או בפרקטיקת הוראה שהתלמידים או המורים הדגימו.
3. ליווי כל שיעור בחומרים פדגוגיים ודידקטיים לניתוח השיעורים עצמם. הרעיון הוא לעורר במורים מוטיבציה להשתמש בחומרים ולהגביר את הביטחון העצמי שלהם.
4. סרטון העשרה קצר שדן בנושא החוץ מתמטי.
5. הטמעה בשטח.

יש לנו קהילת מורים שבה המורים פותרים את המשימה, צופים בסרטונים, מנתחים אותם ודנים כיצד כל מורה רואה את האתגר שעולה בסרטון.

פרופ' טלי נחליאלי, מנחת הפאנל, מסכמת:

כל התוכניות מכוונות להוראה מקצועית ורלוונטית לתלמידים של היום: תלמידים שגדלים לעולם משתנה אשר דורש פיתוח מיומנויות כבר במהלך בית הספר. אנו רותמים את האוריינות המתמטית לפיתוח מיומנויות אלה, עם דגש על פתרון בעיות ועל התמודדות עם מצבים לא מוכרים. על התלמידים ללמוד שלא לפחד, ולהתחיל לגייס כל מיני תקדימים כדי להתמודד עם המצב.

שלושה אתגרים נאמרו בצורה כזו או אחרת כמעט בכל התכניות.

1. הבנת הצורך - אם אנו רוצים שהוראת אוריינות מתמטית תיכנס לבתי הספר, המורים שמובילים את השינוי צריכים להבין את נחיצותו. השינוי הנדרש הוא מורכב, ומעמיד את המורה במצב לא פשוט. המורה צריך סיבה טובה לפעול לשם כך, ולפתח תחושת מסוגלות. יש לחשוב איך אנחנו מעודדים את המורים לעשות את זה ברמה המערכתית.
2. משאבים בדמות משימות ופרקטיקות הוראה. התכניות השונות עובדות על פיתוח משימות ויש יותר ויותר בעיות שהן רלוונטיות. יחד עם זאת, המשימות אינן מספיקות, ונדרשות גם פרקטיקות הוראה. המורים צריכים מרחב תקדימים שממנו הם יכולים לבחור איך לפעול בכיתה, וזה מה שאנחנו מפתחים בקהילות.
3. תמיכה וליווי. ללא תמיכה וליווי מעמיקים ורציניים למורים, הן מקצועית והן רגשית-חברתית, המורים לא יכולים להוביל את השינוי הזה. התמיכה מסייעת בתהליכי ההתמקצעות ומשקפת גם את התפיסה שכל עוד אני מלמד אני ממשיך ללמוד- כי אי אפשר אחרת.

מושב רביעי

ד"ר רוני קרסנטי:

הרצאתה של ד"ר קרסנטי עסקה בהטמעת חדשנות בקנה מידה רחב במערכת דרך פיתוח מקצועי של מורי מתמטיקה. כאשר מדובר על הטמעה רחבה, מדובר בד"כ על רעיונות או שיטות לשיפור היבטים מקצועיים של הפרקטיקה של הוראת מתמטיקה: ידע מתמטי להוראה, אסטרטגיות פדגוגיות, הערכה, רפלקציה, בעיות אורייניות ורעיונות חדשניים אחרים. בדרך כלל תהליכים אלה מתחילים בפילוט מבטיח במסגרת פרויקט מבוסס מחקר. הפצת הרעיונות שפותחו בפרוייקט בקנה מידה רחב דורשת עבודה עם מורים למתמטיקה.

מה זה UPSCALE?

