

מבני ציבור כמרכזי חוסן משולש: ביטחוני, אקלימי ואנרגטי

מרץ 2026

מבני ציבור כמרכזי חוסן משולש - בטחוני, אקלימי, ואנרגטי

- הצעה לדין -

כתיבה:

יערה בן נחום, ורד זיסו כהן ומאירה הנסון, מרכז השל לקיימות.

אדר' אביבה פרידמן, סטודיו זרתא.

מרכז השל מפתח ומיישם את חזון הקיימות: חברה צודקת ומלוכדת, כלכלה חסונה ודמוקרטית, וסביבה יצרנית ובריאה לכל תושביה. המרכז מחבר בין ידע רעיוני לידע מעשי, מפיץ את סיפור הקיימות בדרכים יצירתיות, ומסייע לסוכני שינוי מכל המגזרים לקדם תהליכי שינוי משמעותיים בישראל.

פרויקט NZO (שמשמעותו Net Zero Emissions) הוקם במרכז השל בשנת 2019 במטרה להאיץ את המעבר של מדינת ישראל למשק מבוסס אנרגיה מתחדשת. הצוות כולל מומחים מתנדבים מתחומים שונים המסייעים בפיתוח מודלים, כלים והמלצות למעבר מהיר לאנרגיות מתחדשות, תוך שמירה על ביטחון אנרגטי ובהתבסס על הנחות שמרניות. במקביל לכך, חברי הצוות מבצעים עבודת שטח לזיהוי חסמים במעבר לאנרגיה מתחדשת. הפרויקט משרטט מפת דרכים למעבר משק האנרגיה הישראלי לאנרגיה מתחדשת, בעזרת שורת מחקרים, ניירות עמדה ועבודות שטח יישומיות.

סטודיו זרתא בע"מ הינה חברה לאדריכלות ולעיצוב המתמחה ביצירה איכותית ומקורית בפריפריה הישראלית. בסטודיו שממוקם בקריית מלאכי, משתפים פעולה צוות של אדריכלים ומעצבים העוסקים ביוזמה, מחקר ופיתוח של רעיונות ופרויקטים. הסטודיו מתמחה בתכנון שכונות מגורים, תוכניות בינוי ובנייה מוסדית. בין היתר הסטודיו פיתח מומחיות במבנה ציבור ממוגנים מתוך צרכי המקום והזמן.

להארות וליצירת קשר:

יערה בן נחום, energy@heschel.org.il

למחקרים ופרסומים נוספים, בקרו באתר: <https://heschel.org.il/nzo>

תודתנו לאנשים הרבים והטובים שתרמו לכתיבת עבודה זו, ובהם ד"ר חלי הירש וצוות עמותת סיכוי-אופוק, אדר' ד"ר נעם אוסטרליץ, ד"ר ג'ניה גוטמן, אדר' ד"ר בעז קידר, טל כהן, וכן לשותפינו ברשויות המקומיות, ששוב ושוב מוצאים את עצמם בחזית האמיתית.

תודתנו גם לקרנות JCT ופ.א.י, שתמיכתן הנדיבה איפשרה את כתיבת העבודה.

עיצוב שער: רות שניר. צילום: סטודיו זרתא

תקציר

מבני ציבור, ומוסדות חינוך בפרט, משמשים בשגרה תשתית מרכזית לחיי קהילה, אך במציאות הישראלית הם נדרשים יותר ויותר לספק מענה גם במצבי חירום מגוונים. בעשורים האחרונים מתחדדת ההבנה כי האוכלוסייה אינה מתמודדת עם איום יחיד, אלא עם מכלול סיכונים מצטלבים: איומים ביטחוניים מתמשכים, אירועי אקלים קיצוניים ותלות גוברת ברציפות אספקת החשמל. למרות זאת, המענה התכנוני והרגולטורי הקיים נותר ברובו מפוצל, כאשר כל אחד מממדי החוסן מטופל בנפרד, ואינו מספק מענה מספק למצבי קיצון מורכבים או לצרכים מרובים של האוכלוסייה.

פער זה בולט במיוחד ברשויות ובקהילות מוחלשות, שבהן יש מחסור במיגון ביתי, תנאי מחיה מותאמי אקלים או יכולת להבטיח רציפות תפקודית בעת הפסקות חשמל. במצבים אלו, מבני ציבור הם לעיתים המענה היחיד הזמין, אך תכנונם הנוכחי אינו מותאם לתפקיד רחב זה. יתרה מכך, שילוב בין דרישות מיגון, עקרונות בנייה מותאמת אקלים ופתרונות לאספקת אנרגיה רציפה, יוצר מתחים תכנוניים ורגולטוריים, המגבילים את היכולת לייצר פתרונות אינטגרטיביים.

נדרש מעבר מתפיסה תכנונית המתמקדת בעמידה בדרישות נקודתיות, לתכנון מוטה-חוסן: גישה מערכתית הרואה במבנה הציבורי תשתית רבת-תכליתית, המסוגלת לתמוך בקהילה בשגרה ובחירום כאחד. במסגרת זו מוצעת תפיסת "חוסן משולש", המשלבת חוסן ביטחוני, אקלימי ואנרגטי, לצד אימוץ גישה "מועילות מרובה", הבוחנת את תרומת המבנה לאורך זמן לרווחת המשתמשים, לבריאותם וליכולת ההתמודדות של הקהילה עם משברים. מבנה המתוכנן בגישה זו פועל היטב ביום-יום, ובו בזמן מסוגל לשמש בעת הצורך כמקלט ממוגן, כמפלט אקלימי וכמוקד פעילות בעל רציפות תפקודית גם בתרחישי חירום מורכבים.

לצד המסגרת המושגית, מוצגים כיווני פעולה תכנוניים ואדריכליים המנסים להתמודד עם המתח בין הדרישות, בהיבטי מיגון, מעטפת, אוורור, תכנון מרחבים מוגנים ושילוב מערכות אנרגיה מקומיות, וכן דוגמאות מהשטח המדגימות יישום חלקי של עקרונות אלו. עם זאת, מובהר כי הפתרונות הקיימים עדיין אינם מספקים מענה מלא, וכי נדרש שינוי מערכתי רחב יותר.

בהתאם לכך, מוצעות המלצות לפעולה הכוללות: עיגון תפיסת החוסן המשולש במדיניות ובתכנון, עדכון והלימה בין רגולציות ותקנים קיימים, פיתוח כלים והנחיות תכנוניות ייעודיות, הקמת מנגנוני תיאום בין-משרדיים, והקצאת משאבים ותמריצים שיאפשרו יישום בפועל, בדגש על צמצום פערים בין רשויות.

מסמך זה מהווה הצעה לדיון, ומיועד בראש ובראשונה לקובעי מדיניות בממשלה, לגורמי תכנון ורגולציה ולרשויות המקומיות, ומשמש בסיס להנעת שיח מקצועי ולגיבוש צעדים אופרטיביים שיאפשרו תכנון והקמה של מבני ציבור כמוקדי חוסן קהילתיים מותאמים למציאות של ריבוי משברים.

תוכן הענינים

5	1. מבוא – מדוע עכשיו?
6	2. ממדים של חוסן
6	2.1.1 חוסן בטחוני
6	2.1.2 חוסן אקלימי
7	2.1.3 חוסן אנרגטי
8	2.2 חוסן משולש
8	2.3 מיעילות חד-ממדית, למועילות מרובה
9	3. דרישות שונות למטרות שונות
9	3.1 שלוש מערכות דרישות, שלושה גורמים שונים
10	3.2 הקונפליקטים המרכזיים
11	3.2.1 דרישות המיגון ממבני ציבור
13	3.2.2 בניה ירוקה ומותאמת אקלים
14	3.2.3 בין בניה ירוקה לחוסן אקלימי ואנרגטי
15	3.3 דרישות מתנגשות: מיגון מול בניה ירוקה
16	3.3.1 העמדת המבנה
16	3.3.2 מעטפת המבנה
16	3.3.3 חלונות
17	3.3.4 כניסות ודלתות
17	3.3.5 אוורור ואיכות אוויר
17	3.3.6 חומרי הבניה
18	3.3.7 מיקום מרחבים מוגנים מוסדיים (מ"מ)
19	3.3.8 בין הגנה פיזית לחוסן נפשי
19	4. יצירת רווחה מנטלית תחת חוסן בטחוני: פתרונות מהשטח
19	4.1 היררכית המיגון
22	4.2 המבואה כמרחב מעבר
24	4.3 פתיחות פנימה
25	4.4 עידון השפה האדריכלית החיצונית הממוגנת
27	4.5 חשיבה על המ"מ
29	4.6 פיתוח חוץ, ומיגון המשרת את המרחב הציבורי
30	4.7 עקרונות מארגנים לשילוב דרישות מיגון בבנינים מועלים
31	5. מבני חוסן משולש - אתגרים וצעדים לישום ברשויות
31	5.1 צורך בהתאמת בינוי קיים
32	5.2 צמצום פערי חוסן בין רשויות
33	5.3 השלמת פערי עלויות
34	6. סיכום: פעם אחת, לבנות נכון - בפעם אחת
35	6.1 המלצות לפעולה
36	6.2 צעדים להמשך
37	נספח א': השוואת דרישות מיגון למוסדות חינוך
38	נספח ב' - מושגים מתחום המיגון

1. מבוא – מדוע עכשיו?

השנים האחרונות אילצו את האוכלוסייה בישראל להתמודד שוב ושוב עם מצבי חירום מסוגים שונים. האיומים הבטחוניים החוזרים ונשנים חייבו מציאת מחסה ממוגן לזמני שהייה ממושכים; גלי החום והקור הקשו על אוכלוסיות פגיעות, והתלות הגוברת בחשמל לכל פעולה כמעט, העלתה חשש ממשי מתרחיש עלטה מתמשך. איומים אלו אינם נפרדים, ולכן ישראל נדרשת לעבור מחשיבה על איום יחיד לחשיבה על התמודדות עם תרחישים מצטלבים.

עבור חלקים נכבדים מהאוכלוסייה, המענה להתמודדות עם מצבי חירום הוא במבני הציבור הנמצאים בקרבתם המיידית. זאת, כיוון שבתי המגורים אינם נותנים מענה לכך - אם בגלל העדר מיגון¹; בגלל בניה שאינה מותאמת אקלים ו/או חוסר יכולת לשלם את חשבון החשמל עבור איקלום הדירה, או העדר פתרון לאספקת חשמל מקומית. הצרכים הגוברים מביאים לכך שמבני הציבור נדרשים להרחיב את יעודם, ולהוות תשתית קהילתית איתנה לא רק בשגרה, אלא גם בעת אירוע ביטחוני, גל חום קיצוני או הפסקת חשמל ממושכת. מבני הציבור נדרשים לכן להיות בעלי יכולת לשמש מרכזי חוסן משולש: בטחוני, אקלימי ואנרגטי.

הצורך במבני חוסן משולש הינו אקוטי במיוחד ברשויות ובקהילות במעמד סוציו-אקונומי נמוך וברשויות חברה ערבית, בהן לרבים מהתושבים אין מענה הולם לאחד או יותר מהצרכים ברמה הביתית. מבנים כאלו יסייעו בראש ובראשונה לתושבים ברשויות אלו, אולם כפי שהודגם בסבבי הלחימה מול איראן בשנים 2025 ו-2026, הצורך קיים גם בערים גדולות ומבוססות².

העבודה שלהלן מצביעה על הצורך במענה רב-מערכתי לצרכי החוסן הפיזיים השונים המתעוררים בחירום, לטובת הקהילות ותושביהן, ומציעה גישה תכנונית התומכת בכך. היא נועדה לעורר דיון ולהתניע שיח שיביא לגיבוש הנחיות מתאימות ולשינוי המצב הקיים בשטח. העבודה מיועדת בראש ובראשונה לקובעי המדיניות בשלטון המרכזי, וברשויות המקומיות.

יודגש כי עבודה זו עוסקת בהבטים הפיזיים של מתן חוסן. היא אינה עוסקת בכל הבטי החוסן שליבתם היא בתחומי החברה והרווחה, ואף לא בכל ההבטים הפיזיים של חוסן, הכוללים נושאים כגון תפעול המבנה, ציוד, הכשרת צוותים, תקשורת עם הציבור, היערכות קהילתית, ניהול בחירום ועוד. תחת זאת, היא מתמקדת בתכנון מבני ציבור – ובעיקר מוסדות חינוך – כך שיוכלו לתמוך בחוסן משולש.

העבודה מתחילה בתיאור הממדים השונים של חוסן בהקשרים תכנוניים, והגישות התכנוניות שנועדו לספק אותם. בהמשך, מודגשים הקונפליקטים המתעוררים בניסיון ליישם את הגישות השונות במבנה אחד, ומובאות דוגמאות מהשטח שניסו לגשר על חלק מהפערים. לבסוף, מובאות המלצות לפעולה וצעדים להמשך.

¹ “מיגון אוכלוסייה בישראל – מבט כללי”, הכנסת - מרכז המידע והמחקר, מרץ 2026
² וראו פניה בנושא של התאחדות האדריכלים ובוני הערים בישראל אל משרדי הממשלה, ממרץ 2026, [בקישור](#).

2. ממדים של חוסן

האוכלוסיה האזרחית בישראל חשופה לאירועי קיצון שונים. מטבע הדברים מצבי חירום ביטחוניים מקבלים את מרב תשומת הלב, אך בשנים האחרונות עולה המודעות לצורך להעריך למצבי קיצון אקלימיים, למצבי חירום אנרגטיים וגם לסיכונים אחרים כגון רעידות אדמה³ ומתקפות סייבר.

2.1.1. חוסן בטחוני

החשיפה לאיומים ביטחוניים אינה תרחיש תיאורטי אלא מציאות מתמשכת שחווה האוכלוסייה בקו העימות לאורך שנים ארוכות, וכך גם כלל האוכלוסיה בישראל במהלך סבבי לחימה מול איראן והחזבאללה. המענה לאוכלוסיה ניתן בדמות דרישות מיגון בניינים, שנקבעו על ידי המדינה כבר משנת 1951, אז נקבע כי בכל בנין יהיה מקלט שישמש את דייריו. החל משנת 1992 נדרש כל בית חדש בישראל במרחב ממוגן. תקני פיקוד העורף (פקע"ר) מגדירים ביתר פירוט את רמת ההגנה לפי אזור בארץ ורמת האיום המוערכת (ממ"דים, ממ"קים ומרחבים מוגנים). ועדיין, נכון לשנת 2026, חלקים נרחבים מהאוכלוסיה בישראל נעדרים אמצעי מיגון נאותים ברמה הביתית. כך, בצד מבנים חדשים העומדים בתקנים, קיים מלאי גדול של מבני מגורים ישנים - בפרט בישובי החברה הערבית ובשכונות ותיקות בערים - שבהם כלל לא קיים מרחב מוגן ברמה הביתית. לאזרחים אלה, אירוע ביטחוני פירושו ריצה למקלט ציבורי, אם קיים וזמין, או שהייה בחדר פנימי או מתקן אחר שאינו מעניק הגנה ממשית. מעבר לכך, אוכלוסיות שלמות, ובהן קשישים, אנשים עם מוגבלויות, הורים עם ילדים קטנים ועוד, מתקשות לעיתים להגיע בזמן גם למקלט שנמצא מרחק קצר מהבית, ולכן נזקקות לפתרונות שיאפשרו שהות ממושכת יותר במצבים של איום בטחוני מתמשך. המלחמה הממושכת שלאחר אוקטובר 2023 הצביעה על צרכים נוספים עליהם נדרשים מבני ציבור ממוגנים לענות על מנת לאפשר שהות ממושכת של אוכלוסיה, כולל למשל תוספת שירותים לאנשים עם מוגבלות ומקלחות לחירום.

2.1.2. חוסן אקלימי

שינויי האקלים מביאים לעלייה בתדירות של אירועי קיצון אקלימיים. ישראל נמצאת באחד מהאזורים הרגישים ביותר בעולם לשינויי אקלים. קצב ההתחממות הצפוי באזורנו גבוה מהמוצע העולמי, ותרחישי הייחוס שגיבשו גופי החירום הלאומיים כוללים גלי עומס חום ממושכים, אירועי גשם קיצוניים וסופות אבק - תרחישים שהופכים מנדירים לשכיחים⁴. כל אלו יוצרים צורך של הרשויות להיערך ולייצר מענים לחוסן אקלימי בקרב האוכלוסייה.

