

האם סביבות המעודדות התנסות בבנייה בגן הילדים משפרות חשיבה הנדסית וויסות עצמי

בשנת 2017 פרסם הפורום הכלכלי העולמי דו"ח המכיר בחוסר יכולתן של תוכניות החינוך העכשוויות להכין ילדים למקומות עבודה עתידיים. למעשה, הפורום הכלכלי העולמי קורא להגביר בבתי הספר את העיסוק בתחומי ההנדסה והטכנולוגיה ולהתחיל בחינוך הנדסי-טכנולוגי כבר בגיל צעיר. תובנות דומות התפרסמו ברחבי העולם על ידי גופים כלכליים, ובמערכות חינוך החל פיתוח ויישום של תוכניות חינוכיות חדשות (Koul, Fraser & Tade, 2018).

במאמר זה נציג חלק מממצאי מחקר, שנערך במסגרת לימודי התואר השלישי, שבדק באיזו מידה מראים ילדי גן יכולות חשיבה הנדסית ספונטנית וויסות עצמי במהלך ביצוע משימת בנייה פתוחה, ובאיזו מידה משתפרות יכולות אלה בעקבות העשרת הסביבה הלימודית בחומרי בנייה.



יש לי
קביות קטנות
טוב מהן
הכל לבנות..

פניה ברגשטיין

טלי שכטר סגנית מנהלת מרכז דע-גן, המרכז הארצי לקידום מתמטיקה, מדע וטכנולוגיה בחינוך הקדם-יסודי ודוקטורנטית בתחום החינוך מדעי טכנולוגי, בית הספר לחינוך, אוניברסיטת בר-אילן

אורנית ספקטור-לוי ראש התוכנית לחינוך מדעי טכנולוגי בבית הספר לחינוך, אוניברסיטת בר-אילן. הקימה ומנהלת את מרכז דע-גן, המרכז הארצי לקידום מתמטיקה, מדע וטכנולוגיה בחינוך הקדם-יסודי. חברת ועדת המקצוע מדע וטכנולוגיה, משרד החינוך. מחקריה עוסקים בהתפתחות מקצועית של מנהלות גנים ומורי מדע וטכנולוגיה ופיתוח סקרנות וחשיבה מדעית טכנולוגית בקרב הלומדים



חשיבה הנדסית מוקדמת

ילדים צעירים משקיעים זמן רב בתכנון ובפתרון בעיות בזמן שהם חוקרים ולומדים את סביבתם, את החפצים שבה ואובייקטים מעשה ידי אדם. הם עושים זאת באופן טבעי במהלך משחק. ניתן להתייחס להתנהגויות אלה כמבשרות חשיבה הנדסית (Bagiati & Evangelou, 2016; Brophy & Evangelou, 2007; Lippard, Lamm & Riley, 2018).

מהי חשיבה הנדסית? חשיבה הנדסית מתייחסת לערכים, עמדות ויכולות למידה הקשורות לעשייה הנדסית. במרכז המעשה ההנדסי עומד תהליך התכנון העיצובי וכן הרגלי חשיבה ויכולות של המאה ה-21 (van Meeteren & Zan, 2010). כדי להצליח במאה ה-21, על ילדים לפתח גישה ללמידה, שתעזור להם להתמיד כאשר הם מתמודדים עם אתגרים, לעבוד בשיתוף פעולה כדי לפתור בעיות מורכבות יותר ויותר בעולם מגוון, ולהפוך ללומדים חושבים, ביקורתיים, יצירתיים וחדשניים. למידה בסביבה חינוכית המאפשרת לילדים מגוון הזדמנויות להתמודדות עם אתגרים הנדסיים, מעניקה לילדים צעירים אין סוף הזדמנויות לתרגל את כישורי החיים הללו (Hansel, 2015).

על פי Katehi, Pearson & Feder (2009), חשיבה הנדסית כוללת את המרכיבים הבאים: (1) חשיבה מערכתית, (2) יצירתיות, (3) אופטימיות, (4) שיתוף פעולה, (5) תקשורת, (6) תשומת לב לשיקולים אתיים. אולם, במחקר זה בחרנו להתבסס על שישה הרגלי חשיבה הנדסית שהוגדרו על ידי Lucas, Hanson & Claxton (2014), מפרטים באופן אחר שישה הרגלי חשיבה הנדסית, כפי שמוצג באיור 1.

במחקר המוצג במאמר זה, נבדקו ששת הרגלי החשיבה ההנדסית בקרב ילדי גן חובה.

מטה-קוגניציה וויסות עצמי בקרב ילדי גן

Flavell (1976), היה הראשון שהגה והסביר את המושג מטה-קוגניציה - חשיבה על חשיבה. חשיבה מטה-קוגניטיבית מתייחסת ליכולתו של האדם לחשוב על החשיבה שלו, להיות מודע לה, לדעת איזה מידע נדרש למשימה, לדעת איזו אסטרטגיה מתאימה לביצוע המשימה, להעריך תוך כדי ביצוע המשימה אם אופן הביצוע מתאים ויוביל להשלמת המשימה, ולאחר ביצוע המשימה להעריך את התוצר ואת התהליך. באופן כללי, מטה-קוגניציה היא יכולת גבוהה, המורכבת מידע ומודעות מטה-קוגניטיבית ומיכולות ויסות עצמי (Larkin, 2010; Özsoy, Memiş, & Temur, 2017; Schrew, Crippen & Hartley, 2006; Zimmerman, 2000).

ויסות עצמי הוא אחד הביטויים של הקשר בין רגש לקוגניציה, והוא מתייחס לאופן שבו אנשים משתמשים ברמזים חיצוניים ופנימיים כדי להחליט מתי להתחיל, להמשיך או לעצור פעולה ספציפית על מנת להשיג את המטרה הרצויה. ויסות עצמי כולל גם את היכולת לבחור התנהגות באמצעות הערכה, תוך ניהול עוצמת התגובה, את היכולת לתכנן את התגובה ואת המשמעויות המקובלות חברתית ואת היכולת להפעיל תקשורת פנימית ובינאישית. Vygotsky (1978) טען כי למידה מתחילה בהקשר חברתי, שבו מבוגר תומך ומעניק פיגומים ללומד. זהו תהליך הפנמה, שמתחיל בוויסות דרך אחרים ומתפתח לוויסות פנימי, עצמי.

איור 1. ששת הרגלי החשיבה ההנדסית (Lucas, Hanson & Claxton, 2014)



יכולת הלמידה הטבעית שלנו קשורה ישירות לאינטראקציה המתמשכת שלנו עם הסביבה. איכות סביבות הלמידה משפיעה על איכות ההוראה. למעשה, הסביבה היא 'תוכנית לימודים שקטה', שיכולה להשפיע על חוויית ההוראה והלמידה (Taylor, 2009). עם זאת, העדויות למשמעותו של פיתוח וארגון מרחב הלמידה לתמיכה בחינוך בגיל הרך במחקר האקדמי העכשווי, הן מועטות (Barrett, Davies, Zhang & Barrett, 2015; Berris & Miller, 2011).

חוויית הנדסיות במהלך משחקי בנייה בגיל הרך

בכל יום ובכל מקום שבו נמצאים ילדים, הם מוקפים בחפצים. חפצים אלה נוצרים באמצעות יצירתיות ועבודה הנדסית, ומציעים דרך קלה ויעילה לפתח חשיבה הנדסית בגיל הרך.

