

בחינת הישגי תלמידי ישראל במתמטיקה במבחן PISA 2022

ד"ר אליק פלטניק, ד"ר נדב מרקו, ורד גבריאלוב, אימאן קרמי

21/04/2024

תוכן עניינים

2.....	מבוא	1.
3.....	1.1 סולם הערכה של PISA במתמטיקה	
5.....	שיטת המחקר	2.
6.....	הישגי תלמידי ישראל במתמטיקה בהערכה הבינלאומית של PISA: מבט על	3.
9.....	ניתוח בהתאם לתחומי תוכן	4.
9.....	4.1. הסבר על תחומי תוכן	
11.....	4.2. ניתוח כמותני של תשובות תלמידי ישראל בתחומי תוכן שונים	
14.....	4.3. ניתוח כמותני של תופעת "דילוג על השאלה" - No Response	
15.....	ניתוח נתונים בהתאם לסוגי שאלות	5.
18.....	הקשר	6.
19.....	תהליכי חשיבה מתמטית	7.
19.....	7.1. אינטראקציה בין תהליכי חשיבה לסוג השאלה	
20.....	7.2. אינטראקציה בין תוכן לתהליכי חשיבה	
21.....	ניתוח תשובות התלמידים למשימות PISA 2022 חשופות	8.
24.....	8.1. משימת מערכת השמש	
24.....	8.2. משימת תבנית משולשים	
25.....	8.3. משימת "נקודות"	
25.....	8.4. משימת "שטח מיוער"	
	9. ניתוח הקושי של השאלות הפתוחות באמצעות המודל הרב מימדי לעיצוב בעיות בהקשר	
26.....	(2023,MDM; Marco&Palatnik)	
27.....	10. מאפיינים של התמודדות תלמידים עם שאלות PISA חשופות: ניתוח איכותני	
29.....	11. מסקנות והמלצות לשיפור השגי ישראל במבחני PISA	
31.....	12. נספחים	

1. מבוא

התוכנית להערכת תלמידים בינלאומית PISA הינה מחקר בינלאומי כלל עולמי המבוצע על ידי ארגון OECD במטרה להעריך את המערכות החינוכיות על ידי מדידת ביצועים של תלמידים בני 15 במתמטיקה, מדעים וקריאה. תוכנית היבחנות זאת מתבצעת אחת לשלוש שנים ומטרתה לבדוק כיצד תלמידים שקרובים לסיום מערכת חוק חינוך החובה מסוגלים להפעיל את הידע שרכשו במציאות. הרלוונטיות של התוכנית גדלה עם הזמן ובהתאם לכך מספר גדול יותר של מדינות משתתפות בתוכנית. למשל, בשנת 2012 השתתפו בתוכנית 65 מדינות, ב-2018, 79 מדינות ובמחזור האחרון בשנת 2022, שנמצא במרכז ענייננו בדו"ח זה, השתתפו 82 מדינות וכלכלות מרחבי העולם.

סקר PISA 2022 התמקד במתמטיקה, כאשר קריאה ומדעים היו תחומי משנה. חשיבה יצירתית הייתה תחום נוסף וחדש, בהערכה של PISA 2022, תחום זה כלל גם בחינה של אוריינות פיננסית של בני הנוער, שהייתה אופציונלית למדינות וכלכלות. התוצאות במתמטיקה, קריאה ומדעים פורסמו ב-5 בדצמבר 2023 ותוצאות החשיבה היצירתית והאוריינות הפיננסית יפורסמו במהלך 2024.

כ-690,000 תלמידים נבחנו ב-2022 בעולם, והם מייצגים כ-29 מיליון בני 15 בבתי הספר ב-82 המדינות והכלכלות המשתתפות. בישראל נבחנו 6,251 תלמידים, מ-193 בתי ספר, אשר השלימו את ההערכה במתמטיקה, קריאה ומדעים, והם מייצגים כ-90% מסך האוכלוסייה בגיל זה. יש לציין שהאוכלוסייה של בנים בבתי הספר החרדים לא נבחנה.

התלמידים נבחנו בשני מבחנים בני שעה כל אחד, כאשר כל אחד הוקדש לנושא אחד. תלמידים שונים קיבלו שאלות מבחן שונות וצירופי נושאים שונים (למשל מתמטיקה ואחריה קריאה, או מדעים ואחריהם מתמטיקה וכו'). פריטי המבחן כללו תערובת של שאלות רב-ברירה ושאלות הדורשות ניסוח תשובות פתוחות.

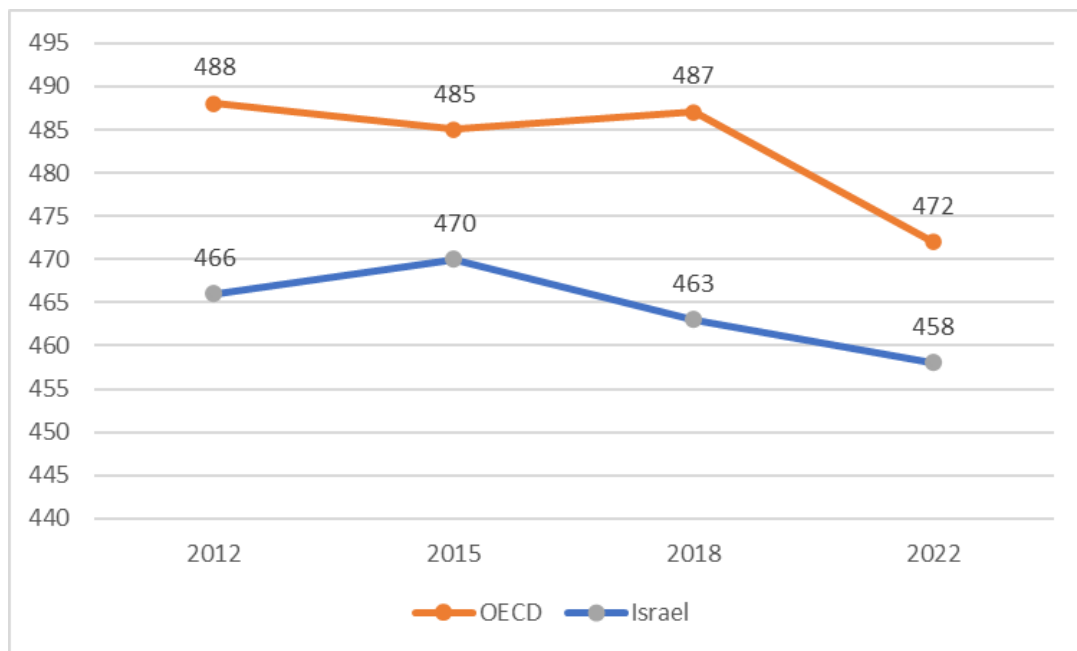
בנוסף התלמידים מילאו שאלון רקע, שנמשך כ-35 דקות. השאלון כלל פרטי מידע אודות התלמידים עצמם, עמדותיהם, נטיותיהם, אמונותיהם וחוויות הלמידה ובית הספר שלהם. מנהלי בתי הספר מילאו שאלון אודות ניהול בית הספר, ארגונו וסביבת הלמידה.

בחלק המתמטי של מבחן PISA כל תלמיד משיב במשך שעה בלבד על משימות מתמטיות בהקשרים שונים מחיי היום-יום, חיים מקצועיים ומדעיים. בכל משימה (יחידה) יש מאחד עד ארבע תתי-שאלות (להלן, פריטים). כל תלמיד עונה בממוצע על 15 עד 20 פריטים. 75% מהתלמידים פתרו מבחן PISA 2022 במסלול מותאם לתלמיד, כלומר, בהתאם להצלחה בחלק הראשון של השאלון, תלמיד מקבל מסלול מותאם לרמת הבקיאיות.

מאגר המשימות במתמטיקה עליו תלמידי ישראל עבו כלל 99 משימות המורכבות מ-233 סעיפים של שאלות במתמטיקה בארבעה תחומי תוכן שונים בהתאם למסגרת המושגית של PISA. מיקום ישראל במבחני PISA במתמטיקה בדירוג מדינות ה-OECD הוא 38, עם ציון כלל ארצי של 458, לעומת ציון ממוצע של 472 בקרב מדינות ה-OECD. (ראה איור 1 לתוצאות בשנים 2012-2022).

איור 1

ממוצע ציונים במבחן PISA באוריינות מתמטית



הערה: המחזור האחרון של PISA נדחה בשנה עקב מגפת הקורונה העולמית.

1.1. סולם הערכה של PISA במתמטיקה

סולם PISA במתמטיקה מתייחס לרמות שונות של יכולות ומיומנויות מתמטיות שנבדקות במבחן.

רמה 1: הבנה בסיסית של מספרים ויכולת חישוב בסיסית. לדוגמה - חיבור, חיסור, כפל וחילוק פשוטים.

רמה 2: יכולת לבצע פעולות חשבון בסיסיות עם מספרים שלמים, שברים, אחוזים וערכים מייצגים. הבנת מושג היחס והפרופורציה.

רמה 3: יכולת לבצע פעולות חשבון ברמה גבוהה יותר כולל עם מספרים שליליים. הבנת מושגים אלגבריים בסיסיים. יישום של אלגברה בפתרון בעיות.

רמה 4: הבנה של מושגים מתמטיים מורכבים יותר כגון פונקציות, משוואות ואי-שוויונות. יכולת פתרון בעיות מורכבות הכוללות חשיבה מתמטית גבוהה.

רמה 5: יכולת חשיבה מתמטית ברמה גבוהה מאוד. כולל הבנת מושגים של גיאומטריה אנליטית, חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי והסתברות. יישום של מתמטיקה מופשטת בפתרון בעיות מורכבות.

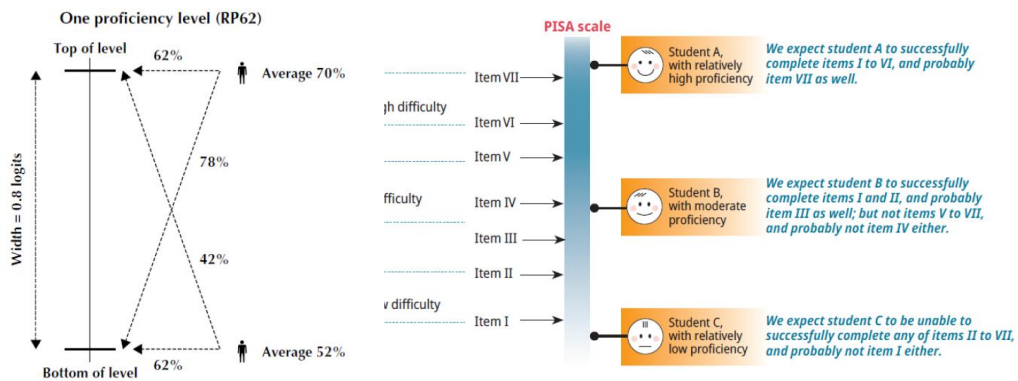
רמה 6: יכולת חשיבה מתמטית ברמה הגבוהה ביותר הנבדקת במבחן פיזה. כולל הבנה מעמיקה של מושגים מתמטיים מופשטים ויכולת יישום שלהם באופן יצירתי ובלתי שגרתי.

ככל שהרמה גבוהה יותר כך היכולות המתמטיות הנדרשות מורכבות ומתקדמות יותר.

בשנת 2022 חל שינוי קל בסולם PISA, רמה 1 חולקה ל-3 רמות משנה, כאשר a1 היא הרמה הגבוהה ביותר. חלוקה זו נעשתה על מנת לאפשר הבחנה מדויקת יותר בין תלמידים עם יכולות חישוב בסיסיות מאוד לבין אלו עם יכולות חישוב בסיסיות ברמה גבוהה יותר בטווח רמה 1. חלוקה זו מאפשרת לזהות פערים ולטפל בהם בצורה ממוקדת יותר. שאר הרמות (2 עד 6) נשארו ללא שינוי.

איור 2

סולם הערכה של PISA



הערה: מבוסס על טבלה 17.1 של הדו"ח הטכני של PISA 2022

מחקר פיזה משתמש במודל הסתברותי (Rasch model) כדי לחשב את הערכים שניתנים למדידות על סמך הפריטים שנבחנו. כל תלמיד שנבדק וכל פריט שנבחן ממוקמים על פני רצף זה. הנתונים מאורגנים כך שבנקודה מסוימת על הסולם, יש לתלמיד בדיוק 50% סיכוי לפתור את הבעיה המשויכת לאותה רמת קושי (ראה איור 2).

ככל שהתלמיד והפריט ממוקמים גבוה יותר על הסולם, כך התלמיד מסוגל לענות נכונה על פריט זה ולהיפך, ככל שהם ממוקמים נמוך יותר על הסולם, כך פוחתים הסיכויים של התלמיד לענות נכון. על סמך זה המודל מעריך את יכולתו של כל תלמיד ואת רמת הקושי של כל פריט (ראה טבלה 1). מדירוג כלל התלמידים נגזר הניקוד והדירוג של המדינות השונות. זהו מודל סטטיסטי מתוחכם שמנסה לאמוד את יכולת התלמידים ורמת השאלות על סמך התשובות שניתנו.

טבלה 1

הגדרות רמות הביצוע במתמטיקה בסולם PISA

Level	Score points on the PISA scale
6	Higher than 669.30
5	Higher than 606.99 and less than or equal to 669.30
4	Higher than 544.68 and less than or equal to 606.99
3	Higher than 482.38 and less than or equal to 544.68
2	Higher than 420.07 and less than or equal to 482.38
1a	Higher than 357.77 and less than or equal to 420.07
1b	Higher than 295.47 and less than or equal to 357.77
1c	233.17 to less than or equal to 295.47

הערה: מטבלה 15.5 של דוח טכני PISA.

(PISA, 2022)

בפרט, במבחן PISA 2022, דורגו הפרטים באופן הבא:

6 Level	5 Level	Level 4	Level 3	Level 2	Level a1	Level b1	רמה
38	33	50	48	45	13	5	מספר פריטים

2. שיטת המחקר

להפקת הדו"ח השתמשנו בשיטת המחקר המעורבת, הכוללת שיטות כמותניות ואיכותניות. התחלנו בשיטה כמותנית, על מנת לזהות מגמות כלליות. בניתוח כמותני עבדנו עם קובץ גולמי של נתוני השאלון הקוגניטיבי. הקובץ כולל מידע על כל פריטי מבחן PISA לכל המדינות והכלכלות המשתתפות. בקובץ זה יש דיווח בנוגע לכל פריט, לגבי אחוזי התלמידים שענו נכונה ואשר שגו. כמו כן, בחלק מהפריטים מדווח גם אחוז התלמידים שדילגו עליהם, לא הגיעו אליהם (למרות שפריטים

אלו הוקצו להם כחלק מרצף המבחן המותאם), או שקיבלו ניקוד חלקי ברמה כזאת או אחרת. כמו כן, בחלק הכמותני נעזרנו ככלי משני במחולל דוחות אוטומטי של OECD.

לאחר בירור המגמות הכלליות והאתגרים הקוגניטיביים איתם מתמודדים תלמידי ישראל, עשינו סבב שני של מחקר כמותני, שהתמקד בארבעת השאלות ממבחן PISA 2022 שפורסמו על ידי OECD. ביצענו ניתוח השוואתי מול ביצועים של תלמידים בשתי מדינות להשוואה: הרפובליקה הצ'כית ואסטוניה שדומות לישראל בכמה נתונים דמוגרפיים אך מדורגות גבוה יותר מישראל במבחני PISA. בנוסף, בכדי להבין את סוג האתגר בשאלות החשופות בדקנו אותן באמצעות מודל חלופי של הערכת שאלות מתמטיות בהקשר שפיתחנו במחקרים קודמים.