במילים פשוטות - ש לנו הצלחה במקום אחד ואנחנו רוצים להרחיב אותה לעוד מקומות. ההרחבה יכולה להתרחש בכמה תצורות ורמות: הרמה הראשונה, עניינה הפצה של רעיון או פעולה טובה שמתרחשת בכיתה אחת לכלל בית הספר. ברמה השנייה מדובר על הפצת הרעיון או הפעולה שהתרחשה בבית הספר לבתי ספר נוספים. ברמה השלישית מדובר על הפצה מבית ספר או קבוצת בתי ספר לכל המחוז או לכל המדינה. ברמה הרביעית והאחרונה מדובר על הפצה של רעיונות בחינוך מתמטי באופן גלובלי. דוגמא לכך הוא חקר שיעור, מודל שהחל ביפן ומיושם כיום בהרבה מאוד מדינות בעולם, בין היתר בעקבות ההצלחה של יפן בטימס.

ד"ר קרסנטי התייחסה לכמה מודלים של הפצת רעיונות:

1. Replication - שכפול של התרחשות במקום אחד למקומות אחרים. שכפול מלא הוא כמעט בלתי אפשרי, אבל ניתן להתקרב לכך. אם לדוגמא, יש נושא חדש או לא מוכר בתוכנית הלימודים, ניתן לתכנן מערך קשיח של הדרכה למורים, עם מפגשים מובנים, דוגמאות ותרגילים. הפצת מערך כזה לכלל המדריכים, אשר יעבירו על בסיסו מפגשים למורים ברחבי הארץ, יכולה להביא לתוצאות פחות או יותר דומות.
2. Adaptation - זהו מודל סביר יותר, ובו יהיו שינויים והתאמות לרעיון ההתחלתי. המודל הזה מתאים במצבים שבהם נדרשת גמישות מסוימת - נדרש להתאים את הנושא למורים ולאפשר להם להתאים את הנושא לכיתה.

3. Reproduction - זהו מודל שנוסף ע"י ריצ'רד אלמור, המתאר את תהליך ה-Upscale של רעיונות כסוג של התרבות אנושית.

ד"ר קרסנטי מציעה כמטאפורה למודל השלישי את תופעת ההורות, בכמה היבטים: קודם כל, ריבוי ילדים לאו דווקא מעיד על הורות טובה. הורים בדרך כלל ינסו להנחיל את ערכיהם לילדיהם, אבל הם לאו דווקא ירצו שהילדים ישכפלו אותם, אלא שימצאו את דרכם הייחודית בעולם. הורים תומכים בילדיהם לאורך זמן, תמיכה מאסיבית יותר עד ליציאה לעצמאות, ותמיכה פחותה לאחר מכן. תחושת ההצלחה של הורים מגיעה כשהילדים פיתחו תחושת הזדהות עם הערכים שבעיני ההורים הם החשובים ביותר, וכאשר יש סבירות גבוהה שהם ידבקו בערכים אלה גם לאחר שההורים לא יהיו שם יותר.

בהמשך למטפורה זו, ד"ר קרסנטי מציעה להבחין בין UPSCALE OF SETTINGS לבין UPSCALE OF VALUES. המונח UPSCALE OF SETTINGS - מתייחס להיבט הכמותי, בעוד המונח UPSCALE OF VALUES מתייחס לערכי הפרויקט (ה"אני מאמין" שאתו יצאו המפתחים לדרך). האם ערכים אלו נטמעו באוכלוסיית היעד?

בין שני המונחים יש קשרים ומתחים. החוקרת סינתיה קובורן טוענת שהגדלת מספר המקומות בהם מתרחשת הפעולה היא תנאי הכרחי אך לא מספק ל-UPSACLE. מכיון דומה, מקלכלין ומיטרה טוענות שהצלחת ה-UPSCALE נמדדת בשאלה האם נוצרת בקרב המפעילים הבאים של התוכנית תחושת בעלות. רוברט סטנברג טוען שלעיתים קרובות ההצלחה של תכניות בקנה מידה קטן נובעת מהמוטיבציה של הגבוהה של המפעילים הראשונים, שלא דווקא עוברת הלאה למפעילים הבאים.

במה תלויה ההצלחה של תהליכי הטמעה?