החוקרים (Farenga & Ness, 2016), מתייחסים למושג VCPOs (visuo-spatial constructive play objects), שמשמעותו 'אובייקטים המהווים משחקי בנייה חזותיים-מרחביים'. אובייקטים אלה כוללים גופי בנייה (שאינם מתחברים זה לזה, כגון גופי בנייה מעץ או מפלסטיק, הנקראים גם 'קוביות'), משחקי הרכבה (שמתחברים זה לזה, כגון לבני LEGO® ומוג' בלוק) וקרשים. החוקרים טוענים, כי כשם שהשתתפות הפעילה של ילדים צעירים בפעילויות בנייה עם גופי בנייה או קרשים מתרחשת בהתגלמות הצורה והמבנה, כך גם החומרים של מהנדסים ואדריכלים מקצועיים. למעשה, יש משהו משמעותי המשותף בין גופי בנייה של ילדים וחומרי משחק נלווים ובין חומרי הבניין של מהנדסים ואדריכלים - שניהם מייצרים מבנים גיאומטריים במרחב.

גופי בנייה ('קוביות') מוכרים לרוב הילדים בחינוך לגיל הרך כבר יותר ממאה שנים. כבר עשרות שנים נחשבים גופי הבנייה לבסיס בחינוך לגיל הרך, ככלי לימוד נהדר לילדים (Tepilo, Moss, & Stephenson, 2015). משחק זה נתפס בדרך כלל כמפתח יכולות קוגניטיביות בקרב ילדים צעירים. כאשר ילדים מתכננים, בונים, יוצרים ומייצגים את חוויותיהם באמצעות גופי בנייה, הם מתקדמים בכל תחומי ההתפתחות: חברתי, רגשי, קוגניטיבי וחושני (Strasser & Murfson Koeppel, 2010).

Spektor-Levy, Basilio, Zachariou & Whitebread (2017) טוענים כי תצפיות על ילדים הפועלים במהלך משימות בנייה בעלות אופי משחקי, הן הזדמנויות טובות לצפות בכישורי הוויסות העצמי והמטה-קוגניציה של ילדים צעירים. כאשר ילדים ניגשים לבעיה שאיתה הם מתמודדים כחלק ממשימת משחק בנייה או במשחק ספונטני, הם מגיבים במגוון דרכים: חשיבה בקול רם, דיבור פרטי, מחוות פרטיות, הבעות פנים, מבטים, תגובות קוליות וכו'. תגובות אלה - מילוליות והתנהגותיות - יכולות להעיד על יכולות הילדים.

הגישה הייחודית במחקר המתואר במאמר זה, היא פיתוח כלי מחקר שנועדו לחשוף יכולות מתפתחות של הרגלי חשיבה הנדסית (Engineering Habits of Mind - EhoM) ויכולות ויסות עצמי בקרב ילדים צעירים במהלך ביצוע משימות בנייה. היבט ייחודי נוסף במחקר זה הוא בדיקת השיפור ביכולות אלו בעקבות פעילות חופשית של ילדי הגן בסביבת למידה המועשרת בחומרים לבנייה ובחפצים הנדסיים.

סביבת למידה בגיל הרך

על פי ה-OECD (2018), המציע את חזון הלמידה לשנת 2030, יש צורך להכין תלמידים לעתיד, כך שיפתחו תחושת אחריות ושותפות בעולם. באופן זה, פרטים בחברה יוכלו להשפיע לטובה על אנשים, אירועים ונסיבות. חלק מהכנה זו היא עיצוב סביבת למידה המותאמת אישית, תומכת ומניעה כל תלמיד/ה לטפח את המאויים שלה/ו, ליצור קשרים בין חוויות למידה והזדמנויות שונות ולעצב פרויקטים ותהליכי למידה בשיתוף עם אחרים.

הסביבה הפיזית היא מרכיב מרכזי בתמיכה בחוויית למידה עשירה. מאז ומתמיד הכירו תיאורטיקנים ומחנכים בחשיבותו של עיצוב וארגון מרחב הלמידה הפיזי. תיאורטיקנים בולטים, כמו ורנר, פיאז'ה ומונטסורי, טוענים כי על סביבות חינוכיות להיות עשירות בגירויים כדי לתת

הזדמנות להתפתחות כוללת (Berris & Miller, 2011). המפתח הוא להתייחס לסביבה הפיזית כאל חלק מתהליכי הלמידה הפעילים.

מטרת המחקר

מטרת המחקר הייתה לבדוק באיזו מידה העשרה של סביבת הלמידה בגופי בנייה ובמגוון אמצעי בנייה משפיעה על מידת הביטוי של הרגלי חשיבה הנדסיים (Lucas et al., 2016) EHoM ועל יכולות ויסות עצמי בקרב ילדי גן בגילאי 5-6.

מתודולוגיה

אוכלוסיית המחקר

המדגם כלל 228 ילדים, 120 בנים (53%) ו-108 בנות (47%). הגיל הממוצע של המשתתפים היה 64.28 חודשים, סטיית התקן הייתה 4.86. הילדים שהשתתפו במחקר חולקו לשתי קבוצות - קבוצת התערבות וקבוצת השוואה. 126 ילדים נכללו בקבוצת ההתערבות (68 בנים ו-58 בנות), ו-102 ילדים נכללו בקבוצת השוואה (52 בנים ו-50 בנות).

הרמה הקוגניטיבית הבסיסית של הילדים נמדדה באמצעות שני מבחנים:

- מבחן PPVT-4 (Peabody Picture Vocabulary Test) (Dunn & Dunn, 2007), הבודק אוצר מילים - אינטליגנציה נרכשת.
- מבחן Raven (Raven's Progressive Matrices) (Raven, 1956), הבודק אינטליגנציה כללית, ויזואלית-מרחבית, מולדת.

כל הנבדקים במחקר נמצאו כבעלי התפתחות תקינה. כאמור, אוכלוסיית המחקר חולקה לשתי קבוצות. בקבוצת ההתערבות, הסביבה החינוכית בגן הועשרה באלמנטים הנדסיים לבנייה: מסגרות עץ, קרשים, ריבועי עץ, גלילים, בדים וכדומה. בקבוצת השוואה, הסביבה החינוכית הועשרה באלמנטים לא הנדסיים: בובות, כדורים, צבעים וכדומה.

כלי המחקר

המחקר בוצע בשיטת המחקר המעורבת, המשלבת שיטות מחקר איכותניות וכמותיות.

משימות פתרון בעיה

מכיוון שמשתתפי המחקר היו צעירים מאוד, החוקרת הסבירה לכל ילד/ה באופן פרטני את הוראות המשימה. המשימה התקיימה בחדר שקט בשעות הגן. המשימה נמשכה כ-20 עד 40 דקות, עם הפסקה של כמה דקות. תגובות הילדים (מילוליות ולא מילוליות) תועדו בכתב ובווידיאו (לאחר הסכמת הורים). על כל ילד מקבוצת ההתערבות ומקבוצת השוואה הוטלה משימת בנייה פתוחה של פתרון בעיה - בניית גשר - המאפשרת לזהות אלמנטים של הרגלי חשיבה הנדסית ויכולות ויסות עצמי.

משימת בניית גשר

תמונה גדולה של נהר הייתה מונחת על שולחן, יחד עם 40 לבני LEGO® שונות, סירה קטנה ושלוש דמויות פליימוביל קטנות. בעיה הדורשת פתרון סופרה לילדים. הסיפור היה על ילדים שהלכו לטייל על גדת הנהר, והיו צריכים לחצות את הנהר כדי לפגוש את חברם, שהיה בגדה השנייה. המשתתפים נשאלו:

"האם את/ה יכול/ה לעזור להם לחצות את הנהר באמצעות לבני LEGO® אלה?"

למשתתפים נאמר כי עליהם למלא שלוש דרישות: יש לבנות את הגשר ביבשה, בין שתי גדות הנהר (סימנים צוינו בתמונה), ללא עמוד במים; הגשר צריך להיות גבוה דיו כדי שהסירה הקטנה תוכל לעבור מתחת לגשר; הגשר צריך להיות יציב, כדי שהילדים יוכלו לחצות אותו בבטחה. כל המשתתפים ותהליכי פתרון הבעיות שלהם צולמו בווידיאו. סרטוני הווידאו נותחו באמצעות מחוון אנליטי, שפותח במיוחד למחקר זה.