לבסוף, במהלך מחקר איכותני יצרנו סימולציה מותאמת של מבחן PISA וערכנו ראיונות מבוססי משימה עם 12 תלמידות בגיל 15. מטרתנו הייתה להבין מהם האתגרים איתם מתמודדים תלמידי ישראל בזמן אמת כאשר הם עונים על החלק המתמטי של מבחן PISA וכיצד הם מתמודדים איתם.

להלן הממצאים:

3. הישגי תלמידי ישראל במתמטיקה בהערכה הבינלאומית של PISA: מבט על

שתי טבלאות מאפשרות להבין את הדינמיקה של הישגי תלמידי ישראל במתמטיקה במבחני PISA. טבלה 2 מראה שינוי של פילוחי האחוזים של התלמידים ברמות בקיאות שונות.

טבלה 2

אחוז תלמידים ברמות בקיאות שונות

6	5	4	3	2	1	1>	Level/ Year
2.2	6.2	13.6	19.7	21.1	36**	1.2	2022
1.8	7.0	15.4	21.0	20.7	16.4	17.7	2018
1.9	7.1	16.1	21.7	21.1	17.1	15.0	2015
2.2	7.2	14.6	21.0	21.6	17.6	15.9	2012

הערה: מתבסס על הנתונים של PISA International Data Explorer.

<https://pisadataexplorer-pp.oecd.org/ide/idepisa>

ניתן לראות שאחוז התלמידים ברמות 5 ו-6 נשאר יציב לאורך השנים ואף נמצא בעלייה קלה. לעומת זאת, ישנה מגמה מדאיגה ברמות 3 ו-4 בהן ניכרת ירידה מתמדת. בנוסף, אחוז התלמידים מתחת לרמה 2 בשנת 2022 גדל משמעותית בהשוואה לשנים קודמות.

טבלה 3 מראה את פילוח הממוצעים של תוצאות PISA במתמטיקה לפי רמות בקיאות.

טבלה 3

ממוצעים לפי רמות בקיאות

Level 6		Level 5		Level 4		Level 3		Level 2		Level 1a		Level 1b		Level 1c		Below Level 1c		Year/Study
SE	Average	SE	Average	SE	Average	SE	Average	SE	Average	SE	Average	SE	Average	SE	Average	SE	Average	
(4.3)	704	(1.3)	633	(0.9)	573	(0.7)	513	(0.9)	452	(0.7)	390	(0.9)	329	(1.3)	271	(5.1)	205	2022
(3.2)	699	(1.4)	632	(0.9)	573	(0.7)	513	(0.8)	452	(0.7)	391	(1.0)	329	(1.3)	269	(4.5)	202	2018
(3.5)	699	(1.3)	633	(0.8)	573	(0.7)	513	(0.8)	452	(0.7)	390	(1.2)	330	(1.7)	271	(5.1)	203	2015
(2.7)	694	(1.4)	633	(0.7)	573	(1.0)	513	(1.2)	452	(0.9)	391	(1.3)	330	(2.3)	269	(3.8)	205	2012

הערה: ** בשנת 2022 רמה 1 חולקה ל-3 תתי קבוצות עפ"י החלוקה הבאה: $a_2=12.4$, $a_3=5.2$

$$18.4=1. a$$

טבלה 4 מרכזת את ממוצעי ושיעורי התלמידים המצטיינים והמתקשים לפי מגזר לאורך השנים 2006-2022.

טבלה 4

ממוצע הציונים של תלמידי ישראל מצטיינים ומתקשים עפ"י מגזר לאורך השנים 2006-2022

2022	2018	2015	2012	2009	2006			
427	447	449	440	421	416	נמוך	ממוצע	דוברי
473	492	496	486	473	462	בינוני		עברית
528	523	533	536	515	500	גבוה		

3%	4%	3%	3%	2%	2%	נמוך	מצטיינים	דוברי ערבית
7%	11%	11%	10%	6%	6%	בינוני		
21%	18%	20%	21%	15%	13%	גבוה		
48%	38%	37%	41%	49%	53%	נמוך	מתקשים	
29%	22%	21%	23%	27%	33%	בינוני		
14%	13%	11%	10%	14%	20%	גבוה		
360	369	382	373	356	361	נמוך	ממוצע	
397	386	391	391	374	373	בינוני		
444	436	414	430	400	406	גבוה		
0%	0%	0%	0%	0%	1%	נמוך	מצטיינים	
1%	1%	1%	0%	0%	1%	בינוני		
2%	3%	2%	2%	1%	2%	גבוה		
78%	72%	69%	73%	79%	75%	נמוך	מתקשים	
60%	65%	63%	65%	70%	65%	בינוני		
36%	43%	52%	47%	59%	57%	גבוה		

הערה: הטבלה מבוססת על נתונים של דו"ח percentage of students at each proficiency

1.3.1 level in mathematics I.B בתוספת של ציוני תלמידים לשנת 2022 מאתר ראמ"ה.

טבלה 5

ריכוז מגמות לפי רמות בקיאות

רמות 5-6	רמות 3-4	רמה 2	מתחת לרמה 2		
			2		
8.8	36.4	20.7	34.1	2018	ישראל
8.4	33.3	21.1	37.2	2022	
10.9	42.9	22.2	23.9	2018	ממוצע
8.7	36.9	23.3	31.1	2022	OECD

הערה: טבלה 5 מדגישה את המגמות שצוינו בטבלה 2

ניתן לזהות מהנתונים המצוינים בטבלה 5 כי בישראל, 63% מהתלמידים הגיעו לרמת מיומנות 2 לפחות במתמטיקה, שיעור נמוך באופן משמעותי מהממוצע במדינות ה-OECD (ממוצע ה-OECD: 69%). לכל הפחות, תלמידים אלה יכולים לפרש ולזהות, ללא הנחיות ישירות, כיצד מצב פשוט יכול להיות מיוצג מתמטית. לדוגמה, השוואת המרחק הכולל בין שתי חלופות נסיעה, או המרת

מחירים למטבע אחר. יותר מ-85% מהתלמידים בסינגפור, מקאו (סין), יפן, הונג קונג (סין), טאיוואן ואסטוניה (בסדר יורד) השיגו רמה זו או מעליה.

כ-8% מהתלמידים בישראל היו מצטיינים במתמטיקה, כלומר השיגו רמה 5 או 6 במבחן המתמטיקה של PISA (ממוצע OECD: 9%). ברמות אלה, תלמידים יכולים לבנות מודלים מתמטיים מורכבים, לבחור, להשוות ולהעריך אסטרטגיות פתרון, ולהשתמש במתמטיקה מופשטת לפתרון בעיות מורכבות. רק ב-16 מתוך 82 המדינות והכלכלות שהשתתפו ב-PISA 2022, יותר מ-10% מהתלמידים דורגו ברמת מיומנות 5 או 6.

4. ניתוח בהתאם לתחומי תוכן

4.1. הסבר על תחומי תוכן

מבחן פיזה בודק את הידע וההבנה המתמטית ב-4 תחומי תוכן עיקריים: מרחב וצורה, כמות, שינוי ויחסים ואי-ודאות ונתונים. 43 סעיפים בהקשר של מרחב וצורה, 75 סעיפים בהקשר של כמות, 55 סעיפים בהקשר של שינוי ומערכות יחסים ו-60 סעיפים העוסקים באי-ודאות ונתונים. רוב המשימות עסקו בתחום תוכן אחד, למעט 24 משימות ששילבו תחומי תוכן שונים.

- מרחב וצורה - תחום זה בודק הבנה גאומטרית מרחבית של הנבחן. הוא כולל שאלות הקשורות לזיהוי ואפיון צורות גאומטריות, חישובי שטחים ונפחים של צורות, בדיקת זוויות, אורכים וממדים של עצמים וצורות.
- כמות - תחום זה בודק את היכולת הכמותית והבנת המושגים הבסיסיים של מספרים וכמויות. הוא כולל שאלות על ביצוע פעולות חשבון, ייצוג כמויות באופנים שונים, המרות יחידות מידה ועוד.
- שינוי ויחסים - תחום זה עוסק בהבנה וניתוח של מערכות יחסים מתמטיות כמו פונקציות, משוואות, אי-שוויונות וקשרים בין משתנים. השאלות בודקות את היכולת לייצג ולנתח שינויים ותלות בין גדלים.
- אי-ודאות ונתונים - תחום זה בודק את היכולת לעבוד עם נתונים מספריים. הוא כולל שאלות על איסוף וארגון נתונים, חישובי ממוצעים ונתונים סטטיסטיים, הבנת מושג ההסתברות, והסקת מסקנות מנתונים.

ממוצעים של תלמידי ישראל בחתך של תחום תוכן מתמטי ורמת בקיאות

Overall		Level 6		Level 5		Level 4		Level 3		Level 2		Level 1a		Level 1b		Level 1c		Below Level 1c		Content
SE	AV	SE	AV	SE	AV	SE	AV	SE	AV	SE	AV	SE	AV	SE	AV	SE	AV	SE	AV	
(3.6)	450	(7.7)	663	(5.3)	606	(4.2)	551	(3.8)	497	(3.5)	442	(3.4)	388	(4.4)	338	(7.3)	301	(17.0)	261	Shape and Space
(3.8)	460	(11.1)	691	(3.8)	632	(3.1)	574	(2.5)	516	(2.4)	454	(2.8)	390	(3.9)	330	(5.7)	287	(16.9)	241	Change and Relationships
(3.5)	459	(9.9)	681	(3.9)	623	(2.6)	567	(2.2)	511	(2.5)	453	(3.0)	393	(3.5)	337	(6.0)	296	(11.7)	256	Quantity
(3.7)	456	(10.6)	690	(4.8)	630	(3.2)	572	(2.5)	511	(3.6)	450	(3.4)	387	(3.7)	324	(6.1)	280	(16.2)	233	Uncertainty and Data

התוצאה של תלמידי ישראל מפורטות בטבלה 6. בהשוואה לעולם, התוצאה של תלמידי ישראל בשאלות אשר עסקו בצורה ובמרחב הייתה 450 נקודות, מקום 38 בדירוג המדינות. בעוד ממוצע ה-OECD היה 471. מדינות שהשיגו תוצאות דומות: ארה"ב, קרואטיה.

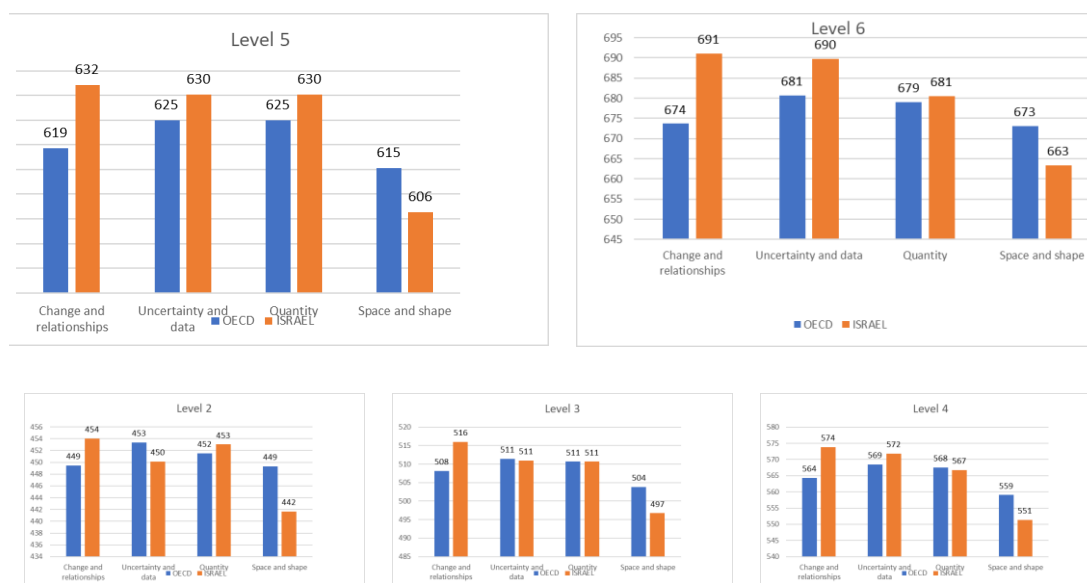
התוצאה של תלמידי ישראל בשאלות שעסקו בכמות הייתה 459 נקודות, מקום 37 ברשימת המדינות. בעוד ממוצע ה-OECD היה 472. מדינות שהשיגו תוצאות דומות: ארה"ב, מלטה ואיסלנד.

התוצאה של תלמידי ישראל בשאלות אשר עסקו בשינוי ומערכות יחסים הייתה 460 נקודות מקום 36 ברשימת המדינות. בעוד ממוצע ה-OECD היה 470. מדינות שהשיגו תוצאות דומות: ארה"ב, מלטה קרואטיה וסלובקיה.

התוצאה של תלמידי ישראל בשאלות אשר עסקו באי-ודאות ונתונים הייתה 456 נקודות מקום 38 ברשימת המדינות. בעוד ממוצע ה-OECD היה 474. מדינות שהשיגו תוצאות דומות: איסלנד, טורקיה וסלובקיה.

ניתן לראות את הממצאים האלה באמצעות הדיאגרמות המוצגות באיור 3.

השוואה בין ישראל למוצע OECD לפי תחומי תוכן ורמות בקיאות



הערות: הפער הגדול ביותר בכל רמות בקיאות הוא בתחום צורה ומרחב (גאומטריה)

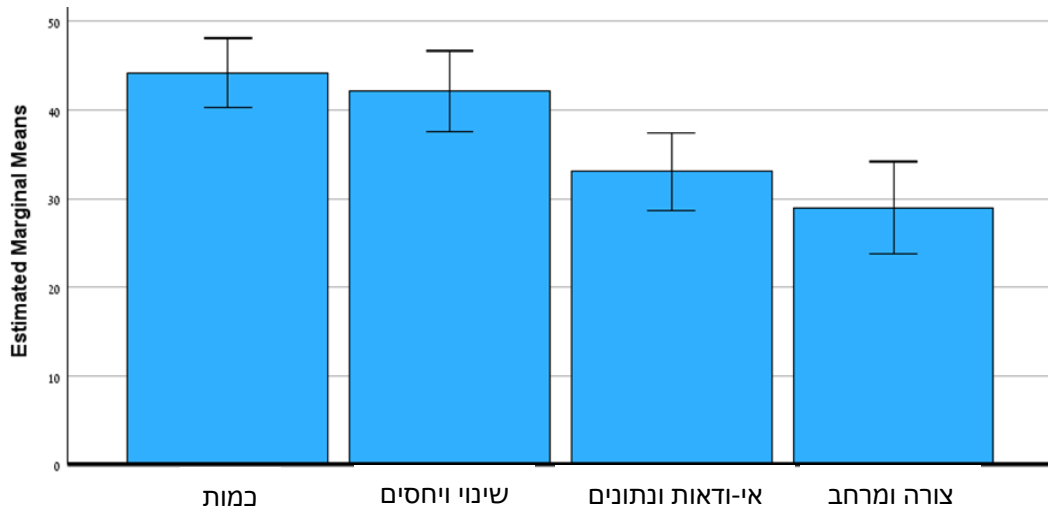
4.2. ניתוח כמותני של תשובות תלמידי ישראל בתחומי תוכן שונים

בדיקה נוספת שערכנו באמצעות הנתונים הגולמיים באמצעות ניתוח השונות ANOVA חד-גורמי (ראה פירוט בנספח א') בחנו את תוצאותיהם של התלמידים אשר ענו תשובה מלאה לסעיפים בתחומי תוכן שונים. להלן הממצאים העיקריים.

תחומי התוכן בהם ניכר קושי מיוחד אצל התלמידים הם: צורה ומרחב ואי-ודאות ונתונים (ראה איור 4) בשאר ההשוואות לא היו הבדלים משמעותיים כלומר לא זוהתה מובהקות.

