

מגגות מוזנחים לגגות מחנכים

יישום גגות ירוקים במבני חינוך בישראל



עריכה:
אביאל ילינק

מחקר וכתיבה:
ד"ר אדריכל נעם אוסטרליץ
ליטל כרמל
יואב אגוזי

מספר המחקר במשרד להגנת הסביבה

124-6-4

שם המוסד והמחלקה המגישים:

המועצה הישראלית לבנייה ירוקה, מחלקת מחקר ופיתוח

כותרת המחקר בעברית:

מגגות מוזנחים לגגות מחנכים: יישום גגות ירוקים במבני חינוך בישראל

כותרת המחקר באנגלית:

Towards the implementation of green roofs on educational buildings in Israel

סוג הדו"ח: מסכם

מחקר וכתובה:

חוקר ראשי: ד"ר אדריכל נועם אוסטרליץ

בית הספר לאדריכלות ע"ש דוד עזריאלי

אוניברסיטת ת"א

ליטל כרמל

המועצה הישראלית לבנייה ירוקה

יואב אגוזי

תלמיד M.A בבית הספר למדיניות סביבתית

ע"ש פורטר

עריכה:

אביאל ילינק

המועצה הישראלית לבנייה ירוקה



מוגש למדען הראשי, המשרד להגנת הסביבה

אוגוסט 2014

רשימת טבלאות

מספר עמוד	שם הטבלה	מספר טבלה
22	סיכום התועלות השונות של הגגות הירוקים על פי סוגי הגגות	טבלה 1
29	המניעים לעידוד הקמתם של גגות ירוקים בערים מובילות בעולם וכלי המדיניות הנבחרים	טבלה 2
49	מבני חינוך בעלי גג ירוק בישראל	טבלה 3
71	טכנולוגית אגרונומיות שנמצאו שימושיות עבור גגות ירוקים	טבלה 4

רשימת איורים

מספר עמוד	שם האיור	מספר איור
38	הגג הירוק בבית הספר Calhoun בניו יורק	איור 1
40	הגג הירוק בגן החיות באדלייד, אוסטרליה	איור 2
42	הגג הירוק בבית הספר Sharrow בשפילד	איור 3
44	הגג הירוק באקדמיה למדעים בסן פרנסיסקו	איור 4
47	הגג הירוק בבית הספר מס' 41 בניו יורק	איור 5
50	הגג הירוק בבית הספר 'אור התורה' בירושלים	איור 6
51	הגג הירוק בבית הספר 'יהלום' בשוהם	איור 7
52	הגג הירוק בכפר הנוער 'מוסינזון' בהוד השרון	איור 8
53	הגג הירוק בבית הספר 'אהוד מנור' בפתח תקווה	איור 9
63	מודל לתיאור הגורמים והתנאים המעודדים הקמתם של גגות ירוקים	איור 10

מילות מפתח

גג ירוק, גג מגונן, בנייה ירוקה, מרחב לימוד חוץ כיתתי, מבני חינוך

תוכן עניינים

4.....	תקציר
4.....	תקציר באנגלית
6.....	הקדמה: אדריכלות מקיימת וביטויה בגגות ירוקים
8.....	מבוא
10.....	חלק ראשון: גגות ירוקים, תועלותיהם וכלי מדיניות לעידוד תפוצתם
10.....	מהו גג ירוק?
10.....	סוגי הגגות הירוקים
11.....	יישום גגות ירוקים באקלים המקומי
14.....	גגות ירוקים בישראל: תמונת מצב
16.....	תועלותיהם של גגות ירוקים
23.....	אמצעי מדיניות ותמריצים לקידום יישום רחב של גגות ירוקים
29.....	תפקידו של השלטון המקומי
31.....	חלק שני: גגות ירוקים במבני חינוך
31.....	הסיבות להתמקדות בגגות ירוקים על מבני חינוך
32.....	מגמות חינוכיות שתומכות בהקמת גגות ירוקים על מבני חינוך
37.....	גגות ירוקים על מבני חינוך: מקרי בוחן מהעולם
48.....	גגות ירוקים על מבני חינוך בישראל
55.....	חלק שלישי: ממצאים ומסקנות מהמחקר
55.....	המאפיינים העיקריים של הגגות הירוקים בישראל
56.....	חסמים להקמת גגות ירוקים במבני חינוך בישראל
58.....	גורמים מעורבים בהיעדר מדיניות
59.....	חלק רביעי: מפנטזיה למציאות בישראל - מנפים לקידום גגות ירוקים לאור ממצאי המחקר
62.....	סיכום: מודל שילוב כוחות להקמת גגות ירוקים בישראל
66.....	רשימת ספרות
71.....	נספח מס' 1: טכנולוגית אגרונומיות שנמצאו שימושיות עבור גגות ירוקים

תקציר

מטרתה של אדריכלות בת קיימא היא יצירת סביבה התורמת לאיכות החיים ומאפשרת קיום מאוזן יותר מהמקובל כיום. במרחב הבנוי הישראלי, הסובל לא אחת מאיכות אויר ירודה, מאיי חום, מכמות מי נגר גדולה ומהפרת שטחים פתוחים לצורכי פיתוח תוך אובדן תפקודיהם האקולוגיים הקודמים, לגגות ירוקים עשויה להיות תרומה משמעותית ליצירת סביבה מאוזנת יותר מבחינה אקולוגית. בנוסף, לגגות הירוקים גם תרומה לאיכות המרחב הציבורי והם יכולים לשמש לצרכי פנאי ולשימוש הקהילה ותושבי השכונה, במיוחד במרחבים עירוניים צפופים המאפיינים אזורים רבים בישראל.

גגות ירוקים הופכים בשנים האחרונות לאלמנט נפוץ בנוף העירוני של ערים רבות בעולם. המחקרים הרבים שנעשים בתחום והניסיון המצטבר, גם בארץ, בכל הקשור לתכנון, לבנייה ולשימוש בגגות בפועל, הביאו להכרה ביתרונותיהם ותועלותיהם המגוונות. יחד עם זאת, על אף התועלות המוכחות, בנייתם של גגות ירוקים בישראל הינה מצומצמת מאד, ומתבצעת לרוב כאלמנט חזותי בפרויקטים בעלי אג'נדה ירוקה.