איור 2. תמונת הנהר, הסירה ודמויות הפליימוביל

משימת העברה - בניית שער

חודשיים לאחר סיום תקופת ההתערבות, חלק מילדי קבוצת ההתערבות התבקשו לבצע משימת בנייה עם משחק הרכבה לא מוכר להם. הם התבקשו לבנות שער על פי דרישות הבנייה, באופן דומה למשימת הגשר. גם במשימה זו נדרש פתרון על פי סיפור שסופר לילדים: הסוסה נמצאת בשדה עם פרחים והסייח שלה נמצא מחוץ לשדה. הילד/ה מתבקש/ת לבנות שער לסוסה, שדרכו תגיע לסייח. למשתתפים נאמר כי עליהם למלא שלוש דרישות: יש לבנות את השער מצד אחד של השדה לצד השני (מבלי להרוס את הפרחים); על השער צריך להיות גבוה



דיו כדי שהסוסה תוכל לעבור מתחתיו; על השער להיות יציב, שלא ייפול על הסוסה. כל המשתתפים ותהליכי פתרון הבעיות שלהם צולמו בווידיאו. סרטוני הווידיאו נותחו באמצעות מחוון אנליטי.

מחוון קידוד אנליטי

כל קטעי הווידיאו (228 קטעי וידיאו של 228 ילדים, כ-305 שעות וידיאו) נותחו באמצעות מיקרו-אנליזה. כל רגע ורגע אופיין וקודד באמצעות מחוון אנליטי, אשר העריך את רמת הרגלי החשיבה ההנדסית של הנבדקים ואת יכולות הוויסות העצמי שלהם במהלך פתרון הבעיות (מבוסס על Spektor-levy, et al., 2017).

שלושה מומחים בחינוך מדעי טכנולוגי לגיל הרך סייעו בתיקוף כלי המחקר והמחוון, וקידדו 13% מנתוני הווידיאו שנאספו. עבור כל הקריטריונים במחוון נמצאה מהימנות בין שופטים - אלפא קרונבאך - 0.7-0.9.

הפעילות של הילדים במהלך משחק חופשי במרחב הגן. המטרה הייתה לבחון את רמת האינטנסיביות שבה היו הילדים מעורבים בפעילות בנייה ולחפש עדויות של הרגלי חשיבה הנדסיים.

מהלך המחקר

בגני ההתערבות, לאורך כל תקופת ההתערבות (שישה חודשים), חומרי ההעשרה בגן היו זמינים לילדים למשחק חופשי. כמו כן, נשמר קשר רציף עם הגננות כדי לשמוע על המתרחש בגן בנושא המחקר. **הגנות התבקשו לא להתערב ולא לתווך** במהלך הפעילות החופשית של הילדים עם החומרים ומשחקי הבנייה וההרכבה.

ריאיון מעמיק מובנה למחצה עם גננות

הראיונות נערכו ב-12 הגנים שהשתתפו במחקר לאחר שעות סיום הפעילות, כך שהגננות תהיינה זמינות לריאיון ותוכלנה להיות ממוקדות רק בשאלות הריאיון. כל ריאיון התקיים במשך כשעה וחצי. הריאיון כלל כ-14 שאלות והוקלט. מטרת הריאיון הייתה לחשוף את תפיסותיה של הגננת בנוגע להנדסה וטכנולוגיה בגן ילדים, מה היא חושבת שילדי הגן יודעים בתחומים אלה וכיצד ההתערבות שהתקיימה בגן השפיעה על יכולות הילדים.

תוצאות

ממצאים כמותיים

המשתתפים התלויים שנבדקו היו מדדי הרגלי חשיבה הנדסיים של הילדים, יכולות הוויסות העצמי ואיכות תוצר הבנייה שלהם - הגשר - כמתואר בטבלה 1.

איור 3. תאור מהלך המחקר

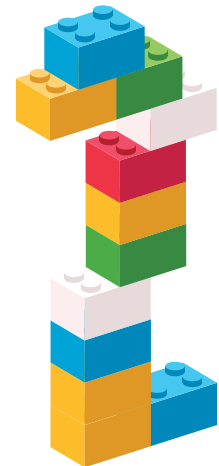
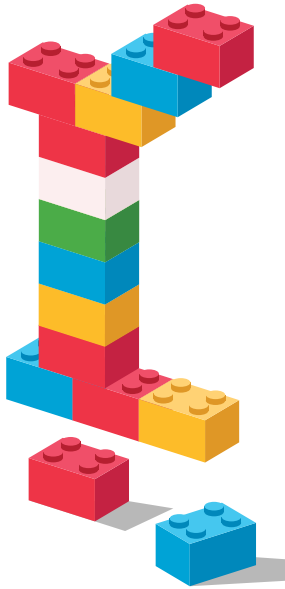
תצפיות בכיתת הגן

התצפיות נערכו ב-12 הגנים שהשתתפו במחקר זה. בכל גן נערכו תצפיות הוליסטיות על כל הילדים במרחב הגן, וכן תצפיות ממוקדות על מרכז הבנייה. התצפיות צולמו בווידיאו ונמשכו 20 דקות כל אחת, במטרה לתעד ולנתח את אופי



טבלה 1. מדדי המחקר

הרגלי חשיבה הנדסיים (EHoM)	יכולות ויסות עצמי	איכות תוצר הבנייה
1. חשיבה מערכתית (Systems Thinking)	1. תכנון (Planning)	1. דיוק באורך הגשר (על פי הסימונים בכל גדת נהר)
2. הגדרת בעיה (Finding Problem)	2. ניטור (Monitoring)	2. גובה הגשר (כך שהסירה יכולה לעבור)
3. פתרון בעיות בדרכים יצירתיות (Creative Problem Solving)	3. בקרה (Control)	3. יציבות הגשר (עומד איתן ואינו מתפרק)
4. המחשה (Visualizing)	חוסר ויסות עצמי	4. רמת המורכבות והיצירתיות במבנה הגשר
5. התאמה (Adapting)		1. בכוח הזרוע (Brute force)
6. שיפור (Improving)		2. טעות מקומית (Local error)
		3. טעות חוזרת (Repetition of error)
	מוטיבציה	
	1. הפניית קשב (Attention)	
	2. נחישות והתמדה (Persistence)	
	3. אוטונומיה (Autonomy)	
	4. מעורבות (Engagement)	



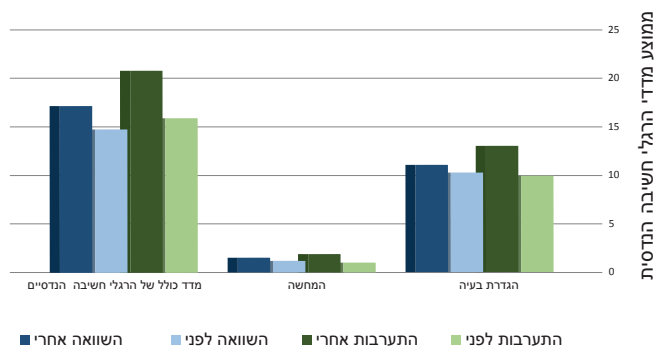
1. הבדלים ביכולות הרגלי חשיבה הנדסיים של הילדים לפי קבוצה וזמן

בשלב המקדים, בתחילת המחקר, נבדקו רמת הרגלי החשיבה ההנדסית ויכולות הוויסות העצמי של כל הילדים והילדות שהשתתפו במחקר. לא נמצאו הבדלים ביכולות אלה בין ילדי קבוצת ההתערבות לילדי קבוצת ההשוואה.