איור 4

אחוז התלמידים הישראלים שקיבלו ניקוד מלא בשאלות בהתאם לתחום תוכן

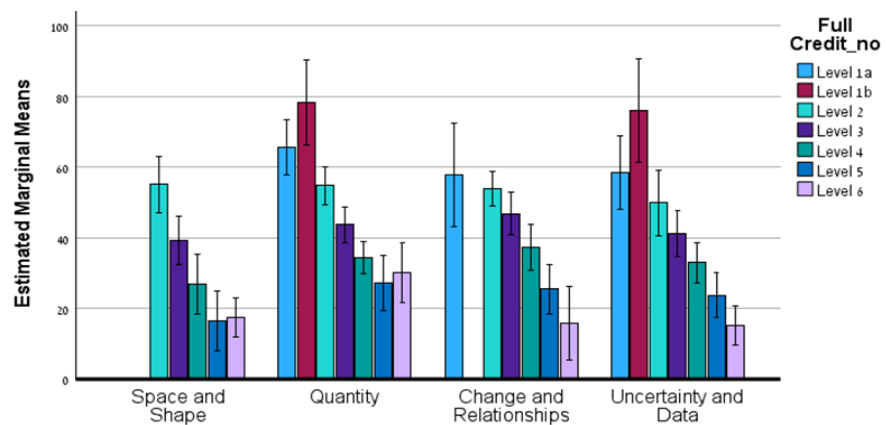


הערה: גרף הפילוחים של תשובות מלאות מחדד את המגמה הכללית לגבי צורה ומרחב ואי-ודאות ונתונים (השווה עם טבלה 6)

בנוסף, נערך מבחן של ניתוח שונות דו גורמי לבדיקת האינטראקציה בין תחומי התוכן של השאלה ורמות הקושי לאחוזי ההצלחה של התלמידים (ראה איור 5 ופרטים טכניים בנספח ב').

איור 5

פילוח תלמידי ישראל לפי רמות בקיאות ותחומי תוכן



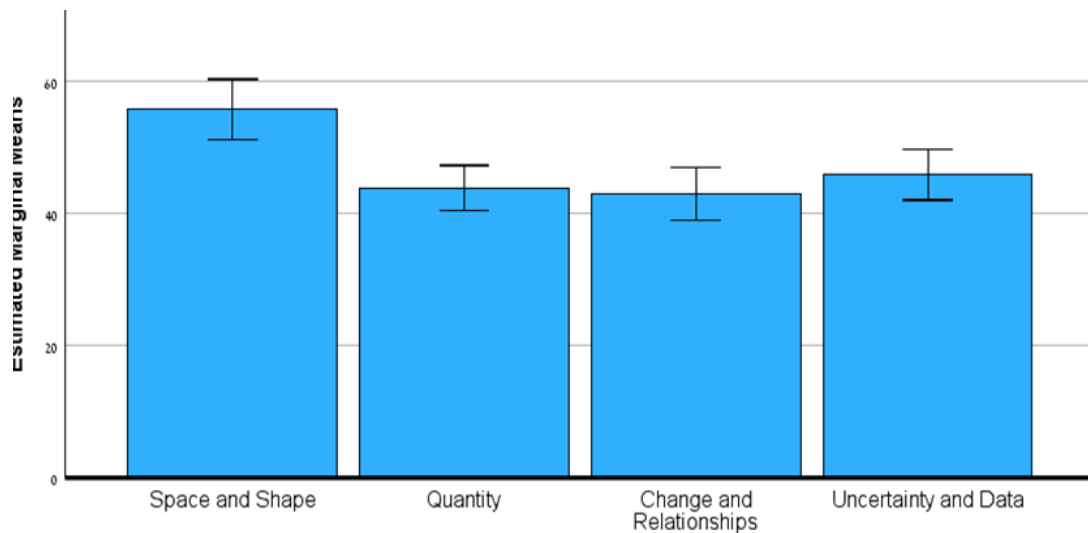
הערה: לאינטראקציה אין השפעה סטטיסטית משמעותית. ניתן לזהות כי על השאלות ברמות הקושי 5 ו-6 בתחום התוכן מרחב וצורה ענו נכון פחות מ-20% מן התלמידים בישראל.

ניתן לראות כי למעט תחום התוכן "כמות" בו קיבלו 30.21% מהתלמידים ניקוד מלא, בשאר תחומי התוכן פחות מ-20% מהתלמידים קיבלו ניקוד מלא.

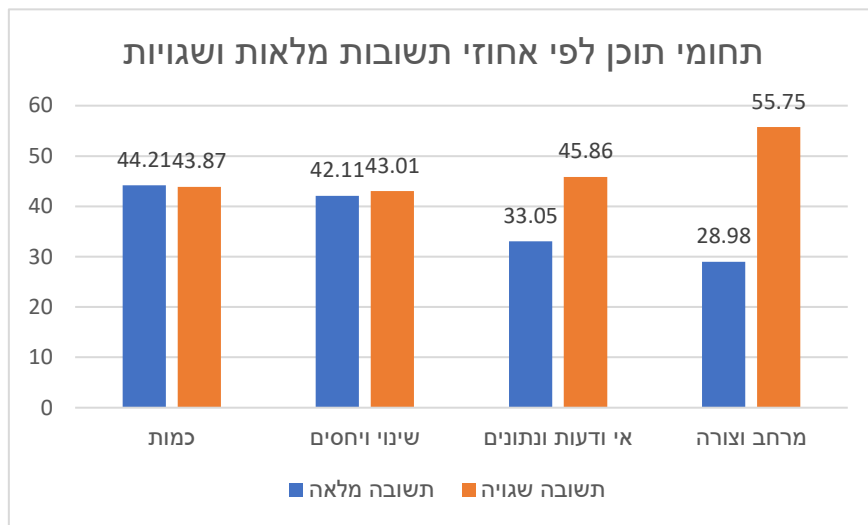
באופן דומה בדקנו את הפילוח ומובהקות סטטיסטית של התשובות שלא ענו נכון על הסעיף - No credit. ראה תוצאות הבדיקה באיור 6 (נתונים טכניים בנספח ג').

איור 6

אחוז התלמידים שענו לא נכון על השאלה (No Credit) לפי תחום תוכן



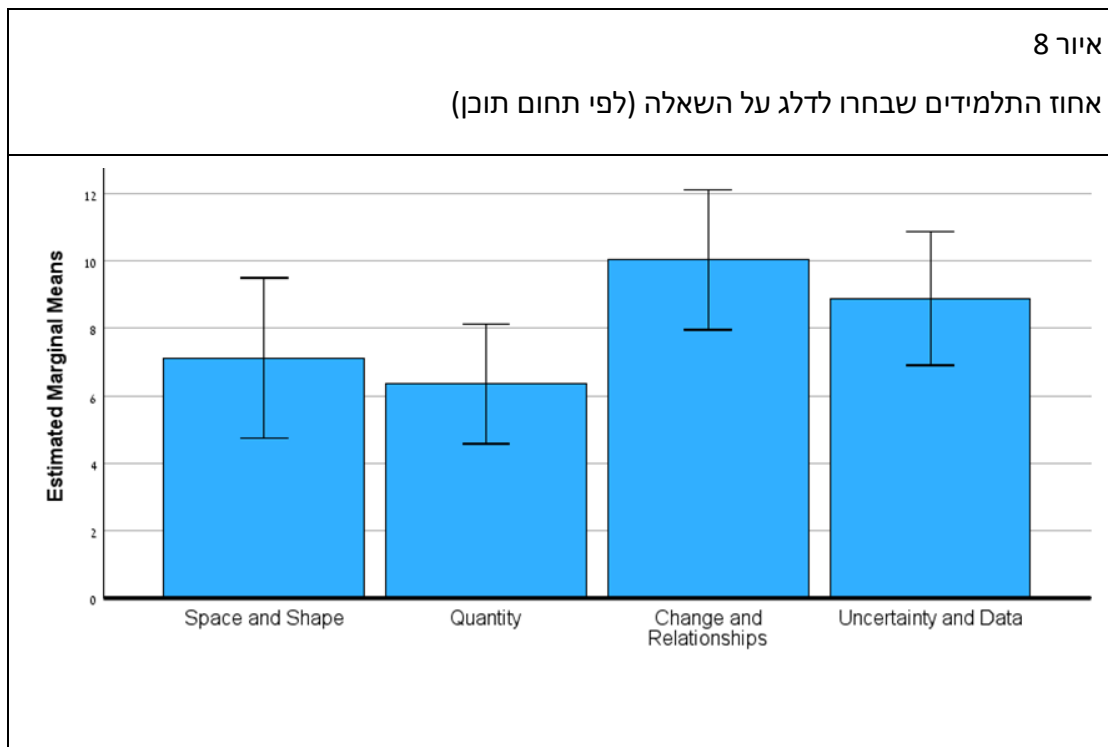
איור 7 משלב נתונים של תלמידים שקיבלו ניקוד מלא ותלמידים שענו לא נכון בהתאם לשאלות בתחומי תוכן שונים.



הערה: ניתן לראות כי עפ"י שתי קבוצות התלמידים, אלו שלא קיבלו קרדיט כלל ואלו שקיבלו קרדיט מלא, כי תחום הגיאומטריה מאתגר מאד בהשוואה לתחומי התוכן האחרים.

4.3 ניתוח כמותני של תופעת "דילוג על השאלה" - No Response

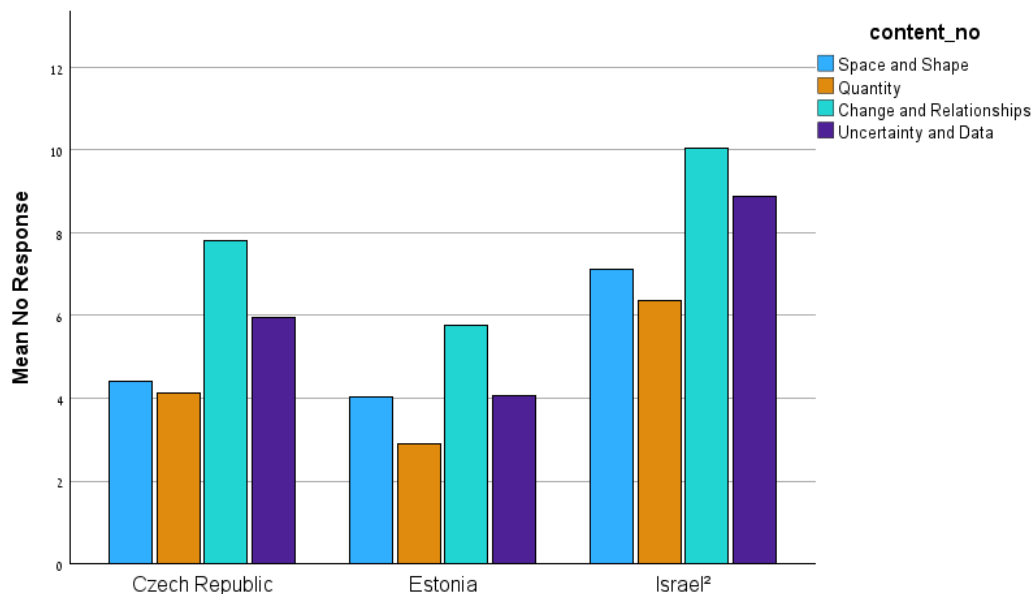
דיאגרמה 8 מציגה את התמונה לגבי השאלות עליהם דילגו תלמידים ישראלים בהתאם לתחומי תוכן. אי אפשר להצביע על תחום שבו תלמידים מדלגים על שאלה בצורה מובהקת.



באיור 9 ניתן לראות כי בישראל אחוזי התלמידים שבחרו לדלג על שאלות גבוה יחסית לשתי מדינות השוואה, לעומת זאת, הדרוג הפנימי בין תחומי התוכן שהתלמידים נוטים לדלג עליהם זהים בין שלושת המדינות.

איור 9

אחוז התלמידים שבחרו לדלג על השאלה בישראל, צ'כיה ואסטוניה (לפי תחום תוכן)



5. ניתוח נתונים בהתאם לסוגי שאלות

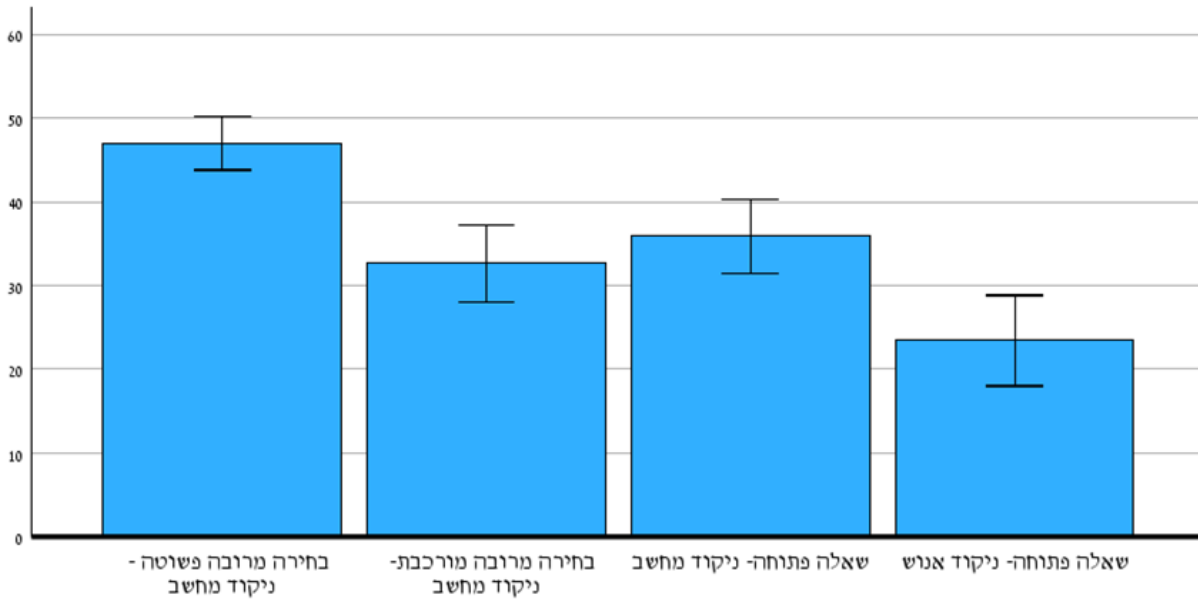
5.1 פילוח אחוזי ההצלחה של התלמידים על פי סוג השאלה

233 סעיפי השאלות עליהם התלמידים ענו היו מורכבים מארבעה סוגים שונים של שאלות: 48 שאלות היו מסוג של 'בחירה מרובה מורכבת - ניקוד מחשב', 98 שאלות היו מסוג 'בחירה מרובה פשוטה - נבדק מחשב', 52 שאלות מסוג 'שאלה פתוחה - מבדק מחשב' ו-35 מסוג 'שאלה פתוחה - בודק אנוש'.

בכדי לערוך השוואה בין אחוזי ההצלחה של התלמידים אשר ענו תשובה מלאה בשאלות השונות נערך מבחן ניתוח שונות חד גורמי (ראה פירוט בנספח ד') המבחן הצביע על השפעה סטטיסטית משמעותית של סוגי השאלות על אחוזי ההצלחה של תלמידים בישראל.