מטרתו של מחקר זה הינה לבחון מהם החסמים להקמת גגות ירוקים בישראל ולהצביע על התנאים והגורמים שעשויים להביא למימוש נרחב של גגות ירוקים ולהפיכתם לאלמנט עירוני נפוץ המהווה חלק מסביבת היום יום של רבים. מהמחקר עולה כי מבני חינוך הינם המתאימים ביותר למימוש הרעיון באופן נרחב, וזאת לאור כמה מאפיינים המייחדים אותם מסוגי מבנים אחרים. בנוסף, מבני חינוך, מעצם הגדרתם, יכולים לשמש כלי לשינוי ההתנהגות של הדור הבא ולקידום מרחב בנוי מקיים הרבה יותר מכפי שהוא היום. ממצאי המחקר שופכים אור על התנאים שיכולים לעודד הקמתם של גגות ירוקים על מבני חינוך ועל החסמים המקשים על כך, או מביאים להקמת גגות שאינם משרתים את מטרותיהם. המחקר מציע מנפים אפשריים לקידום בנייתם של גגות ירוקים בישראל, ולטובת תכנון ובנייה של גגות ירוקים מוצלחים יותר ובעלי תועלות ושימושים רבים יותר.

תקציר באנגלית

The goal of sustainable architecture is to create built areas that improve quality of life without harming the environment. Some of the relevant issues in Israel include improving air quality, dealing with urban heat islands, dealing with surface runoff, the loss of open space and the need to reduce the impact on the ecological system. In this context, the implementation of green roofs can have meaningful contributions. In addition, green roofs can be great places for leisure and community activities, especially in dense urban areas with limited open spaces.

In recent years, green roofs have become widely spread in cities around the world. The extensive research conducted in this field and the vast practice experience, have brought wide recognition of the different attributes green roofs can have for cities. Nevertheless, the implementation of green roofs in Israeli cities is still very small, and in most cases green roofs are built for the purpose of being visual 'green' elements with limited use or influence on the urban ecology and the community.

The aim of this research, therefore, is to identify the barriers to wide implementation of green roofs in Israel, and to indicate to factors and conditions which may facilitate this. The research concludes that in comparison to other building types, educational buildings are the most suitable for such an implementation due to their distinct characteristics. Therefore, we analyze relevant case studies both in Israel and abroad and propose possible steps and means to promote the implementation of green roofs in educational buildings in Israel.

הקדמה: אדריכלות מקיימת וביטויה בגגות ירוקים

מטרתה של אדריכלות בת קיימא היא יצירת סביבה התורמת לאיכות החיים ומאפשרת קיום מאוזן יותר מהמקובל כיום. אדריכלות מקיימת, כפי שאנו רואים אותה, אינה מיועדת ליחיד סגולה ותפקידה להשפיע על חייהם של ציבורים רחבים. כפי שטוענים דייוויד אור¹ ומקדונה ובראונגרט², אדריכלות כזו יוצרת מרחבים של שפע, כלומר שאין הכוונה ליצירת מבנים המפחיתים נזק בלבד אלא למבנים היוצרים מרחב בריא ויצרני. מהותה של אדריכלות היא יצירת מקום חדש עבור שימושם של בני אדם. באופן בלתי נמנע נדרשת התערבות ושינוי של המרחב, וגריעה מהשטח הטבעי. אדריכלות מקיימת מבקשת שפעולת האדריכלות תוסיף אפשרויות ומשאבים לעולם ביחס הגדול מהמשאבים הנדרשים לשם הקמתו ותפעולו של המבנה.

אור מדגיש במאמרו כי אופן העיצוב של מבנה משפיע על היחסים עם סביבתנו ועם אנשים אחרים, ובהשראתו תשתנה מידת ההקשבה לסביבה, לאחר ולעצמנו. מכאן שמבנים יכולים להשפיע על חייו היומיום באופן אשר עולה על התפקוד הבסיסי שהוגדר בפרוגרמה התכנונית. מבנים יכולים לאפשר לאדם לחוות חוויה חדשה ולהכיר אפשרויות לעולם מקיים יותר, ומאידך הם עלולים לחבל ביכולתו לדמיין חלופה טובה יותר לסביבה בה נרצה לחיות. תוצר חשוב של מבנים והמרחב אותו הם יוצרים הוא לפיכך השפעתם על הדעת האנושית ועל היחסים החברתיים.

מבני חינוך, מעצם הגדרתם, יכולים לשמש כלי לשינוי ההתנהגות של הדור הבא ולקידום מרחב בנוי מקיים הרבה יותר מכפי שהוא היום. במובן זה, קיומם של שטחים נרחבים של גגות בלתי מנוצלים המהווים לעיתים מפגע סביבתי, משפיע, גם אם מבלי דעת, על גופם, תפיסותיהם ונפשם של השוהים במבנה וסביבתו. במציאות הנוכחית שבה קיים מחסור בכיתות לימוד, בשטחי חצר ובאלמנטים טבעיים בבתי הספר, היעדר השימוש בשטח כה גדול וזמין הוא עוול חינוכי, כלכלי וסביבתי כאחד.

בנוסף, במרחב האורבאני הסובל לא אחת מאיכות אוויר ירודה, מאי חום, מכמות מי נגר גדולה ומהפרת שטחים לצורכי פיתוח תוך אובדן תפקודיהם האקולוגיים הקודמים, הגג הירוק מקבל חשיבות גם בהיבט של תכנון המרחב הציבורי. בצפיפות האורבאנית הישראלית והאקלים הים תיכוני החם, לגג הירוק פוטנציאל משמעותי להשפיע לטובה על הקיימות במרחב בכלל. בעולם הולך ומצטופף לא מדובר עוד ב'צדק סביבתי פואטי' או עניין תדמיתי ואסתטי בלבד, אלא באפשרות זמינה ביותר (במיוחד בגגות גדולים במבני חינוך) להוספת שרתי מערכת אקולוגית למרחב האורבאני.

הגג הירוק הינו גג שימושי אשר הופך שטח בעל השפעה שלילית ומראה מוזנח, לאזור תפקודי ואסתטי. מבנים עם גגות ירוקים יכולים בתכנון נכון להפוך למבנים חיים בעלי מערכת טבעית פתוחה.

¹ אור, ד. חינוך לשם מה? מקום למחשבה - מקראה בחשיבה סביבתית והגות סביבתית בת זמננו, מרכז השל, המכון הישראלי לחשיבה ומנהיגות סביבתית, 2001

² McDonough W. and Braungart M. *The Next Industrial Revolution*, *The Atlantic Monthly*, 282 (4), 1998, pp. 82-92

בהינתן בחירת חומרים חכמה ותכנון המערכות באופן מקיים, הגג הירוק יכול להיות אקו-אפקטיבי, כלומר שעיצובו יתרום גם במישור התפקודי וגם יאפשר קיום אקולוגי של משאבים מתחדשים.³ שילוב זה הינו תנאי ליצירת חברה עירונית בריאה ויציבה לאורך זמן.