לאחר שישה חודשים של בנייה חופשית בסביבה מועשרת בחומרי בנייה בגני קבוצת ההתערבות, ילדי קבוצה זו הראו יכולות גבוהות יותר בהשוואה לילדי קבוצת ההשוואה בממד הכולל של יכולות חשיבה הנדסית וכן במדדי הרגלי החשיבה ההנדסית: חשיבה מערכתית, הגדרת בעיה, פתרון בעיות יצירתי ושיפור המבנה.

ניתוחים סטטיסטיים שהשוו בין שתי נקודות הזמן בכל קבוצת מחקר, הצביעו על כך כי גם קבוצת ההתערבות וגם קבוצת ההשוואה השתפרו במהלך תקופת המחקר בממד הכולל של הרגלי החשיבה ההנדסית ובשני מדדי הרגלי חשיבה הנדסיים - הגדרת בעיה והמחשה. עם זאת, גודל השיפור ועוצמתו היו גבוהים יותר באופן מובהק מבחינה סטטיסטית בקרב הילדים מקבוצת ההתערבות (ראו איור 3).

איור 4. מדד הרגלי חשיבה הנדסיים



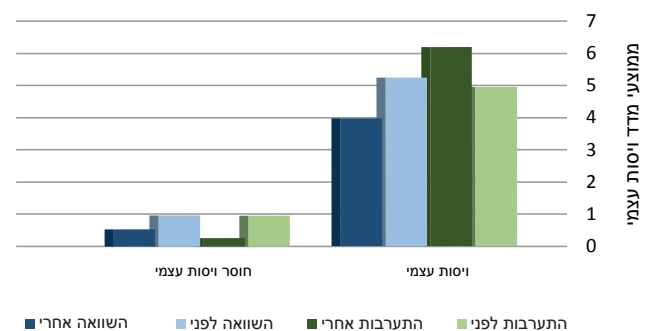
2. הבדלים ביכולות המטה-קוגניטיביות של הילדים לפי קבוצה וזמן

ראשית, ממצא חשוב הוא כי מרבית ילדי המחקר (81%), ללא קשר להשתייכותם לקבוצת ההתערבות או לקבוצת ההשוואה, שמרו על קשב והיו מרוכזים במהלך המשימה. הם היו מעורבים רגשית ועבדו בנחישות ובעקביות כאשר נתקלו באתגר, עד להשגת מטרת המשימה. 54% עבדו באופן עצמאי, ללא צורך בהסבר או עידוד מצד החוקרת.

בנוסף, ההשפעה העיקרית של תוכנית ההתערבות הייתה משמעותית בארבעת מדדי הכישורים המטה-קוגניטיביים: ויסות עצמי, נחישות, אוטונומיה ומעורבות. קבוצת ההתערבות השיגה ציון גבוה יותר באופן מובהק סטטיסטית בכל ארבעת המשתנים התלויים הללו.

תוכנית ההתערבות שיפרה במידה משמעותית את המדד הכולל של ויסות עצמי בקבוצת ההתערבות בלבד, בעוד שהביצועים של קבוצת ההשוואה ירדו (נמצאה אינטראקציה מובהקת). הבדלים מובהקים נמצאו בציונים בשני המדדים: ויסות עצמי וחוסר ויסות עצמי. חוסר ויסות עצמי מתבטא בשימוש בכוח במהלך הבנייה וההרכבה, בחוסר יכולת להתמודד עם קשיים בבנייה ובחזרה על שגיאות בבנייה שוב ושוב. מדד זה, של חוסר ויסות, מצופה שערכיו ירדו ככל שהילד/ה משתפר/ת ביכולות החשיבה ההנדסית והוויסות העצמי. לאחר ההתערבות, הניקוד במדד הוויסות העצמי עלה, בהשוואה לניקוד לפני ההתערבות ונשאר יציב במשימת ההעברה. ציוני חוסר וויסות עצמי פחתו לאחר ההתערבות, ונשארו יציבים במשימת ההעברה. תוצאות אלה מצביעות על כך שיכולות הוויסות העצמי של הילדים השתפרו במידה משמעותית במשימת ההעברה, בהשוואה לניקודת התחלת המחקר (ראו איור 5).

איור 5. מדד ויסות עצמי



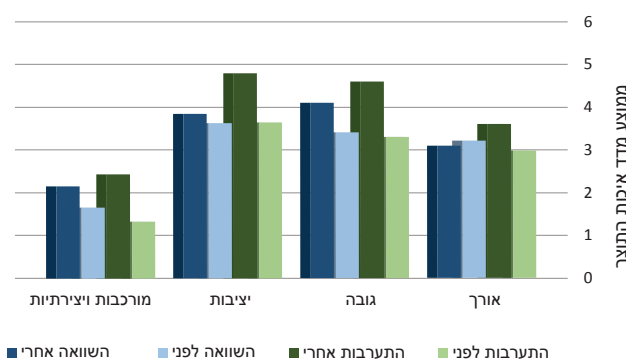
ניתוחים סטטיסטיים, שהשוו בין שתי נקודות הזמן (לפני ואחרי ההתערבות), הצביעו על כך, שבקבוצת ההתערבות, הניקוד במדד האורך ובמדד היציבות היה גבוה יותר לאחר ההתערבות באופן מובהק בהשוואה לניקוד לפני ההתערבות. כך גם לגבי מדד הגובה ורמת המורכבות והיצירתיות של הגשר, שם גודל ההשפעה היה גדול יותר בקרב ילדי ההתערבות.

4. הבדלים בהרגלי ההנדסה של הילדים, במיומנויות ויסות עצמי ובאיכות מוצר הבנייה לפי זמן בקרב קבוצת ההתערבות (משימת העברה)

על מנת לבחון אם יימצאו הבדלים משמעותיים בין ציוני הילדים במדדי הרגלי החשיבה ההנדסית, מדדי יכולות הוויסות העצמי ואיכות תוצר הבנייה בעת בנייה בחומר לא מוכר, 35 ילדים מקבוצת המחקר נבדקו גם במשימת ההעברה, בנוסף למשימת הגשר.

התוצאות מצביעות על כך שהציונים במדד הכולל של הרגלי החשיבה ההנדסית של הילדים, ציוניהם בכל ארבעת מדדי הבנייה וכישוריהם המטה-קוגניטיביים - ויסות עצמי וחוסר ויסות עצמי - עלו לאחר ההתערבות ונשארו יציבים במשך חודשיים לאחר ההתערבות, כפי שבא לידי ביטוי במשימת ההעברה. יתר על כן, ציוני הילדים היו גבוהים במידה משמעותית במשימת ההעברה, בהשוואה לניקודת התחלה, במיוחד במדד הכולל של הרגלי חשיבה הנדסית, במדדים של הגדרת בעיה והמחשה, באיכות התוצר, שהתבטאה בגובה, ביציבות וברמת המורכבות והיצירתיות של השער, ובוויסות עצמי. הציונים בחוסר וויסות עצמי פחתו לאחר ההתערבות ונשארו יציבים לאחר ההתערבות במשימת ההעברה.

איור 6. מדד איכות תוצר הבנייה



ממצאים איכותיים

ריאיון מעמיק מובנה למחצה עם גננות

במהלך תקופת המחקר נערכו ראיונות עומק מובנים למחצה עם 12 הגננות של כל הגנים שהשתתפו במחקר (קבוצת התערבות ויציבות).

3. הבדלים באיכות תוצר הבנייה - הגשר - לפי קבוצה וזמן

בבדיקת איכות התוצר, הגשר, על פי הדרישות הראשוניות (אורך, גובה, יציבות), נמצא כי קבוצת ההתערבות השיגה ציון גבוה יותר באופן מובהק מקבוצת ההשוואה במדדים גובה ויציבות.



וקבוצת השוואה). בראיונות אלה נשאלו הגננות שאלות על מנת ללמוד על מה שקרה בכיתת הגן לפני ההתערבות ומה התרשמותן ממה שקרה בכיתה במהלך התערבות (וכפי שהתבקשו, ללא תיווך וסיוע מצדן) ובסיומה. להלן כמה ממצאי מפתח שעלו מראיונות גננות והתקשורת עמן במהלך תקופת ההתערבות.