חוסן אקלימי הוא תכונה של מערכת עירונית וקהילתית. הוא מתהווה מתוך שילוב בין תשתיות פיזיות, יכולות חברתיות וקהילתיות, ומנגנוני מדיניות והסדרה המאפשרים התמודדות עם חום כבד, הצפות ואירועי קיצון אחרים. לצד אלה, חוסן אקלימי מחייב התייחסות לפערים מרחביים ולמאפייני אוכלוסיות - כגון ריכוז של אוכלוסיות פגיעות, היעדר סביבה ירוקה מספקת או מחסור במבני ציבור ותשתיות נוספות בשכונות וביישובים מסוימים⁵. במקרים בהם קיים שילוב של אוכלוסיה בחתך סוציו-אקונומי

³ ראו למשל את העבודה "מנגנונים וכלים למעורבות בעלי עניין ברשויות מקומיות בהיערכות, מענה ושיקום אחרי רעידות אדמה, מקרה מחקר: מרכזי חוסן אנרגטי" של מרכז מינרווה באוני' חיפה.

⁴ "ניתוח שינויי אקלים בישראל: מהאימות לתחזיות ברזולוציה מרחבית גבוהה - תוצאות ראשוניות - דו"ח ביניים", השירות המטאורולוגי, 2025

⁵ ראו למשל: ג'בארין, י', איזנברג, א', אבו-אלעסל, ד', ונדלר ריאלפה, ש' (2025). חוסן עירוני וצדק חברתי: קבוצות חברתיות ואתניות בעיר מעורבת - המקרה של חיפה. האוניברסיטה הפתוחה, המכון למחקרי סביבה וקיימות, מחקר מס' 3/25.

נמוך, ורשות מקומית הסובלת ממחסור במשאבים - החוסן האקלימי יהיה נמוך במיוחד. עבור ישובי הפריפריה החברתית והגיאוגרפית, שבהם תשתיות הרווחה דלות ממילא, ההשפעה של אירועי קיצון אקלימיים על האוכלוסייה חמורה במיוחד, ומגדילה עוד יותר את הפערים בין הרשויות.

מבני ציבור מהווים רכיב משמעותי במענה הפיזי לחוסן אקלימי. בזכות נגישותם, היכרות התושבים עמם והתפקיד הקהילתי שהם ממלאים ביום-יום, מבני ציבור יכולים למלא שתי פונקציות משלימות בהיערכות אקלימית: בשגרה הם יכולים לשמש כמפלט חום – מרחב קריר, בטוח ונגיש לשהייה ממושכת עבור מי שאינם יכולים לקרר את ביתם או הזקוקים למקום ציבורי ללא עלות, ובמצבי קיצון – גלי חום ממושכים, הצפות או שריפות המחייבים פינוי זמני – אותו מבנה יכול לפעול כמרכז חוסן אקלימי לכלל הקהילה.⁶ במקרה של בתי ספר מתווסף לכך גם ממד חינוכי, המאפשר למידה מעשית ומבוססת-מקום בתחומי קיימות ושינוי אקלים.⁷

2.1.3 חוסן אנרגטי

אתגר שלישי הניצב בפני רשויות ומשקי בית הינו אספקת החשמל. ההסתמכות הגוברת והולכת על חשמל בכל הבט של חיינו מציבה את המשך הספקתו כמרכיב קריטי לחוסן. פגיעה באספקת החשמל המקומית עלולה להגרם כתוצאה מתקלה באמצעי היצור ברמה הארצית (כגון תחנות הכוח הגדולות), פגיעה ברשת הולכת החשמל (קוי מתח גבוה, תחנות מיתוג והשנאה וכיו"ב), ועד לתקלות ברשת החלוקה המקומית בתוך הישובים. בשנים האחרונות, קהילות שונות חוו הפסקות חשמל מתמשכות עקב מלחמה (למשל כפי שקרה בישובים רבים בעוטף עזה בשביעי לאוקטובר 2023), או כתוצאה ממפגע סביבתי משמעותי שיצר שיבושים בתשתית החשמל הארצית (למשל עקב עומס חום קיצוני, כפי שקרה באוגוסט 2025), ועוד. על מנת להעריך למצב של נפילת רשת החשמל הארצית, רשויות מקומיות מחוייבות כיום להצטייד בגנרטורים ובמלאי דלק לגיבוי מסויים של אספקת החשמל.⁸ פתרון זה מצריך החזקה של מלאי דלקים פוסיליים, והפעלתו לאורך זמן יוצרת זיהום אויר משמעותי בסביבת הגנרטור. נוסף על כך, אספקת האנרגיה מהגנרטורים מוגבלת למלאי הדלק הקיים וליכולת חידוש, ותחזוקת הגנרטורים הינה יקרה.

כיום, התפתחות הטכנולוגיה מאפשרת לשמור על רציפות אנרגטית ברמת בית המגורים או מבנה הציבור, באמצעות ייצור אנרגיה מקומי ע"י מערכות סולאריות, אגירת החשמל בסוללות, וסינכרון היצור והביקוש באמצעות מערכת ניהול אנרגיה.⁹ בעיתות חירום, פתרון זה מוריד את התלות במלאי דלקים פוסילים הדורש חידוש מתמיד, ובכך מעלה את החוסן אנרגטי. בזמני שגרה, מערכת יצור סולארי בתוספת אגירה מייצרת הכנסה שוטפת, ובכל מעלה את החוסן הכלכלי של משק הבית או של הרשות.

⁶ לסקירת מקרי בחן לשימוש במרכזים קהילתיים כדרך התמודדות עם אירועי אקלים וטבע קיצוניים, ראו נספח 2 במסמך "מוכנים לחירום: אגירה במתקני קליטה", משרד האנרגיה והתשתיות, פברואר 2025

⁷ "זורעים חוסן – בתי ספר כמרכזי חוסן קהילתי ואקלימי", הרשת הירוקה, 2024

⁸ "אוגדן לממונה חירום וביטחון ברשות המקומית", משרד הפנים, אגף חירום וביטחון, מאי 2023

⁹ "חוסן באנרגיה במרכזי קליטה לשעת חירום", משרד האנרגיה והתשתיות, ינואר 2022

2.2. חוסן משולש

שלושת ממדי החוסן שתוארו – ביטחוני, אקלימי ואנרגטי – אינם ממצים את מלוא מרחב האיומים הרלוונטי לאוכלוסיה בישראל, אך הם המרכזיים שבהם, ומענה על שלושתם מכסה במידה לא מבוטלת גם אירועים אחרים, כגון רעידות אדמה או תקיפות סייבר על תשתיות כגון מתקני התפלה.

מבני ציבור נדרשים כבר כיום לתת מענה ברמה כזו או אחרת לחוסן בטחוני, וחלקם אף משלבים הבטים נוספים. לדוגמא, עבודות קודמות בחנו את הפוטנציאל של מבני ציבור בכלל, ובתי ספר בפרט, לשמש כמרכזי חוסן אקלימיים¹⁰, ויש רשויות הפועלות לישם עקרונות אלו. עבודות אחרות הציעו דרכים ליצר חוסן אנרגטי מקומי, מבוסס אנרגיות מתחדשות¹¹ - נושא שגם הוא מקודם במספר רשויות. מקרי בוחן מהעולם לאפשרויות השילוב בין עצמאות אנרגטית לבין מענה לחוסן אקלימי נסקרו בעבודת משרד האנרגיה בנושא¹². ואולם, שילוב שלושת הממדים יחד – ובפרט שאלת מתן מענה ביטחוני לאורך זמן במסגרת אותה תשתית – לא קיבל עד כה התייחסות אחודה. **עבודה זו מבקשת לפתח את הדיון בממד התכנון הפיזי של מבני ציבור, ובעיקר מוסדות חינוך, כך שיוכלו לתמוך בחוסן משולש.**

יש להדגיש כי חוסן, במובנו הרחב, אינו רק יכולת עמידה באירוע קיצון – אלא יכולתה של מערכת לתפקד, להסתגל ולשקם את עצמה לאורך זמן, גם תחת לחצים מתמשכים וגם בעקבות זעזועים חמורים¹³. מערכת חסונה אינה מערכת שלא נפגעת, אלא כזו שיש לה את המשאבים, הגמישות והקישוריות הפנימית לחזור לתפקוד, ואף לצאת מהמשבר עם יכולות משופרות. אחריות זו נופלת היום במידה רבה על כתפי הרשויות המקומיות (ולעיתים אשכולות הרשויות בהם הן מאוגדות), שנדרשות לספק מרכיבי חוסן שונים, בהיותן בממשק ההדוק ביותר עם התושבים, ו"הזרועות בשטח" של השלטון המרכזי. אתגר גדול במיוחד מונח לפתחן של רשויות בהן קיים שיעור גבוה של אוכלוסיות הנזקקות לסיוע הן בשגרה והן בחירום, ולגביהן מענה ציבורי לחוסן הוא לעיתים ההגנה היחידה בעת אירועי קיצון. על אלו נמנות רשויות בהן יש שיעור גבוה של בנייני מגורים ישנים או בתקן תרמי לא מספק (כלומר, פגיעים אקלימית) וללא מרחב מוגן ביתי; אחוז גבוה של אוכלוסיות מוחלשות ו/או פגיעות (כגון קשישים); רשויות בקוי העימות בהן זמני ההתגוננות להם נדרשת האוכלוסיה הם מידיים; רשויות באזורי אקלים קיצוני - או שילוב של גורמים אלו (כגון רשויות חברה הערבית בפריפריה) – בכל אלו מענה ציבורי הינו חיוני ליכולת ההתמודדות של האוכלוסיות הפגיעות החירום, ולשיפור מצבן בעיתות שגרה.

2.3. מיעילות חד-ממדית, למועילות מרובה

הצרכים האקוטים עליהם נדרשים לענות מבני ציבור שנועדו לתפקד כמרכזי חוסן בעיתות משבר, מביאים פעמים רבות לשים דגש על אותם הבטים בלבד (דוגמת מיגון בטחוני) על חשבון מרכיבים אחרים. אולם, גם במציאות רצופת משברים, מבנה ציבור משמש קודם כל בזמני שגרה, וקיים סיכוי סביר שמבנה ציבור שאינו פועל היטב בשגרה, לא יפעל היטב גם בחירום. חשוב מכך - תפיסת התכנון מניחה התמודדות עם משבר אחד בכל רגע נתון, ומנסה למקסם את ההתמודדות עימו, בעוד שתפיסת

¹⁰ [זרעים חוסן – בתי ספר כמרכזי חוסן קהילתי ואקלימי](#), הרשת הירוקה, 2024

¹¹ [חוסן באנרגיה במרכזי קליטה לשעת חירום](#), משרד האנרגיה והתשתיות, ינואר 2022

¹² "אגירה במרכזי קליטה", משרד האנרגיה והתשתיות, 2026, נספח 2

¹³ Lahad, M. (1997). **BASIC Ph: The story of coping resources.** Community Stress Prevention Centre, Kiryat Shmona.

חוסן המתייחסת לתרחישי הייחוס הרלוונטים בישראל, צריכה לצאת מנקודת הנחה הפוכה, לפיה יש סבירות גבוהה להצטלבות משברים.

כך, למשל, בהבט הפיזי, מבנה שאינו מבודד, מאוורר ומקורר כראוי בימות הקיץ יתקשה לשמש כמקלט בעת אירוע בטחוני, אם הוא יתרחש בעת גל חום מתמשך בקיץ. ומבנה שלא תוכנן באופן יעיל אנרגטי, יתקשה לתפקד כאי-אנרגטי בעת תרחיש עלטה ארוך, כשהרשת קורסת. בהבט התפעולי, מבנה שהקהילה מכירה, ומגיעה אליו באופן שוטף, כגון בית ספר או מרכז קהילתי, יהיה הכתובת הטבעית גם בחירום, וסביבו כבר יהיו צוות מוכשר וקהילה פעילה ומתפקדת.

גישת ה"מועילות", כפי שפותחה בעבודות קודמות בתחום הבנייה הירוקה¹⁴, מחדדת תובנה זו ומרחיבה אותה. עד לא מכבר, הבנייה הירוקה עסקה בעיקר ביעילות: כמה אנרגיה המבנה צורך, כמה פסולת הוא מייצר, האם הוא עומד בתקן. אלו שאלות חשובות, אך הן מוגבלות – הן מתמקדות במבנה, ושמות פחות דגש על השירותים שהוא מספק לאורך שנות קיומו. גישת המועילות מציעה מסגרת רחבה יותר: מבנה טוב הוא מבנה שמשרת את משתמשיו ברמה הגבוהה ביותר האפשרית – בריאות ורווחה, איכות סביבת שהות ולמידה, קשר לסביבה הטבעית, חוסן תפקודי בשגרה ובחירום, מניעת פגיעה סביבתית, ותועלות חינוכיות וקהילתיות. על פי גישה זו, ראיית כלל הצרכים של האוכלוסיות השונות לאורך כל חיי המבנה היא קריטית. באופן דומה, בחירת טכנולוגיות ושיטות בנייה אינה עניין טכני-כלכלי צר של עמידה במינימום תקנים – אלא החלטה שמשפיעה על איכות החיים של המשתמשים לאורך כל שנות קיום המבנה. מבנה שתוכנן לפי עיקרון זה יהיה קריר, מאוורר, מוצל, עצמאי אנרגטי, מחובר לקהילתו, והוא גם המבנה שיוכל לתפקד כמרכז חוסן בשעת הצורך. לא בגלל שתוכנן לחירום, אלא בגלל שתוכנן היטב.

יצירת חוסן רב-ממדי צריכה להיות התפיסה המנחה את תכנון מבני הציבור בישראל, לאור תרחישי הייחוס המגוונים והמשולבים הניצבים בפני הרשויות, וריבוי האתגרים להן הרשויות נדרשות לתת מענה בהתאם. תפיסה זו לא יכולה להשאר עיקרון תכנוני, אלא צריכה לקבל ביטוי במדיניות, ברגולציה, בתקצוב ובסדרי העדיפויות הלאומיים.

3. דרישות שונות למטרות שונות

3.1. שלוש מערכות דרישות, שלושה גורמים שונים

בחלק הראשון תיארנו שלושה ממדי חוסן שמבני ציבור נדרשים לספק. כל אחד מהם נועד לצורך שונה, ונסמך על סט פתרונות, ולעיתים גם על מערכת תקנים ודרישות מחייבות, שגובשה על ידי גורם שונה.

החוסן הביטחוני מוסדר על ידי פיקוד העורף, מכוח חוק ההתגוננות האזרחית (תשי"א-1951) והתיקונים לו. ההנחיות קובעות מה נדרש במבנה כדי להגן על השוהים בו מפני איומים בטחוניים שונים, ובכלל זה ירי תלול מסלול ורסיסים – עובי קירות ותקרות, סוג חלונות ודלתות, מיקום מרחבים מוגנים, מרחקי הליכה ואופן גישה. הדרישות משתנות לפי סוג האיום ורמתו: ישובים הסמוכים עד 7 ק"מ לגבול רצועת עזה, כפופים למפרטים המחמירים ביותר¹⁵, שעודכנו לאחרונה ב-2022 וחייבו הלכה למעשה

¹⁴ וראו עבודות של אדר' ד"ר נעם אוסטרליץ - [קישור](#)

¹⁵ "מפרט לתכנון מוסדות חינוך ממוגנים בעוטף עזה", פקע"ר, יולי 2022

בנייה מחדש של רוב מבני החינוך. בשאר המדינה חלות הנחיות המיגון שפורסמו ב-2024 - אך הן חלות על מבנים חדשים בלבד¹⁶ (להשוואת דרישות המיגון ראו נספח א').

החוסן האקלימי אינו מוסדר על ידי תקן ייעודי. תקן ת"י 5281 לבנייה בת-קיימה, ומסמכי הנחיות והמלצות שהוציאו משרד החינוך והמשרד להגנת הסביבה¹⁷, מספקים מסגרת לשיפור ביצועי מבנה בתחומים כגון אוורור, בידוד תרמי, תאורה טבעית וייצור אנרגיה מתחדשת. מבנה שתוכנן לפי עקרונות אלו יהיה קריר יותר בקיץ, מאורר, יעיל אנרגטית - והוא גם מבנה שיוכל לתפקד כמפלט חום או מרכז חוסן אקלימי בשעת הצורך. כלומר, אף כי תקן הבנייה הירוקה וההנחיות השונות לא נוסחו על מנת לספק חוסן אקלימי בעת אירועי קיצון, המאפיינים שהם מקדמים מאפשרים זאת.