לבסוף, אנו מבקשים לציין כי הגישה המובילה מחקר זה מתייחסת לתכנון עכשווי של המרחב הבנוי כהזדמנות לשינוי מהותי בהתנהלות הסביבתית לקראת אורח חיים מקיים. מכאן שעל התכנון האדריכלי לעסוק בזיהוי הזדמנויות ליצירת מרחב המותאם לאורח חיים מקיים ולא רק לעסוק במתן פתרונות אד-הוק להפחתת נזקי המבנים. מחקר זה מבסס את הטענה כי יישום גגות ירוקים מהווה כלי חשוב ליצירת מרחב המותאם ואף מעודד את אותו אורח חיים מקיים.

McDonough W. and Braungart M, 1998³

מבוא

גגות ירוקים הופכים בשנים האחרונות לאלמנט נפוץ בנוף העירוני של ערים רבות בעולם. המחקרים הרבים שנעשים בתחום והניסיון המצטבר מהליכי התכנון, הבנייה והשימוש בהם בפועל, הביאו להכרה ביתרונותיהם ותועלתיהם המגוונות. כיום ישנו בסיס מידע רחב בנוגע לתועלות הגגות הירוקים הן עבור הבעלים של המבנה, הן עבור המשתמשים בו והן עבור הציבור. התועלות הנגזרות מהקמת גג ירוק הוכרו כבר על ידי ערים רבות בעולם שאימצו כלי מדיניות ותמריצים כלכליים שמטרתם לעודד, ולעיתים אף לחייב, הקמת גגות ירוקים. יחד עם זאת, על אף התועלות המוכחות, בנייתם של גגות ירוקים בישראל הינה מצומצמת מאד, ומתבצעת לרוב כאלמנט חזותי בפרויקטים בעלי אג'נדה ירוקה. בדרך כלל מדובר בגגות ירוקים קטנים, ממוקמים על מרפסות גג של מבני משרדים, מעל חניונים או על מספר בודד של בתי ספר. הנושא נתפס עדיין בישראל כאזוטרי ומשני, ולעיתים, גם כאשר מופיע גג ירוק בתכנית המקורית, הוא לא זוכה לביצוע.

מטרת המסמך

מטרתו של מחקר זה הינה לבחון מה הם החסמים להקמת גגות ירוקים בישראל ולהצביע על התנאים והמנופים שעשויים להביא למימוש נרחב של גגות ירוקים ולהפיכתם לאלמנט עירוני נפוץ המהווה חלק מסביבת היום יום של רבים. מהמחקר עולה כי מבני חינוך הינם המתאימים ביותר למימוש הרעיון באופן נרחב, וזאת לאור כמה מאפיינים המייחדים אותם מסוגי מבנים אחרים. ממצאי המחקר שופכים אור על התנאים שיכולים לעודד הקמתם של גגות ירוקים על מבני חינוך, ועל החסמים המקשים על כך, או גורמים להקמת גגות שאינם משרתים את מטרותיהם. כמו כן, מוצעים מנופים אפשריים לקידום בנייתם של גגות ירוקים בישראל, ולטובת תכנון ובנייה של גגות ירוקים מוצלחים יותר ושנעשה בהם שימוש רב ומגוון יותר.

מבנה המסמך

המסמך מחולק לארבעה חלקים:

החלק הראשון מהווה רקע למחקר ומפרט מהם גגות ירוקים, מה תועלתיהם ומה כלי המדיניות לעידוד תפוצתם. חלק זה פותח בהסבר מהו גג 'ירוק', אילו סוגי גגות קיימים, ומגיש סיכום של הידע המקצועי והמחקרי הקיים, בדגש על הידע הרלוונטי לאקלים בישראל. לאחר מכן נסקרות התועלות השונות של הגגות הירוקים כפי שהן עולות מהמחקרים הרבים בתחום. התועלות מוצגות על בסיס זיהוי הגורמים הנהנים מהן, וזאת במטרה להדגיש את מגוון הגורמים שעשויים לתרום גם לקידום ולמימון הנושא. בהמשך נסקרים אמצעי מדיניות ותמריצים נפוצים לקידום הנושא בעולם. מהסקירה עולה כי קידום התחום דורש תמיכה ועידוד פעיל מצד המגזר הציבורי, וזאת משום שחלק גדול מהתועלות, כדוגמת שיפור משטר הנגר העירוני, צמצום אי החום העירוני או צמצום פליטות הפחמן של המדינה, אינם חלק ממערך השיקולים של בעל הנכס הנדרש לממן את הקמת הגג.

החלק השני של המחקר עוסק באופן פרטני בגגות ירוקים במבני חינוך. הפרק הפותח חלק זה עוסק בסיבות להתמקדות במבני חינוך והוא בוחן את המאפיינים הייחודיים של מבני החינוך, אשר להערכתנו הופכים אותם למתאימים ביותר למימוש הרעיון באופן נרחב. בהקשר זה נבחנות גם מגמות חינוכיות שתומכות בהקמת גגות ירוקים על מבני חינוך. בהמשך מובאים מקרי בוחן בולטים של גגות ירוקים על מבני חינוך בעולם ובישראל. ניתוח מקרי הבוחן מתמקד בבחינת מאפיינים אדריכליים ואגרונמיים, היבטים תכנוניים, סוגי השימוש בגגות, הפעילויות המתקיימות בהם והתועלות המופקות מהם. כמו כן נבחנו הגורמים העיקריים להקמתם והאם היו תמריצים כלכליים או אחרים. מטרת סקירה זו, בנוסף ללימוד מפרקטיקה קיימת, הינה להסיק לגבי התנאים, השחקנים או המנופים המהווים "גורמי מפתח" לקידום יישום מוצלח של גג ירוק.

החלק השלישי של המחקר מסכם את ממצאי המחקר. אלו כוללים מסקנות לגבי המאפיינים העיקריים של הגגות הירוקים בישראל, הן בהיבט בתכנוני, הן בבחינת טכנולוגית הגינון וההתאמה לאקולוגיה המקומית, והן בבחינת הפעילות בגג. כמו כן, פרק זה מסכם את החסמים המקשים על הקמת גגות ירוקים בישראל: היעדר גורם ניהולי מוסדר האחראי לנושא, היעדר תיאום בין התכנון והבנייה של הגג לבין השימוש בו בפועל, עלות כלכלית גבוהה, חוסר במודעות בקרב המתכננים והמהנדסים, היבטים הקשורים לחיסכון במים, היעדר אחריות סדורה בנושאי תפעול ותחזוקה, היעדר מודעות לתועלת החינוכית והיעדר רצון לשינוי.