ראשית, שאלנו את הגננת: **"איזו עדות לפעילות הנדסית את רואה בגן?"**. בראיונות המקדימים, כל הגננות דיווחו על מעט מאוד עדויות מסוג זה. את מעט העדויות לפעילות הנדסית בגן ראו הגננות בעיקר במרכז הבנייה, במשחקי ההרכבה ובעבודה עם גרנטאות.

במהלך תקופת ההתערבות, גננות גני ההתערבות שמו לב שמתעורר עניין רב בקרב הילדים בתהליכי הבנייה. הגננת ב' אמרה: "אני יכולה לראות בבירור כיצד הילדים עובדים, לומדים, מבצעים, פותרים בעיות! הם חווים העצמה אישית! אני רואה עיניים נוצצות ו'נורה נדלקת'. זה באמת מעלה אותם לרמה של חשיבה שונה מהמקום בו הם היו עד כה".

גננות גני ההתערבות מעידות כי מרכז הבנייה הפך פופולרי מתמיד, המרכז עמוס מאוד לאורך היום ותהליך הבנייה מתמשך לאורך זמן. הן גם הזכירו שהילדים מקיימים שיתופי פעולה מרתקים, דבר שהיה פחות נפוץ לפני תחילת המחקר. הגננות גם דיווחו כי במשחקי הבנייה מתחילים להתהוות

במשחקי הבנייה בנו הילדים מבנים, צילמו את המבנים שבנו ותצלומים אלו הפכו לדגמים שילדים אחרים הרכיבו.

בחלק מהגנים דיווחו הגננות על עלייה ברמת התיעוד בקרב ילדי הגן, כאשר ילדים ביקשו לתעד את התהליך. לדוגמה, מדווחת הגננת ב': "התייחסנו לנושא המסע לחלל כחלק מתוכנית הלימודים המתוכננת. הילדים הציעו לבנות חללית. לפני תחילת הבנייה, הם שרטטו את זה. זו עוד רמה של חשיבה. הם גם החלו לשרטט, כשהשרטוט היווה תוכנית לבנייה הבאה לילד הבא. ראיתי את זה כמשהו מאוד שונה ממה שידעתי קודם. כל תהליך הבנייה היה ייחודי. לא רק שהם בנו דברים חדשים, הם גם רצו לתעד את זה, לקחת דפים ולצייר אותם" (איור 9).



איור 9. שרטוט ובנייה

בעקבות זאת שאלנו את הגננות אם הן **מזהות הרגלי חשיבה הנדסיים בתהליכי הבנייה של הילדים**. בראיונות שנערכו בתחילת השנה הצהירו הגננות בגני ההתערבות שהן לא מזהות מרכיבי חשיבה הנדסיים רבים. רובן התייחסו

איור 8. תוצרי בנייה בגני ההתערבות

תוצרי בנייה איכותיים, מורכבים ומרשימים, במיוחד בתוצרי בנייה ב-LEGO® (איור 7).

בהמשך, בראיונות עם הגננות בסוף השנה, ציינו הגננות בגני ההתערבות כי קיימות עדויות מעולות לביטויי הנדסה במרכז הבנייה, שם ניכרת בנייה ברמה גבוהה עקב השימוש בציוד ובחומרי הבנייה המעשירים ומעלים את רמת הבנייה. הגננת ד' אמרה כי "איכות הבנייה עולה באופן דרמטי", והגננת נ': "אני חושבת שזה פתח להם נקודת מבט אחרת. קודם הבנייה הייתה רק משחק, עכשיו הם בעצם יוצרים, הם מייצרים משהו. נראה כי שיתוף הפעולה בין הילדים היה מאוד בולט, לא היה ילד שבנה לבדו, זו תמיד הייתה קבוצת ילדים" (איור 8).

מעבר לכך, בגני ההתערבות, ביטויים של חשיבה הנדסית הוצגו גם במרכזי פעילות נוספים בגן. לדוגמה, בסדנה היצירה: "לפני כן הגרנטאות שימשו כמשטח עבודה, אך כעת הילדים הבינו פתאום שאפשר ליצור חפצים תלת-ממדיים כמו רובוטים, מכונות וכדומה. הילדים בילו זמן רב יותר במשחקי בנייה ואיכות התוצרים הייתה גבוהה יותר"; "זה היה מעבר לבניית מגדל! אלו היו דברים הרבה יותר מתוחכמים, כמו חללית, אנשים, פריטים מורכבים שהם ידעו מה הכוונה בזה. הם היו מאוד מתוכננים".



איור 7. תוצרי בנייה ב-LEGO®

ההתערבות חשפו עדויות משמעותיות לכך שהילדים היו עסוקים במשך זמן רב במהלך היום בפרקטיקות בנייה מרובות ומגוונות. עדויות הנדסיות לכך נמצאו ברחבי הגן, ולא רק במרכז הבנייה. עם זאת, בגני ההשוואה, תהליך הבנייה לא התפתח מעבר לקיים, אלא פעל כמו כל מרכז פעילות אחר (איורים 10,11).



איור 10. שיתוף פעולה בתכנון ובהרכבה

איור 11. בנייה עם מגוון אמצעי בנייה



הילדים אוהבים את זה מאוד, וכ-80% מהם מגיעים למרכז הבנייה ברצון רב. בראיונות, הגננות התייחסו לחשיבה הנדסית רק בהקשר של מרכז הבנייה. במהלך תקופת ההתערבות ובראיונות עם גננות גני ההתערבות בסוף השנה, הגננות אישרו פה אחד כי כל הילדים נהנו מאוד מהפעילות בבנייה. אמרה הגננת ב': "הם שם במאה אחוז, אחרת לא הייתי ממשיכה עם זה. התהליך שנעשה בגן היה משמעותי מאוד... אם יכולתי להחליף כל דבר במרחב הלמידה ולעשות מרכז בנייה ענק, הייתי עושה את זה!".

תצפיות

תצפיות נערכו הן בגני ההתערבות והן בגני ההשוואה, במהלך תקופת ההתערבות ואחריה. התבצעו שני סוגים של תצפיות: תצפית שהתמקדה באזור מרכז הבנייה ותצפית כללית על כל הפעילות במרכזי הגן. התצפיות בגני

ליכולת התכנון, והדגישו שהילדים לא עושים זאת באופן טבעי. "הם בונים כהליך אינטואיטיבי, הם לא מתכננים מראש מטבעם. אני צריכה לתווך זאת כדי לפתח יכולת זו [תכנון]", אמרה הגננת ח'.

בראיונות שלאחר תקופת ההתערבות השתנתה התמונה: כל הגננות התייחסו לכישורי התכנון כמרכיב מרכזי בבנייה, וציינו תהליכים ויכולות שהתפתחו אצל הילדים ללא התערבות. למשל, כאשר הילדים בונים, הם ניצבים בפני כמה אתגרים שעליהם לפתור. לדוגמה, סיפרה הגננת נ' שהילדים עיצבו ארמון: "הם תכננו את מבוקשם והניחו את לבני הבנייה על הרצפה. לאחר מכן, הם קישטו את אבני הארמון וניסו לגרום לארמון לעמוד עצמאית. הם הבינו שזה לא מספיק וצריך למצוא פתרון איך להעמיד את הארמון. הם העלו כל מיני השערות וניסו לבדוק אותן ואז למישהו היה רעיון - הוא אמר שאולי ניקח לוח ונניח אותו על לבני הבנייה, וזו תהיה התמיכה למבנה של הארמון. ראיתי איך ילדים מתנסים בפתרון הבעיות והעלאת רעיונות והסברים". בנוסף, הגננות ציינו כי חשיבה הנדסית באה לידי ביטוי לא רק בבנייה. משתפת הגננת ב': "הם לוקחים כל מה שהם רוצים לעשות, ואז מתלבטים: כיצד אנו עושים זאת? אילו משאבים אני צריך? לאן אני הולך?". הילדים מחפשים מידע כדי לבצע את מה שהם רוצים: "ראיתי את היכולת לתכנן במקום אחר בגן, ולא רק במרכז הבנייה, למשל, בחצר שלנו, התיל שחיבר את הדלי לבאר נשבר והוא תוקן על ידם". חשוב לציין, שכל היכולות המתוארות התפתחו באופן טבעי כתוצאה מהעשרת הסביבה בחומרי בנייה, ללא התערבות הגננות.