תחום **החוסן האנרגטי** במבני ציבור עובר שינויים מהירים. בשנים האחרונות הוקמו מערכות סולאריות על גגות מבני ציבור רבים בכל רחבי הארץ, ומאז דצמבר 2025 תקנות הבנייה הבת-קיימה מחייבות התקנת מערכות סולאריות במבני ציבור חדשים מעל שטח גג מינימלי¹⁸. אולם, להשגת חוסן אנרגטי והפיכת מבנה ל"אי אנרגטי", כזה שמסוגל לתפקד ימים במנותק מרשת החשמל הארצית, אין די ביצור סולארי מקומי, ויש להוסיף אליו מערכות אגירה וניהול אנרגיה, שאינן מוסדרות בתקן אחיד. נכון לשנת 2026, נהלי פס"ח¹⁹ מחייבים את הרשויות המקומיות בהחזקת גנרטורים ומלאי סולר לחירום, אך במקביל משרד האנרגיה מעודד רשויות לקדם מבני חוסן מבוססי אנרגיות מתחדשות, למשל בעבודות שהוזכרו לעיל. מספר רשויות מקדמות הקמה של מרכזים כאלו, ובהן אילת, הרצליה ומושבבים בחבל תקומה.

שלוש מערכות אלו מתנהלות כיום בערוצים מקבילים, המציבים דרישות נפרדות ולעיתים אף סותרות. היחסים בין מערכות אלו אינם סימטריים: הם נשענים על מערכות רגולציה, תכנון וטכנולוגיה שונות. החוסן הביטחוני מוסדר באמצעות דרישות מיגון מחייבות של פיקוד העורף, מכוח חוק ותקינה קשיחה; החוסן האקלימי נשען על תקן הבנייה הירוקה והנחיות משלימות - כלומר על עקרונות תכנון ומדיניות; ואילו החוסן האנרגטי תחום טכנולוגי-תשתיתי שמתפתח במהירות, ועדין אינו מוסדר בתקן אחיד. **ולכן האתגר של "חוסן משולש" אינו רק אתגר של תכנון טוב יותר, אלא גם של אינטגרציה בין עולמות מדיניות ורגולציה שאינם מתואמים דיים.** בהיעדר מנגנון תיאום הדרישות השונות, ההתנגשויות מגיעות לידי ביטוי לראשונה על שולחן האדריכלית – או גרוע מכך, בשטח.

3.2. הקונפליקטים המרכזיים

הפרק הבא מעמת את הדרישות המרכזיות שמציבות המערכות השונות בהבטי מיגון, בניה ירוקה ואנרגיה, בדגש על מבני חינוך. המיקוד במבני חינוך נבחר משני טעמים: האחד הוא פריסתם הנרחבת בקרב האוכלוסייה, והשני הוא הדרישות המפורטות שנקבעו לגביהם על ידי הגורמים השונים, המחדדים את הפערים ומדגישים את הצורך בפתרונם. אין כאן יומרה להציג את מלוא הקונפליקטים, אלא רק להדגים את הדרישות השונות ובהמשך את האתגרים שבשילובן.

¹⁶ [מפרט למיגון מוסדות חינוך ומוסדות להכשרה גבוהה](#), פקע"ר, אוגוסט 2024

¹⁷ ["המלצות ועקרונות תכנון לבנייה ירוקה של בתי ספר"](#), משרד הגנת הסביבה ומשרד החינוך, 2022, ["הנחיות לתכנון מוסדות חינוך בתחומי הבריאות והסביבה"](#), משרד החינוך ומשרד הבריאות, 1997

¹⁸ ["תקנות התכנון והבנייה \(תכן הבנייה\) \(בנייה בת-קיימה\) \(תיקון\)"](#), דצמבר 2025 - [קישור לתקנות](#)

¹⁹ [נהלי פס"ח](#) (פינוי, סעד, חללים) לשעת חירום מוסדרים על ידי רשות החירום הלאומית ומשרד הפנים, ומטרתם לתת מענה לאוכלוסייה, כולל קליטת מפונים, טיפול בנפגעים, ופינוי חללים בזמן מלחמה או אסון.

3.2.1. דרישות המיגון ממבני ציבור

דרישות המיגון של פיקוד העורף (פקע"ר) אינן רגולציה סביבתית או המלצת תכנון - הן מענה הנדסי לאיום מוחשי על חיי אדם, והתפתחו לאורך השנים במקביל להתפתחות האיומים על האוכלוסייה.

דרישות המיגון נקבעות על ידי פקע"ר לפי רמת האיום וקטגורית המבנה. רמת האיום מוגדרת בהתאם למיקום הגיאוגרפי - ככל שהישוב מוגדר כקדמי יותר, כך דרישות המיגון החלות עליו מחמירות יותר. ההנחיות המחמירות חלות היום על ישובים הסמוכים עד 7 ק"מ לגבול רצועת עזה, שם זמני ההתראה קצרים ביותר ועוצמת האיום גבוהה ביותר²⁰. מפתח נוסף לקביעת רמת המיגון הנדרשת הוא הקטגוריה אליה משוייך המבנה - הדרישות עולות ממבנה מגורים, אל מבנה ציבור (שאינו מוסד חינוך או מוסד בריאות), מוסד חינוך ועד מוסד בריאות.

בהבטי דרישות המיגון, עבודה זו מתמקדת בדרישות המחמירות החלות על מבני חינוך בעוטף עזה. בעוד שבכלל הארץ, מבני חינוך נדרשים במרחבים מוגנים מוסדיים (ממ"מ) בתוך המבנה (בהתאם להנחיות פקע"ר 2024), בעוטף עזה הדרישה היא למוסד חינוך ממוגן במלואו, שבו מעטפת המבנה כולה מתוכננת לעמידות גבוהה יותר. מבנים אלו נועדו לאפשר שימוש יומיומי רגיל גם בעיתות של מתיחות בטחונית, ולא רק כמקלטים בשעת חירום, והם מאפשרים שהיה ממושכת של כמות גדולה יחסית של אוכלוסייה מגוונת. הבט זה הופך אותם למקרה מבחן מענין כפתרון לרשויות בהן לחלקים גדולים באוכלוסייה אין פתרונות מיגון, ולכן סטנדרט זה הוא שנבחר.

דרישות המיגון למבני ציבור בישראל בכלל ובעוטף בפרט, הן חריגות ברמה הבינלאומית. במדינות אחרות בהן יש רמת איום או מיקלוט גבוהה יחסית, כגון דרום קוריאה, שוויץ או ופינלנד, המרחבים המוגנים מתוכננים בדרך כלל כדי לתת מענה מקסימלי לפרק זמן ארוך, אך עם פחות דגש על זמני הגעה מינימליים אליהם. בהתאם, המרחבים המוגנים הם מקלטים או מתקנים תת-קרקעיים. בישראל, לעומת זאת, דגש רב מושם על זמני ההגעה מינימליים למרחב המוגן, ומכאן הדגש הן על המיגון ברמת הדירה, והן על הנגישות המהירה למרחבים המוגנים במבני ציבור.

דרישות מיגון מרכזיות למבני חינוך בעוטף עזה

3.2.1.1. **העמדת המבנה:** היא שיקול ראשוני וקריטי בתכנון מיגוני. יש לתכנן את העמדת המבנה כך שמספר החזיתות הפונות לכיוון האיום יהיה מינימלי ככל הניתן, בהתאם להנחיית הרשות המוסמכת.

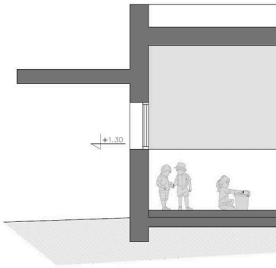
3.2.1.2. **מעטפת המבנה** הממוגן נדרשת להיות עמידה במיוחד בפני פגיעה ישירה ורסיסים. כל תקרה החשופה לאיום חייבת להיות תקרה מקשית בלבד, בעובי מינימלי של 40 ס"מ. קירות חיצוניים בחזית מאוימת בפגיעה ישירה, חייבים להיות מבטון מזוין בעובי 40 ס"מ. קירות עורפיים נדרשים ל-30 ס"מ. חל איסור על תקרות צלעות או לוחדים.

²⁰ ראו למשל "מפרט לתכנון מוסדות חינוך ממוגנים בעוטף עזה", פקע"ר, 2022 לעומת "מפרט למיגון מוסדות חינוך ומוסדות לה כשרה גבוהה", פקע"ר, 2024

3.2.1.3 חלונות: חלונות מהווים נקודת תורפה פוטנציאלית במעטפת המבנה, ולכן דרישות המיגון לגביהם מחמירות במיוחד. פועל יוצא של דרישות אלו הוא קושי באיורור טבעי של המבנה ובהכנסת אור טבעי.

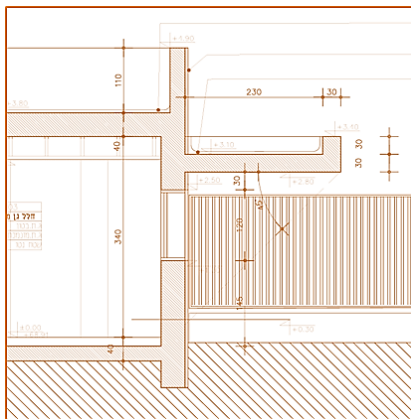


- **סוג חלון:** חלונות חייבים להיות מסוג "בליסטי קל" בלבד, המאפשרים ע"י פקע"ר ובעלי עמידות להדף ורסס בהתאם לאיום הייחוס, בגודל של 150*150 ס"מ מלבד באישור חריג לחלון ספציפי, ובזכוכית בעובי 4.2 מ"מ לפחות. בגני ילדים חל איסור על ויטרינות, קירות מסך או גגות תאורה.

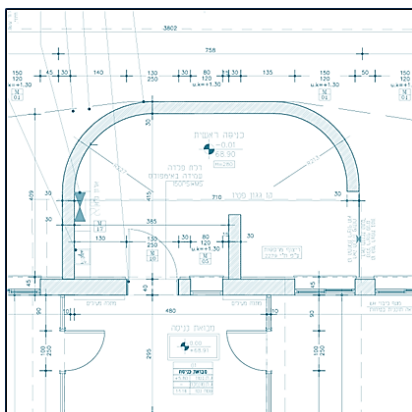


- **גובה סף:** סף החלון התחתון יתוכנן בגובה של לפחות 1.3 מ' ולכל היותר 1.4 מ' מפני הריצוף הפנימי של המבנה, עם חריגים לחדרי שירותים (1.3 מ' מינימום) ולאולמות מחול וספורט (1.8 מ' מינימום). סף החלון התחתון חייב להיות מותקן ישירות על הבטון, ללא סף שיש או אבן. בגלל רוחב הפרופיל של החלון גם אם הוא מותקן בגובה 1.3 מה-00 של המבנה, הזכוכית עצמה תתחיל בגובה של כ-1.4.

- **אופן פתיחה:** החל מ-2024, מאושרת התקנת חלונות מסוג קיפ תחתון הנפתח החוצה בלבד. בשילוב עם עובי הקיר (40 ס"מ - לפני בידוד, טיח כיוב'), המשמעות של תקנה זו הלכה למעשה היא מניעת פתיחה של החלון, וחוסר אפשרות להכנסה משמעותית של אוויר לתוך המבנה (זאת כיוון שהתקנת החלון היא פנימית ורוחב הפתיחה נשאר בתוך הגליף).



- **גגונים:** מעל חלונות המאוימים בפגיעה ישירה, נדרש "גגון" בטון בעובי 30 ס"מ, אשר יסוכך עליהם בפני פגיעה בזווית של עד 45 מעלות ולא יאפשר פגיעה במרחק של פחות מ-100 ס"מ מהחלון בכיוון אופקי/אנכי.
- **מרחקי בטיחות:** יש לשמור על מרחק של לפחות 3 מטרים בין חלונות של חזיתות שונות, על מנת להימנע מרסס במקרה של פגיעה.



- **3.2.1.4 כניסות:** דלתות הכניסה למבנה ימוגנו על ידי מבואת בטון בעובי 30 ס"מ, המגנה מפני כניסת רסס מכל זווית, ויהיו דלתות ביטחון סטנדרטיות. יש הגבלות על הוספת זיגוג. מומלץ להימנע מהתקנת כניסות בחזית מאוימת. התוצאה המעשית היא שכשמגיעים למבנה בית ספר או גן ילדים ממוגן לא ניתן לראות את דלת הכניסה, וגם ההפך - כשנמצאים במבנה ויוצאים החוצה אין קשר ישיר עם הרחוב.

3.2.1.5 **מרחב מוגן מוסדי (ממ"מ):** על אף המיגון המחמיר של המבנה כולו, מבני חינוך נדרשים גם בממ"מ, עליו חלות דרישות מפורטות ומחמירות עוד יותר. דרישות אלו, מלבד הבטים הנוגעים לעובי הקירות, החלונות וכיול, מחייבים גם מרחקי הליכה מהכיתות והגבלות אחרות היוצרות אילוצים בתכנון המבנה.

3.2.2. בניה ירוקה ומותאמת אקלים

המסגרת המארגנת את ההתייחסות לנושאי אקלים והשפעה על הסביבה בכל הקשור לבניה מזוהה בעיקרה כ'בנייה ירוקה', שהתפתחה כדיסציפלינה רב תחומית הכוללת חשיבה מחדש ושינויים בהיבטים רבים של תהליכי התכנון, שיטות הבנייה והסביבה הבנויה כולה. המדדים לאיכות בניה זו הם תקני הבניה הירוקה, העוסקים בהשפעות הסביבתיות של פעולות הבניה ושל השימוש העתידי במבנה, וכן בהשפעת הבניה על איכות החיים והבריאות של המשתמשים. יודגש, כי התקנים אינם מתייחסים ישירות ליכולת של מבנה לשמש כמפלט חום או מרכז חוסן אנרגטי, אך ההתאמות הדרושות לשם כך מצומצמות יחסית, ויפורטו בהמשך.

סדרת התקנים הישראליים ת"י 5281 לבנייה בת-קיימה נועדה לצמצם את ההשפעה הסביבתית של מבנים ומתחמים. תקן ת"י 5281 חלק 0 (יוני 2020) מגדיר את הדרישות הכלליות, שיטת ההערכה והניקוד, כולל תנאי סף מחייבים לעמידה בתקן. תקן ת"י 5281 חלק 1 (מאי 2016) מתמקד בבניינים שאינם למגורים, ובכלל זה מוסדות חינוך, ומפרט את הקריטריונים לדירוג לפי פרקים שונים כגון אנרגיה, קרקע, מים, חומרים, בריאות ורווחה, פסולת, תחבורה וניהול אתר הבנייה.

מסמך "המלצות ועקרונות תכנון לבנייה ירוקה של בתי ספר", שפורסם על ידי משרד החינוך והמשרד להגנת הסביבה, משלים את התקן ומספק הנחיות מפורטות יותר, תוך שימת דגש על ההיבטים הפדגוגיים של הבנייה הירוקה.²¹ מסמך זה מדגיש את החשיבות של יצירת סביבת למידה והוראה איכותית ובריאה, תוך שילוב אלמנטים של בנייה ירוקה ליצירת מערכת בת-קיימא, חסכונית במשאבים, בתפעול ובתחזוקה השוטפת. חשוב לציין כי החל ממרץ 2022, הקמת מבנה בית ספר ששטחו עולה על 1000 מ"ר נדרשת לצבור 40 נקודות בת"י 5281 (זאת לעומת חיוב צבירה מינימלית של 55 נקודות לכלל המבנים בארץ).²²

הדרישות המרכזיות לבניה ירוקה במבני חינוך²³

3.2.2.1 **תאורה טבעית:** המטרה היא מקסום תאורה טבעית איכותית, תוך מניעת סנוור והתחממות יתר. שטח החלונות נדרש לעמוד על 15-20% משטח הרצפה, הפזורים על פני מספר חזיתות. יש העדפה להפניית חלונות לצפון, ובעדיפות שניה לדרום או למערב - עם הצללה מתאימה, כשהמרחק המינימלי בין החלונות בחזיתות נפרדות צריך להיות גדול מ-30% מעומק החלל, על מנת להבטיח פיזור אור אחיד ולמנוע הצללה לא רצויה.²⁴

²¹ "המלצות ועקרונות תכנון לבנייה ירוקה של בתי ספר", משרד הגנת הסביבה ומשרד החינוך, 2022, הדרישה לעמידה בתקן היא חיובית בעיקרה, אולם לגבי מוסדות חינוך יש לציין כי ניתן להגיע לניקוד הנדרש גם ללא התייחסות למרכיבים מהותיים לתכנון ירוק, כגון אלו המפורטים בהמשך עבודה זו.