החלק הרביעי והאחרון בעבודה מפרט את הגורמים והתנאים שמעודדים הקמתו של גג ירוק והמנופים הנדרשים לקידום נושא זה בישראל. מהמחקר עולים בבירור שישה גורמים או תנאים המאפשרים ואף מעודדים הקמתו של גג ירוק: רשות מקומית בעלת אג'נדה ירוקה, קיומו של גורם תומך בתוך הרשות המקומית, מעורבותו של 'משוגע לדבר', היכולת להשיג מימון ממקורות משתנים בהתאם לנסיבות, שיתוף צוות בית הספר, ההורים והתלמידים, ושיתוף של מומחים ואנשי מקצוע בתחום. להערכתנו, ששת הגורמים הללו מהווים יחדיו מודל לתכנון, להקמה ולתחזוקה מוצלחת של גג ירוק לאורך זמן. המנופים לקידום הנושא בישראל כוללים: עידוד של הרשות המקומית, הכרה של משרד החינוך, מעבר משיח 'טכני' לשיח העוסק בשימושים, הפעלת תמריצים וכלי מדיניות מתאימים ברמה הלאומית וברמה המקומית, הכשרה מקצועית והפצת הידע, שיתוף גורמים מגוונים, תכנון ושילוב הגג הירוק כשטח ציבורי איכותי בשכונה, חשיבה על נראות הגג במרחב ויצירת מסה קריטית של גגות שתביא לשינוי תדמיתי.

חלק ראשון: גגות ירוקים, תועלותיהם וכלי מדיניות לעידוד תפוצתם

מהו גג ירוק?

'גג ירוק' הוא שם גנרי למגוון עיצובים וטכנולוגיות של שטחים מגוננים על גגות ומרפסות. העיקרון המשותף לכולם הוא הוספת רובד של צמחייה על פני המשטח העליון של הגג. זהו למעשה שימוש מודרני בתהליכים טבעיים: שימור חלק מהתפקידים שהיו ליחידת השטח טרם נבנה עליה מבנה (כגון פוטוסינתזה ותפיסת פחמן דו חמצני, סיוע לציפורים נודדות ומקננות ושימור המגוון הביולוגי של צמחים ובעלי חיים).

גגות ירוקים 'מצטלמים' היטב ולכן הפכו לדימוי איקוני של בנייה ירוקה ולפיכך נראה כי ברור לכל מה הוא 'גג ירוק', אולם בחינה מעמיקה יותר מגלה כי תחת הכותרת 'גג ירוק' יש מגוון גדול מאוד של טכניקות גנניות, עיצובים אדריכליים ושימושים אפשריים. רק חלקם בעלי המראה ירוק העד המוכר. למעשה, ככל הנראה, רוב הגגות הירוקים כלל אינם ירוקים ובוודאי לא ירוקים במשך כל השנה.

ככלל, ישנן שתי גישות עיקריות ליישום גגות ירוקים:

- א. גישה מינימאליסטית שבה הגג מטופל בצמצום, מתנהג למעשה כשטח 'טבעי' בעל מראה שמשתנה על פי עונות השנה, והשהיה של בני האדם בו מוגבלת או לא אפשרית.
- ב. גישה חלופית הרואה בגג כגינה פעילה, לרוב ירוקת עד, הדורשת תחזוקה רבה, השקיה בעונות היבשות ואף מהווה מקום לפעילויות שונות.

סוגי הגגות הירוקים

להלן נמנה את הקטגוריות העיקריות של גגות ירוקים על פי האפיון השימושי שלהם וטכניקת הגינון הנגזרת מכך:

גג אקסטנסיבי/ גג אקולוגי/ גג חי: גג שאינו דורש תוספת השקיה או שדורש השקיה מינימאלית. הצמחייה רב שנתית ומורכבת מעשבונים חד שנתיים, בשרניים ופרחי בר מקומיים המותאמים לעונות. באזורי אקלים שונים בתקופות קרות מאוד או יבשות מאוד הגג מאופיין בצמחייה מצומצמת או אף במצב של יובש. מצע השתילה יכול להיות רדוד באופן יחסי, בעומק של 7 – 15 ס"מ וקל משקל, וכך יכול להתאים להתקנה כמעט על כל גגות המבנים הקיימים. לעומת זאת, ישנם גגות אקולוגיים עם מצע עמוק יחסית של אדמה מקומית כבדה ובהתאם לכך הם מתאימים לגגות היכולים לשאת משקל רב. פעמים רבות אופי הצמחייה נקבע על פי המצע, תאחיזת המים שלו, ובהתאמה לאקלים ולמשטר הגשמים. בישראל גגות אקולוגיים מתוכננים כך שיהיו כמעט יבשים לגמרי מסוף האביב ועד לתחילת החורף הבא. לעיתים קרובות גגות כאלו אינם מיועדים לפעילות או שהיית בני אדם אלא לצמחים ולבעלי חיים. כאשר הגג אינו מיועד לשימוש בני אדם ניתן ליישם אותו גם בגגות

משופעים (בשיפועים משתנים). קטגורית גגות אלו כוללת גם צמחייה של סוקולנטיים (SEDUM) בעלת מראה משתרע ייחודי שאינו ירוק רב השנה.

גג חצי-אקסטנסיבי: מאופיין בצמחייה חסכונית במים אשר דורשת מעט השקיה מלאכותית. סוג גג זה מאפשר שילוב בין גיבון לנוי לבין שטח בעל תועלות אקולוגיות כמו שימור מגוון ביולוגי. הגג מאפשר מגוון צמחים; החל מעשבונים, בשרניים, גיאופיטים ועד שיחים נמוכים וכן מאפשר מקום גידול לבעלי חיים ומשיכת פרפרים בעונות שחונות. קיימים מגוון שילובים אפשריים בין אזורים שונים בגג בהתאם לשימוש הרצוי בהם, הנצפות וכיו"ב, כך שבאזורים מסוימים ניתן ליישם גיבון אקסטנסיבי ולרכז פעילות מתאימה סביבו, ובאזורים אחרים הגג יאופיין בצמחייה עונתית ללא השקיה וקיום של מערכות אקולוגיות שונות.