לסיכום, שאלנו את הגננות באיזו מידה הן חושבות שילדי הגן אוהבים לעסוק בהנדסה. בראיונות המוקדמים, בתחילת המחקר, דיווחו הגננות על שתי גישות: חלקן טענו שרק קבוצה קטנה אוהבת זאת, ובעיקר הבנים. אחרות ענו שרוב

בתצפיות שערכנו בגני ההתערבות על משחקי הבנייה השונים, מצאנו יותר ילדים שבנו בזוגות, ובמרכז הבנייה ראינו יותר בנייה בקבוצות של שלושה עד שישה ילדים. לדוגמה, צפינו בשישה ילדים בונים גשר בגן של הגנת ר', שדיווחה:

כולם היו מאוד עסוקים, מאוד ורבליים והם עבדו בשיתוף פעולה מדהים:
נ': הגשר עומד ליפול, הוא לא יציב!
א': אני יודע מה הבעיה כאן. המסגרת לא מספיק חזקה ... כולכם - צאו!
ד': נקשור את זה כאן ... אבל לא, זה לא מספיק אין לי כוח יותר, אני לא יכול.
נ': תחזיק את המסגרת בצדדים כדי שלא יקרוס.
א' אמר לד': תחזיק מעמד! אני הולך לקשור... כל הכבוד. ד', אתה הולך לקשור את זה שם.
נ' ממשיך: הכל יתמוטט!
א' אמר לנ': לא, אני כבר תיקנתי את זה! אל תדאג! זה לא יקרוס כי אני קושר את זה כאן!

חשוב לציין, שבגני ההתערבות נתקלנו בלא מעט תהליכי בנייה מתמשכים, לאורך זמן, הן במרכז הבנייה והן במשחקי ההרכבה שנמשכו זמן רב יחסית. בגנים שבהם היה אזור בנייה נרחב ופתוח. באזורים אלה במיוחד צפינו בילדים אשר פועלים בשיתוף פעולה.

מתצפית על התנהגות הילדים והקשבה לאמירותיהם, עלו לא מעט עדויות ליכולות חשיבה הנדסית: שמענו ילדים

שמתארים תמונה מנטלית (כלומר, תמונה שנמצאת בראשם) של המבנה שהם רוצים לבנות (המחשה), הם תיארו מילולית כיצד יראה המבנה (חשיבה מערכתית) ומה כרוך בבנייתו (הגדרת בעיה). הם עסקו כל הזמן בפתרון בעיות ובהגדרת הבעיות: "זה רעוע", "זה גבוה מדי". כך, כל הדרך, עד שמצאו פתרונות יצירתיים, כמו הוספת אביזרים ושימוש בכל דבר שנמצא באזור הבנייה. ראינו כי ההערכה והשיפור היו חלק חיוני ומשמעותי בתהליך.

דיון

במחקר ההתערבות זה בדקנו עדויות ליכולות מתפתחות של הרגלי חשיבה הנדסית וויסות עצמי במהלך פעילויות בנייה אותנטיות, כפי שנמדדו לפני ואחרי העשרת סביבת הלמידה בגן באמצעי בנייה מגוונים ובמשחקי הרכבה. כדי לחזק את הממצאים הכמותיים שנאספו מהילדים באמצעות משימות פתרון בעיות בבנייה (שנערכו לפני ואחרי ההתערבות), ערכנו תצפיות על הילדים שמשחקים ופועלים בסביבות הלמידה של הגנים וערכנו ראיונות עם הגנות. נתונים נרחבים אלה, שנאספו באמצעות כלי מחקר שונים, אפשרו לנו להצליב את הנתונים על מנת להשיג הבנה מדויקת, ככל האפשר, של התקדמות ילדי המחקר ביכולות החשיבה הנדסית והוויסות העצמי.



במהלך ההתערבות התבקשו הגנות בגני המחקר לאפשר לילדים חוויה חופשית, ללא התערבות וללא תיווך. הסיבה לכך הייתה, שבמחקרים נמצא כי ילדים מפגינים יצירתיות וחקר רב יותר במהלך משחק עם חפצים ובנייה, כאשר הם מעורבים בתרחישים פתוחים ופועלים עם חומרים מגוונים, בהשוואה למצבים שבהם ניתנו לילדים הוראות פעולה (Bonawitz, Shafto, Gweon, Goodman, Spelke & Schulz, 2011).

השאלה העיקרית שנשאלה במחקר זה היא כיצד העשרת סביבת הלמידה של הגן באמצעי בנייה ובמשחקי הרכבה מגוונים משפיעה על התפתחות הרגלי החשיבה הנדסיים ועל יכולות הוויסות העצמי של ילדים צעירים.

הרגלי החשיבה הנדסית של הילדים במחקר

בשתי קבוצות המחקר נמצא שיפור הביצועים במדד הכולל של הרגלי החשיבה הנדסית, אך השיפור בקבוצת ההתערבות היה גבוה יותר. ניתן להסביר תוצאות אלה בעובדה כי בקבוצת ההתערבות הילדים נחשפו לצידוד בנייה בסביבת המשחק הטבעית שלהם בגן. חוויה זו שיפרה באופן מובהק את מכלול מרכיבי החשיבה הנדסית שלהם: חשיבה מערכתית, התאמה, הגדרת בעיה, פתרון בעיות יצירתי, המחשה ושיפור. מעל הכול, השתפרה היכולת 'לחשוב כמו מהנדס', כמו ש-Lucas ועמיתיו (2014) טוענים.





ממצא זה מחזק את הגישה לפיה על סביבת הלמידה להיות מסוגלת לספק לילדים צעירים הזדמנויות ללמידה פעילה, אשר משפרת את יכולות הוויסות העצמי ואת כישורי החקר שלהם (Tsiakara & Digelidis, 2015). מחקרים מראים כי הדרך המוצלחת ביותר לפתח מטה-קוגניציה וויסות עצמי היא באמצעות משחק דרמטי וסוציו-דרמטי. כאשר הילד יוזם משחק מסוג זה הוא נזקק ליכולות פתרון בעיות ולדמיון, וכך משחק מסוג זה מקדם התמדה ונחישות, המשפיעים על התפתחות הוויסות העצמי.

אחד הדברים שהקפדנו עליהם במחקר הוא הנגשת חפצים גנריים (פתוחים, ללא נושא מוגדר, כמו קרשים, קרטונים ולבני בנייה בסיסיות). זאת, מפני שאנו חושבות שחשוב לעודד ילדים לבנות את העולם שלהם על בסיס דמיונם וכישר יצירתם; לדמיון וליצור מאובייקטים בסביבתם מבנה וחפצים השונים לגמרי מייעודם המקורי. ילדים שמשחקים באופן קבוע עם פריטים גנריים, שאינם מבוססים על נושא, משפרים את הוויסות העצמי שלהם במהלך משחק פעיל, וייתכן שהם נוטים יותר לעסוק במשימות יצירתיות, הכוללות סיתזה וחשיבה מסדר גבוה יותר (Amabile and Pillemer, 2012).

הנבדקת גם בשלב המקדים וכבר הכירו אותה כשהתבקשו שוב לבצע לאחר חודשים מספר. אולם, כאמור, קבוצת ההתערבות השתפרה יותר, באופן מובהק.