²³ התייחסנו כאן לחלק מההבטים בלבד, בהם יש פוטנציאל התנגשות עם הנחיות המיגון. התקן עצמו כולל, כמובן, התייחסות לנושאים רבים נוספים כגון מים ואקוסטיקה.

²⁴ ת"י 5281 חלק 1

- 3.2.2.2 **אוורור טבעי:** שטח החלונות הנפתח בפועל נדרש לעמוד על לפחות 4% משטח הכיתה²⁵, עם עידוד לאוורור מפולש באמצעות חלונות בחזיתות נגדיות. זאת על מנת להבטיח איוורור טבעי ושמירה על רמות CO₂ נמוכות, תוך הפחתת התלות במערכות מכאניות.
- 3.2.2.3 **בידוד תרמי:** עמידה בדרישות ת"י 1045, שימוש בזיגוג בידודי עם מקדם רווח חום סולארי (SHGC) נמוך ומעבר אור נצפה (VT) גבוה, והתנגדות תרמית מינימלית לגג ($R \geq 2.25$) ולקירות חוץ ($R \geq 0.95$).
- 3.2.2.4 **ייצור וניהול אנרגיה:** כפי שצויין לעיל, החל מדצמבר 2025 חלה חובת התקנת מערכת סולארית על מבנה ציבורי חדש עם גג מעל 250 מ"ר²⁶. בתקן הבניה הירוקה קיימת המלצה לתכנן הכנה ללוחות פוטו-וולטאיים (PV) גם בגגות קטנים יותר, וכן לשלב מערכות המאפשרות ניטור של צריכת האנרגיה המאפשרות חיסכון וניהול יעיל של האנרגיה בבנין. במבני חינוך, ניטור זה יכול לשמש ככלי פדגוגי המעודד מודעות וחיסכון באנרגיה.
- 3.2.2.5 **קשר לסביבה החיצונית:** בהתאם לעקרונות התכנון הביופילי (גישה תיאורטית רחבה יותר, שמאפייניה המרכזיים מוצאים ביטוי גם בפרק הבריאות ורווחה של ת"י 5281), יש דגש על פתחים גדולים, מבט לחוץ, צמחייה, וכן על חיזוק הקשר הוויזואלי והפיזי לסביבה הטבעית באמצעות חומרי גמר טבעיים, תכנון גבהי מפתחי חלונות נמוך ככל האפשר (מגובה 60 ס"מ) כדי לאפשר מבט לחוץ גם בישיבה (בכפוף לבטיחות), ותכנון צמחייה המאפשרת קו מבט ישיר. מחקרים מראים שיפור בתפקוד הקוגניטיבי, היצירתי, ביכולת הריכוז ובנוחות כאשר מתאפשר מבט לחוץ ובפרט לצמחייה.
- 3.2.2.6 **חומרים:** דגש על שימוש בחומרים בריאים, ממוחזרים ומקומיים. קיימת העדפה לחומרים בעלי פליטת תרכובות אורגניות נמוכה (VOC) עם תו ירוק ישראלי וכן לשימוש בחומרים ממוחזרים או ממקורות שאינם מתכלים, וחומרים "שמספרים סיפור" (בעלי מראה טבעי, ממוחזר), המעוררים את החושים ומגבירים את החוויה והמודעות של המשתמש.

3.2.3 בין בניה ירוקה לחוסן אקלימי ואנרגטי

עקרונות הבנייה הירוקה, גם אם לא נוסחו במפורש לצורכי חוסן, יוצרים תשתית פיזית שמשרתת אותן, ולכן מבנים שתוכננו לפי עקרונות הבניה הירוקה יתנו מענה לרבות מהדרישות הנחוצות על מנת להפוך מבנה למרכז חוסן אקלימי ו/או אנרגטי.

הבטים מרכזיים של בניה ירוקה המהווים בסיס לחוסן בחירום:

- **תאורה טבעית:** מבנה שמתוכנן לניצול מרבי של אור טבעי צורך פחות תאורה מלאכותית בשגרה – ונשאר שמיש גם בהפסקת חשמל.

²⁵ ת"י 6210

²⁶ "תקנות התכנון והבנייה (תכן הבנייה) (בנייה בת-קיימא) (תיקון)", דצמבר 2025 - [קישור](#)

- **אווור טבעי:** מבנה מאוורר היטב שומר על איכות אוויר פנים ללא תלות בחשמל. בשעת חירום, כאשר המבנה קולט אוכלוסייה רבה לשהייה ממושכת – יכולת זו הופכת קריטית.
- **בידוד תרמי:** בידוד נכון מפחית משמעותית את צריכת האנרגיה לקירור בקיץ ולחימום בחורף, ומאפשר שמירה על טמפרטורה נסבלת בעת הפסקת חשמל ממושכת.
- **ייצור אנרגיה מתחדשת:** מערכת סולארית על הגג מפחיתה את תלות המבנה ברשת הארצית בשגרה, ומהווה בסיס לעצמאות אנרגטית חלקית בחירום.
- **קשר לסביבה החיצונית:** חצר מוצלת, מגוננת ומתוכננת היא בשגרה סביבת למידה ופעילות – ובחירום, מרחב להתכנסות, הפוגה וחלוקת משאבים.

הבטים במרכזי חוסן הדורשים מענה מעבר לתקנות הבניה הירוקה:

מרכז חוסן המיועד לאפשר רציפות תפקודית בעת מצבי קיצון, נדרש לתת מענה להבטים נוספים, ובכלל זה:

- **עצמאות אנרגטית:** לשם כך, על מערכת היצור הסולארית יש להוסיף יכולת אגירת אנרגיה (סוללות) ומערכת מיתוג וניהול אנרגיה (EMS), שיאפשרו תפקוד עצמאי לאורך ימים. הדבר מחייב תחשיב של צריכת האנרגיה הצפויה בשגרה ובחירום, ותכנון קיבולת האגירה בהתאם²⁷.
- **היררכייה של מרחבים מאוקלמים:** מתן מענה לצרכים שונים של אוכלוסיות שונות, ממרחב אינטנסיבי בו נשמר ממוזג גם בתרחיש אקלים קיצוני ומיועד לאוכלוסיה הפגיעה ביותר, ועד מרחבים אקסטנסיביים - מרחבי חוץ מוצלים, הנסמכים על איוורור והצללה פאסיביים, ויכולים לשמש להתכנסות, הפוגה ופעילות של אוכלוסיה גדולה יחסית בשעת אירוע קיצון ממושך²⁸.
- **אספקת מים ותברואה:** שהייה ממושכת של אוכלוסייה מחייבת אספקת מים עצמאית – מיכלי אגירה, בחינת שימוש חוזר ומערכות תברואה בכושר מוגבר.
- **מענים לאוכלוסיה - תכנון תפעולי:** על מנת שמבנה יתפקד בחירום הצד התפעולי צריך להיות חלק בלתי נפרד מהתכנון. לשם כך נדרשת מעורבות והכנה של הצוות והקהילה – נהלים, ציוד, ותרגול. אלו מתפתחים בשגרה, ולא נוצרים מאפס בשעת משבר²⁹.

3.3 דרישות מתנגשות: מיגון מול בניה ירוקה

הנחיות המיגון ובניה ירוקה פותחו כל אחת על מנת לענות על אתגרים שונים בסביבה החיצונית ועל צרכים שונים של האוכלוסיה, מתוך תפיסות עולם שונות המכתיבות לוגיקה פנימית שונה, ובעקבותיה החלטות תכנוניות שונות, ולעיתים סותרות. ההתנגשות נובעת מפילוסופיה יסודית שונה: בעוד הבנייה הירוקה שואפת לפתיחות, שקיפות ואינטגרציה עם הסביבה הטבעית לטובת רווחת המשתמשים, דרישות המיגון מכוונות לאטימות, חוזק והפרדה מהאיום החיצוני. הניסיון לשלב בין דרישות המיגון המחמירות לבין תפיסות הבנייה הירוקה יוצר נקודות חיכוך ואף קונפליקטים ישירים בתכנון ובביצוע,

²⁷ ראו פרק 4 במסמך "מוכנים לחירום: אגירה במתקני קליטה", משרד האנרגיה והתשתיות, פברואר 2025

²⁸ ראו התייחסות במסמך "עוני באנרגיה ברמה המקומית לנוכח משבר האקלים - סקירת מצב והמלצות לפעולה", מרכז השל, מרץ 2025

²⁹ ראו למשל הנחיות של ממשלת הודו בנושא: [Guidelines For Cooling Centers](#), National Disaster Management Authority NDMA, May 2025

המשפיעות על היבטים פיזיים, תפעוליים ובמקרה של מוסדות חינוך - גם פדגוגיים. פרק זה מתמקד בנקודות בהן יש קושי לענות במקביל על דרישות המיגון ותקן הבניה הירוקה, כיוון שאלו תקנים ברורים הניתנים להשוואה ברורה. בסופו נרחיב על הצרכים הרחבים יותר.

3.3.1. העמדת המבנה

דרישת המיגון: הפניית המבנה לפי כיוון האיום הבטחוני - מיזעור מספר החזיתות הפונות לכיוון האיום, ומיקום הכניסות בחזית הנגדית לו, בהתאם להנחיית הרשות המוסמכת.

דרישת הבנייה הירוקה: העמדת המבנה לפי רוחות השמים – חזיתות עיקריות לצפון ולדרום, כדי לאפשר תאורה טבעית אופטימלית, למנוע התחממות יתר מקרינת שמש ישירה, ולייצר אוורור מפולש יעיל. בבניה ירוקה, ההחלטה על העמדת המבנה היא הראשונה שמתקבלת ואחת החשובות והקשות לתיקון בשלב מאוחר יותר, והיא מכתיבה את כל שרשרת ההחלטות שתבוא אחריה.

הקונפליקט והשלכותיו: כיוון האיום הביטחוני אינו בהכרח צפון-דרום. במקרים רבים שתי הדרישות סותרות זו את זו ישירות, והאדריכל נדרש לבחור בין אופטימיזציה תרמית לאופטימיזציה מיגונית – או למצוא פתרון ביניים שמקיים שתיהן באופן חלקי בלבד.

3.3.2. מעטפת המבנה

דרישת המיגון: מחייבות קירות ותקרות עמידות בפני פגיעה ישירה ורסיסים, מבטון מזוין בעובי מינימלי של 40 ס"מ לחזיתות מאוימות ותקרות חשופות, ואף אוסרות על סוגי תקרות קלות יותר.

דרישת בנייה ירוקה: שאיפה לאופטימיזציה תרמית של מעטפת המבנה באמצעות בידוד מתאים, תוך העדפה לחומרים קלים יותר להפחתת עומסים ועלויות, וכן להפחתת האנרגיה הגלומה (Embodied Energy) במבנה.

הקונפליקט והשלכותיו: עובי הבטון הנדרש למיגון גבוה משמעותית מהנדרש לאופטימיזציה תרמית בלבד. הדבר עלול להקשות על שילוב בידוד איכותי בתוך המעטפת, או להוביל לעובי קיר כולל גדול מאוד. מצב זה מגדיל באופן ניכר את משקל המבנה, את צריכת החומרים (בטון ופלדה), את עלויות הבנייה את השטח המצטבר ואת האנרגיה הגלומה במבנה, ובכך סותר את עקרונות הבנייה הירוקה של חיסכון במשאבים והפחתת טביעת הרגל הפחמנית.

3.3.3. חלונות

דרישת המיגון: חלונות מהווים נקודת תורפה במעטפת המבנה, ולכן הם מוגבלים במידותיהם, מחייבים זיגוג בליסטי, ומותקנים בגובה סף גבוה ביחס לגובה הילדים והישיבה בחלל. התקנות משתנות באופן תדיר, ואלו העדכניות מאפשרות חלון גדול, אך במפתח (קיפ תחתון) שבשילוב עם עובי הקיר מונע הלכה למעשה כניסה משמעותית של אוויר למבנה. בנוסף, יש דרישות לגגונים מבטון והגנות אחרות.

דרישת הבנייה הירוקה: בנייה ירוקה ותקני משרד הבריאות דורשים יחס שטח חלונות לשטח רצפה של 15%-20% למקסום תאורה טבעית, ושימוש בסוגי פתיחה מגוונים לאוורור מפולש. הדגש על פתחים גדולים נועד לאפשר מבט נרחב לחוץ וחיבור לסביבה הטבעית.

הקונפליקט והשלכותיו: הקונפליקט כאן פוגע בשלושה היבטים במקביל – תאורה טבעית, אוורור והקשר אל החוץ. שלושתם נפגעים מאותה סיבה: החלון, שבבניה הירוקה (ובכלל) הוא הפתח הבסיסי של המבנה אל העולם, הופך במבנה הממוגן לאלמנט שמטרתו העיקרית היא למנוע חדירה.

3.3.4. כניסות ודלתות

דרישת המיגון: דלתות הכניסה למבנה מוגנות על ידי מבואת בטון עבות, המסתירה את הדלת עצמה מהרחוב ולהיפך. מומלץ להימנע מהתקנת כניסות בחזית מאוימת, ואסור לשלב זיגוג משמעותי בדלתות.

דרישת הבנייה הירוקה: כניסה מזמינה, שקופה המכניסה אור למבנה ומחוברת אותו לסביבה, מבטאת פתיחות וקשר לקהילה.

הקונפליקט והשלכותיו: האופי המסיבי של מבואות הבטון ודלתות ההדף יוצר מראה מבצרי, הסותר את תחושת הפתיחות וההזמנה שמוסד ציבור וחינוך ירוק שואף להציג. כניסות אטומות יותר מפחיתות את כמות האור הטבעי הנכנס לחללי המבואה ופוגעות בקשר הוויזואלי עם הסביבה החיצונית. הדבר משפיע על התפיסה הפסיכולוגית של בית הספר או מבנה החינוך כמרחב בטוח אך גם פתוח ומכיל, ועלול ליצור תחושת כליאה או ניתוק מהסביבה.

3.3.5. אוורור ואיכות אוויר

דרישת המיגון: מרחבים מוגנים מוסדיים (ממ"מ) נדרשים להיות אטומים (לפי ת"י 4577). במצבי חירום הם הופכים לחללים סגורים לחלוטין, עם הסתמכות על מערכות סינון ואוורור מכניות.

דרישת הבנייה הירוקה: דגש על מקסום אוורור טבעי, אוורור מפולש ושימוש בחלונות נפתחים, כדי להפחית את התלות במערכות מכניות ולשפר את איכות האוויר הפנימית.

הקונפליקט והשלכותיו: האטימות הנדרשת במרחבים המוגנים שוללת אוורור טבעי, הפתרון הבסיסי והאמין ביותר לאיכות אוויר פנים. ההסתמכות על מערכות אוורור מכניות מגבירה את צריכת האנרגיה, ומעלה תלות בתשתיות שעלולות להיפגע בשעת החירום שלשמה המרחב נועד. בנוסף, בעת שהייה ממושכת של אוכלוסייה רבה, הדרישה לאוורור גדלה משמעותית, בעוד יכולת המענה מוגבלת.

3.3.6. חומרי הבניה

דרישת המיגון: הסתמכות כמעט בלעדית על בטון מזוין ופלדה, במטרה להשיג חוזק מבני ועמידות בפני הדף ורסיסים.

דרישת הבנייה הירוקה: העדפה לשימוש בחומרים בעלי פליטת תרכובות אורגניות נמוכה (VOC), חומרים ממוחזרים, מקומיים וטבעיים, המפחיתים את ההשפעה הסביבתית ומשפרים את איכות האוויר הפנימית.