הרכיב של המפעילים הבאים הוא החשוב ביותר בהטמעה. החוקר רוג'רס, שמגיע מכיוון של יזמות, מנה כמה גורמים המשפיעים על ההצלחה, שאומצו גם ע"י חוקר החינוך מייקל פולאן:

- התאמת התכנית לצרכים של השטח. אם המורים לא רואים צורך בתוכנית, סביר שהיא תיכשל. בתוך כך, חשוב שהתוכנית תהיה ברורה ומובנת למי שהולך לפעיל אותה.
- נראות של הצלחה ועשייה חיובית. אם תכנית מופעלת, אך קהלי היעד הרלוונטיים - מורים הורים ותלמידים, אינם מכירים בהשפעתה, סיכויי ההצלחה קטנים.
- יישומיות התוכנית, מבחינת צורת הגשתה והתאמתה לתנאי השטח.

סטנברג מציע להבחין בין גורמים הקשורים לתוכנית עצמה, ליתרונותיה ולאיכותה, ולגורמים הקשורים לסביבה שבה רוצים להטמיע את התוכנית: תוכנית איכותית היא זו שמציבה יעדים מוגדרים שמצביעים על האימפקט המבוקש, כזו שהמורים מסוגלים להתמודד אתה בהינתן הכישורים והידע הנוכחיים שלהם, וכוללת ציפיות מציאותיות ביחס לכמות הזמן הנדרשת ליישום.

יחד עם זאת, התכנית הטובה ביותר תיכשל אם איננו מבינים מול מי אנחנו עובדים ואת אופן קבלת ההחלטות במקום. סטנברג הציע ארבעה גורמי השפעה הקשורים לסביבה:

תוכן - האם הסביבה מעוניינת בתוכן המוצע בתכנית?

הקשר - מהם הכוחות הפועלים בסביבה?

תהליך - מהן הפעולות והתהליכים שהסביבה מוכנה לעשות על מנת ליישם את התכנית?

אמת מידה - כיצד תימדד ההצלחה של התכנית בסביבה זו?

הוא מציע ארבע גישות של מחויבות מצד ארגון כלפי התכנית:

הגישה הנסיבתית- הארגון "מוכן לנסות" את התכנית, אך אינו מעודד או תומך בצוות המפעיל ואינו מפיץ ברבים את דבר קיום התכנית.

הגישה המאפשרת- הארגון מעוניין לבדוק את יעילות התכנית, לאחר שיקול דעת, כאחת האפשרויות הניצבות בפניו.

הגישה המקדמת- הארגון, לאחר שבחר בתכנית, מנסה להבטיח ככל יכולתו את מיצוי הפוטנציאל הגלום בה ובהתאם לכך את הצלחתה. לצורך כך הארגון עובד בשיתוף פעולה עם מפתחי התכנית ועם המורים או הצוות המפעיל.

הגישה המחויבת- הארגון מאמין בתכנית הספציפית וכל העוסקים בתכנית מפגינים מחויבות

להצלחתה. הארגון יוזם מענה לצרכים המקומיים הייחודיים שמתעוררים, ופועל להרחבת התכנית לקבוצות נוספות.

ד"ר קרסנטי הציגה דוגמה לתהליכים מפרויקט עדש"ה, הנשען על המשולש של צפייה בווידאו, שיח עמיתים מכון ומסגרת לניתוח. הפרוייקט החל כפילוט מבוסס מחקר, כלל בהמשך קורסים והשתלמויות שהחוקרים העבירו, ולאחר מכן הוכשרו מנחים. רק אחרי שהוכשרו מנחים נוספים התרחש ה-UPSCALE באופן יחסית רחב. בהמשך, נבנה שלב נוסף ושונה - חקר שיעור באמצעות עדשה. איך ניתן לסכם את ההטמעה בפרוייקט? האם חל שינוי מערכתי? אם נתייחס להיבט הכמותי, ניתן לומר שלא חל שינוי משמעותי. יש יותר מורים בארץ שלא התנסו בפרוייקט מאשר כאלה שכן. מאידך, אם נבחן את הערכים שהפרוייקט הפיץ ואת סוגי ההשפעות שלו, ניתן לומר שהיה תהליך של UPSCALE OF VALUES. לעדשה הייתה תרומה משמעותית להפצת הרעיון של שימוש בווידיאו להתפתחות מקצועית של עובדים - לפני הפרוייקט הדבר כמעט לא נעשה, והיום הוא רווח. סרטי עדש"ה משמשים כמשאב לפיתוח מקצועי של מורים ולהכשרת מורים במכללות. ערכי הפרוייקט - צפייה מכבדת, רפלקציה ככלי מרכזי, העלאת רעיונות שונים ומגוונים להוראה במקום הצבעה על best practice - נשמרו לפי העדויות במרבית מקומות ההפעלה. בנוסף, הפרוייקט עורר עניין בינלאומי. לסיים: ככל שהפיתוח המקצועי נשען על מודל אוטונומי יותר, כך יש אתגרים רבים יותר בהפעלת upscale of settings אבל סיכוי רב יותר לקבלת upscale of values.