כדי לבנות גשר שיעמוד בדרישות, על הילד/ה לדעת כיצד נראה הגשר ביחס לכל חלקיו ושתהיה לו/לה תמונה מנטלית של הגשר. זו ההמחשה שמתלווה ליכולת הגדרת הבעיה. היכולת להפוך עולם דמיוני למבנה אמיתי, מעבר לתיאור חזותי, היא צעד משמעותי בהתפתחות החשיבה ההנדסית (Brophy & Evangelou, 2007). על כן, גם ביכולת זו השתפרו יותר ילדי קבוצת ההתערבות.

יכולות הוויסות העצמי של הילדים

תוכנית ההתערבות שיפרה במידה משמעותית את המדד הכולל של ויסות עצמי בקבוצת ההתערבות בלבד, גם במשימת ההעברה, בעוד שהביצועים של קבוצת ההשוואה ירדו.

ניתן להסביר זאת בכך שהסביבה הלימודית העשירה, אשר הציעה מגוון אפשרויות בנייה, סיפקה הזדמנויות לחוויות הנדסיות. תכונות אלה של סביבת הלמידה משפרות את מנגנוני הוויסות העצמי, שכן הילדים פועלים באופן עצמאי בסביבה ממוקדת.



ממצאי מחקר זה תואמים למחקרים נוספים, המראים כי משחק בגופי בנייה תורם להטמעת תהליך התכנון ההנדסי, וכי היבטים רבים של הנדסה נצפים בפעילות הנדסית של ילדים קטנים עם גופי בנייה (Bairaktarova, Evangelou, 2011). מחקרים נוספים (Bagiati, & Brophy, 2011) מראים כי בנייה נחשב כתומך בהתפתחות ההבנה של ילדים צעירים כיצד פועל העולם וכיצד ילדים יכולים להשתמש בהבנתם כדי לתכנן ולבנות (van Meeteren, 2018). מחקרים נוספים (Bagiati & Evangelou, 2016) מראים כי בנייה ומשחק ב-LEGO מפתח מגוון יכולות אצל הילדים: פתרון בעיות וחשיבה יצירתית, יצירת רעיונות עיצוביים, שכפול דפוסים ובדיקת רעיונות. בנוסף, ההתנסות מאפשרת לילדים ליצור מודלים, להעמיק את ההבנה ההנדסית שלהם ולבנות קשרים בין אירועים לחפצים.

ביחס לשני מדדי ההרגלים ההנדסיים - הגדרת בעיות והמחשה - התוצאות הראו כי ציוני הילדים (בקבוצת ההתערבות) עלו במידה משמעותית במשימת ההעברה. ניתן להסביר זאת בכך שהגדרת בעיה עומדת בבסיס תהליך החשיבה ההנדסית, והיא כוללת ברור צרכים, בדיקת פתרונות קיימים, בדיקת ההקשרים ואימות, תוך התייחסות לדרישות המשימה. ילדי קבוצת ההתערבות נחשפו למגוון רחב ותכופ של התמודדות עם בעיות במהלך משחקם, ועל כן נראה כי יכולת זו השתפרה במיוחד, כמו גם יכולת ההמחשה.

את העובדה כי כל ילדי המחקר השתפרו, גם ילדי קבוצת ההשוואה, ניתן להסביר בכך שכולם חוו את משימת הבנייה

תוצר הבנייה של הילדים

תוצאות המחקר הנוכחי מראות כי תוכנית ההתערבות שיפורה במידה משמעותית את כל מדדי הבנייה: אורך, גובה, יציבות, מורכבות ויצירתיות. ילדי קבוצת ההתערבות שיפרו באופן מובהק, בהשוואה לקבוצת ההשוואה, את יכולתם בבניית הגשר על פי דרישות המשימה, הן במדידות בסוף ההתערבות והן במשימת ההעברה.

כפי שתוצאות המחקר הראו, תוכנית ההתערבות שיפורה במידה משמעותית את הממד הכולל של הרגלי חשיבה הנדסית ואת הממד הכולל של יכולות הוויסות העצמי בקרב ילדי קבוצת ההתערבות. שיפור ביכולות החשיבה ההנדסית והוויסות העצמי תרם מאוד גם לאיכות התוצר.



טיפים לארגון סביבה המקדמת חשיבה הנדסית-טכנולוגית (מאת גננות המחקר)

- ☐ לארגן שטח גדול ומרווח לבנייה ולתת מספיק זמן לבנייה מתמשכת.
- ☐ לאפשר כר נרחב לפעילות חופשית בכל מרחבי הגן. נדרשת גמישות מחשבתית של הגננות.
- ☐ להכניס לגן אמצעי בנייה מגוונים: גופי בנייה בגדלים שונים, מסגרות עץ, קרשים באורכים שונים, משטחי עץ וכדומה. חשוב שאמצעי הבנייה יהיו גנריים (פתוחים, ללא נושא מוגדר).
- ☐ לגוון בעזרים לבנייה: חיות, מכונות, גלילים, בדים, חוטים לקשירה, כלי כתיבה, כלי מדידה, מצלמה, ספרי אדריכלות, תמונות של מבנים מעניינים, משטחי בנייה שונים ועוד.
- ☐ לדאוג שיהיו בגן משחקי הרכבה מגוונים: לגו, האדריכל הצעיר, ארכיטקטו, קשקשים, משחקי בניית דגמים וכדומה.
- ☐ לצלם תוצרי בנייה, להדפיס את התצלומים ולהציגם באופן נגיש, כך שיהיו מודלים והשראה לילדים האחרים.
- ☐ לסייע לילדים לפתח הרגלי חשיבה הנדסיים; לתת להם להתמודד עם הגדרת בעיות ופתרון באופן עצמאי!
- ☐ לתווך מרחוק: לאפשר לילדים לפעול באופן עצמאי, לגוון את אמצעי הבנייה ולזמן אתגרים הנדסיים בהקשר לסיטואציות שעולות בגן.



במהלך תקופת המחקר ואחריה, קיבלנו תגובות חיוביות מאוד מגננות בקבוצת ההתערבות בנוגע לרמת המעורבות הגבוהה של הילדים בתהליכי הבנייה בגן. הבנייה הפכה לחלק משמעותי בשגרת הגן. הגננות החלו לזהות את מרכיבי החשיבה ההנדסית, ושלחו לנו דוגמאות של מוצרי בנייה שהציגו ביטויי חשיבה הנדסית בכל תחומי הפעילות בגן, ולא רק במרכז הבנייה. בתום תקופת ההתערבות, הגננות נתנו רעיונות ועצות כיצד לדעתן יש לארגן סביבת למידה המקדמת חשיבה הנדסית, ונראה כי הן מבטאות כעת מעורבות מעמיקה וידע בנושא ההנדסה.

דרישות המחקר היו כאלה שביקשו מהגננות 'לקחת צעד אחורה' ולהיות פחות פעילות; לא ליזום ולא לתווך לילדים את הסביבה וחפציה ולתת להם לפעול בצורה עצמאית. הילדים פעלו על פי מה שזימנה להם הסביבה, והסביבה אורגנה כמרחב גדול גדוש ומגוון של אמצעי בנייה ואביזרים, אשר מאותת לילד לבוא ולפעול שם בצורה עצמאית. התהליך שעברו הילדים בגן גרם לגננות לחשוב מחדש על תפקידן בארגון החלל החינוכי.

התבוננות בילדים משחקים היא דרך טובה להבין את רגשותיהם, דעותיהם ורמתם ההתפתחותית. הורים, גננות וחוקרים יכולים להשיג הבנה מלאה יותר של ילדים על ידי התבוננות בבחירות שהם עושים במרכזי למידה ביחס לחומרים שהם משתמשים בהם למשחק והתפקידים שהם מקבלים במשחק (Acer, Gözen, Firat, Kefeli & Aslan, 2016). ואכן, תוך כדי צפייה בילדים המשחקים והפועלים בסביבה ההנדסית שארגנו למחקר זה, ראינו עדויות שמחזקות את הממצאים הכמותיים, המעידים על יכולות חשיבה הנדסית של ילדים בזמן בנייה ועל איכות תוצרים גבוהה.