איור 10

אחוז התלמידים אשר ענו תשובה מלאה על פי סוגי השאלות



הערה: נמצא כי אחוזי ההצלחה של התלמידים עבור סוג השאלה 'בחירה מרובה פשוטה' - ניקוד מחשב היו גבוהים באופן מובהק משאר סוגי השאלות בבחינה. בנוסף, נמצא כי שאלות אחוזי ההצלחה בשאלות מסוג 'שאלה פתוחה' - ניקוד מחשב היו גבוהים באופן מובהק מאחוזי ההצלחה של התלמידים בשאלות מסוג 'שאלה פתוחה' - ניקוד אנוש'

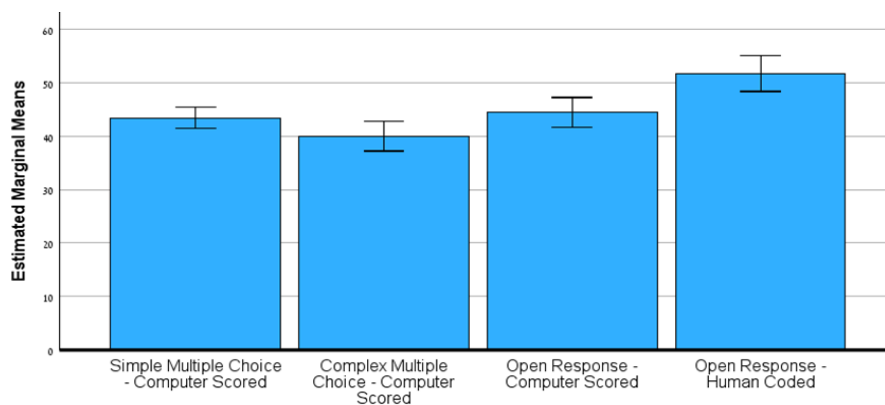
5.2 פילוח תגובות התלמידים לפי סוג השאלה

5.2.1 תשובות שגויות

בוצע מבחן ניתוח שונות חד גורמי (ראה פירוט בנספח ה'), המבחן מצביע על השפעה סטטיסטית משמעותית של סוגי השאלות על אחוזי הכשלון של תלמידים בישראל (ראה איור 11).

איור 11

אחוז התלמידים אשר ענו תשובה שגויה על פי סוגי השאלות



הערה : נמצא כי קיים הבדל מובהק בין 'שאלה פתוחה - ניקוד אנוש' לשאר סוגי השאלות בבחינה, כאשר סוג השאלה 'שאלה פתוחה - ניקוד אנוש' הינו בעל אחוזי הכשלות הגבוהים ביותר.

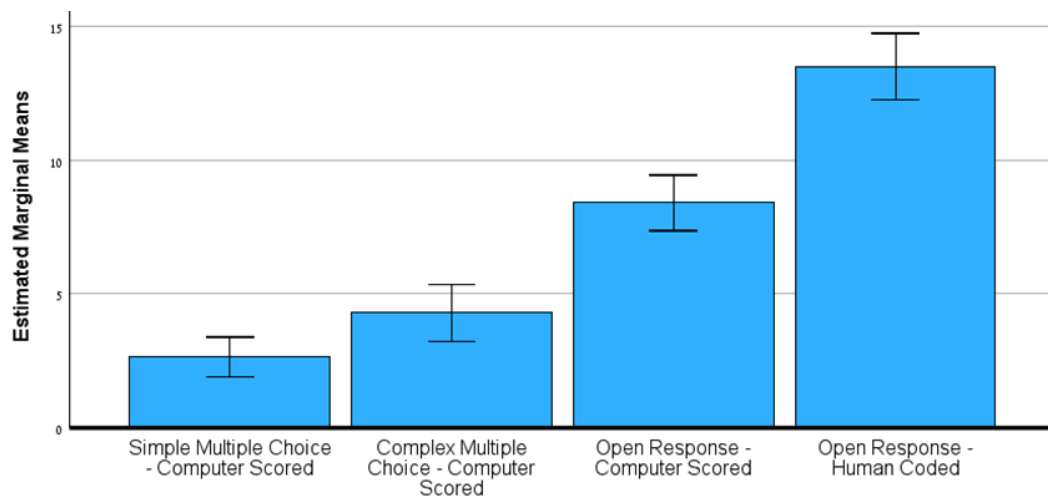
הבדיקה מראה שכאשר תלמידים ישראלים מתמודדים עם שאלות פתוחות שתשובותיהם מנוקדות ע"י בודק אנושי ולא ממוחשב הם מתקשים לענות נכון. מעל מחצית של התלמידים נכשלו בסוג שאלות זה (יותר מכל סוג אחר של השאלות באופן מובהק).

5.2.2 שאלות שהתלמידים בחרו לדלג עליהם

בוצע מבחן ניתוח שונות חד גורמי (ראה פירוט בנספח ו') על מנת לבחון את השונות באחוזי ההצלחה בין סוגי השאלות השונות כאשר תגובת התלמידים הייתה No response, כלומר התלמידים בחרו לדלג על השאלה, נמצאו הבדלים משמעותיים בין סוגי השאלות (ראה איור 12).

איור 12

אחוז התלמידים אשר בחרו לדלג על השאלה על פי סוגי השאלות



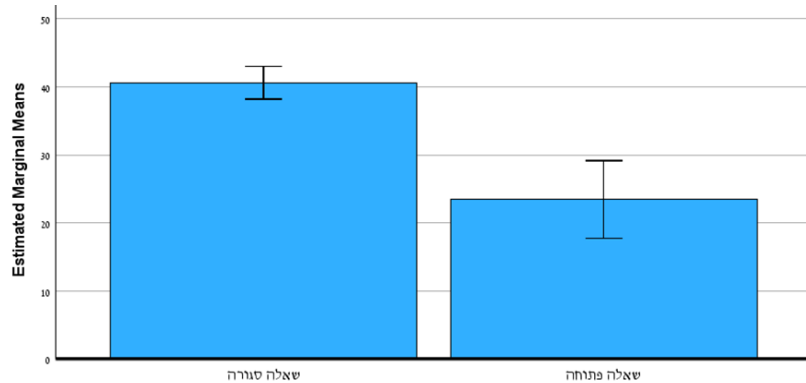
הערה: נמצא באופן מובהק כי תלמידים בוחרים לדלג על שאלות פתוחות (בין אם הן שאלות פתוחות מסוג ניקוד מחשב ובין אם הן שאלות פתוחות מסוג ניקוד אנוש), בנוסף, נמצא כי תלמידים בוחרים לדלג באחוזים גבוהים יותר על שאלות מסוג 'שאלה פתוחה - ניקוד אנוש' לבין 'שאלה פתוחה - ניקוד מחשב'.

על מנת לחזק את הממצאים הנ"ל ביצענו מבחן סטטיסטי נוסף אשר התמקד בהשוואה בין שאלות פתוחות וסגורות, אך הפעם רצינו לבדוק את התלמידים שענו תשובות מלאות. בוצע מבחן ניתוח שונות חד גורמי (ראה נספח ז') בכדי לבחון האם ישנם הבדלים באחוזי ההצלחה בין סוגי השאלות, כאשר השאלות מקוטלגות לשני סוגים, שאלות פתוחות בהן נכללות שאלות פתוחות הנבדקות על

ידי מחשב ושאלות פתוחות הנבדקות על ידי אנוש, ושאלות סגורות בהן נכללות שאלות של בחירה מרובה פשוטה ומורכבת הנבדקות על ידי מחשב. נמצא כי קיימים הבדלים משמעותיים בין שאלות פתוחות לשאלות סגורות כאשר התלמידים עונים תשובה מלאה (ראה איור 13).

איור 13

השוואה בין שאלות פתוחות לסגורות בתשובות עם ניקוד מלא



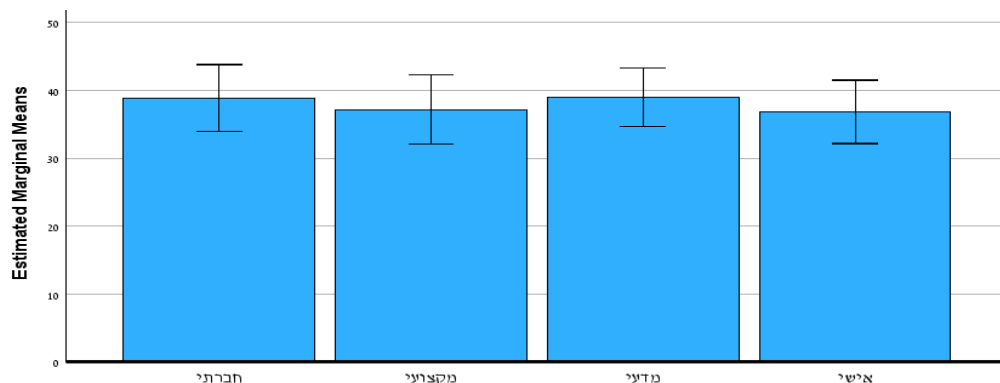
הערה: הממצאים מצביעים על השפעה חשובה של פורמט השאלות על ניקוד המשתתפים. שאלות פתוחות מקבלות אחוז נמוך משמעותי משאלות סגורות. שאלות סגורות יותר מ-40% תשובות נכונות ושאלות פתוחות פחות מ-25% תשובות נכונות.

6. הקשר

233 סעיפי השאלות עליהם התלמידים ענו היו מורכבים מארבעה סוגים שונים של הקשרים: 54 שאלות היו בהקשר חברתי, 50 בהקשר מקצועי, 69 בהקשר מדעי ו-60 בהקשר אישי.

נערך מבחן ניתוח שונות חד גורמי (ראה נספח ח') בכדי לבחון האם ישנם הבדלים באחוזי ההצלחה בשאלות בהן ישנם הקשרים שונים. נראה כי אין השפעה סטטיסטית משמעותית על אחוזי ההצלחה של המשתתפים במבחן (ראה איור 14).

איור 14: אחוזי הצלחה של תלמידים על פי שאלות בהקשרים שונים



7. תהליכי חשיבה מתמטית

מבחן PISA בוחן את היכולות המתמטיות ומיומנויות החשיבה של תלמידים באמצעות 4 תהליכים מרכזיים: ניסוח, יישום, פירוש והערכה והסקה לוגית. יש לציין שבשנת 2022 החלו למדוד את הפריטים באמצעות קטגוריה נוספת של הסקה לוגית, עקב כך לא נוכל לערוך השוואה בין 4 תהליכי החשיבה ב-2022 לשנים קודמות.

48 פריטים עסקו בניסוח, 57 בפירוש והערכה, 75 פריטים עסקו ביישום ו-53 פריטים עסקו בהסקה לוגית.

בהתאם למסגרת המושגית של PISA 2022:

ניסוח - יכולת ליצור מודלים מתמטיים עבור בעיות מילוליות ולהגדיר בהם משתנים ופרמטרים.

יישום - יכולת להפעיל מיומנויות חישוביות, אלגוריתמים וכלי חישוב על המודלים המתמטיים.

פירוש והערכה - יכולת לנתח ולפרש את המשמעות של תוצאות מתמטיות בהקשר לבעיה המקורית.

הסקה לוגית - יכולת לחשוב באופן לוגי על בעיות מתמטיות ולהסיק מהן מסקנות נכונות.

כל הנתונים המובאים מטה מתבססים על קובץ שהופק באתר:

PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education

בהתאם לכך, התוצאה של תלמידי ישראל עבור פריטים שהתהליך המתמטי הוא ניסוח הייתה 459 נקודות. מקום 45 ברשימת המדינות. מדינות שהשיגו תוצאות דומות: איסלנד, קרואטיה, סלובקיה (ממוצע ה-OECD 469).

התוצאה של תלמידי ישראל ביישום הייתה 456 נקודות. מקום 37 ברשימת המדינות. מדינות שהשיגו תוצאות דומות: ארה"ב וטורקיה (ממוצע ה-OECD 474).

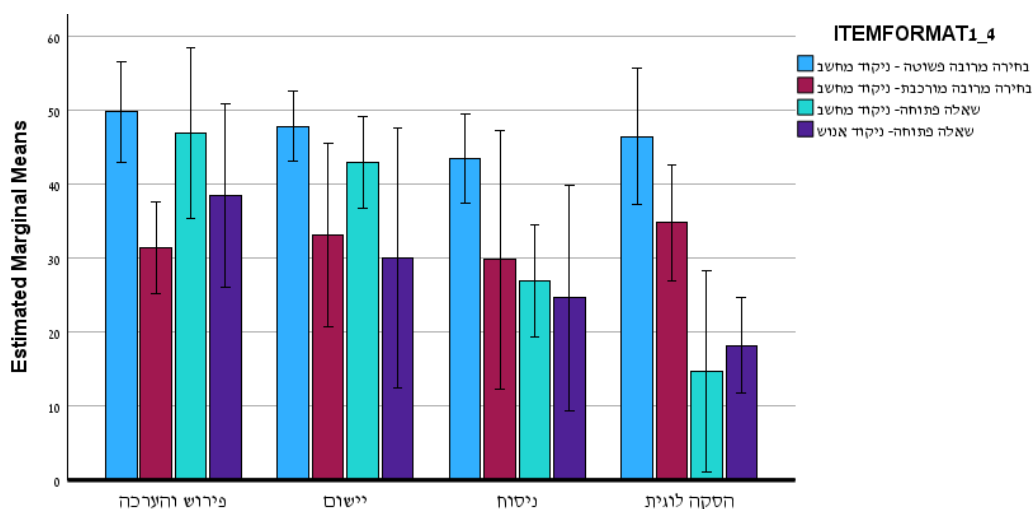
גם התוצאה של תלמידי ישראל בפירוש והערכה הייתה 456 נקודות. מקום 37 ברשימת המדינות. מדינות שהשיגו תוצאות דומות: איסלנד וטורקיה (ממוצע ה-OECD 472).

התוצאה של תלמידי ישראל בהסקה לוגית הייתה 463 נקודות. מקום 37 ברשימת המדינות. מדינות שהשיגו תוצאות דומות: ארה"ב ואיסלנד (ממוצע ה-OECD 473).

7.1 אינטראקציה בין תהליכי חשיבה לסוג השאלה

נערך מבחן של ניתוח שונות דו גורמי לבדיקת האינטראקציה בין תהליכי החשיבה וסוגי השאלות לאחוזי ההצלחה של התלמידים (נספח ט'), נראה כי ישנה השפעה סטטיסטית משמעותית לסוג השאלה על הצלחת התלמיד בתהליכי החשיבה השונים (ראה איור 15).

אחוז תשובות נכונות לפריטים בהתאם לסוג השאלה עפ"י תהליכי חשיבה

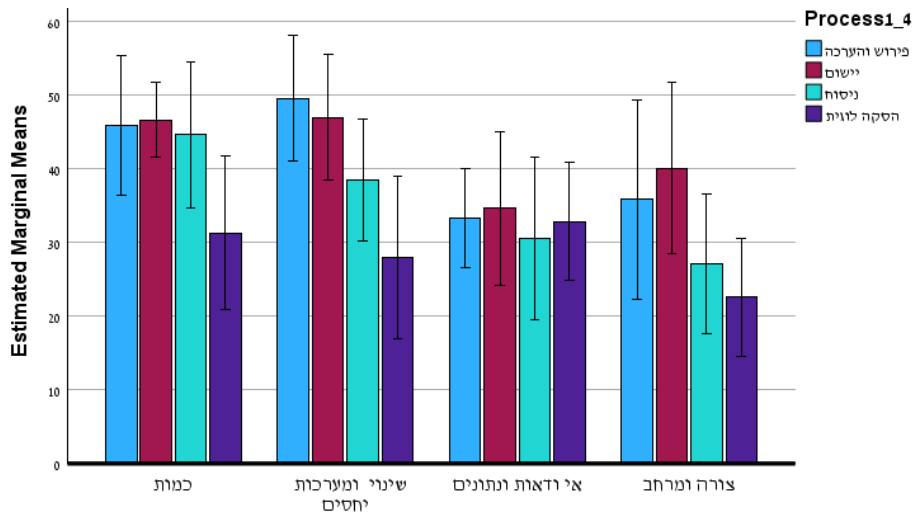


הערה: כאשר השאלה היא 'שאלה פתוחה - ניקוד מחשב' ישנה השפעה משמעותית של סוג תהליך החשיבה הנדרש מהתלמיד כדי להצליח בשאלה ולהפך. כאשר תהליך החשיבה הקשה ביותר בסוג שאלה זו הוא: הסקה לוגית.