גג אינטנסיבי: גינה או פארק על הגג עם מצע שתילה אוגר מים ו/או השקיה תכופה. מתאים לרוב לגגות עם יכולת נשיאת משקל של 250 ק"ג למ"ר בממוצע. הגג מאפשר מגוון רחב של צמחייה, כולל שיחים וצמחייה רב שנתית. הגג נסמך על השקיה מלאכותית והצמחייה לא בהכרח חסכונית במים. מתאים להתקנה על מבנים חדשים שתוכננו מראש לנשיאת המשקלים ולגגות שטוחים בשיפוע של עד 3%.

גג אינטנסיבי עמוק: גג זה מאופיין במצע שתילה עמוק במיוחד (למעלה מ-100 ס"מ של אדמה) המאפשר למעשה גיבון ככל שטח גיבון אחר, כולל שתילה של עצים גדולים והקמת פארקים. גגות כאלו מקובלים לרוב מעל חניונים תת קרקעיים כך שהשטח שמעל החניון ממשיך לתפקד כפארק עירוני (דוגמת כיכר הבימה בתל אביב), אולם ישנם גגות כאלה גם על מבנים. בעבודה זו לא נתייחס לסוג כזה של גגות משום שהוא היקר והמסובך לביצוע וכן משום שהשימוש וסוג הצמחייה שלו לא שונה למעשה משטח פתוח רגיל.

גג אינטנסיבי חקלאי: סוג שימוש זה מעצים הן את כמות הצמחייה (חקלאות תשאף למקסימום צומח מניב למ"ר) והן דורש ומאפשר פעילות רבה של בני אדם על הגג. בעולם קיימות חוות חקלאיות של ממש על גגות של מבנים גדולים. שימוש זה אפשרי ליישום על כל גג שטוח על פי מתודולוגיות שונות ובהתאם לעומסים האפשריים. בדרך כלל מתבצע במצעים מנותקים, תבניות שתילה או מכלים. ניתן גם להקים חממה או לגדל מזון באופן ורטיקאלי. גג זה דורש בדרך כלל השקיה מלאכותית.

יישום גגות ירוקים באקלים המקומי

בעשורים האחרונים, עם התגברות העניין המעשי בגגות ירוקים, מתרחב גם המחקר בתחום וכתוצאה מכך מצטבר ידע הנוגע להיבטים רבים של הגג הירוק כגון: שימושי הגג, נושאים אגרונומיים, צורות השקיה, ההשפעה על האקלים העירוני וההשפעות על התפקוד התרמי וצריכת

האנרגיה של המבנה. בסקירה שנערכה לאחרונה נמצא שיש עליה דרמטית בפרסומים אקדמיים על גגות ירוקים.⁴ מסקירה זו נראה כי רוב הפרסומים הם בתחומי ההנדסה והאקולוגיה ומיעוטם נוגע בתחום האדריכלות או עוסק בבחינת השימוש בשטחים אלו. כמו כן מקורם של מרבית המחקרים הוא באירופה ובצפון אמריקה ולפיכך הם עוסקים בגגות באקלים רטוב וקר או באקלים טרופי שבו הטיפול במי הנגר של הגשמים התכופים הוא נושא מהותי בתכנון.⁵ היתרון הגדול באקלימים אלו הוא שמשטר הגשמים מפוזר לאורך השנה כך שלא נדרשת השקיה כמעט כלל. במערכות אקולוגיות כאלו שטח עם מצע אדמה יצמיח כיסוי ירוק כמעט ללא התערבות אדם. עוד יש לציין כי חלק ניכר מהידע הקיים על גגות ירוקים מקורו בחברות שעוסקות בפיתוח של טכנולוגיות ושל מוצרים הנדרשים לצורך הקמת הגגות (לחברות זינקו⁶ ואופטיגרין⁷ למשל אתרים עשירים במידע). חברות אלו למעשה הקדימו את המחקר המדעי ויצרו בסיס ידע המבוסס על הפרקטיקה.

למחקר זה יש עניין מיוחד בידע מחקרי רלוונטי להקמת גגות ירוקים בישראל. בהקשר זה נמצא כי בשנים האחרונות הצטבר ידע מחקרי מאזורים שאקלימם דומה לישראל כגון ארצות הים התיכון.⁸ ביוון למשל, נבדקה יעילותו של הגג הירוק כטכניקה של קירור פאסיבי⁹ ונמצא שהפרמטר החשוב ביותר הוא צפיפות העלווה המשפיע על הצל ועל הדיות (נידוף דרך פיוניות העלים). מצע השתילה תורם לקירור הפאסיבי אם הוא לח, ומידת עומקו משפיעה באופן משמעותי על הבידוד התרמי. במחקר ארוך טווח אחר מיוון,¹⁰ בדקו בפועל את ההתנהגות התרמאלית של גג ירוק בהשוואה לגג רגיל שטוח וחשוף. הממצאים מראים שבאקלים ים תיכוני גג ירוק משפר את ההתנהגות התרמאלית של המבנה כל השנה, כשתרומתו המשמעותית לשימור אנרגיה היא בקיץ, גם בערכי טמפרטורה מוחלטים וגם בממוצעים. מחקרים שנערכו באיסטנבול,¹¹ ובאזור טוסיה (Tuscia) שבמרכז איטליה,¹² הגיעו למסקנות דומות: גג ירוק ממתן את נקודות השיא של הטמפרטורה על פני הגג. המחקר שנערך באיסטנבול גילה כי החזר הקרינה מהגג הירוק היה מעט גבוה יותר בהשוואה לגג הביקורת, הצמחים הצלו על מצע השתילה והפחיתו את הטמפרטורה על הגג. הטמפרטורה שנמדדה בתקרה

Blank, L., Vasl, A., Levy, S., Grant, G., Kadas, G., Dafni, A., Blaustein, L. *Directions in Green Roof Research: A Bibliometric Study*, **Building and Environment** 66, pp. 23-28, 2013

מחקרים מאזורי אקלים טרופי מעניינים בהיבט של ניהול מי נגר. מחקר בסינגפור מצא שלאירוע גשם טיפוסי לאזור של מילימטר גשם לדקה, הגג הירוק יעיל בהשעייה של 65% מכמות המים ואוגר 11.4% מהם. Qin, X., Wu, X., Chiew, Y.M. and Li, Y, *A Green Roof Test Bed for Stormwater Management and Reduction of Urban Heat Island Effect in Singapore*, **British Journal of Environment & Climate Change**, 2(4): 410-420, 2012

חברת זינקו: <http://www.zinco-usa.com/references/index.php>

חברת אופטיגרין: <http://www.optigreen.co.uk/SystemSolutions/SystemSolutions.html>

Turkeri, Nil, *Green vs. a Conventional Roof under Mediterranean Climate Conditions*, **International Journal of Sustainable Energy**, 2013