הקונפליקט והשלכותיו: דרישות המיגון מצמצמות משמעותית את מרחב הבחירה בחומרים. הדבר יוצר מתח בין הצורך בבטיחות מבנית לבין השאיפה להפחית את טביעת הרגל האקולוגית של המבנה וההשפעות הבריאותיות על משתמשי המבנה.

3.3.7. מיקום מרחבים מוגנים מוסדיים (ממ"מ)

דרישת המיגון: ממ"מ נדרש להיות פנימי, ב"מגדל מוגן" עם קירות רציפים לכל גובה הבניין. בישובים קדמיים, מרחק ההליכה המרבי מכיתה לממ"מ הוא 30 מ' לכלל הכיתות.

דרישת הבנייה הירוקה: תכנון גמיש, מרחבים פתוחים ונגישים, ומרחקי הליכה קצרים בתוך המבנה לטובת יעילות תפקודית ונוחות יומיומית.

הקונפליקט והשלכותיו: דרישת "המגדל המוגן" ומרחק הממ"מ מכלל הכיתות, מגבילים את הגמישות האדריכלית של המבנה כולו. מגבלות אלו עלולות להשפיע על פריסת הכיתות והשטחים המשותפים באופן שאינו אופטימלי מבחינה פדגוגית או תפעולית בשגרה, ובכך לפגוע ביעילות השימוש בשטח ובחוויה הכוללת של המשתמשים.

טבלה 1: טבלה השוואתית: דרישות בנייה ירוקה מול דרישות מיגון לרכיבי מבנה נבחרים

קונפליקט/השלכה	דרישת מיגון (מקור)	דרישת בנייה ירוקה (מקור)	רכיב מבנה
הגדלת משקל המבנה, צריכת חומרים (בטון, פלדה) ואנרגיה גלומה; קושי בשילוב בידוד איכותי בתוך המעטפת.	עובי מינימלי 40 ס"מ בטון מזוין לחזיתות מאוימות ותקרות חשופות	אופטימיזציה תרמית, בידוד יעיל, הפחתת אנרגיה גלומה	קירות חיצוניים ותקרות
הגבלה דרמטית של אור טבעי ואוורור, פגיעה בקשר עם הסביבה החיצונית וברוחות המשתמשים, הגברת תלות בתאורה מלאכותית.	מידות מוגבלות (מקסימום 1.5x1.5 מ'), גובה סף גבוה (1.3-1.4 מ'), חלונות "בליסטי קל" בלבד, גגוני בטון, אין ויטרינות/קירות מסך בגני ילדים	יחס שטח 15%-20% לשטח רצפה, פתחים גדולים, אוורור מפולש, מבט לחוץ	חלונות
יצירת מראה מבצרי, הפחתת שקיפות ואור טבעי בכניסות, פגיעה בתחושת הפתיחות וההזמנה של המוסד החינוכי.	מבואות בטון, דלתות ביטחון/הדף, הגבלת זיגוג, הימנעות מחזית מאוימת	כניסות מזמינות, שילוב קהילתי, שקיפות	כניסות למבנה
הגבלת אוורור טבעי, הגברת תלות במערכות מכניות צורכות אנרגיה, פוטנציאל לפגיעה באיכות האוויר הפנימית בשגרה. שימוש מוגבל בפתיחת החלונות הבליסטיים והסתמכות על מערכת אוורור מלאכותית.	צורך באטימות מרחבים מוגנים, הגבלת פתיחת חלונות, הסתמכות על מערכות סינון ואוורור בממ"מ	אוורור טבעי מקסימלי, אוורור מפולש, הפחתת תלות במערכות מכניות	אוורור
הגבלת גמישות תכנונית, יצירת אזורים כבדים וקשיחים במבנה, דרישות מרחק הליכה עלולות להשפיע על פריסת הכיתות והשטחים המשותפים.	מיקום פנימי, "מגדל מוגן" (קירות רציפים), מרחקי הליכה קשיחים (30 מ' בעוטף עזה)	גמישות תכנונית, מרחבים פתוחים, יעילות שימוש בשטח	מיקום מרחבים מוגנים

3.3.8. בין הגנה פיזית לחוסן נפשי

הבנייה הירוקה שמה דגש על יצירת סביבת למידה בריאה, מעוררת השראה ותומכת בתהליכים פדגוגיים, תוך ניצול המבנה עצמו ככלי חינוכי - מבנה נושם, מואר, מחובר לקהילה ולטבע. דרישות המיגון, לעומת זאת, מעניקות עדיפות עליונה לבטיחות פיזית, ומכוונות ליצירת מבנה סגור וכבד: חלונות קטנים וגבוהים שאינם מאפשרים מבט לחוץ, כניסות אטומות, וחזיתות חסומות. הפחתת האור הטבעי, הגבלת המבטים לחוץ, והאופי המבוצר של המבנה עלולים להשפיע לרעה על רווחת התלמידים והצוות, על יכולת הריכוז שלהם ועל מעורבותם בלמידה. הדבר יוצר מתח בין הצורך הקיומי בבטיחות לבין השאיפה לסביבת למידה (או שהיה) אופטימלית. תכנון מוטה חוסן, במובנו הרחב, מחייב להתייחס גם להשלכות אלו כחלק מהפתרון, ולמצוא איזון עדין בין הגנה פיזית לבין טיפוח רווחה פסיכולוגית וקוגניטיבית.

4. יצירת רווחה מנטלית תחת חוסן בטחוני: פתרונות מהשטח

הקונפליקטים שתוארו בפרק הקודם אינם תיאורטיים – הם מגיעים לשולחן התכנון של אדריכלים הפועלים באזורי קו העימות. בפרק זה יובאו פרויקטים שתוכננו על ידי סטודיו זרתא, המדגימים הצעות אדריכליות מרחביות לגישור על הקונפליקטים שבין הנחיות פקע"ר לבין בניה ירוקה. הדוגמאות לקוחות מהניסיון המצטבר של סטודיו זרתא בתכנון ובניה בישובי וערי עוטף עזה לאורך מעל עשור, במהלכו דרישות המיגון הלכו והחמירו.

הפרויקטים מדגימים את צרכי המיגון כפי שהם עלו מהשטח- מתושבים, צוותי תכנון בישובים, צוותי חינוך ועוד, שלא תמיד חופפים לדרישות המיגון של פקע"ר. חלקם מבטאים צורך חינוכי-פדגוגי למרחב אחר או נוסף, שמפצה על האופי של המבנה הממוגן. יש להדגיש כי אלו גוררות עלויות נוספות - ולכך נתייחס בהמשך.

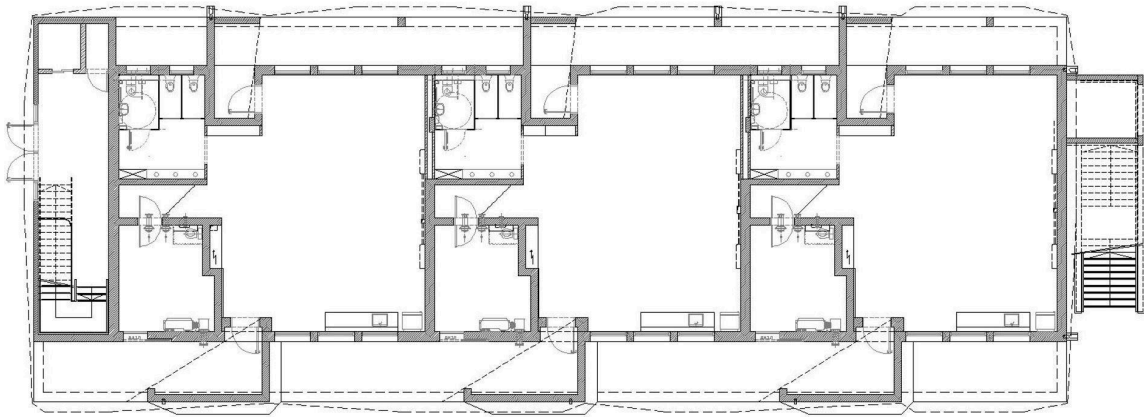
4.1. היררכיית המיגון

היררכיית המיגון כוללת את ההחלטה הראשונית על העמדת המבנים, תוך בחינת היתרונות והחסרונות הקשורים במיגון, בדרכי הגעה למבנה בשגרה ובחירום.

כדוגמה לשיקולים בהיררכיית המיגון, נבחן שתי אפשרויות תכנון לאשכול גנים בקו העימות:

דוגמא א' מציגה תוכנית מבנה בשדרות ובו אשכול של שלושה גני ילדים בקומת הקרקע, ובית כנסת בקומה השנייה. הגנים תוכננו זה לצד זה, אופן העמדה היוצר שתי חזיתות הפונות החוצה לכל גן ילדים, אחת צפונית ואחת דרומית, ושטח מעטפת גדול יותר.

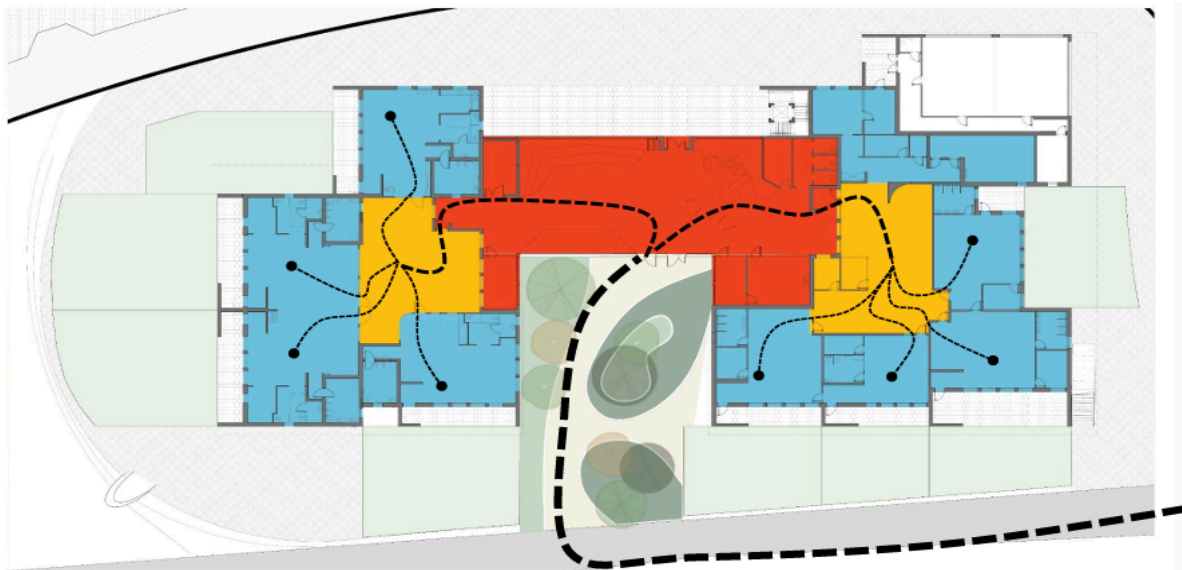
דוגמא א' - סקיצה: העמדת גני ילדים בשורה. תכנון: סטודיו זרתא.



דוגמא ב' מציגה תוכנית לאשכול של שמונה גני ילדים או מעונות יום, ובה יש היררכיה של מיגון. היררכית המיגון נוצרת באמצעות חלל משותף שאינו ממוגן בכניסה לאשכול הגנים (מסומן בסקיצה באדום), וכן מבואה משותפת לכל ארבעה גנים (מסומנת בכתום). המבואה המשותפת מאפשרת ליצור חזית פנימית אחת שקופה ופתוחה, ובה חלונות ופתחים עד הריצפה – ללא דרישת זיגוג בליסטי (ראו בדוגמא ב' - תמונה).

יתרון ההיררכיה בדוגמא ב': חלל המבואה, שאינו ממוגן, מאפשר טווח של חללים לשימוש הגן הבודד ולחיבור בין מספר גנים בפעילויות משותפות ובמפגש בזמני שגרה (כשאינן "טפטופים"). בנוסף עיצוב המבואה מאפשר לראות החוצה מתוך המבנה, זאת מתוך הכרה באופי המסוגר של מבני החינוך הממוגנים.

דוגמא ב' - סקיצה: היררכיית מיגון בגני ילדים - מבואה משותפת (מסומנת באדום). תכנון: סטודיו זרתא.



■ אזור לא מוגן - מבואה ראשית
■ אזור מוגן - מבואה לכיתות
■ אזור מוגן - כיתות

דוגמא ב' - תמונה: חזית המבואה המשותפת לאשכול הגנים. תכנון: סטודיו זרתא.



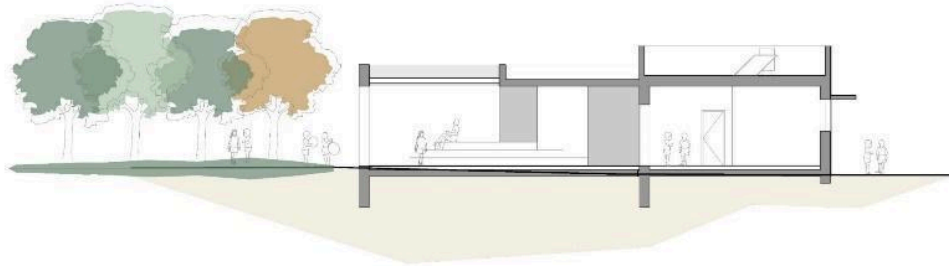
דוגמא ג': הוספת שטחים מקורים בבטון בקומת הקרקע, המהווים גשר בין האגפים בקומה העליונה, יצרה היררכיית מיגון בבית ספר "ראשית" בשדרות. גשר הבטון יוצר אזור מוצל, המאפשר לימוד חוץ ומשחק בימים חמים, וכן אזור סמי-ממוגן המספק שכבת בטחון ראשונית בעת התכנסות מהירה של כמות ילדים גדולה אל עבר המבנים הממוגנים.

דוגמא ג' - תמונה 1 ו-2: היררכיית מיגון בית ספר "ראשית" בשדרות, גשר בין אגפים המקנה צל ומיגון. תכנון: סטודיו זרתא.



דוגמא ד': הוספת שטח ממוגן מקורה בכניסה למבנה חינוך בלתי פורמלי בנחל עוז, יצר היררכית מיגון שאיפשרה לייצר במבנה פתחים נמוכים (מתחת לגובה 130 UK), המאפשרים קשר עין של הילדים החוצה. בנוסף השטח המקורה בכניסה נותן מענה מיגוני ראשוני בדרך אל המבנה הממוגן עצמו.

דוגמא ד' - סקיצה: היררכיית במבנה חינוך בלתי פורמלי בנחל עוז - שטח ממוגן בכניסה. תכנון: סטודיו זרתא.



דוגמא ד' - תמונה: היררכיית במבנה חינוך בלתי פורמלי בנחל עוז - שטח ממוגן בכניסה. תכנון: סטודיו זרתא.



4.2. המבואה כמרחב מעבר

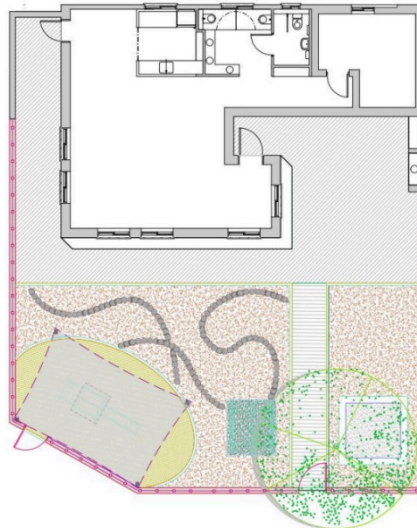
השאיפה לייצר התנהלות יום יומית נורמלית ונכונה פדגוגית, בתוך מציאות של איום מתמשך, העלתה מהשטח בקשה לתוספת חללים, שהם שטחים מקורים "סמי ממוגנים". שטחים אלו נותנים מענה לפעילות שלא בתוך הגן המוגן והסגור באופיו, אך מספקים הגנה בעת איום מיידי.

דוגמא ה' מציגה תכנון שיושם במספר מבני חינוך בקיבוצים במ.א. שער הנגב, בהם שטח המבואה המקורה הוגדל על מנת לאפשר לילדים פעילות חוץ באזור בו הילדים מצד אחד לא חשופים באופן מלא במקרה ויש התרעה, ומצד שני לא נמצאים בתוך הגן ממנו אין להם מבט אל החוץ דרך החלונות (כיוון שהחלונות הם בגובה המותר של 130 ס"מ, והילדים כמובן נמוכים ממנו). בנוסף, כפי שהודגם לעיל, המבואה נותנת מענה הדרגתי כאשר עוברים מהחצר אל הגן הממוגן בזמנים בהם יש להכניס את כל הילדים בבת אחת לתוך המבנה.