7.2 אינטראקציה בין תוכן לתהליכי חשיבה

נערך מבחן של ניתוח שונות דו גורמי לבדיקת האינטראקציה בין תחומי התוכן וסוגי תהליכי החשיבה לאחוזי ההצלחה של התלמידים (ראה נספח י'), נראה כי אין השפעה סטטיסטית משמעותית (ראה איור 16).

אינטראקציה בין תחום התוכן ותהליכי חשיבה



הערה: לא ניתן להסיק על השפעה סטטיסטית משמעותית של השילוב בין תחומי התוכן וסוגי השאלות על אחוזי ההצלחה של המשתתפים במבחן.

8. ניתוח תשובות התלמידים למשימות PISA 2022 חשופות

לאחר מבחן PISA 2022 שוחררו ארבעת המשימות הבאות: "מערכת השמש", "תבנית של משולשים", "נקודות" ו-"שטח מיוער". טבלה 7 מרכזת נתונים על משימות אלו.

טבלה 7

משימות חשופות PISA 2022

משימה	מס' פריט	רמה	תוכן	הקשר	סוג שאלה	תהליך
מערכת השמש	1	3	כמות	מדעי	רב ברירה מורכבת/ממוחשב	פירוש והערכה
מערכת השמש	2	2	כמות	מדעי	בחירה מרובה פשוטה/ממוחשב	יישום
תבנית של משולשים	1	1A	כמות	מדעי	בחירה פשוטה/ממוחשב	יישום
תבנית של משולשים	2	2	שינוי ויחסים	מדעי	בחירה מרובה פשוטה/ממוחשב	ניסוח

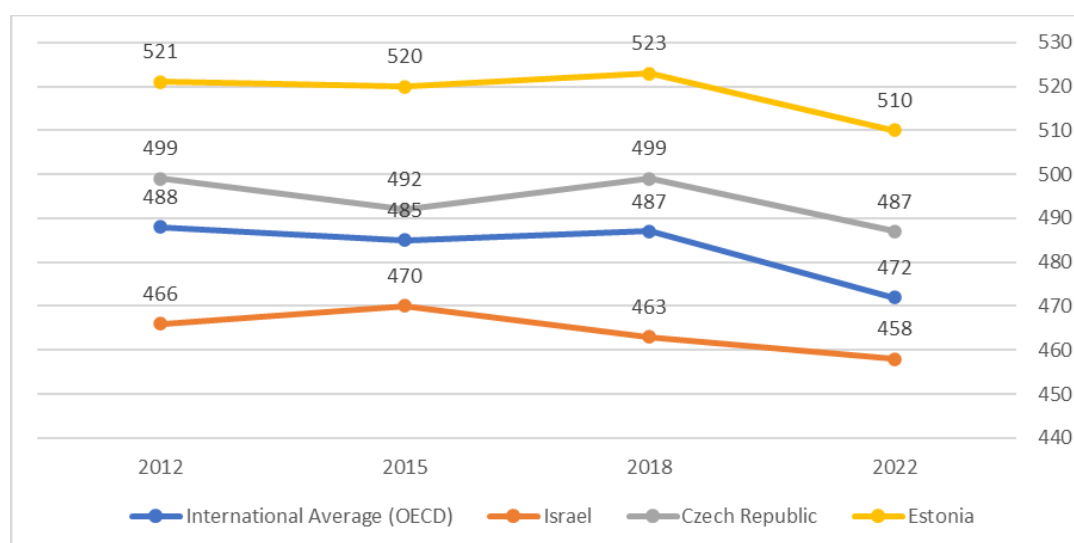
הסקה לוגית	פתוחה/בודק אנושי	מדעי	שינוי ויחסים	5	3	תבנית של משולשים
הסקה לוגית	פתוחה/בודק אנושי	חברתי	אי-ודאות ונתונים	6	1	נקודות
ניסוח	רב ברירה מורכבת/ממוחשב	חברתי	אי-ודאות ונתונים	5	1	שטח מיוער
פירוש והערכה	בחירה מרובה פשוטה/ממוחשב	חברתי	אי-ודאות ונתונים	5	2	שטח מיוער
פירוש והערכה	רב ברירה מורכבת/ממוחשב	חברתי	אי-ודאות ונתונים	6	3	שטח מיוער
הסקה לוגית	פתוחה/בודק	חברתי	אי-ודאות ונתונים	6	4	שטח מיוער

הערה: ניתן לראות את השאלות במסמך ראמ"ה - מחקר פיזה 2022 פריטים לדוגמה במתמטיקה

על מנת להבין יותר טוב את הביצועים של תלמידי ישראל בהתבסס על תוצאותיהם במשימות החשופות האלה, בחרנו בשתי מדינות להשוואה: הרפובליקה הצ'כית ואסטוניה. כפי שניתן ללמוד מאיור 17, ההישגים של שתי מדינות אירופאיות אלו באופן עקבי לא רק גבוהים מממוצע OECD, אלה גם שומרים על הפער העקבי מישראל (הרפובליקה הצ'כית - כ-30 נקודות, אסטוניה - כ-60 נקודות).

איור 17

השוואה בין הישגי תלמידי ישראל, הרפובליקה הצ'כית ואסטוניה במבדק PISA במתמטיקה



השוואה בין הישגי תלמידי ישראל, צ'כיה ואסטוניה על בסיס ממצאי מבחני פיזה יכולה להיות מעניינת ומלמדת מכמה סיבות. ראשית, מדובר בשלוש מדינות קטנות יחסית, אשר מערכות החינוך בהן עברו תהליכים והתמודדויות שונות, כמו שינויים דמוגרפיים, רפורמות במערכת החינוך ומדיניות ממשלתית. השוואה של התוצאות עשויה לסייע בהבנת הגורמים המשפיעים על הישגים במבחן PISA בכל אחת מהמדינות. מבחינת גודל האוכלוסייה, אוכלוסיית ישראל דומה בגודלה לצ'כיה, ישראל - כ-9.2 מיליון תושבים, צ'כיה - כ-10.7 מיליון תושבים, אסטוניה - כ-1.3 מיליון תושבים. כלכלות השוק החופשי של שלוש המדינות משגשגות יחסית. צ'כיה עם תמ"ג לנפש של כ-51,619 דולר. אסטוניה עם כ-48,785 דולר ואילו ישראל עם תמ"ג לנפש של כ-52,169 דולר (עפ"י נתונים מהאתר של ה-OECD אינדיקטורים נבחרים למדינות, ראה נספח י"ב).

לצורך ניתוח תשובות התלמידים בשאלות החשופות של מבחן PISA, נערך איתור של נתוני התלמידים לשאלות אלו בישראל וגם בשתי מדינות ההשוואה, צ'כיה ואסטוניה. הנתונים מציגים את תגובות התלמידים השונות: תשובות נכונות, תשובות חלקיות, תשובות לא נכונות, דילוג על שאלה וגם תלמידים שלא הגיעו לשאלות אלה כלל¹. עבור כל שאלה יצרנו גרף אשר כלל את הקטגוריות המפורטות לעיל והשווה בין 3 המדינות.

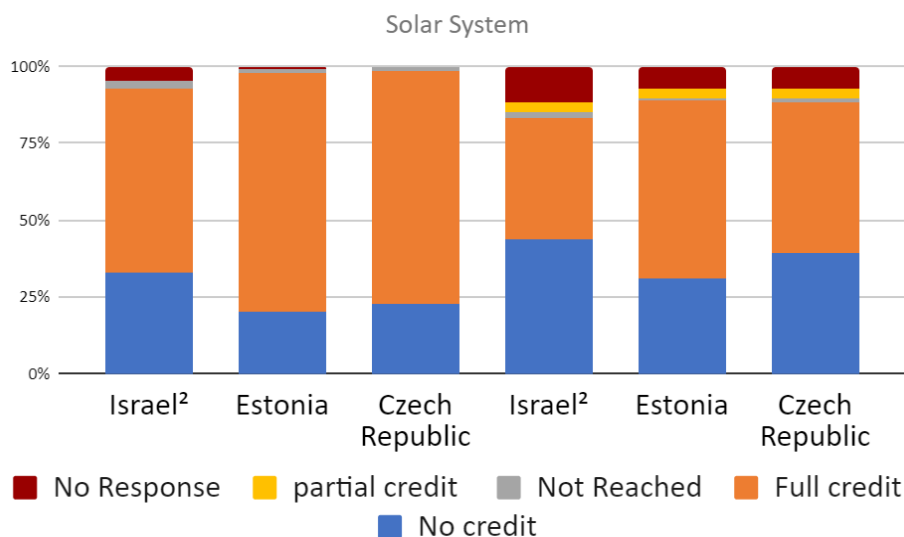
להלן ממצאים בכל אחת מהמשימות.

¹ דילוג על - No response, תשובה חלקית - Partial credit, תשובה נכונה - Full credit, תשובה לא נכונה - No credit, שאלה לא הגיעו לשאלה - Not reached, שאלה

משימת "מערכת השמש" 8.1

איור 18

השוואה בין אחוזי מענה של תלמידים על משימה "מערכת השמש"



פריט 2

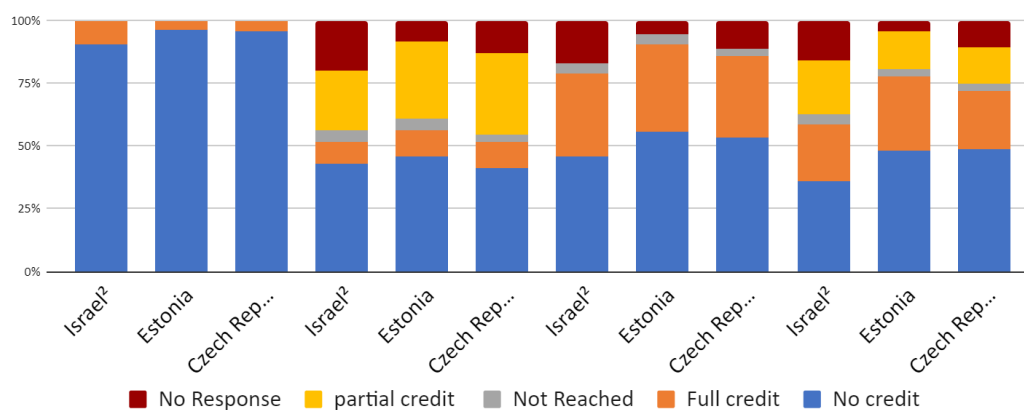
פריט 1

הערה: פרט לכך שתלמידי ישראל נתנו פחות תשובות נכונות במשימה זאת ממדינות השוואה, אחוז גבוהה יותר דילג על השאלה 1

משימת "תבנית משולשים" 8.2

איור 19

השוואה בין אחוזי מענה של תלמידים על משימה "תבנית משולשים"



פריט 3

פריט 2

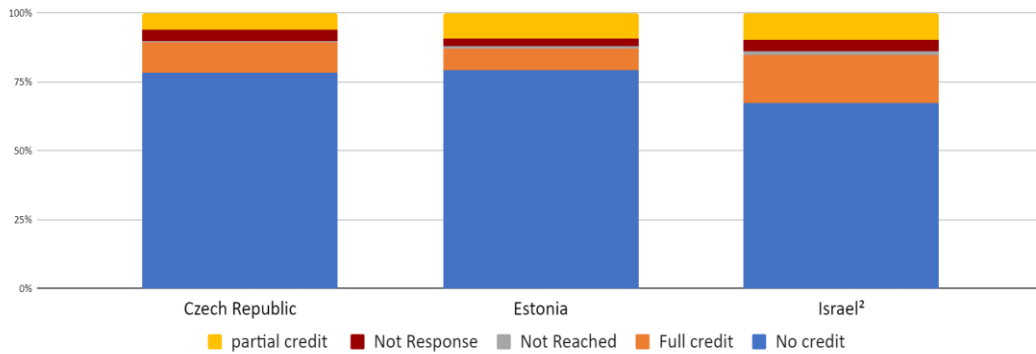
פריט 1

הערה: במשימה הזאת ההישגים של תלמידים ישראלים דומים יחסית להישגים של תלמידי מדינות השוואה.

8.3 משימת "נקודות"

איור 20

השוואה בין אחוזי מענה של תלמידים על משימה "נקודות"

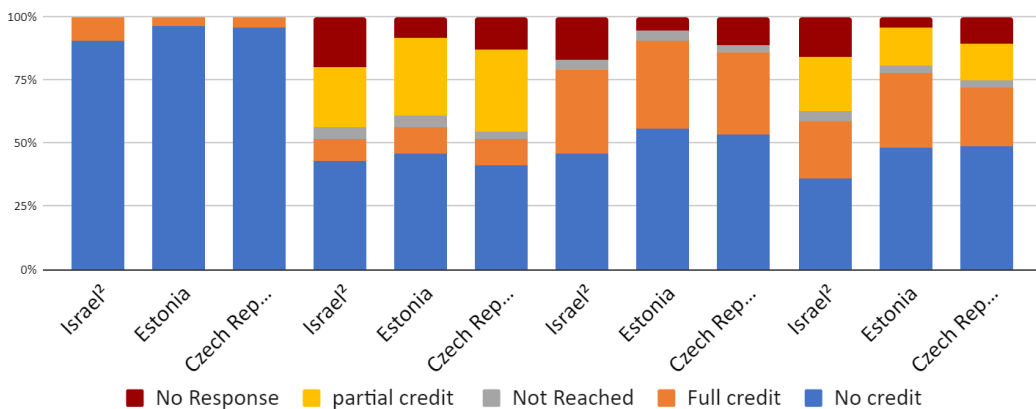


הערה: אחוז התשובות הנכונות הוא נמוך מאוד בשלושת המדינות עם יתרון קל לתלמידי ישראל על עמיתיהם

8.4 משימת "שטח מיוער"

איור 21

השוואה בין אחוזי מענה של תלמידים על משימה "שטח מיוער"



פריט 4

פריט 3

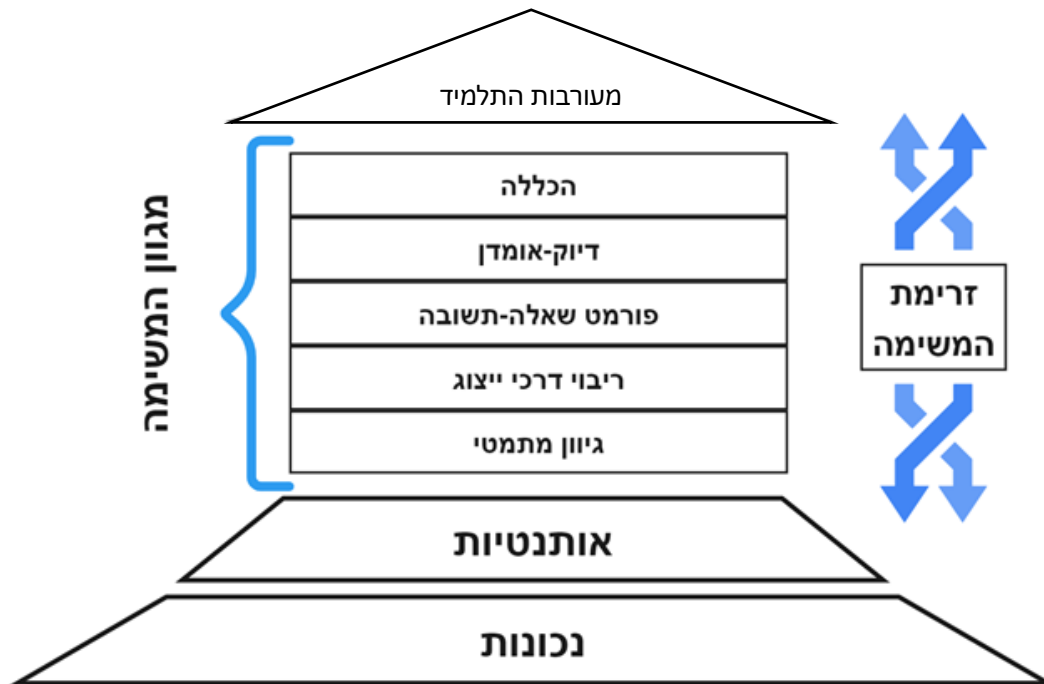
פריט 2

פריט 1

הערה: הממצא הבולט הוא אחוז גבוה יחסית של תלמידי ישראל אשר דילגו על פריטים 1-3.