Theodosiou, T.G., *Summer Period Analysis of the Performance of a Planted Roof as a Passive Cooling Technique*, **Elsevier**, February 2003

Theodosiou, T.G., Aravantinos, D. and Tsikaloudaki, K. *Thermal Behaviour of a Green vs. a Conventional Roof under Mediterranean Climate Conditions*, **International Journal of Sustainable Energy**, 2013

Turkeri, N., Altun, M.C., Gocer, C. *Comparative Assessment of Thermal Performance of Existing Roof System and Retrofitted Green Roof System in Istanbul, Turkey*. Presented at the **Building Physics and Sustainable Design Congress**, March 4-5, 2010. Istanbul, Turkey. And in: *Megaron* 2011:6(1): 21-29

Provenzano, M.E., Cardarelli, M., Crasso, M., Colla, G. *Evaluation of Potential Green Roof Plant Species in a Mediterranean Climate*, **WGRC Conference**, London, September 2010

שבחדרים מתחת לגג הירוק הראתה שפחות חום עבר דרך הגג ביחס לגג הביקורת ובכך הגג הירוק מיתן את טמפרטורות הקיצון במהלך היום.

תמר אהרוני סיכמה על סמך מקורות בספרות אילו מהתועלות הסביבתיות של הגג הירוק מתקיימות באקלים חם ויבש וכיצד ניתן להשיגן בישראל, והגיעה למסקנה שלכל אחת מהתועלות הרצויות דרישות שונות ולכן אין אסטרטגיה אחת באמצעותה ניתן להשיג את כל התועלות.¹³ אהרוני סיכמה את המרכיבים הפיזיים והצמחיים ההכרחיים לגג הירוק לשם השגת התועלות התרמיות והסביבתיות הרצויות בתנאי אקלים ישראלי (חם ושחון) במהלך כל השנה:

- לשם אידוי יש צורך במצע לח המתאפיין בתאחיזת מים טובה (אגרגטים קטנים) לאגירת כמות רבה לאורך זמן ותאחיזת אוויר טובה לאוורור ומניעת הצטברות של לחות וטחב בקרקע.
 - לשם דיות יש צורך בצמחייה ירוקה המתאפיינת בשטח פנים גדול של העלה במהלך כל השנה.
 - לשם קיבוע פחמן דו חמצני יש צורך בקיום שני התהליכים שלעיל.
 - לשם הצללה יש צורך בצמחייה גבוהה ומשתרעת, המתאפיינת בעלווה רבה וצפופה.
- לאור ניתוח זה, אהרוני ממליצה כי לגגות המקומיים יהיו המאפיינים הבאים:¹⁴
- צמחייה: ירוקה כל השנה, מתאימה לעקות הסביבתיות המקומיות (טמפרטורה גבוהה, קרינת שמש חזקה ומיעוט גשמים) והדורשת השקיה מלאכותית.
 - מצע הגידול: ככל שהמצע עבה יותר כך ישופר הבידוד התרמי, תישמר הלחות בקרקע, תגדל אגירת המים, ותינתן אפשרות לשתילת מגוון גדול יותר של צומח וליצירת בתי גידול מגוונים.
 - המבנים האידיאליים להקמת גג ירוק: צינן האוויר בחללים שמתחת לגג יתממש באופן מיטבי באמצעות שטח גג גדול וגובה קומה נמוך. רצוי שהגג יהיה פתוח למבקרים, שהנגישות אליו תהייה נוחה ושרמת נראותו ממבנים סמוכים, ממפלס הרחוב או באמצעות טופוגרפיה טבעית תהייה גבוהה.

ידע מקומי ומחקר ישראלי

כאמור, רוב המחקר בתחום הגגות הירוקים מקורו במדינות בעלות אקלים ומשטר גשמים שונה מישראל והמחקר הישראלי בתחום זה הוא רק בחיתוליו. אחד המחקרים הבולטים בישראל התבצע לאחרונה על ידי אורנה שוויצר. שוויצר העלתה במחקרה ממצאים תואמים למחקרים מהעולם באשר

¹³ אהרוני, ת. תועלות הגגות הירוקים והדרכים להשגתן בישראל, עבודת תזה בהנחיית פרופ' טל אלון ופרופ' אליסה רוזנברג, 2012

¹⁴ שם, עמ' 92 – 97

לתועלות הגג הירוק והצמחייה שעליו כמבודד תרמי וכמערכת קירור פאסיבי.¹⁵ היא מצאה שגגות ירוקים שומרים על טמפרטורה נמוכה יותר בתוך המבנה בהשוואה לגג חשוף עם קרקע בלבד, בעיקר בשעות היום החמות בעונת הקיץ. בחורף תרומתם לבידוד המבנה זניחה ולפעמים אפילו שלילית. מידת ההשפעה של מיני הצמחים השונים בעונת הקיץ תלויה בין היתר בתכולת המים בקרקע. המדידות שערכה שוייצר מצאו ששכבת הקרקע תורמת לבידוד התרמי של הגג, והצמחים מפחיתים את עומס החום על הגג באמצעות הצללה ואידוי מן הקרקע, תועלת זו נמדדת על ידי צפיפות העלים ותפרוסתם. תהליך הדיות משפיע בעיקר על הטמפרטורה בסביבות הצמחייה עצמה, ומאזן הקרינה והאידוי מהקרקע הם המשפיעים העיקריים על חילוף החום בקרקע. ככל שגדלה תכולת המים בקרקע, כך עולה המוליכות התרמית שלה ואיתה גדל קיבול החום, וכך הקרקע ממתנת את מעבר החום אל המבנה. שוייצר מצאה כי תועלת זו היא המשמעותית ביותר עבור גגות ירוקים במזג האוויר הים תיכוני.¹⁶

חשוב לציין שרוב המערכות והידע בישראל מקורם בארצות צפון אירופה. מסיבה זו, במהלך השנים עשו מקימי הגגות הירוקים בישראל מאמצים להתאים את אותו ידע ואת אותן מערכות לתנאי האקלים המקומי. מומחיות זו, הנובעת מצבירת ניסיון, נשמרת על ידם כידע מסחרי פרטי ואינו מופץ. לאור זאת, הידע המופץ כיום בישראל הוא כללי למדי והידע הפרקטי לרוב אינו מבוסס מחקר ובקרה. חלק ניכר מפיתוח הידע וקידומו בישראל נעשה על ידי חברת "רב נוי" באמצעים שונים כגון קיום כנסים.¹⁷

בשנת 2012 הוקם באוניברסיטת חיפה מרכז קדם למחקר האקולוגיה של גגות ירוקים. המרכז כולל כמה חוקרים העוסקים בתחום הגגות הירוקים, בעיקר בנושאים הבאים: התאמת צמחייה, השקיה במים אפורים, משיכת מיני חרקים ועוד. המחקר עוסק ברובו בגגות אקסטנסיביים ואקולוגיים, ללא השקיית עזר. אנו מקווים שפעילות מרכז זה ופעילותם של חוקרים נוספים תספק בעתיד מידע מקומי מדויק יותר ותרכז ידע רב-תחומי על התחום. בינתיים עלינו להסתפק במידה רבה על המחקר והמידע שמקורו במדינות אחרות.