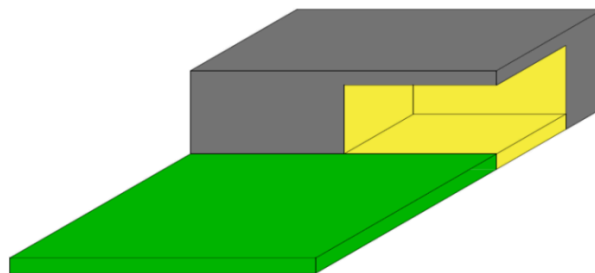
דוגמא ה' - תמונה: מבואה מקורה לגן ילדים. תכנון: סטודיו זרתא.



דוגמא ה' - סקיצה: מבואה מקורה לגן ילדים. תכנון: סטודיו זרתא.



דוגמא ה' - סכמה תלת ממדית: מבואה מקורה לגן ילדים. תכנון: סטודיו זרתא.



סכמה תלת ממדית

4.3 פתיחות פנימה

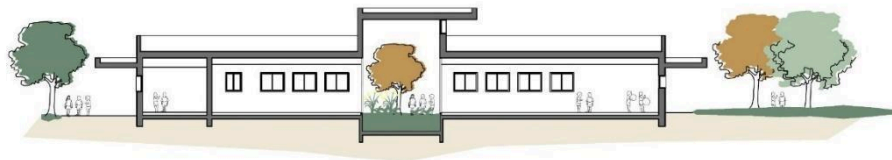
על מנת לעדן את הסגירות הרבה שנוצרת במבני חינוך הממוגנים על פי תקנות פקע"ר, ניתן לשלב חזיתות פנימיות, שנותנות את התחושה של הפתיחות על אף שהיא כלפי פנים.

דוגמא ו', תמונה 1 ו-2: חדר מורים וחלל לימוד בבית ספר בו שולבו מבטים כלפי פנים, "כפיצוי" על המבט המוגבל החוצה. תכנון: סטודיו זרתא.



דוגמא ז': תוספת פטיו פנימי בין שני גני ילדים בקיבוץ נחל עוז, המהווה את הכניסה לגן, נותנת לילדים מרחב משחק נוסף ותחושה של חוץ. בנוסף, הפאטיו מייצר מרחב נוסף שיאפשר לצוותים לעבוד עם קבוצות קטנות לפי הצורך.

דוגמא ז' סקיצה 1: גן ילדים עם פאטיו פנימי כמבואה. תכנון: סטודיו זרתא.



דוגמא ז' סקיצה 2: גן ילדים עם פאטיו פנימי כמבואה. תכנון: סטודיו זרתא.



דוגמא ז' סקיצה 3: גן ילדים עם פאטיו פנימי כמבואה. תכנון: סטודיו זרתא.



דוגמא ז' הדמיה 1: גן ילדים עם פאטיו פנימי כמבואה. תכנון: סטודיו זרתא.

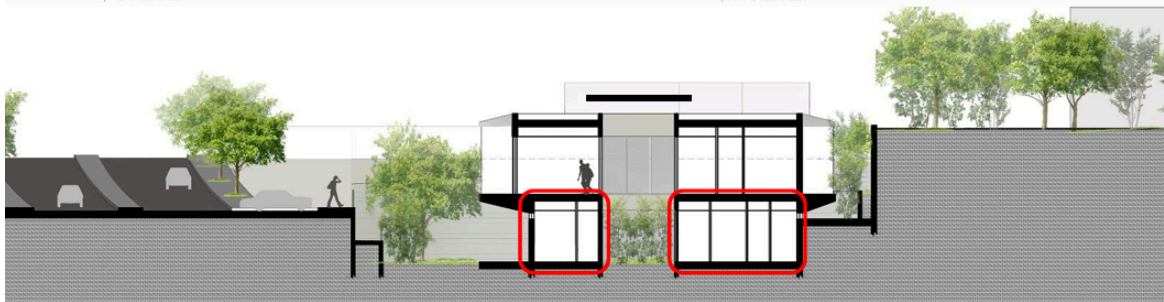
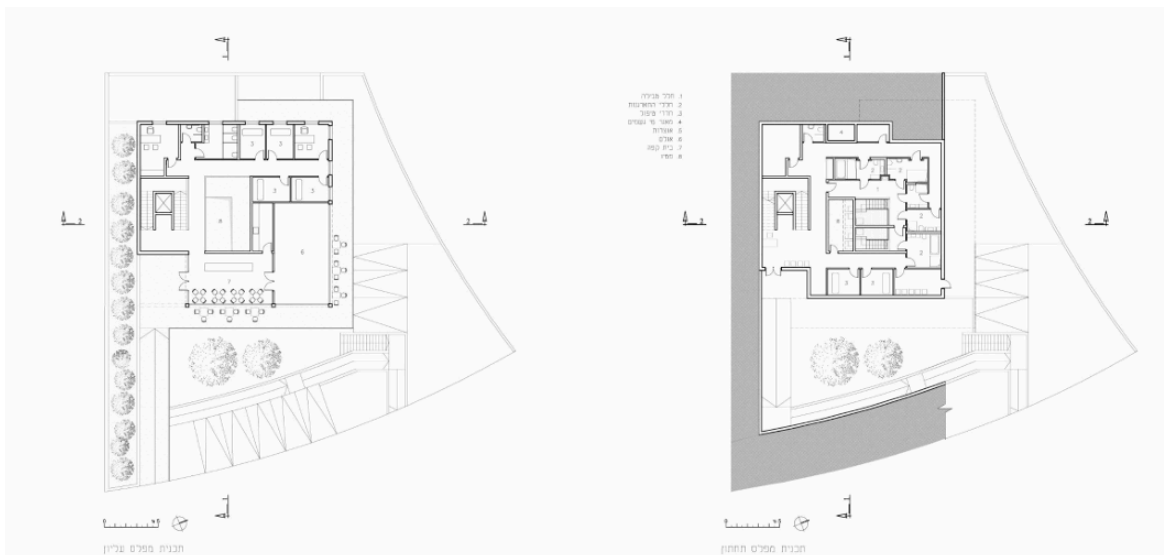


4.4 עידון השפה האדריכלית החיצונית הממוגנת

דרישות פקע"ר מחייבות אלמנטים המשפיעים מאוד על נראות המבנה, כגון מיצחיות בולטות (לעיתים עד 2.5 מטרים). במבנים רב-תכליתיים, על מנת לעדן את נראות המבנים ולשפר את הקשר לסביבה, ניתן להשתמש בשתי אסטרטגיות משלימות: מיקום המבנים הדורשים את המיגון המלא בקרקע, ואילו מבני ציבור שיש לגביהם גמישות יותר גדולה בקומה העליונה, ובנוסף תכנון של הקומה השניה על גבי המצחיות של קומת הקרקע. באופן זה נוצרת הבלטה ביחס לקומת הקרקע, המטמיעה את המצחיה בבינוי.

דוגמא ח' - מציגה מבנה רב תכליתי, ובו מקווה ומרכז העצמה נשי בשדרות. בקומת הקרקע נמצאים החללים עם דרישות המיגון המקסימליות, ואילו הקומה השניה מעדנת את השפה החיצונית, כיוון ששהפרוגרמה שלה פחות מחוייבת למיגון פורמאלי וניתן לעשות בה התאמות.

דוגמא ח' - סקיצה: עידון השפה האדריכלית החיצונית הממוגנת במבנה רב תכליתי.
תכנון: סטודיו זרתא.



דוגמא ח' - תמונה: עידון השפה האדריכלית החיצונית הממוגנת במבנה רב תכליתי.
תכנון: סטודיו זרתא.

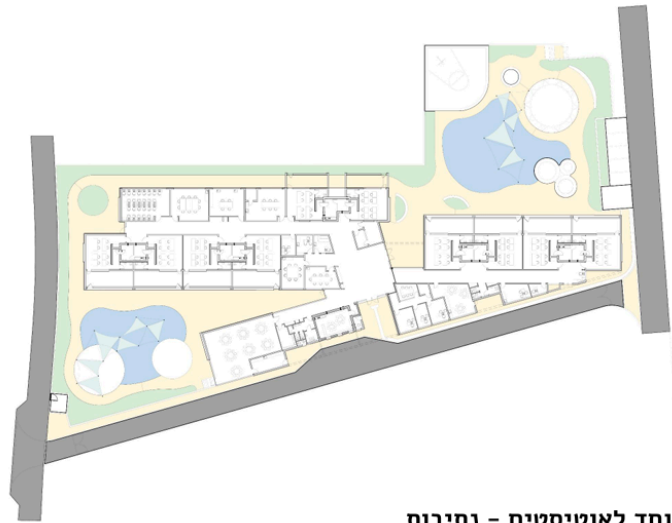


4.5 חשיבה על הממ"מ

כפי שצויין לעיל, מיקום הממ"מ מכתוב דרישות נוקשות על התכנון המרחבי של המבנה. על מנת למצות את השימוש במרחב זה, בגני ילדים ניתן למקם את הממ"מ כחלק מכיתת הגן, ובבתי ספר לחבר את הממ"מים לכדי מבנה בעל שימוש כפול כגון כיתות טכנולוגיה וכדומה.

דוגמא ט': בית ספר לילדים על הרצף האוטיסטי בנתיבות, אינו נדרש במיגון מלא לפי הגדרות פקע"ר למוסדות חינוך, אך בשל הקירבה היחסית לגבול וצרכי התלמידים, הממ"מ מוקמו בכל כיתה וכיתה. תכנון זה מבטיח מרחק הגעה קצר עבור התלמידים, ובנוסף מיצר חדר מנוחה והכלה לצרכי הילדים בכיתה.

דוגמא ט' סקיצה 1: תכנון בבית ספר לילדים על הרצף האוטיסטי בנתיבות. תכנון: סטודיו זרתא.



בית ספר חינוך מיוחד לאוטיסטים - נתיבות

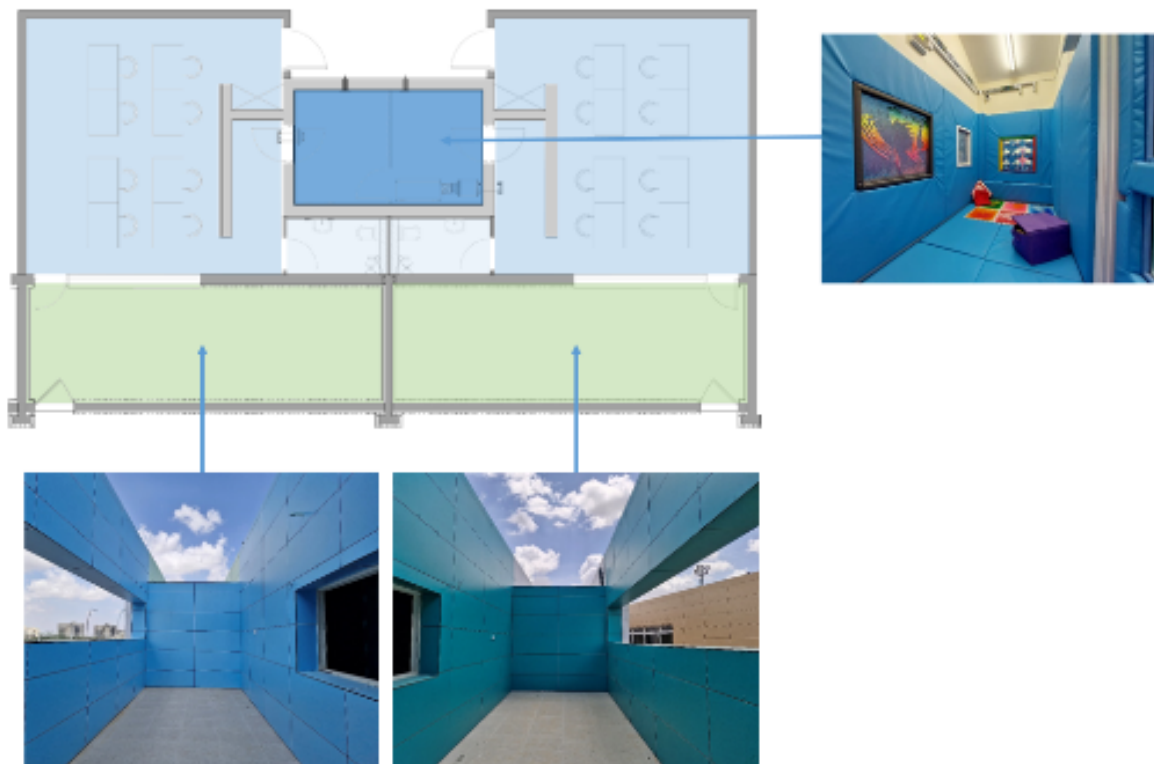
דוגמא ט' סקיצה 2: מיקום ממ"מ בכל כיתה, בבית ספר לילדים על הרצף האוטיסטי בנתיבות. תכנון: סטודיו זרתא.



דוגמא ט' תמונה 1: ממ"מ צמוד לכל כיתת לימוד, בבית ספר לילדים על הרצף האוטיסטי בנתיבות. תכנון: סטודיו זרתא.



דוגמא ט' תמונה 2: עיצוב הממ"מ והמרחבים הפתוחים בצמוד לכל כיתת לימוד, בבית ספר לילדים על הרצף האוטיסטי בנתיבות. תכנון: סטודיו זרתא.

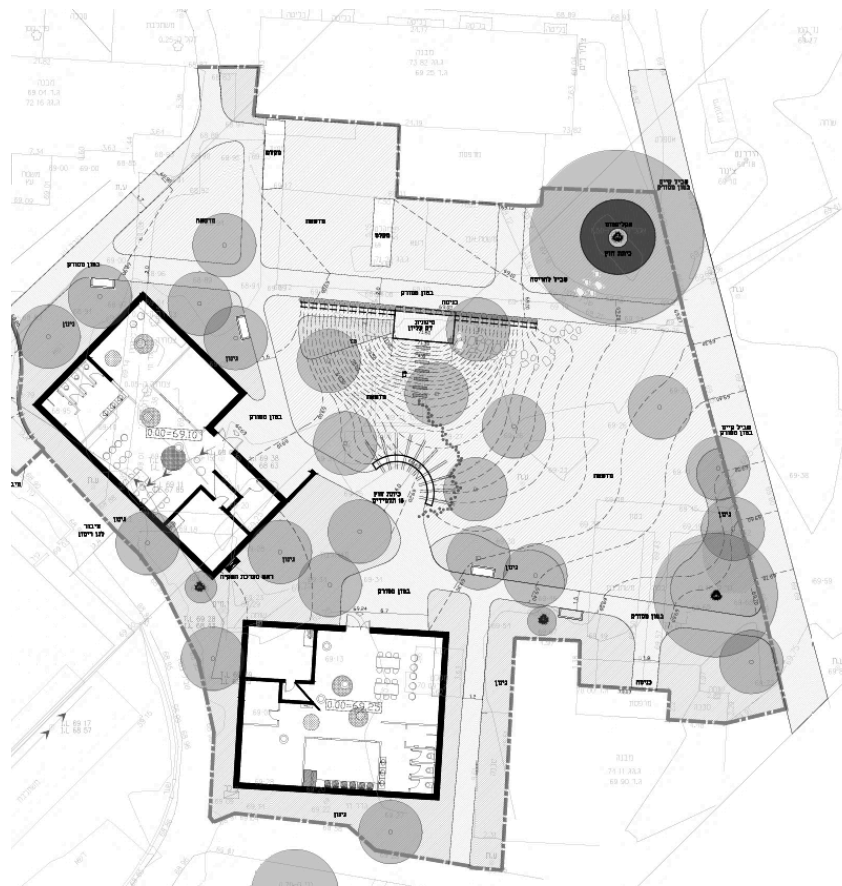


4.6 פיתוח חוץ, ומיגון המשרת את המרחב הציבורי

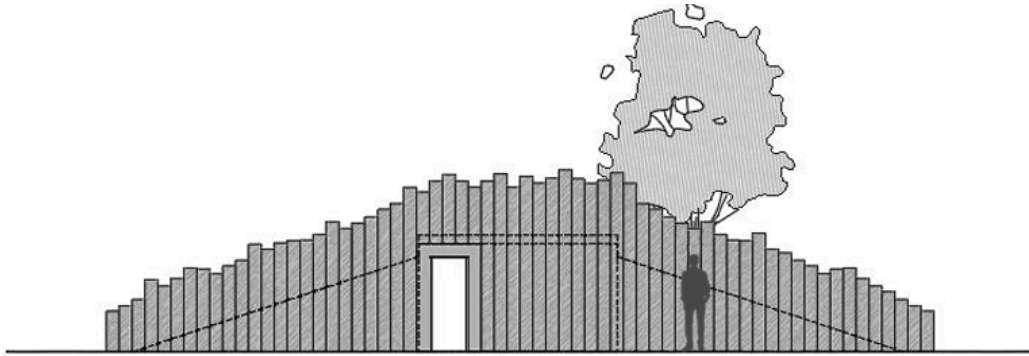
הקשר למרחב הציבורי הינו חלק בלתי נפרד מתפיסת הבניה הירוקה. אולם, צרכי הביטחון בישובי העוטף הביאו לאורך השנים להוספה הדרגתית של עוד ועוד מיגוניות במרחב הציבורי, ללא תכנון מראש וללא חשיבה נופית, דבר היוצר השפעה מצטברת משמעותית על המרחב הציבורי כולו. כמענה לכך, סטודיו זרתא בשיתוף עם "תאו סטודיו" פיתחו רעיון של הטמעת מיגוניות חיצוניות בתוך "גבעת דשא".