צפינו בלא מעט תהליכי בנייה שנמשכו זמן רב יחסית, הן במרכז הבנייה והן במשחקי ההרכבה. ראינו גם את השפעת הזמן על התוצאות האיכותניות. ראינו את תהליכי הבנייה הממושכים במיוחד בגנים שבהם היה שטח בנייה נרחב ופתוח (במרכז הגן), ושם גם נצפה שיתוף פעולה בין ילדים.

לסיכום, אם אנו מאפשרים לילדים לתפקד באופן עצמאי בסביבה חינוכית עשירה ומבוססת, המעודדת חקר, פעילויות בנייה עם חומרים מגוונים, פתוחים וללא נושא מוגדר המאפשרים פתיחות חשיבתית והשראה, אנו עשויים לצפות שהם יתפתחו להיות 'מהנדסים צעירים', העוסקים בחשיבה הנדסית ובעלי יכולות של ויסות עצמי בלמידה.

עבודה עם ילדים צעירים בגילאי 5-6 שנים מחייבת התאמה של כלי המחקר, כדי לבחון את יכולותיהם. בשל מגבלות הגיל של אוכלוסיית המחקר, הממצאים מבוססים בעיקר על הפקת משמעות מהתבוננות בתגובותיהם של הילדים ומדבריהם. שיטת התצפית האנליטית מאפשרת התבוננות וניתוח מפורט של התגובות המילוליות והלא מילוליות של ילדים קטנים בהקשר של משימת ההנדסה. למרות היתרונות של שיטת התצפית האנליטית, יש לה גם מגבלות, בהתחשב בכך שניתן לקודד רק התנהגויות נצפות. לכן, ייתכן שחלק מהפרשנות שלנו לא מתאימה למחשבות שעברו בראשו של הילד הנצפה. במחקר המשך מומלץ להקדיש זמן רב יותר לילדים בתום המשימה, כדי לאפשר להם להביע את התרשמותם ממנה, הן בהתמודדות עם האתגרים ההנדסיים והן בהתמודדות עם האתגרים הרגשיים שעמדו בפניהם.

תודות

תודה מיוחדת לגננות המחקר, על שיתוף הפעולה המלא, החל מסיוע בגיוס הורי הגן לאישור השתתפות ילדיהם במחקר, דרך שילוב הליך המחקר בתוך סדר היום העמוס ועד השיתוף הכן בתובנות. לגננות בגני ההתערבות, תודה על ההסכמה לשינוי בארגון ועיצוב הסביבה החינוכית והאיפוק שנדרשתן לו, שאפשר מהלך מחקר תקין. ותודה מיוחדת לכל צוותי הגנים על החיוך והרוח הטובה שבהם התקבלנו בכל יום שבו הגענו לגן במהלך המחקר. מעריכות ומוקירות.



- Acer, D., Gözen, G., Firat, Z. S., Kefeli, H., & Aslan, B. (2016). Effects of a redesigned classroom on play behaviour among preschool children. *Early Child Development and Care*, 186(12), 1907–1925.
- Bagiati, A., & Evangelou, D. (2016). Practicing engineering while building with blocks: Identifying engineering thinking. *European Early Childhood Education Research Journal*, 24(1), 67–85.
- Bairaktarova, D., Evangelou, D., Bagiati, A., & Brophy, S. (2011). Engineering in young children's exploratory play with tangible materials. *Children, Youth and Environments*, 21 (2): 212–235.
- Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y., & Barrett, L. (2015). The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. *Building and Environment*, 89, 118–133.
- Berris, R & Miller, E. (2011). How design of the physical environment impacts early learning: Educators and parents perspectives. *Australasian Journal of Early Childhood*, 36(4) 102–110.
- Bonawitz, E., Shafto, P., Gweon, H., Goodman, N. D., Spelke, E., & Schulz, L. (2011). The double-edged sword of pedagogy: Instruction limits spontaneous exploration and discovery. *Cognition*, 120(3), 322–330.
- Brophy, S. P., & Evangelou D. (2007). Precursors to engineering thinking (PET). *Proceedings of the Annual Conference of the American Society of Engineering Education*. Washington, DC: ASEE.
- Dunn, L. M., Dunn, L., & Dunn, L. (2007). *Peabody picture vocabulary test*. Bloomington, MN : NCS Pearson.
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In L. B. Resnick (Ed.), *The nature of intelligence* (pp. 231–235). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Hansel, R. R. (2015). Bringing blocks back to the kindergarten classroom. *Young Children*, 70(1), 44–51.
- Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (2009). *Engineering in the K-12 education. Understanding the states and improving the prospects* (Vol. 16). Washington, DC: National Academies Press.
- Koul, R. B., Fraser, B. J., Maynard, N., & Tade, M. (2018). Evaluation of engineering and technology activities in primary schools in terms of learning environment, attitudes and understanding. *Learning Environments Research*, 21(2), 285–300.
- Larkin, S. (2010). *Metacognition in Young Children*. London: Routledge.
- Lippard, C. N., Lamm, M. H. & Riley, K. L. (2017). Engineering thinking in prekindergarten children: A systematic literature review. *Journal of Engineering Education*, 106(3), 454–474.
- Lucas, B., Claxton, G., & Hanson, J. (2014). *Thinking Like an Engineer: Implications for the education system*. Royal Academy of Engineers Standing Committee for Education and Training. Royal Academy of Engineers.
- Ness, D., & Farenga, S. J. (2016). Blocks, bricks, and planks: relationships between affordance and visuo-spatial constructive play objects. *American Journal of Play*, 8(2), 201–227.
- OECD. (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. OECD Education 2030.
- Özsoy, G., Memiş, A., & Temur, T. (2017). Metacognition, study habits and attitudes. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 2(1), 154–166.
- Raven, J. C. (1956). *Coloured Progressive Matrices (CPM)*. San Antonio, Texas: Pearson Education, Inc.
- Schraw, G., Crippen, K. J., & Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education*, 36(1-2), 111–139.
- Spektor-Levy, O., Babilio, M., Zachariou, A., & Whitebread, D. (2017). Young children's spontaneous manifestation of self-regulation and metacognition during constructional play tasks. *Teachers College Record*, 119(13), 1–28.
- Strasser, J., Koeppel, L.M. (2010). Block building and make believe for every child. *Teaching Young Children* 3 (3), 14–15.
- Taylor, A. (2009). *Linking architecture and education: Sustainable design of learning environments*. Albuquerque, NM: The University of New Mexico Press.
- Tepylo, D. H., Moss, J., & Stephenson, C. (2015). A developmental look at a rigorous block play program. *Young Children*, 70(1), 18.25.
- Tsiakara, A., & Digelidis, N. (2015). Learning environment and type of goals: How it affects preschool children's performance and their perceptions of their performance? *Early Child Development and Care*, 185(3), 464–474.
- Van Meeteren B.D. (2018) The Importance of Developing Engineering Habits of Mind in Early Engineering Education. In: English L., Moore T. (eds) *Early Engineering Learning. Early Mathematics Learning and Development*. Springer, Singapore.
- Van Meeteren, B., & Zan, B. (2010). Revealing the work of young engineers in early childhood education. *Early Childhood Research and Practices*, 12(2).
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- World Economic Forum. (2017). *Realizing human potential in the fourth industrial revolution: An agenda for leaders to shape the future of education, gender and work*. Geneva: World Economic Forum.
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. In P. Pintrich, M. Boekaerts, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of Self-Regulation*. Orlando, FL: Academic Press.