גגות ירוקים בישראל: תמונת מצב

בשנים האחרונות עלתה המודעות לאפשרות לשילוב גגות ירוקים בקרב אנשי המקצוע העוסקים בתכנון ועיצוב מבנים בישראל. ניכר כי היקף ימי העיון שנערכים בנושא עלה, ורק בשנה האחרונה

¹⁵ שוייצר, א. התאמת מיני צמחים לגגות ירוקים בישראל, עבודת תזה בהנחיית פרופ' יואב ויזל ופרופ' אביתר אראל,

פברואר 2013

¹⁶ שם, עמ' 8 - 9

¹⁷ חברת רב נוי: <http://www.rov-noy.co.il/sale.asp?id=7>

התקיימו לפחות שלושה ימי עיון.¹⁸ הנושא אף מוזכר בעיתונות הפופולארית לעיתים קרובות, כמו גם בפרסומים אדריכליים שונים ובאתרי אינטרנט שעוסקים באדריכלות (בדרך כלל בליווי תמונות מרשימות ומושכות ומעט אינפורמציה מהותית). כמו כן, גגות ירוקים מופיעים יותר ויותר במסגרת מצגות והדמיות העוסקות בתכנון רעיוני כגון בתחרויות אדריכלות, והדבר נפוץ במיוחד כאשר הפרויקט מוגדר כ'ירוק'. יחד עם זאת, היישום בפועל מצומצם מאוד ולגגות ירוקים אין נוכחות רבה בנוף הישראלי.

בניסיון לבחון את הסיבות לנוכחות דלה זו, נראה כי הסיבה אינה קשורה להיעדר בידע או במומחים לנושא. כאמור, עם השנים צברו מספר אנשי מקצוע וחברות עסקיות בישראל מומחיות בנושא ולאחרונה קמו גם גופי מחקר שהחלו גם הם לקדם את הידע והמחקר. כמה אנשי מקצוע, בעיקר בעלי רקע וידע בפיתוח נוף, הם בעלי ניסיון בהקמת גגות ירוקים בישראל, במהלך שנות פעילותם הם גם צברו ידע בתחומי ההנדסה והאיטום, ובמיוחד ידע מקומי חשוב שנובע מניסוי וטעייה בהתאמה של טכנולוגיה וגיבון לתנאי האקלים בישראל. מרבית הפעילים בתחום בישראל עד כה עסקו בהקמת גגות מושקים עם גיבון אינטנסיבי. עם זאת, כמות ההשקיה הנדרשת יכולה להצטמצם בזכות בחירת צמחייה המותאמת לאקלים בישראל ותכנון נכון של מערכות זמני ההשקיה.

בנוסף קיימות כיום בישראל מספר חברות המייבאות מערכות ומוצרים המאפשרים הקמת גגות ירוקים. אלה מתאימים גם לגגות בטון וגם ל'גגות קלים', וכן מתאימים למידות עובי משתנות של מצעים בהתאם למשקל שניתן להעמיס על המבנה המיועד. עוד נמצא כי בישראל קיים ידע גנני רב לגבי צמחייה העמידה לתנאי גג באקלים שחון והדורשת השקיה שונה מהשקיית גינות בקרקע. בשנים האחרונות, עם עליית מחירי המים ותודעת החיסכון במים, הולכות ומתפתחות גישות הדוגלות במינימום השקיה ואף גגות אקולוגיים ללא השקיה כלל. ניתן גם, כפי שהוכח בתחנה לחקר ציפורים בירושלים למשל, להקים גגות אקסטנסיביים טבעיים ללא השקיה מלאכותית. עם זאת, יש לקחת בחשבון שחלק ניכר מהשנה הם יהיו יבשים, ושנדרשת תשומת לב מיוחדת לנושא התחדשות הצמחייה (למשל על ידי צמחים שמזריעים את עצמם, פקעות או סוקולנטים עמידים).

אם כן, התמונה המתקבלת מהבדיקה שערכנו היא שידע, טכנולוגיה וניסיון מקומי אינם מהווים חסם ולא ניתן להסביר את מיעוט המקרים שבהם יושמו גגות על ידי מחסור באלו. עם זאת, אליה וקוץ בה. מהבדיקה שערכנו, בין השאר באמצעות ראיונות עם אנשי מקצוע בתחום, עולה כי למרות הידע הרב שנצבר, היישום מתבטא בדרך כלל בגגות ירוקים קטנים, במרפסות גג של מבני משרדים, ובמקרים בודדים על חניונים (כגון בגן חניון הלאום בירושלים או גן החשמל בת"א). מהראיונות עם אנשי המקצוע עולה כי הם מעידים (לא אחת בתסכול) כי הנושא עדיין נתפס כעניין נחמד (nice to have), אזוטרי ונישתי, וכי גם כאשר הנושא מופיע בתכנית המקורית הוא לא תמיד זוכה למימון בשלב הביצוע. בחינת הכדאיות של גגות ירוקים נעשית לרוב בפרמטרים של עלות מול תועלת כלכלית.

¹⁸ שני ימי עיון שאורגנו ע"י חברת רב-נוי: 12/3/13 בתחנה לחקר ציפורים ב"ם, 23/4/13 בכפר הנוער מוסינזון בהוד"ש, ואחד שאורגן ע"י משרד החקלאות ב 13/6/13 בבית דגן

העלות גבוהה בהשוואה לגג רגיל והתועלת הכלכלית המתבטאת בתרומה לבידוד וקירור המבנה הינה נמוכה.¹⁹ על סמך בחינת הכדאיות הכלכלית בלבד ישנו קושי לשכנע יזמים בישראל ליישם גגות ירוקים.