נרית כץ, מפמ"רית מתמטיקה על יסודי:

נרית כץ התייחסה בהרצאתה למקומה של האוריינות בתוכנית הלימודים ולקשיי היישום והציגה את התוכנית העתידית של משרד החינוך בשיתוף קרן טראמפ בנושא.

לדברי כץ, אוריינות מתמטית נמצאת כיום בתוכנית הלימודים בחטיבת הביניים, ואין צורך לשנותה. הקושי טמון ביישום בפועל - האם אוריינות באמת נלמדת בכיתות ובאיזה היקף? במקרים שבהם היא אינה נלמדת - מדוע כך הדבר? בהקשר זה, עולה גם השאלה שעלתה מוקדם יותר ביום העיון, בדבר ההבדלים בין המגזר היהודי למגזר הערבי ומקורם. בסופו של דבר, השאלה הרחבה והחשובה היא מה ניתן לעשות על מנת להכניס את לימודי האוריינות בפועל לכיתות הלימוד. לדברי כץ, הרבה יותר מורכב ללמד אוריינות מתמטית מאשר ללמד מתמטיקה פורמאלית, לדוגמה, איך לפתור משוואה. ההקשר החוץ מתמטי, שחשוב באוריינות, לא נכנס למסמך תפיסת המידה של משרד החינוך. על מנת לקדם הכנסה בפועל של אוריינות מתמטית לכיתות, נדרש לשנות את האופן שבו מלמדים. בין היתר, נדרש להרחיב את המיקוד, ולא להתרכז בתוצאה.

כץ שיתפה כי משרד החינוך יוצא בתוכנית משותפת עם קרן טראמפ להטמעת אוריינות מתמטית בכיתות. במסגרת זו, אוריינות מתמטית תשולב בנושאי חזקות ובהסתברות. כחלק מהתכנית ישובצו משימות אוריינות במהלך הלמידה - בתחילת הלימוד של נושא, במהלכו ובסיכום. כך הדגישה, כי נושאים אלה ילמדו כנושאים אורייניים - כלומר ילמדו בהקשר אורייני בחטיבת הביניים, וכי לימודי הטכניקה יכולים להידחות לתיכון. כץ שיתפה כי בשלב הבא ובעקבות שינוי במסמך הדגשים לחטיבת הביניים ושילוב האוריינות, ככל הנראה שגם ספרי הלימוד יעברו התאמות.

כחלק מהמהלך הכולל, תוכנית הלימודים עבור 3 יח"ל הופכת להיות אוריינית. התוכנית תשלב משימות אוריינות כחלק מתוכנית ההוראה, ותלווה זאת בפיתוח מקצועי מותאם. בתוך כך, יושם דגש על מעבר לסביבות למידה דיגיטליות ופיתוח מיומנויות הלמידה העצמאית, עבודת צוות וכדומה. כך ציינה כי לשיטתה, בשלב זה יש חשיבות רבה ללמידה מבוססת נתונים, וכי הכנסת המשימות למודל תספק נתונים ותאפשר את הלמידה הזו.