דוגמא י' מציגה מיקום המיגוניות מראש כחלק ממרחב בלתי פורמאלי של החינוך בקיבוץ נחל עוז וגם שילוב של הטופוגרפיה בהטמעה מצד אחד ויצירת אמפי ומשטח משחקי לילדים מצד שני.

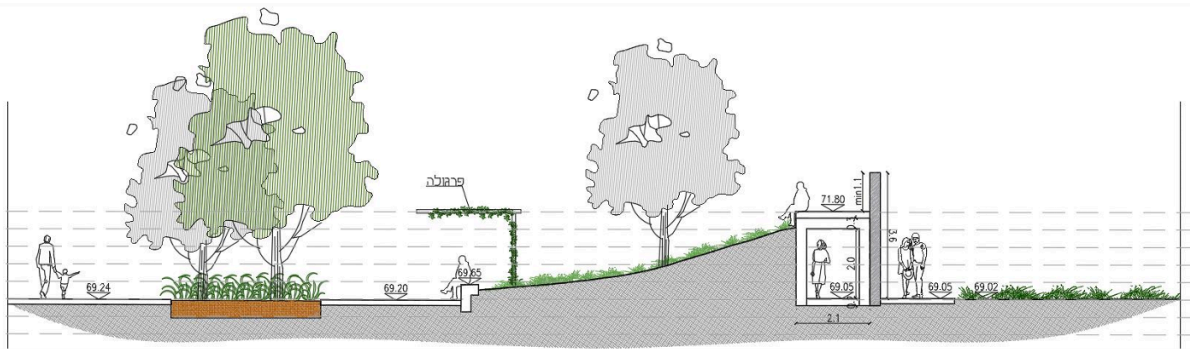
דוגמא י' סקיצה 1: שילוב מיגוניות בתכנון מרחב חינוך בלתי פורמלי בקיבוץ נחל עוז, כמענה למיגון במרחב הציבורי תכנון: סטודיו זרתא ותאו סטודיו.



דוגמא י' סקיצה 2: שילוב מיגונית בתכנון מרחב חינוך בלתי פורמלי בקיבוץ נחל עוז, כמענה למיגון במרחב הציבורי תכנון: סטודיו זרתא ותאו סטודיו.



דוגמא י' סקיצה 3: שילוב מיגונית בתכנון מרחב חינוך בלתי פורמלי בקיבוץ נחל עוז, כמענה למיגון במרחב הציבורי תכנון: סטודיו זרתא ותאו סטודיו.



4.7 עקרונות מארגנים לשילוב דרישות מיגון בבנינים מועלים

הדוגמאות שהוצגו מלמדות כי גישור על הקונפליקטים בין דרישות המיגון לבין בנייה ירוקה אפשרי, אך מחייב חשיבה מוקדמת ומכוונת. להלן כמה הבטים ועקרונות מארגנים שעלו מהניסיון התכנוני של סטודיו זרתא:

1. יש להתייחס לצורך המיגוני בתכנון כבר מהשלב הראשוני ביותר של התכנון, כיוון שזהו המרכיב המגביל ביותר, ולכן המשמעותי ביותר בתכנון, המכתיב הבטים אחרים כגון העמדת המבנה.
2. רצוי להתייחס למיגון כתשתית, ולא כתוספת, שאפשר לשלב אותה ולייצר לה שימושים נוספים.
3. דרישות המיגון של פקע"ר הן תנאי סף, אך לא בהכרח משקפות את הצרכים המלאים. לכן, חשוב לשמוע ישירות מהשטח את הצרכים הנוגעים לאופי השימוש הצפוי במבנה, ללמוד את אופי ההתנהלות היום-יומית במציאות המורכבת, מתוך ניסיונם וחוויותיהם של המשתמשים השונים, ובהתאם לכך להוסיף או לדייק הבטים נוספים במיגון.
4. תכנון מבנה ראוי שיקח בחשבון גם את צרכי המיגון במרחב הציבורי שסביבו, ויתן להם מענה המאפשר נגישות ללא צורך להכנס למבנה עצמו (כגון מיגונית חיצונית המשתלבת עם הסביבה בצורה טבעית ככל הניתן).

5. תכנון מוטה חוסן מחייב שיתוף כבר בשלב התב"ע של בעלי מקצוע מתחומים שונים, ובכלל זה אדריכלי נוף, מהנדסים, ומי שמכיר את הדרישות הביטחוניות העתידיות, גם באלמנטים של מיגון.
6. מבנים ממוגנים דורשים שטח פיסי גדול יותר (עקב דרישות כגון עובי הקירות, מיצחיות מעל חלונות ועוד). יש להתחשב בכך בעת הקצאת השטח למבנה בשלבי התכנון השונים.
7. מיגון הוא בחזקת "ניהול סיכונים" ואינו מדע מדויק. הדרישות משתנות בהתמדה, לעיתים בקצב גבוה מתהליכי התכנון. לכן, חשוב לעמוד בקשר עם משרד הביטחון על מנת להבין דרישות עתידיות ולשלבן בתכנון תב"ע, תוכניות בינוי ומבנים.

5. מבני חוסן משולש - אתגרים וצעדים ליטום ברשויות

מבני ציבור, ובראשם מוסדות חינוך, יכולים וצריכים לספק לקהילות אותן הם משרתים לא רק חוסן בפני סוגים שונים של מצבי חירום ואירועי קיצון, אלא גם תועלות מרובות בימי שגרה. הניתוח שהוצג כאן מראה שחשיבה על מכלול התפקוד של המבנה עשויה להעלות את האפקטיביות של המבנה גם בכל אחד מתחומי החוסן הנפרדים להם הוא נדרש. כך לדוגמא, פתרונות הצללה צמודים למבנה, יתנו מענה לארועי אקלים קיצוניים, ובמידה ונבנים מחומרים מתאימים הם יצרו במקביל מרחב שהיה ופעילות בטוח עבור התלמידים בתקופות של מתיחות בטחונת.

הפרקים הקודמים מיפו את הקונפליקטים בין הדרישות השונות, ובראשן דרישות מיגון ודרישות הבניה הירוקה (כגישה רחבה המתיחסת למרכיבי חוסן שונים), ופתרונות אדריכליים אפשריים. הפרק הנוכחי עוסק בשאלה המעשית: מה נדרש כדי שרשויות יוכלו ליישם חשיבה זו הלכה למעשה? התשובה מורכבת – כי האתגרים אינם רק תכנוניים, אלא גם רגולטוריים, תקציביים, ומשתנים בהתאם למאפייני הרשות ואוכלוסייתה.

5.1 צורך בהתאמת בינוי קיים

פערי המיגון ברשויות המקומיות הינם גדולים³⁰. הרשויות המקומיות נדרשות בהכנת תוכנית בהתאם ל"מנחה להכנת תוכנית מיגון רשותית" שפרסם פקע"ר במרץ 2010, אך דו"ח מבקר המדינה מצביע על פערים גדולים ביטום דרישה זו. בכלל הארץ, דרישות המיגון מ-2024 מחייבות שילוב ממ"מ פנימי בתוך המבנה בבניה חדשה, כפי שתואר לעיל, או כהשלמת מיגון במסגרת תוספת בניה למבנה קיים, אך אינן מחייבות מבנים קיימים.

בעוד הפער הבטחוני, גם אם גדול, מקבל תשומת לב, הפערים הנוגעים למרכיבי חוסן אחרים נוכחים הרבה פחות בשיח - ודווקא הם יכולים לקבל מענה בקלות רבה יותר באמצעות התאמת בינוי קיים. אמצעים כמו תוספת מערכות חוסן באנרגיה, שיפור בידוד של המבנה ותוספת הצללה חיצונית, למשל על ידי נטיעות עצים, יכולים להעלות את רמת החוסן של מבני ציבור³¹.

³⁰ "מיגון ומקלוט ברשויות המקומיות", דו"ח מבקר המדינה, ינואר 2026.

³¹ "מדריך להכנת תוכנית פעולה מקומית להיערכות לשינוי אקלים ואנרגיה מקיימת", המשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה ומשרד הפנים, ינואר 2022.

מקרה מיוחד הם ישובי עוטף עזה: דרישות פקע"ר משנת 2022 מחייבות בניית מבנים חדשים על מנת לעמוד בהן. מבנה קיים, גם אם עבר שיפורי מיגון לאורך השנים, אינו יכול לעמוד בדרישות המחמירות. המשמעות המעשית היא שישובי העוטף מחזיקים מלאי גדול של מבני חינוך שיצאו מכלל שימוש ככאלו עם כניסת הדרישות לתוקף, על אף שהושקעו בהם משאבים רבים במיגון ושעמדו בתקנים של זמנם. בצד האתגרים הכלכליים של בניו חדש, והציפוף שנדרש לעיתים באזורי מבני חינוך לשם בנייה חדשה, יש כאן הזדמנות לבניה טובה יותר המשקללת מגוון הבטים.

עם זאת, אותם מבנים שאינם עומדים בתקנים המחמירים למבני חינוך, עשויים לשמש לטובת פונקציות ציבוריות חדשות. דוגמא לכך היא בי"ס רימון בשדרות, מבנה בו נעשו שיפורי מיגון רבים לאורך השנים, ולאחר שלא יכול לשמש יותר כמוסד לימוד של משרד החינוך, עבר לשמש את שלוחת שדרות של "בית ספר רימון למוסיקה".

בתמונה: שלוחת בית ספר רימון למוזיקה בשדרות. צילום: סטודיו זרתא.



5.2 צמצום פערי חוסן בין רשויות

פערי המיגון בישראל אינם נחלקים באופן שווה. דו"ח מבקר המדינה מ-2026 שבדק את המיגון בשורת רשויות, מצביע על פערים חריפים: 66% מהתלמידים בבענה אינם ממוגנים, לעומת 11% באשקלון. יתרה מכך, רק 0.3% מהמקלטים הציבוריים בישראל נמצאים ביישובים ערביים, ואחוז המיגון בבתי הפרטיים הינו נמוך – נתון המדגיש את הצורך האקוטי במבני ציבור ממוגנים ביישובים אלה. האוכלוסיות באותן רשויות הינן פגיעות יותר גם למצבי קיצון אקלימיים, מפאת הדירוג החברתי-כלכלי שלהן - 84% מהרשויות הערביות משתייכות לאשכולות סוציו-אקונומיים 1-4, ותשתיות החשמל בהן נוטות להיות רעועות עם חיבורי חשמל רבים שאינם מוסדרים.³²

³² "אנרגיה סולארית בחברה הערבית בישראל" סיכוי אופוק, 2024

במצב זה, מבני הציבור הקיימים – ובראשם מוסדות חינוך – הם לעיתים ההגנה הציבורית היחידה הזמינה לחלקים גדולים באוכלוסייה בפני מצבי החירום השונים. יודגש כי המענה הדחוף הוא הגדלת היקף המיגון, אך כאשר מתכננים או משדרגים מבני ציבור נכון לעשות זאת מתוך תפיסה רחבה יותר של חוסן. לכן, יש לגבש מדיניות ברורה להשלמת פערי מיגון במבני ציבור, תוך מתן מענה לאתגרי אקלים ואנרגיה.

בעת עיצוב המדיניות יש לתת את הדעת על כך כי ביישובים ערביים רבים, מבני דת כגון מסגדים וכנסיות, מפוזרים טוב יותר בין השכונות מאשר מוסדות החינוך. לאור זאת, יש לבחון האם מיגון מבנים אלה יכול להוות מענה משלים לפערי המיגון בבתי המגורים, ולשקול תקצוב ייעודי לכך במסגרת התוכניות הממשלתיות.

5.3. השלמת פערי עלויות

תכנון מוטה חוסן משולש מחייב השקעה נוספת בשלושה תחומים:

מיגון: עלויות המיגון המחמיר, הכולל שימוש נרחב בבטון מזוין בעוביים גדולים, חלונות ודלתות מיוחדים, ומערכות איטום וסינון מורכבות, מגדילות באופן משמעותי את עלויות החומרים, העבודה וזמני הבנייה, ולכן מייקרות את הבנייה. משרד החינוך מגדיל את מקדם היחס ברוטו-נטו בתקצוב הבניה של מבנים ממוגנים, אך פיצוי זה אינו מכסה את מלוא הפער, ובדרך כלל התקצוב מיועד לשיפורי המיגון ולא מאפשר שיפור של האיכות האדריכלית. תוספות מיגון שנועדו לענות על צרכים חינוכיים-פדגוגיים, כפי שהודגמו בפרק 4, כרוכות בעלויות נוספות. בדוגמאות שהוצגו, תוספות אלו מומנו על ידי הרשויות המקומיות בהתאם ליכולתן ונכונותן. לדעתנו יש לשקול בחיוב גיבוש של סל פתרונות משלימים, ותקצוב מתאים למימושן.

בנייה ירוקה: בנייה ירוקה ברמת המינימום הנדרשת כיום ממבני חינוך (40 נקודות) כמעט ולא דורשת תוספות על הבניה הסטנדרטית. אולם, ניתן להשיג שיפורים משמעותיים בהרבה בתוספת עלות זניחה, כיוון שמרכיב מרכזי באיכות המבנה הוא תכנון טוב ולא דווקא חומרים יקרים. עם זאת, השגת ביצועים גבוהים במיוחד, בתחומים כמו בידוד, איורור או פיתוח נופי, ובפרט שילובם עם דרישות מיגון, דורשת תוספת תקציב ממשית. המשרד להגנת הסביבה מעניק במקרים מסוימים תוספת של 5% לבנייה ירוקה, אך תקצוב זה מגיע באיחור ביחס לשלב התכנון ואינו עונה על הצורך בשטח.

חוסן אנרגטי: בניה חדשה מחוייבת כיום בהקמת מערכת סולארית על גג המבנה, והקמת מערכות סולאריות על גגות מבנים קיימים הינה כלכלית³³. גם לשילוב מערכות אגירה יש מודלים כלכליים יציבים יחסית. אולם, הפיכת המבנה ל"אי אנרגטי", היכול לפעול במנותק מרשת החשמל הארצית, מחייבת תוספת מערכות ניהול ומיתוג אנרגיה, שאין להן החזר השקעה ישיר. כיום, התמיכה הממשלתית לטובת חוסן אנרגטי בחירום מופנית לגנרטורים – פתרון שאינו מתיישב עם חשיבת חוסן רחבה. ראוי לשקול הסטת תמיכה זו למערכות אגירה ו-EMS, שמשרתות גם את השגרה וגם את החירום.