9. ניתוח הקושי של השאלות הפתוחות באמצעות המודל הרב מימדי לעיצוב בעיות

בהקשר (2023,MDM; Marco&Palatnik)



התאמנו את מדד הסטייה לצורך בחינה של משימות PISA.

שילבנו במדד את ארבעה הממדים הבאים: ריבוי דרכי ייצוג, פורמט שאלה-תשובה, אומדן והערכה, הכללה.

נערך ניתוח של קורלציה על פי דירוג ספירמן כדי לבחון את הקשר בין דירוגי הקושי בהתאם למודל רב-מימדי (MDM) של 20 פריטי מבחן מ-PISA 2022 לבין רמות הבקיאיות שהוקצו להם. הניתוח חשף קורלציה חיובית מתונה עד חזקה, המובהקת מבחינה סטטיסטית, בין דירוגי ה-MDM של פריטי המבחן של PISA לבין רמות הקושי המשוערות כפי שדווח על ידי ה-OECD.

הקושי שהוקצו על ידי PISA. $r(9) = .842, p = 0.0021 < 0.01$. הממצא מצביע על קשר משמעותי בין דירוגי ה-MDM לרמות

בנוסף, ניתוח ממוקד על תת-קבוצה של 10 פריטים שבפועל הונפקו לתלמידים במבחני PISA 2022 הראה קורלציה חיובית חזקה יותר, המובהקת מבחינה סטטיסטית ($r(8) = .817, p = .004, p > .01$). קורלציה מוגברת זו עשויה להיות מיוחסת לעובדה ש-10 הפריטים הנותרים, שלא נכללו במבחן של 2022, לא עברו הערכת קושי במסגרת מבחן רחב היקף. הפער הזה מדגיש עוד יותר את

הפוטנציאל של עריכת הערכה מוקדמת של קושי הפריטים עם ה-MDM לקבלת הערכות מדויקות של קושי הפריטים במבחנים רחבי היקף בפועל.

יש לציין שמודל זה יכול להיות שימושי למפתחי תוכן ולמעצבי יחידות לימוד להערכת קושי של משימות.

10. מאפיינים של התמודדות תלמידים עם שאלות PISA חשופות: ניתוח איכותני

על מנת להבין לעומק אתגרים איתם מתמודדים תלמידים ישראלים בעת מבחן PISA בתחום המתמטי ערכנו מחקר איכותני. מטרת החלק האיכותני במחקר היא להבין את האינטראקציה בין התלמידים למשימות PISA בדגש על זיהוי קשיים אשר מהווים גורמים מרכזיים לחוסר הצלחה או אי מילוי משימות בהקשר (משימות PISA).

המשתתפות בניסוי היו ארבע בנות מהמגזר הממלכתי, ארבע בנות מהמגזר החרדי, וארבע משתתפות מהמגזר הערבי. המשתתפות נבחרו לפי המלצת המורים שלהן כבעלות יכולת טובה להסביר את תהליך ההתמודדות עם המשימות וגם כבעלות הישגים טובים יחסית במתמטיקה. לצורך המבדק יצרנו סביבת מחקר שכללה סימולציה מותאמת של PISA וראיונות מבוססי משימה עם המשתתפות. ראשית, התלמידות ענו על גרסה ממוחשבת של השאלון PISA מקוצר. יצאנו מנקודת הנחה שההתמודדות האמיתית בבחינה נמשכת שעה עם כ-15 סעיפים. ולכן יצרנו שאלון מקוצר שכלל את המשימות החשופות: "מערכת השמש", "תבנית משולשים" ו-"נקודות" וגם את משימת "משאית הובלות" (נספח י"א). הוספנו משימה זאת במקום משימה "שטח מיוער" מפני שהמשימה "משאית הובלות" היא בתחום של מרחב וצורה שהוא תחום בו זיהינו קושי מיוחד לתלמידי ישראל והוא איננו מיוצג בארבעת השאלות החשופות האחרות. כמו כן, גם על המשימה הזאת קיימת הערכה של רמת קושי (המשימה נחשפה לאחר מחקר גישוש במסגרת PISA).

התמקדנו בשאלות הבאות:

- מהם סוגי אינטראקציה בין פותר ומשימה: באילו דרכים תלמידים ניגשים לפתרון משימת PISA (כיצד הם קוראים את השאלה, האם קוראים מספר פעמים? כיצד הם משתמשים במחשבון, האם הם משתמשים בדפי טיוטה ובאיזה אופן? האם הם קוראים את ההוראות ועושים "ניסויים" עם היישומונים וכו')
 - באילו סעיפים של המשימות אנו מזהים קושי של התלמידים?
 - מהם הקשיים הללו? (למשל: ניסוח, נושא מתמטי, שיטת פתרון)
 - אילו גורמי קושי מזהים על ידי התלמידים? אילו גורמי קושי אינם מזהים על ידי התלמידים, אך מזהים על ידי החוקרים?

להלן התוצאות של המחקר האיכותני. בסה"כ התלמידות אשר השתתפו במחקר הציגו יכולת לא רעה בהתמודדות עם המשימות. ניתן לדרג אותן באופן הבא: שתי תלמידות ברמה 6, 4 תלמידות ברמת בקיאות 5, ו-6 תלמידות ברמת בקיאות 4. חשוב לציין שגם לתלמידות חזקות אלה ההתמודדות עם הסימולציה שלנו לא הייתה פשוטה. אפילו שתי תלמידות שדורגו ברמת בקיאות 6 התקשו באחד מהסעיפים - בתחום הגיאומטריה.

מהניתוח של ההתמודדות עם המשימות עלו הנושאים הבאים עליהם נפרט בהמשך הדו"ח:

- חלופות בין שימוש באומדן לעומת חישובים מדויקים
- פורמט שאלות/ תשובות לא סטנדרטיות
- התמודדות עם הממשק הטכנולוגי
- ניהול זמן
- עבודה עם טקסט ועם דפי טיוטה
- שאלות גאומטריות
- ספרי לימוד וחשיפה למשימות דומות

ניתן לסכם שלשיטת התמודדות מוצלחת יש מספר מאפיינים שחוזרים על עצמם אצל כל הנבחנות.

מה שמאפיין תלמידה מוצלחת ברמת בקיאות גבוהה איננו ידע מתמטי בלבד, אלה גם הרגלים הבאים לידי ביטוי בכמה תחומים.

התמצאות בסביבת המבחן:

- עבודה דקדקנית עם הטקסט. קריאת כל הטקסט בכל אחת מהשאלות, כולל כותרות של טבלאות והסברים לגבי מונחים (כמו במשימת נקודות). התלמידות שהצליחו יותר במבחן לא מפחדות לחזור לקרוא חלקים מסוימים כאשר היו צריכות להיזכר או כאשר לא היו בטוחות שהבינו את משמעות השאלה.
- התמצאות טכנולוגית. שליטה מוחלטת ומהירה בכל האמצעים הטכנולוגיים של הפלטפורמה, כגון מחשבון, שימוש באלמנטים אינטראקטיביים של המבחן (גרירת כוכבים, כפתור עזרה, מעבר בין סעיפים, הקלדה מהירה של טקסט חופשי).
- שימוש בדפי טיוטה וביצירת ייצוגי עזר. תלמידות חזקות לא חוששות לכתוב, ולצייר דיאגרמות עזר על דפי טיוטה. הן עוברות במהירות בין כתיבה על דף ובין חישובים במחשבון.

היכרות עם משימות שונות מהמשימות הסטנדרטיות של ספרי לימוד

- תלמידות חזקות עוברות ללא קושי בין חישובי אומדן לחישובים מדויקים. במידה והן יכולות להימנע מחישוב מדויק הן לא מהססות וכך הן חוסכות זמן יקר ונמנעות מטעויות. הן לא מפחדות לפתור באמצעות בדיקה של מקרים וגם לא משיטת ניסוי וטעיה (למשל, ביצוע מספר חישובים במחשבון בשאלת מערכת השמש עד שנמצא ההפרש המתאים).
 - התלמידות החזקות לא מופתעות מפורמט תשובה שדורשת גרירה של אובייקט, משאלות רב-ברירה מרובות מלל וגם משאלות פתוחות שדורשות נימוק.
- בקה: תלמידות חזקות מבקרות את עצמן ומתקנות לעצמן את הטעויות.

אנחנו מודעים למגבלות המחקר האיכותני קטן היקף זה. יחד עם זאת, גם עם המספר הקטן של הנבדקים ניתן להבחין בתופעות מדאיגות שבאו לידי ביטוי אצל כל המשתתפות. הגורמים המרכזיים לקשיים הם:

- קושי בגיאומטריה. השאלה "משאית הובלות" מתחום צורה ומרחב הייתה קשה ביותר לכל התלמידות (רק 3 משתתפות ענו עליה נכונה). גם לתלמידות החזקות ביותר נמצא פער בין הזמן שלקח להן לענות על סעיפים לא גאומטריים לסעיפים של משימת המשאית (בערך פי 4-5 יותר זמן מסעיפים אחרים).
- היכרות עם סוג של שאלות/תשובות לא סטנדרטיות. מספר תלמידות דיווחו על כך שהן לא רגילות לשאלות רב-ברירה (במיוחד כאלו בעלות מלל רב). המקרה הבולט הנוסף היה עם שאלה שדרשה סידור תמונות בהתאם לטבלת נתוני מרחק (במקום, למשל, חישוב מדויק וכתיבת מספר). שאלות פתוחות שדרשו נימוק גם הן נמצאו קשות עבור התלמידות. בכמה מהמקרים, הנימוק הלקוי גרם להורדת הניקוד.
- תלות בספר לימוד. במקרה של ספר לימוד עם פחות שאלות מאתגרות תלמידות היו מוכנות פחות.
- קשיי שפה במבחן בערבית. תלמידות מהמגזר הערבי התקשו להתמודד עם שאלות מרובות מלל. בראיון הן ציינו ששפת השאלות הייתה קצת מוזרה להן. הקושי עם הניסוחים אפילו גרם להן לא לבדוק את כל האופציות בטקסט השאלה וכנראה גם גרם להן לפתור באופן שגוי (שאלת המשאית).
- חשיבות ההיכרות המוקדמת עם טכנולוגיה. בקרב תלמידות מהמגזר החרדי בלט חוסר ניסיון בעבודה עם הממשק הממוחשב (הדבר קיבל חיזוק בראיון לאחר ביצוע הסימולציה). הן התקשו ובזבוז זמן רב בהתמודדות עם הממשק הטכנולוגי. למשל, הגרירה של כוכבי הלכת לא הייתה ברורה בהתחלה, המעבר בין המשימות לא היה חלק, והקריאה של טקסט חופשי נמצאה איטית יותר מאשר בקרב שאר הבנות.
- חלק מהתלמידות ציינו שהן הכירו סוג כזה של שאלות מספרי הלימוד שלהן (למשל, "אפשר גם אחרת") או ממבחני מיון (במידה ובית הספר שלהם עורך כאלו). יחד עם זאת היו תלמידות שכלל לא הכירו סוג כזה של שאלות והן למדו עם ספרים יותר "סטנדרטיים".
- לחלק מהנבדקות לקח יותר מדי זמן להתמודד עם השאלות הראשונות. בראיון הן אמרו שהתבלבלו בין משימות וסעיפים (היו בטוחות שהן צריכות לפתור 4 סעיפים ולא 4 משימות).

1.1. מסקנות והמלצות לשיפור הישגי ישראל במבחני PISA

הממצאים הכמותניים והאיכותניים של המחקר מראים שלושה כיוונים עיקריים למקורות הקושי של תלמידי ישראל במבחן בינלאומי PISA.

גורם אחד לא קשור בצורה ישירה לתחום האוריינות של מבחן PISA אלא לתחום תוכן של צורה ומרחב - חשיבה גאומטרית ומרחבית. תלמידים ישראלים מתקשים עם משימות גאומטריות. הממצא הזה עולה בקנה אחד עם הממצא ממחקר PISA 2012 (כאשר מתמטיקה גם הייתה תחום ראשי). גם אז, גאומטריה הייתה עקב אכילס של מערכת החינוך הישראלית. הדבר הזה לא מפתיע, מפני שתחום זה בדרך כלל נפגע ב"תכנית הלימודים הסמויה" - כלומר בתכנים שמורים תופסים כיותר חשובים ומלמדים אותם בפועל לעומת תכנים בהם הם מחליטים להשקיע פחות משאבים. הפתרון שאנחנו

ממליצים עליו מורכב מכמה רכיבים: (א) השלמת פערים בהכשרת מורים לגאומטריה באמצעות השתלמויות ייעודיות. (ב) הקפדה על שעות גאומטריה במערכת. (ג) שילוב בהוראת גאומטריה של משימות מחיי היום-יום, חיים מקצועיים של מהנדסים, אדריכלים ובעלי מקצוע נוספים תוך שימוש באמצעי למידה טכנולוגיים (כגון גאוגברה) ומוחשיים אשר יחברו תלמידים לתחום זה.

גורם שני שאנחנו מזהים כקריטי הינו חשיפה לסוגי שאלות ותשובות שאינם נפוצים בספרי לימוד במבחנים בית ספריים וארציים. יש להגדיל את אחוז השאלות מסוג רב-ברירה, כולל שאלות עם אפשרויות בחירה מרובות מלל. כמו כן, יש לחשוף תלמידים ליותר שאלות פתוחות הדורשות נימוקים מילוליים, שאלות שדורשות כתשובה שרטוט דיאגרמה, אינטראקציה עם שרטוט, ואינטראקציה עם ממשקים טכנולוגיים. יש חשיבות רבה להמשיך להכיר לתלמידים שאלות שדורשות חישוב אומדן ולא חישוב מדויק.

תלמידים צריכים להיחשף לשיטות עבודה יעילות בזמן המבחן, ניהול זמן, תהליכי בקרה, שימוש בדפי טיוטה, הרגלים בקריאת טקסט (כולל קריאה חוזרת), עבודה בסביבה ממוחשבת (כולל מבחנים). כמו כן, אנו ממליצים להעביר תלמידים הכשרה ייעודית בהתמודדות עם מבחנים מתוקשבים אשר להם השפעה גם במבחני PISA וגם במיונים לצבא. בפרט הנטייה של תלמידי ישראל לדלג על שאלות פוגעת בהישגים ביחס למדינות השוואה.

ראינו שספרי לימוד ששמים דגש רב יותר על מתמטיקה בהקשר תוך הימנעות מבעיות חוזרות לפי תבניות מוכרות עשויים לתת לתלמידים היכרות עם שאלות דומות לאלו המופיעים במבחני PISA. מחקר נוסף עשוי לבחון את הקשר בין הספרים עמם לומדים בחטיבת הביניים ובין מידת ההצלחה במבחני PISA.

דו"ח זה לא עסק בסוגיה של הפער בין המגזר הערבי למגזר היהודי. יחד עם זאת, במחקר איכותני רק תלמידות מהמגזר הערבי חוו אי הבנה בסיסית של הטקסט ורק לאחר קבלת הסבר הצליחו לפתור את המשימות. סוגיה של שפת המבחן בערבית דורשת בדיקה מעמיקה.

12. נספחים

נספח א

מבחנים סטטיסטיים של תשובה מלאה לסעיפים לפי תחומי תוכן.

ניתוח השונות ANOVA חד גורמי בוצע על נתוני המבחן בכדי לבדוק האם ישנם הבדלים באחוזי ההצלחה של תלמידים שענו תשובה מלאה בין תחומי התוכן השונים. התוצאות מצביעות על השפעה סטטיסטית משמעותית של תחומי התוכן על אחוזי ההצלחה של תלמידים ($F(3, 229) = 9.833, p = 0.021$).

הממוצעים המוערכים השווים ביניהם לא התאפשרו כחפיפה של ממוצעים (Contrast Mean Error Mean Square = 2929.345, Square = 297.909) המשמעות היא שההבחנה באחוזי ההצלחה אינה נגרמת על ידי השונות בין הממוצעים. זה מחזק את הממצאים של ההשפעה הסטטיסטית של תחומי התוכן על אחוזי ההצלחה של תלמידים שקיבלו ניקוד מלא.

בכדי לבחון בין אילו תחומי תוכן יש שונות, נערכה בדיקת Tukey HSD, הבדיקה הצביעה על השפעה משמעותית של תחומי התוכן השונים על אחוזי ההצלחה של הלומדים.

ההבדל בין ציוני התלמידים שענו נכונה בשאלות שעסקו בצורה ומרחב לבין שאלות שעסקו במערכות יחסים, הינו מובהק סטטיסטית (Sig = 3.513, Std. Error = -13.128, Mean Difference = 0.001). כלומר ציוני התלמידים בשאלות שעסקו במערכות יחסים היו גבוהים משמעותית מציוני התלמידים בשאלות שעסקו במרחב וצורה.

גם בשאלות שעסקו בכמות ניתן היה לזהות הבדל מובהק בין ציוני התלמידים שענו נכונה בשאלות שעסקו בצורה ומרחב לבין שאלות שעסקו בכמות (Sig = 3.302, Std. Error = 15.229, Mean Difference = 0.001). כלומר ציוני התלמידים בשאלות שעסקו בכמות היו גבוהים משמעותית מציוני התלמידים בשאלות שעסקו במרחב וצורה.

גם בשאלות שעסקו באי-ודאות ונתונים ניכר כי היה קושי לתלמידים. ניתן לזהות הבדל מובהק בין ציוני התלמידים שענו נכונה בשאלות שעסקו באי-ודאות ונתונים לבין שאלות שעסקו בכמות (Sig = 2.990, Std. Error = 11.16, Mean Difference = 0.001).

הבדל נוסף ניתן לזהות בין ציוני התלמידים שענו נכונה בשאלות שעסקו באי-ודאות ונתונים לבין שאלות שעסקו בשינוי ומערכות יחסים (Sig = 3.222, Std. Error = 9.06, Mean Difference = 0.027).

נספח ב

בדיקת האינטראקציה בין תחומי התוכן של השאלה ורמות הקושי לאחוזי ההצלחה של התלמידים.

נערך מבחן של ניתוח שונות דו גורמי לבדיקת האינטראקציה בין תחומי התוכן של השאלה ורמות הקושי לאחוזי ההצלחה של התלמידים, נראה כי אין השפעה סטטיסטית משמעותית ($F(15,) = 0.826, p = 0.648$).

יחד עם זאת, ניתן לזהות על פי טבלת ההשוואות המרובות (Tukey HSD) כי תחום התוכן "מרחב וצורה" היה שונה באופן מובהק מתחומי התוכן "כמות" ו"שינוי ומערכות יחסים", עם ממוצע ציון מלא נמוך יותר. בפרט, ההבדל הממוצע בין "מרחב וצורה" ל"כמות" היה -14.64. ההבדל הממוצע בין "מרחב וצורה" ל"שינוי ומערכות יחסים" היה -12.54.

תחום "כמות" היה שונה באופן מובהק מתחום התוכן "אי-ודאות ונתונים", עם ממוצע ציון גבוה יותר. ההבדל הממוצע בין "כמות" ל"אי-ודאות ונתונים" היה 11.16.

תחום "שינוי ומערכות יחסים" היה שונה באופן מובהק מתחום התוכן "אי-ודאות ונתונים", עם ממוצע ציון גבוה יותר. ההבדל הממוצע בין "שינוי ומערכות יחסים" ל"אי-ודאות ונתונים" היה 9.06.

נספח ג

מבחנים סטטיסטיים עבור תשובות של תלמידים אשר ענו תשובה לא נכונה לסעיפים **no credit** לפי תחומי תוכן.

ההבדל בין ציוני התלמידים בקטגוריית התוכן "מרחב וצורה" לבין ציוניהם בקטגוריית התוכן "כמות" בקטגוריית "ציון אפס" הוא מובהק סטטיסטית ($\text{Mean Difference} = 11.88, \text{Std. Error} = 2.914$), $\text{Sig} > .001$). כלומר, ציוני התלמידים בנושא "מרחב וצורה" היו גבוהים באופן משמעותי מציוניהם בנושא "כמות" בקטגוריית "ציון אפס".

ההבדל בין ציוני התלמידים בקטגוריית התוכן "מרחב וצורה" לבין ציוניהם בקטגוריית התוכן "שינוי ומערכות יחסים" בקטגוריית "ציון אפס" הינו מובהק סטטיסטית ($\text{Mean Difference} = 12.74, \text{Std. Error} = 3.098$), $\text{Sig} > .001$). כלומר, ציוני התלמידים בנושא "מרחב וצורה" היו גבוהים באופן משמעותי מציוניהם בנושא "שינוי ומערכות יחסים" בקטגוריית "ציון אפס".

ההבדל בין ציוני התלמידים בקטגוריית התוכן "מרחב וצורה" לבין ציוניהם בקטגוריית התוכן "אי-ודאות ונתונים" בקטגוריית "ציון אפס" הינו מובהק סטטיסטית (Mean Difference = 9.89, Std. Error = 3.042, Sig. = .007). כלומר, ציוני התלמידים בנושא "מרחב וצורה" היו גבוהים באופן משמעותי מציוניהם בנושא "אי-ודאות ונתונים" בקטגוריית "ציון אפס".

נמצאו הבדלים בין תחומי התוכן בשאלות בהן תגובת התלמיד הייתה ללא תגובה, כלומר התלמיד הגיע לשאלה אך בחר לא להגיב.

ההבדל שנמצא הוא בין ציוני התלמידים בקטגוריית התוכן "כמות" לבין ציוניהם בקטגוריית התוכן "שינויים ומערכות יחסים" בקטגוריית "ללא תגובה" הינו מובהק סטטיסטית (Mean Difference = -3.68, Std. Error = 1.384, Sig. = .041). כלומר, ציוני התלמידים בנושא "כמות" היו נמוכים באופן משמעותי מהציונים שלהם בנושא "שינויים ומערכות יחסים" בקטגוריית "ללא תשובה".

נספח ד

מבחנים סטטיסטיים עבור תשובות של תלמידים אשר ענו תשובה מלאה לפי סוגי השאלות.

המבחנים הבאים בחנו את תוצאותיהם של התלמידים אשר ענו תשובה מלאה על פי סוגי השאלות בבחינה. להלן המבחנים שבוצעו לצורך השוואה בין סוגי השאלות השונות:

מבחן ניתוח שונות חד גורמי, המבחן הצביע על השפעה סטטיסטית משמעותית של סוגי השאלות על אחוזי ההצלחה של תלמידים בישראל ($F(3, 228) = 27.43, p < 0.001$). הממוצעים המוערכים השווים ביניהם לא התאפשרו כחפיפה של ממוצעים (Mean Square Between Groups = 5673.637, Mean Square Error = 261.958).

בכדי לבחון בין אילו סוגי שאלות יש שונות, נערכה בדיקת Tukey HSD, הבדיקה הצביעה על השפעה משמעותית של סוגי השאלות על אחוזי ההצלחה של הלומדים.

ההבדל בין ציוני התלמידים שענו נכונה בשאלות מסוג 'בחירה מרובה פשוטה' - ניקוד מחשב' לבין 'שאלה פתוחה' - בדיקת אנוש' הינו מובהק סטטיסטית (Mean Difference = 23.06, Std. Error = 3.187, Sig. > .001). כלומר ציוני התלמידים בשאלות מסוג 'בחירה מרובה פשוטה' - ניקוד מחשב' היו גבוהים משמעותית מציוני התלמידים מסוג 'שאלה פתוחה' - בדיקת אנוש'.

ההבדל בין ציוני התלמידים שענו נכונה בשאלות מסוג 'בחירה מרובה פשוטה' - ניקוד מחשב' לבין 'שאלה פתוחה' - בדיקת מחשב' הינו מובהק סטטיסטית (Mean Difference = 11.12, Std. Error = 3.187, Sig. > .001).

מחשב' היו גבוהים משמעותית מציוני התלמידים מסוג 'שאלה פתוחה - ניקוד מחשב'.
($2.777, Sig > .001$). כלומר, ציוני התלמידים בשאלות מסוג 'בחירה מרובה פשוטה - בדיקת

כמו כן, נמצאו הבדלים בין ציוני התלמידים שענו נכונה בשאלות מסוג 'בחירה מרובה פשוטה - ניקוד מחשב' לבין 'בחירה מרובה מורכבת - בדיקת מחשב' ($Mean Difference = 14.38, Std. Error = 2.851, Sig > .001$). כלומר, ציוני התלמידים בשאלות מסוג 'בחירה מרובה פשוטה - בדיקת מחשב' היו גבוהים משמעותית מציוני התלמידים מסוג 'בחירה מרובה מורכבת - ניקוד מחשב'.

בנוסף, נמצא הבדל בין ציוני התלמידים שענו נכונה בשאלות מסוג 'שאלה פתוחה - ניקוד מחשב' לבין 'שאלה פתוחה - בדיקת אנוש' הינו מובהק סטטיסטית ($Mean Difference = 12.48, Std. Error = 3.539, Sig = .003$). כלומר ציוני התלמידים בשאלות מסוג 'שאלה פתוחה - ניקוד מחשב' היו גבוהים משמעותית מציוני התלמידים מסוג 'שאלה פתוחה - בדיקת אנוש'.

בשאר ההשוואות לא היו הבדלים משמעותיים כלומר לא זוהתה מובהקות ($p < 0.05$).

נספח ה

מבחנים סטטיסטיים עבור תשובות של תלמידים אשר ענו תשובה שגויה לפי סוגי השאלות.

בכדי לבחון בין אילו סוגי שאלות יש שונות כאשר התלמידים ענו תשובה שגויה ולא קיבלו עליה ניקוד כלל, נערכה בדיקת Tukey HSD, הבדיקה הצביעה על שונות מובהקת בין 'שאלה פתוחה - ניקוד אנוש' לשאר סוגי השאלות בבחינה, כאשר סוג השאלה 'שאלה פתוחה - ניקוד אנוש' היה בעל אחוזי הכשלון הגבוהים ביותר.

ההבדל בין סוג השאלה 'תגובה פתוחה – ניקוד אנוש' לבין סוג השאלה 'בחירה מרובה פשוטה - ציון ממוחשב' הינו מובהק סטטיסטית ($Mean Difference = 8.25, Std. Error = 1.964, Sig > .001$). כלומר, הציונים הממוצעים בסוג השאלה 'פריטי תגובה פתוחה - בדיקה ידנית' היו גבוהים באופן משמעותי מהציונים בסוג השאלה 'בחירה מרובה פשוטה - ציון ממוחשב'.

ההבדל בין סוג השאלה 'תגובה פתוחה – ניקוד אנוש' לבין סוג השאלה 'בחירה מרובה מורכבת - ציון ממוחשב' הינו מובהק סטטיסטית ($Mean Difference = 11.69, Std. Error = 2.216, Sig > .001$). כלומר, הציונים הממוצעים בסוג השאלה 'תגובה פתוחה – בדיקה ידנית' היו גבוהים באופן משמעותי מהציונים בסוג השאלה 'בחירה מרובה מורכבת - ציון ממוחשב'.

ההבדל בין סוג השאלה 'תגובה פתוחה – ניקוד אנוש' לבין סוג השאלה 'תגובה פתוחה - ניקוד מחשב' הינו מובהק סטטיסטית (Sig = 2.198, Std. Error = -7.23, Mean Difference = 0.006). כלומר, הציונים הממוצעים בסוג השאלה 'תגובה פתוחה – ניקוד מחשב' היו נמוכים באופן משמעותי מהציונים בקבוצת 'תגובה פתוחה – ניקוד אנוש'.

נספח ו

מבחנים סטטיסטיים עבור התגובה No response לפי סוגי השאלות.

בוצע מבחן ניתוח שונות חד גורמי. להלן הבדלים משמעותיים שנמצאו בעקבות המבחן בין סוגי השאלות כאשר התלמידים בחרו בתגובה No response.

קיים הבדל בין סוג השאלה 'תשובה פתוחה – בדיקת מחשב' לבין סוג השאלה 'בחירה מרובה פשוטה – בדיקת מחשב'. ההבדל הינו מובהק סטטיסטית (Sig > 0.001). כלומר, הציונים הממוצעים בקבוצת 'תשובה פתוחה – בדיקת מחשב' היו גבוהים באופן משמעותי מהציונים בקבוצת 'בחירה מרובה פשוטה – בדיקת מחשב'.

קיים הבדל בין סוג השאלה 'תשובה פתוחה – בדיקת אנוש' לבין סוג השאלה 'בחירה מרובה פשוטה – בדיקת מחשב'. ההבדל הינו מובהק סטטיסטית (Sig > 0.737, Mean Difference = 10.83, Std. Error = 0.001). כלומר, הציונים הממוצעים בקבוצת 'תשובה פתוחה – בדיקת אנוש' היו גבוהים באופן משמעותי מהציונים בקבוצת 'בחירה מרובה פשוטה – בדיקת מחשב'.

קיים הבדל בין סוג השאלה 'תשובה פתוחה – בדיקת אנוש' לבין סוג השאלה 'בחירה מרובה מורכבת – בדיקת מחשב'. ההבדל הינו מובהק סטטיסטית (Sig > 0.001). כלומר, הציונים הממוצעים בקבוצת 'תשובה פתוחה – בדיקת אנוש' היו גבוהים באופן משמעותי מהציונים בקבוצת 'בחירה מרובה מורכבת – בדיקת מחשב'.

קיים הבדל בין סוג השאלה 'תשובה פתוחה – בדיקת מחשב' לבין סוג השאלה 'בחירה מרובה מורכבת – בדיקת מחשב'. ההבדל הינו מובהק סטטיסטית (Sig > 0.757, Mean Difference = 4.10, Std. Error = 0.001). כלומר, הציונים הממוצעים בסוג השאלה 'תשובה פתוחה – בדיקת מחשב' היו גבוהים באופן משמעותי מהציונים בקבוצת 'בחירה מרובה מורכבת – בדיקת מחשב'.

קיים הבדל בין סוג השאלה 'תשובה פתוחה – בדיקת אנוש' לבין סוג השאלה 'תשובה פתוחה – בדיקת מחשב'. ההבדל הינו מובהק סטטיסטית (Sig > 0.825, Mean Difference = 5.08, Std. Error = 0.001).

Sig > 0.001). כלומר, הציונים הממוצעים בקבוצת 'תשובה פתוחה – בדיקת אנוש' היו גבוהים באופן משמעותי מהציונים בקבוצת 'תשובה פתוחה – בדיקת מחשב'.

מהנתונים הנ"ל ניתן לזהות כי תלמידים נמנעים מלענות על שאלות פתוחות. ככל שהשאלה מורכבת יותר כך התלמידים נמנעים מלענות עליה ובפרט כאשר השאלה היא פתוחה.

בפילוח תגובות התלמידים על פי סוג השאלה לא נמצאה מובהקות בין סוגי השאלות כאשר התגובה הייתה: לא יישמו אותה (Not Applicable).

נספח ז

מבחן השוואה בין שאלות פתוחות לסגורות כאשר התלמידים מקבלים ניקוד מלא.

ניתוח השונות ANOVA חד גורמי מצביע על השפעה סטטיסטית משמעותית של פורמט השאלות על ניקוד המשתתפים במבחן ($F(1, 231) = 23.472, p < 0.001$). הממוצעים המוערכים השווים ביניהם לא התאפשרו כחפיפה של ממוצעים (Mean Square = 7103.053, Error Mean Square = 302.624). הממצאים מצביעים על השפעה חשובה של פורמט השאלות על ניקוד המשתתפים. שאלות פתוחות מקבלות ציון נמוך משמעותי משאלות סגורות.