עלויות תפעול ואחזקה: תחשיב עלויות מלא של מבני החוסן חייב לכלול גם את עלויות התפעול והתחזוקה לאורך שנות קיומו. מבנה מבודד ומתוכנן היטב חוסך בעלויות האנרגיה לאורך עשרות שנים, ומפחית את הצורך בתחזוקה שוטפת. מערכות אנרגיה מתחדשת מאפסות את חשבון החשמל ואף

³³ נכון לאסדרות הנמצאות בתוקף עד לסוף שנת 2026

מייצרות הכנסה שוטפת. אך החשוב מכך הוא תחשיב עלויות אי-הביצוע: אבדן ימי לימוד ועבודה בשל אירועי קיצון, פינוי תלמידים ממוסדות שאינם ממוגנים, נזקי גוף ונפש, ועלויות שיקום. עלויות אלו, שאינן מופיעות בתקציב הבנייה, צריכות להוות תמריץ מרכזי להשקעה מוקדמת.

נדרש לגבש מתווים ברורים לקידום הבטיחוסן הללו, וליצר ערוצי תיקצוב ממשלתיים מתאימים. יש להדגיש, כי הוראות הנובעות מגורמים ממשלתיים, ובהם פקע"ר, משרד החינוך, משרד האנרגיה, חייבות להיות מגובות במקור תקציבי ליישומן. העלויות אינן יכולות להיות מושגות על הרשויות המקומיות, דבר שצפוי להעמיק עוד יותר את אי-השוויון הקיים, ותשאיר את הרשויות המוחלשות ביותר, שהן גם אלו שהצורך בהן גדול ביותר, ללא מענה.

6. סיכום: פעם אחת, לבנות נכון - בפעם אחת

תושבי ישראל עומדים כיום בפני מספר איומים בו-זמנית. סבבי הלחימה עם איראן הדגימו כי האיום הביטחוני אינו קיים רק בישובי קו העימות, אלא בכל אזורי הארץ; שינויי האקלים המואצים כפי שהורגשו בגלי החום של קיץ 2025 ואירועי הגשם העוצמתיים חודשים ספורים לאחריהם, מדגישים את הצורך במוכנות אקלימית; משבר האנרגיה עקב המלחמה עם איראן בראשית 2026 במקביל לתחזיות העליה בביקושים, מאירים את הצורך במעבר לאנרגיה מתחדשת ומבוזרת, וליכולת תפקוד אנרגטית עצמאית.

עבודה זו מדגימה כי מבנה ציבור שתוכנן נכון יכול לתת מענה לשלושת האתגרים - בטחוני, אקלימי ואנרגטי, בו-זמנית. מבנה שבשגרה יוצר סביבה טובה ויצרנית לאוכלוסיה שסביבו, ובחירום הוא עוגן ומפלט לקהילה כולה.

האתגרים שבישום רעיון מבני החוסן הרב-תכליתיים בשטח הינם מורכבים. כיום, אנשי התכנון ניצבים בפני מערכות דרישות שפותחו בנפרד, על ידי גורמים שונים, לצרכים שונים – ולא תוכננו לדור יחד. הדוגמאות שהובאו פה מצביעות כי ניתן לגשר על הפערים, אך הגישור מחייב חשיבה מוקדמת, שיתוף גורמים מתחומים שונים, נכונות לחרוג מהסטנדרט, ויכולת להקצות תקציבים מתאימים.

הפערים הגדולים ביותר אינם אדריכליים - הדוגמאות שהובאו מראות כי גישה פרואקטיבית ויצירתית יכולה לגשר לפחות על חלק מהפערים. המענה נדרש בראש ובראשונה מול הפערים הרגולטוריים והתקציביים. הרגולציה נקבעת על ידי גורמים ממשלתיים שונים, שאינם מסונכרנים. החלטות התקצוב מתקבלות בנפרד ולעיתים אף במנותק, כשהרשויות המוחלשות ביותר הן אלו בהם קיים הצורך האקוטי ביותר במענה משולב - אך פעמים רבות אין להן את הידע והמשאבים להניע וליישם פרויקטים כאלו.

קיים צורך דחוף בפיתוח מתודולוגיית תכנון אינטגרטיבית וחדשנית, שתאפשר לגשר על הפערים, ויצירת מנגנונים רגולטוריים ותקציביים שיתמכו בישומה. זוהי משימה מורכבת הדורשת שיתוף פעולה בין מומחי בנייה ירוקה, מהנדסי מיגון, אדריכלים וקובעי מדיניות מכלל הגורמים העוסקים בחוסן על הבטיח השונים.

אנו קוראים לממשלה לאמץ את מרכז החוסן המשולש כיעד מדיניות לאומי, ולגבש לצדו מנגנון תקצוב המותאם לפערי החוסן בין הרשויות.

6.1. המלצות לפעולה

כדי לממש את הפוטנציאל של מבני ציבור כמרכזי חוסן משולש, נדרש מעבר מתכנון המבוסס על דרישות נפרדות, למדיניות לאומית של **תכנון מוטה-חוסן** המשלבת ביטחון, אקלים ואנרגיה כבר בשלבי התכנון הראשונים. לשם כך אנו ממליצים לקדם את הצעדים הבאים:

יצירת מסגרת רגולטורית לתכנון מוטה-חוסן:

1. גיבוש מפרט מאוחד המשלב את דרישות פיקוד העורף, משרד החינוך, משרד האנרגיה והמשרד להגנת הסביבה, שיאפשר מסלול מוסדר ומוכר לתכנון מבני ציבור כמבני חוסן משולש, ומאזן בין צרכי השגרה לדרישות בחירום.
2. הקמת צוות בין-משרדי קבוע (פיקוד העורף, משרד החינוך, משרד האנרגיה והמשרד להגנת הסביבה) לגיבוש ולהטמעת תפיסת התכנון מוטה-החוסן במבני ציבור.
3. עדכון מפרטי פיקוד העורף בכלל הארץ, תוך בחינה מחודשת של דרישות החלונות והאוורור, וכן של היבטים המאפשרים שהייה ממושכת (כגון מקלחות), לשם איזון טוב יותר בין צרכי שגרה וחירום.

שיפור חוסן במבנים קיימים:

4. קביעת מדרג פתרונות לשיפור המיגון והחוסן במבנים קיימים, כגון הוספת מרחבים מוגנים, הצללה או אגירת וניהול אנרגיה, והטמעתם בתוכניות ההיערכות השונות שמקדמת המדינה.
5. פיתוח מודלים תקציביים ורגולטוריים ייעודיים לשיפור החוסן של מבנים קיימים ברשויות מוחלשות, ובפרט ברשויות עם מחסור במבני ציבור, לרבות בחינת מיגון מבני דת (מסגדים וכנסיות) כעוגני חוסן משלימים לאוכלוסייה.

חיזוק החוסן האנרגטי:

6. הסטת התמיכה הממשלתית בחוסן אנרגטי מגנרטורים למערכות מבוססות אנרגיה מתחדשת, ובפרט לרכיבי אגירה וניהול אנרגיה.

תקצוב ותמריצים

7. עיגון תוספת תקציב ממשלתית לבנייה מוטת חוסן משולש, מעבר לתוספת הקיימת לבנייה ירוקה.
8. הוספת פערי החוסן ברשות המקומית כמרכיב בקביעת הקף ההשתתפות הממשלתית בפרוייקטים של בינוי רשותי ופרוייקטים המיועדים להעלאת החוסן על מרכיביו השונים, כך שכלל שהפערים גדולים יותר כך תגדל התמיכה הממשלתית.
9. יצירת ערוץ תקציבי לשיפור החוסן במבנים קיימים כולל הבטי מיגון, איקלום ועצמאות אנרגטית, וזאת באופן יחסי לפערי החוסן ברשות.
10. הכללת עלויות תחזוקה ארוכות טווח של המבנה ועלויות אי-ביצוע כחלק מתחשיב ההשקעה, ולא רק עלויות הקמה.
11. הכנסת מרכזי החוסן המשולש לערוצי הפעולה בתוכניות ההערכות למשבר האקלים ולמעבר לאנרגיה מקיימת ברשויות, כולל תמיכה ביעוץ לתכנון ותפעול המרכזים.

יישום ברמה הרשותית:

1. הטמעת חובת התייחסות לשילוב שיקולי חוסן משולש בתוכניות המיגון הרשותיות הנדרשות על פי חוק.
2. תכנון מוקדם של מבני ציבור כמרכזי חוסן, כולל פרוגרמה, נהלים, וציוד, כבר משלב התב"ע.
3. בחינת התאמת מבני ציבור ומבני דת קיימים כנקודות עוגן לחוסן קהילתי, בפרט ברשויות ובישובי החברה הערבית.

הטמעה בתכנון האדריכלי:

1. שילוב שיקולי חוסן מהשלב הראשון של התכנון - לא כאילוץ, אלא כמתווה.
2. התייחסות למיגון כתשתית הניתנת לשילוב עם שימושים נוספים.
3. יצירת רשת מקצועית של אדריכלים, מהנדסים ואדריכלי נוף המפתחת ומתאימה מענים של חוסן משולש למתארים שונים ולדרישות משתנות.

מבני ציבור בישראל נבנים אחת לשנים רבות. תכנונם מתוך תפיסה מוטת-חוסן, המשלבת שיקולי חוסן ביטחוני, אקלימי ואנרגטי כבר בשלב התכנון, יאפשר להפיק מן ההשקעה הציבורית ערך רחב יותר, וליצור תשתית קהילתית המסוגלת לשרת את האוכלוסייה הן בשגרה והן בעת משבר.

6.2. צעדים להמשך

- העבודה נועדה להציף את הצורך ולהניע דיון, ומטבע הדברים יש צורך בפיתוח נוסף של הרעיונות המובאים בו. לכן, אנו ממליצים על השלבים הבאים:
1. קיום היועצויות מקצועיות להעלאת הצרכים, לחשיבה על פתרונות ולישום, עם כלל הגורמים הרלוונטים ברמה הארצית והמקומית, ובכלל זה משרדי הממשלה, רשויות מקומיות, ארגוני חברה אזרחית, אקדמיה והמגזר הפרטי.
 2. לערוך עבודה כלכלית המשקללת את כלל העלויות והתועלות ברמה המשקית מהטמעת גישת החוסן המשולש לתכנון ושיפור מבני ציבור.
 3. לתקצב תכנון, הקמה וליווי התפעול של חמישה מבני חוסן משולש ברשויות פריפריאליות עם אוכלוסיות בעלות מאפיינים שונים, והנמצאות באזורי אקלים שונים. זאת במטרה לספק נתונים אודות אתגרים בתכנון ובהקמה של המבנים והעלויות הנדרשות לכך, וכן העלויות והתועלות של מבנים אלו לאורך זמן.

נספח א': השוואת דרישות מיגון למוסדות חינוך

מבוא והקשר רגולטורי

הטבלה שלהלן מציבה את הפערים ההנדסיים והרגולטוריים בין שני המפרטים העדכניים של פיקוד העורף (פקע"ר) לתכנון מוסדות חינוך:

1. [מפרט לתכנון מוסדות חינוך ממוגנים בעוטף עזה](#), פקע"ר, יולי 2022: מיועד ליישובים קדמיים בעוטף עזה (בתי ספר וגנים רשמיים). **להלן: עוטף עזה (2022).**
2. [מפרט למיגון מוסדות חינוך ומוסדות להכשרה גבוהה](#) - פקע"ר, אוגוסט 2024: מפרט רחב המאגד הנחיות למוסדות חינוך, מעונות יום ומוסדות להשכלה גבוהה בכלל הארץ. **להלן: כלל הארץ (2024).**

שני המסמכים יונקים את סמכותם מתקנות ההתגוננות האזרחית (מפרטים לבניית מקלטים), התש"ן-1990. יודגש כי בכל מקרה של סתירה בין המפרטים לתקנות, הוראות התקנות הן הקובעות. המפרטים מהווים הנחיות משלימות (אחודה) שנועדו ליצור ודאות תכנונית מול הרשות המוסמכת.

פרמטר	מפרט עוטף עזה (2022)	מפרט כלל הארץ (2024)
האזור הממוגן	המבנה כולו	מרחב מוגן בתוך מבנה החינוך
עובי קיר חיצוני	40 ס"מ (מאויים) / 30 ס"מ (עורפי)	40 ס"מ (במידה ויש יותר מ-2 קירות חיצוניים)
עובי תקרה	40 ס"מ (בטון מקשי בלבד)	30-40 ס"מ (לפי תכן "מגדל מוגן" וחישוב סטטי)
סוג חלון	בליסטי קל (סינר 1.3-1.4 מ')	חלון הדף מוסדי / הדף ורסיסים
מיגון כניסה	מבואת בטון (30 ס"מ) + דלת ביטחון	דלת הדף ורסיסים 25 מ"מ (ת"י 4422)
דרישות זיון	רשתות 10/10@#10 (חיצ') / 20/20@#10 (פני')	בהתאם ל"תקנה האחודה" למרחב מוגן מוסדי
אורך חפיפה בפינות	100 ס"מ	60 ס"מ (לפי התקנה האחודה)
שטח מרחב (גן ילדים)	לפי פרוגרמה מקורית	אפשרות להגדלה מ-12 ל-15 מ"ר נטו לכיתה
אלמנטים אסורים	ויטרינות, קירות מסך, גגות תאורה	ללא איסור גורף (בכפוף לעמידה בהדף)

נספח ב' - מושגים מתחום המיגון

- חוק הג"א- חוק ההתגוננות האזרחית, תשי"א-1951
- רשות מוסמכת- ראש הג"א, מפקד הג"א מחוזי או כל אדם שראש הגא הסמיכו בכתב להיות רשות מוסמכת לענין הפרק השלישי לחוק, כולו או מקצתו, או לענין תקנות אלה, כולן או מקצתן.
- מ"מ- מרחב מוגן במוסדות ציבוריים
- מרחב מוגן- מקלט במתכונת מרחב הבנוי בתוך מעטפת המבנה, המיועד להגן על החוסים בו בפני התקפה והמתוכנן על פי הוראות חלק ג'.
- בנייה ירוקה- בנייה ירוקה, בנייה בת קיימה, נועדה ליצור סביבת שהייה בריאה ונוחה מתוך הימנעות ככל האפשר מפגיעה במשאבי טבע מתכלים ובאיכות הסביבה. מטרתה של בנייה מסוג זה לשפר את איכות החיים ואת רווחתם של הדיירים ולצמצם פגיעה בסביבה בעת בנייה ושימוש במבנה.
- תקן 5281- הוא מדריך מקיף המספק כלים להערכה ודירוג של מבנים לפי תרומתם לסביבה ואיכות החיים.
- ת"י 6210 - תקן ישראלי לאוורור ואיכות אוויר נאותה בתוך בניינים שאינם למגורים
- חזית מאויימת – חזית הפונה לכיוון האיום אשר מתאפשרת פגיעה ישירה בה.
- חזית עורפית – חזית אשר אינה חזית מאויימת בפגיעה ישירה.
- חלון בליסטי-קל – חלון עם זיגוג זכוכית, מאושר ע"י פיקוד העורף בעל עמידות להדף ורסס בהתאם לאיום הייחוס.
- פגיעה ישירה- פגיעה קינטית של הרש"ק (ראש קרב) במעטפת המבנה.
- פגיעה צמודה- פגיעה שאינה ישירה ובמרחק של עד 1 מ' ממעטפת המבנה.
- איזור קידמי – תחומי אזורים במדינת ישראל המוגדרים בעלי איום מוגבר וכיוצא בכך בעלי קריטריון מיגון מוגבר גם הוא.
- "ישוב קידמי"- כל ישוב שקבע ראש הג"א מזמן לזמן כישוב קדמי א' או כישוב קדמי ב' או כישוב קדמי ג', ברשימה המופקדת במפקדת ראש הג"א.
- ישוב עורפי- ישוב שאיננו ישוב קדמי
- בטון מזויין – בטון מזויין מסוג ב-30 לפי דרישות ת"י 118
- דלת הדף- דלת גז עמידה בפני הדף חיצוני
- דלת הדף מוסדית- דלת הדף עבור המרחב המוגן הקומתי במבני ציבור.
- דרך גישה- דרך שתחילתה בכניסה למקלט במפלס פני הקרקע הסמוכים וסיומה בכניסה המוגנת, דרך הגישה מהווה חלק בלתי נפרד מהמקלט וצורתה, מהלך מדרגות, פרוזדור או מנהרה.
- מערכת אוורור וסינון- מערכת להספקת אוויר מסונן ואוויר לא מסונן למרחב מוגן, כמפורט בת"י 4570 על כל חלקיו.