נספח ח'

מבחן לבדיקת השונות של אחוזי הצלחה של תלמידים על פי שאלות בהקשרים שונים.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: FULLCREDIT

Context1_4	Mean	Std. Deviation	N
חברתי	38.90	19.014	54
מקצועי	37.18	18.992	50
מדעי	38.99	17.814	69
אישי	36.84	17.644	60
Total			233

נערך מבחן ניתוח שונות חד גורמי בכדי לבחון האם ישנם הבדלים באחוזי ההצלחה בשאלות בהן ישנם הקשרים שונים, נראה כי אין השפעה סטטיסטית משמעותית $F(3, 229) = 0.225$, $p = 0.879$. הממוצעים המוערכים שווים, ולכן לא ניתן להסיק על השפעה סטטיסטית משמעותית של ההקשר בשאלה על אחוזי ההצלחה של המשתתפים במבחן.

נספח ט'

בדיקת האינטראקציה בין תהליכי החשיבה לסוג השאלה

נערך מבחן של ניתוח שונות דו גורמי לבדיקת האינטראקציה בין תהליכי החשיבה וסוגי השאלות לאחוזי ההצלחה של התלמידים (נספח י'), נראה כי ישנה השפעה סטטיסטית משמעותית $F(9,) = 2.272$, $p = 0.019$.

במסגרת המבחן, זיהינו אינטראקציה משמעותית בין תהליכי החשיבה לבין סוג השאלה, לדוגמה סוג השאלה 'שאלה פתוחה - ניקוד מחשב'. ישנה השפעה של תהליכי החשיבה על תוצאות השאלה כאשר היא מסוג 'שאלה פתוחה - ניקוד מחשב' וההיפך, ניתן לראות כי כאשר שאלה זו נדרשת בשילוב תהליכי חשיבה מסוג ניסוח והסקה לוגית היא קשה יותר משאלות בהן תהליכי החשיבה: יישום ופירוש וההערכה.

נספח י'

בדיקת האינטראקציה בין תהליכי החשיבה לתחומי התוכן.

נערך מבחן של ניתוח שונות דו גורמי לבדיקת האינטראקציה בין תחומי התוכן וסוגי תהליכי החשיבה לאחוזי ההצלחה של התלמידים. נראה כי אין השפעה סטטיסטית משמעותית ($F(9, 216) = 0.979, p = 0.459$), ולכן לא ניתן להסיק על השפעה סטטיסטית משמעותית של השילוב בין תחומי התוכן וסוגי השאלות על אחוזי ההצלחה של המשתתפים במבחן.

נספח י"א

משימה "משאית הובלות"

משאית הובלות
הקדמה

קראו את ההקדמה, ולאחר מכן לחצו על החץ "הבא".

משאית הובלות

משפחתה של מאיה עוברת דירה.
הם שוכרים שירותי הובלה ועליהם לבחור בין שני גדלים של משאיות. בטבלה שלפניכם מוצגות המידות הפנימיות של תא המטען בכל משאית. הרצפה וכל הקירות של תא המטען של המשאיות הם מלבניים.


משאית	אורך הרצפה	רוחב הרצפה	גובה
א	4 מטרים	2 מטרים	2 מטרים
ב	6.6 מטרים	2.3 מטרים	2.3 מטרים

יש ארגזים בשלושה גדלים שונים. בטבלה שלפניכם מוצגות מידות הארגזים האלה.

גודל הארגז	אורך	רוחב	גובה
קטן	0.4 מטר	0.3 מטר	0.3 מטר
בינוני	0.5 מטר	0.5 מטר	0.5 מטר
גדול	0.5 מטר	0.5 מטר	0.75 מטר

PISA 2022

משאית הובלות



המידות הפנימיות של תא המטען

משאית	אורך הרצפה	רוחב הרצפה	גובה
א	4 מטרים	2 מטרים	2 מטרים

מידות הארגז

גודל הארגז	אורך	רוחב	גובה
בינוני	0.5 מטר	0.5 מטר	0.5 מטר

משאית הובלות
שאלה 1 מתוך 2

היעזרו בקטע "משאית הובלות" שבצד שמאל. כדי לענות על השאלה, סמנו את תשובתכם.

משפחתה של מאיה מחליטה לשכור את משאית א.

מהו המספר הגדול ביותר של ארגזים בינוניים שיכולים להיכנס למשאית א?

320
 128
 26
 16

PISA 2022

משאית הובלות

המידות הפנימיות של תא המטען

משאית	אורך הרצפה	רוחב הרצפה	גובה
א	4 מטרים	2 מטרים	2 מטרים

מידות הארגז

גודל הארגז	אורך	רוחב	גובה
בינוני	0.5 מטר	0.5 מטר	0.5 מטר
גדול	0.5 מטר	0.5 מטר	0.75 מטר

משאית הובלות
שאלה 2 מתוך 2

היעזרו בקטע "משאית הובלות" שבצד שמאל. כדי לענות על השאלה, סמנו את תשובתכם.

חברת ההובלות אומרת שאם משתמשים רק בארגזים בינוניים, אפשר לנצל את כל החלל של תא המטען של משאית א.

מאיה טוענת שארגז בינוני תופס $\frac{2}{3}$ מהמקום שארגז גדול תופס, ומסיקה שמספר הארגזים הגדולים שימלאו את משאית א שווה ל- $\frac{2}{3}$ ממספר הארגזים הבינוניים שימלאו אותה.

איזה היגד נכון לגבי המסקנה של מאיה?

היא צודקת, כי הגובה של ארגז בינוני שווה ל- $\frac{2}{3}$ מהגובה של ארגז גדול.
 היא צודקת, כי תמיד אפשר להכניס 3 ארגזים בינוניים במקום שבו נכנסים 2 ארגזים גדולים.
 היא טועה, כי אף אחת מהמידות הפנימיות של תא המטען של משאית א אינה מכפלה של 0.75, שהוא הגובה של ארגז גדול.
 היא טועה, כי הגובה של ארגז גדול הוא פי 1.5 מהגובה של ארגז בינוני.

פריט א'. תחום התוכן: מרחב וצורה; תהליך: שימוש; הקשר: אישי; פורמט הפריט: בחירה 'מרובה פשוטה - נבדקת על ידי מחשב'; תשובה: 128; רמת קושי משוערת: רמה 2.

בפריט הראשון של המשימה, התלמידים לומדים שהמשפחה מתכננת לשכור את משאית א'. הם מקבלים משימה לחשב את המספר המרבי של קופסות בגודל בינוני שניתן להכניס לתוך משאית א'. בחלק הימני, הטבלאות מההקדמה מוצגות שוב אך כוללות רק את הממדים עבור משאית א' ואת ממדי הקופסות בגודל בינוני. זו משימה פשוטה יחסית עבור התלמידים, במיוחד מכיוון שכל ממדי הקופסה הבינונית זהים, כך שאין צורך לשקול דרכים שונות לסידור הקופסות בתוך המשאית.

מהמידע בטבלאות, התלמידים יכולים לחשב ש-32 קופסות $[(0.5 \div 2) * (0.5 \div 4)]$ יכולות להיכנס ל"רצפה" של המשאית במערך של 8 על 4, שהוא שכבה אחת של קופסות. המשאית גבוהה מספיק להכיל ארבע שכבות של קופסות (כלומר, $2 \div 0.5$), כך שהמספר הכולל של קופסות בגודל בינוני שיכול להיכנס למשאית א' הוא $4 * 4 * 8 = 128$. אפשרויות התשובה החלופיות נוצרו מדרכים שונות של שימוש שגוי בשטח הפנים ו/או בנפח של המשאית ו/או הקופסה.

פריט ב'. תהליך: הסקה לוגית; הקשר: אישי; פורמט השאלה: 'בחירה מרובה פשוטה - נבדקת על ידי מחשב'; תשובה נכונה: היא אינה צודקת, מכיוון שאף אחד מממדי האחסון הפנימיים של משאית א' אינם כפולות של 0.75, גובה הקופסה הגדולה. רמת קושי משוערת: רמה 6.

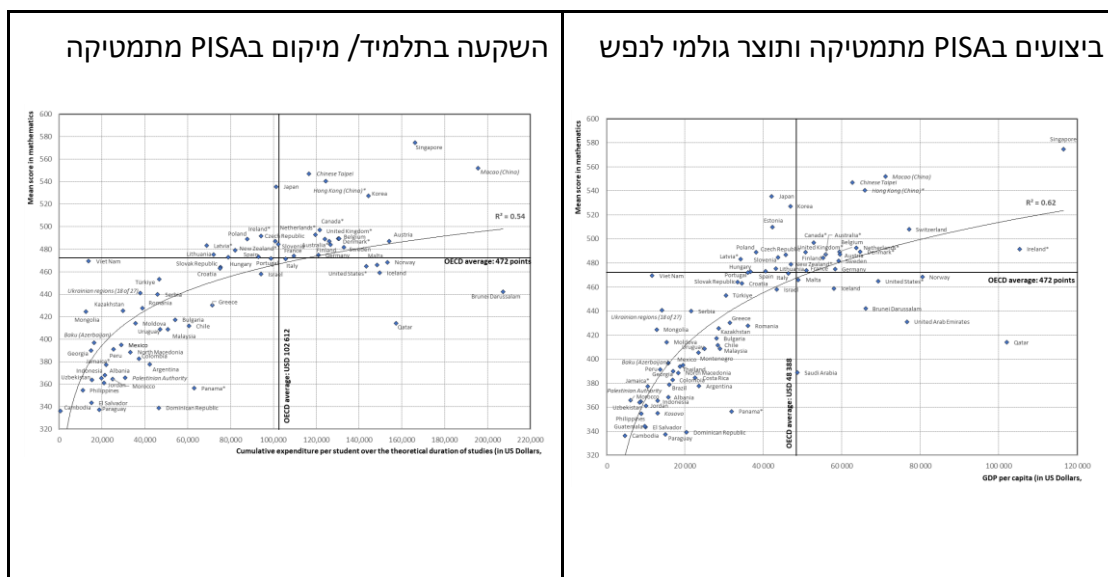
בפריט השני של היחידה, לטבלה נוספו הממדים של הקופסה הגדולה, והתלמידים פוגשים בטענה לגבי כמה קופסות גדולות עשויות להיכנס למשאית א' על סמך השוואה של נפח הקופסות הבינוניות לנפח הקופסות הגדולות. התלמידים צריכים לנתח ארבע הצהרות הקשורות לטענה כדי לזהות איזו מהן נכונה. זהו פריט קשה מאוד מכיוון שחלק מההצהרות נכונות ביחס לממדים של הקופסות או לנפחים שלהן, אך הן לא תומכות באמת בטענה ביחס למשאית. התשובה הנכונה היא שהטענה לא נכונה, מה שגם תרם לקושי של הפריט.

ההצהרה הראשונה נכונה ביחס לגובה של שני גדלי הקופסות (כלומר, $0.75 \div 0.5 = 2/3$) אך זה אינו קשור לממדים של המשאית. ההצהרה השנייה נכונה ביחס לנפחים של הקופסות מאחר שנפח של קופסה בינונית הוא שני שלישים מנפח קופסה גדולה $[3^{0.5}]$ (כלומר, $(0.75 * 0.5 * 0.5) \div (3^{0.5}) = 2/3$), אך שוב, ממדי המשאית אינם נלקחים בחשבון בהצהרה זו. ההצהרה הרביעית גם היא נכונה ביחס לגובה של שני גדלי הקופסות (כלומר, $0.75 \div 0.5 = 1.5$), אך גם כאן, הממדים אינם מובאים בחשבון ביחס למשאית.

ההצהרה השלישית היא הבחירה הנכונה. מספר הקופסות הגדולות שניתן לארוז במשאית א' יכול להשתנות בהתאם לאופן הסידור של הקופסות. בחלק מהסידורים, מספר הקופסות הגדולות הוא פחות משני שלישי ממספר הקופסות הבינוניות, בעוד שבאחרים יש יותר משני שלישי.

נספח י"ב

סיבות לבחירת הרפובליקה הצ'כית ואסטוניה כמדינות השוואה לישראל



מתוך : 3.2.1Source: OECD, PISA 2022 Database, Tables I.B1.2.1 and I.B

בישראל קיימים פערים גדולים בכמה תחומים בהשוואה למדינות ה-OECD ולצ'כיה ואסטוניה בפרט.

ישראל:

ציון ממוצע במתמטיקה: 458

- 37.3% מהתלמידים הציגו ביצועים נמוכים (מתחת לרמה 2)

- 8.4% מהתלמידים הציגו ביצועים מובילים (ברמה 5 או 6)

צ'כיה:

- ציון ממוצע במתמטיקה: 487

- 25.5% מהתלמידים הציגו ביצועים נמוכים (מתחת לרמה 2)

- 10.6% מהתלמידים הציגו ביצועים מובילים (ברמה 5 או 6)

אסטוניה:

- ציון ממוצע במתמטיקה: 510

- 15% מהתלמידים הציגו ביצועים נמוכים (מתחת לרמה 2)

- 13.1% מהתלמידים הציגו ביצועים מובילים (ברמה 5 או 6)

מהנתונים ניתן לראות כי אסטוניה הציגה את הביצועים הגבוהים ביותר במתמטיקה עם ציון ממוצע של 510, לעומת צ'כיה וישראל שהשיגו 487 ו-458 בהתאמה. בנוסף, אסטוניה גם הציגה את השיעור הנמוך ביותר של תלמידים בעלי ביצועים נמוכים במתמטיקה (15%), לעומת 25.5% בצ'כיה ו-37.3% בישראל.

בנוסף, האחוז הגבוה ביותר של תלמידים עם ביצועים מובילים במתמטיקה היה באסטוניה (13.1%), לעומת 10.6% בצ'כיה ו-8.4% בישראל.

השוואת בנים לבנות במתמטיקה:

ישראל:

- ציון ממוצע בנים: 463

- ציון ממוצע בנות: 452

- הבדל בנקודות ציון בין בנים לבנות: 11 (לטובת הבנים)

צ'כיה:

- ציון ממוצע בנים: 491

- ציון ממוצע בנות: 483

- הבדל בנקודות ציון בין בנים לבנות: 7 (לטובת הבנים)

אסטוניה:

- ציון ממוצע בנים: 513

- ציון ממוצע בנות: 507

- הבדל בנקודות ציון בין בנים לבנות: 6 (לטובת הבנים)

בכל המדינות הבנים הציגו ציונים גבוהים יותר במתמטיקה, אך הפער היה קטן יותר באסטוניה. בצ'כיה, התלמידים שנפלו ברבע התחתון של מדד ESCS הציגו ציון ממוצע של 357 במתמטיקה, לעומת 555 לתלמידים ברבע העליון. בישראל, התלמידים ברבע התחתון של ESCS הציגו ציון ממוצע של 354, לעומת 520 לתלמידים ברבע העליון. באסטוניה, התלמידים ברבע התחתון הציגו ציון של 426, לעומת 557 לתלמידים ברבע העליון.

הפערים בין התלמידים החלשים לחזקים כלכלית-חברתית היו גדולים מאוד במתמטיקה בכל המדינות, אך היו קטנים יותר באסטוניה.

לסיכום, ההשוואות מראות פערים על רקע מגדר ורקע סוציו-אקונומי בתחום המתמטיקה, עם יתרון לבנים על פני בנות ויתרון לתלמידים חזקים על פני חלשים. הפערים הללו היו קטנים יותר באסטוניה.

ההשקעה בחינוך לא ממש הראתה תוצאות במבחני פיזה במתמטיקה, ישראל נותרה במקום הנמוך (33), אסטוניה ירדה במקום בודד מהמקום השני למקום השלישי ואילו צ'כיה עלתה מהמקום ה-17 למקום ה-15.