דוגמה לכך עלתה בראיון שערכנו עם האדריכל איל רונן, ראש הפורום לקידום גגות ירוקים, בו הוא סיפר על תכנית להקמת גגות ירוקים על כל מבני השנאים של חברת החשמל במחוז מרכז. מדובר בתכנית להקים גג ירוק על כ-1800 מבנים קטנים ובתוכם שנאים הפועלים באופן רציף ודורשים קירור קבוע. מסיבה זו, חיפוי המבנה בגגות ירוקים היה יכול לתרום להפחתת הצורך בקירור. הפרויקט צומצם לבסוף לתכנון גג ירוק אחד קטן והקמת גיבון במרפסת במבנה המשרדים של החברה.

תועלותיהם של גגות ירוקים

כתוצאה מהמחקרים הרבים שנעשו בעולם בעשורים האחרונים ומהניסיון שהצטבר בפרויקטים שונים, קיים בסיס מידע רחב בנוגע לתועלות הגגות הירוקים הן עבור הבעלים של המבנה והן עבור הציבור. לעיתים קרובות מוצגות התועלות הפרטיות והציבוריות באופן מעורב משום שישנו קושי להפריד בין התועלות הללו. הצורך לערוך הפרדה בין התועלות נדרש במיוחד כאשר יש כוונה לעודד גורמים שונים לאמץ גגות ירוקים ולשאת בעלויות הקמתם. לפיכך, בבואנו לבחון אמצעים (כגון חקיקה, רגולציה, תמריצים) לקידום גגות ירוקים בישראל, חשוב להבחין מי הגורם שיוצא נישכר מהגג הירוק ובמה. להלן מובאת הצעתנו לחלוקה סכמטית של התועלות על בסיס סוגיה השונים והגורמים הנהנים מהן בשלוש רמות:

א. בעלי ומשתמשי המבנה (שגם ביניהם קיימת הבחנה).

ב. רמת הניהול העירונית ותושבי העיר.

ג. הרמה הלאומית.

תועלות לבעלי ומשתמשי המבנה

א. הפחתת צריכת האנרגיה לאקלום: התקנת גגות ירוקים מפחיתה את השימוש באנרגיה לצורכי אקלום ומכאן שהגגות חוסכים בעלויות התפעול השוטף של הבית. כך לדוגמה, על פי נתוני מנהלת המים של עמק קואצ'לה המדברי, גג ירוק מושקה עם שיחים וצמחייה נמוכה יכול להפחית את צריכת החשמל בקומה מתחתיו ב-24%, וגג ירוק עם צמחייה בוגרת המצלה עליו יכול להפחית את צריכת החשמל ב-42%.²⁰

¹⁹ כך גם אצל בנימיני ש. ושות', 2008

²⁰ Clemens, S., *Green Roofs Benefits Outweigh Costs, Even in Desert Environment*, United Business Institute,

2007

- ב. שיפור איטום הגג נגד גשם והפחתת עלויות תחזוקתו: שכבות האיטום שעל הגג הופכות פריכות ושבירות בחשיפה ישירה לקרינה אולטרה סגולה, ובחשיפה לשינויי מזג אוויר קיצוניים. מכיוון שהגג הירוק מונע קרינת שמש על שכבת האיטום הוא מאריך את חייה וחוסך בעלויות תחזוקתה והחלפתה.
- ג. תועלות לרווחת המשתמשים במבנה: גגות ירוקים מעלים את רמת החמצן ומשפרים את איכות האוויר והאקוסטיקה באזור המבנה בהיותם סופחי פחמן דו חמצני ובולעי רעש. בכך הם תורמים לאיכות החיים של השוהים בו ולבריאותם.
- ד. תועלות אסתטיות וסימבוליות בעלות ערך כלכלי: לגג הירוק ערך אסתטי רב שהוא במקרים רבים מניע עיקרי ליישומו. מעבר ליופי הברור, הגג גם מסמל שייכות לעולם של קיימות ועשייה למען הסביבה וכן יש בו הצהרה על חיבור לאופנות עדכניות. ניתן להניח שהערך האסתטי והסימבולי תורם הן לייחודו של המבנה והן לחווית השימוש שמעלה את איכות החיים של השוכנים במבנה. כל אלו יכולים בהחלט להעלות את ערכו הכלכלי של המבנה כנכס נדל"ני.
- ה. תועלת בריאותית: בעשורים האחרונים מצטברות עדויות רבות להשפעה החיובית שיש לצמחייה על בני אדם, בין שזו נצפית על ידם, בין שהם שוהים בקרבתה, ובין שהם דואגים ומטפלים בה. לגגות הירוקים תרומה חשובה ברמה הנפשית-חברתית בתוך הסביבה האורבאנית המייצרת לא אחת מצבי דחק נפשי (סטרוס). בערים רבות בעולם, וגם בישראל, קיים חוסר בשטחים ירוקים, פארקים וגינות מטופחות, ולעיתים אלו קיימים אך אינם נגישים ואף מרוחקים ממקום השהיה היומיומי. הגג הירוק מספק אתנחתא נגישה וזמינה ויכול לשמש מקום מפגש חברתי וקהילתי.

תועלות לרשות העירונית ולתושבי העיר

בעוד שהתועלות הפרטיות הקשורות למבנה הבודד אינן עומדות תמיד לנגד עיני הרשויות, התועלות הציבוריות הנגזרות מהקמת גג ירוק הוכרו כבר על ידי ערים רבות בעולם שאימצו מדיניות של עידוד ואפילו חיוב הקמת גגות ירוקים. אותן ערים מסתמכות על המחקרים המראים תועלות בולטות בכמה תחומים:

- א. בריאות הציבור: ההערכה היא כי גגות מהווים בממוצע 40–50 אחוז מהמשטחים האטומים בעיר. הגגות הירוקים מסייעים לספוג זיהום, לייצר חמצן, לקבע פחמן דו חמצני ולספוח חלקיקים וצורות נוספות של זיהום אוויר כגון NOx, SOx, Ozone, PM ועוד.²¹ בנוסף, גגות ירוקים מהווים פילטר למזהמים ולמתכות רעילות, מונעים מהם להגיע למאגרי מים, ומפחיתים סחף קרקע כתוצאה מהקטנת נפחי מים.
- ב. משטר נגר עילי: בארצות גשומות או במקומות בהם יש מטחי גשם שיכולים להציף מערכות עירוניות יש לגגות ירוקים תועלות טכניות בתחום ניהול הנגר העירוני. הקמת מספר משמעותי

²¹ עץ ממוצע בישראל יכול לקבע כטון גזי חממה בתקופת חייו, שקול ל-1,200 קוט"ש. ביער יתיר למשל קצב קיבוע הפחמן הוא 230 ק"ג לדונם. בנימיני ש, ושות', מסמך מדיניות להקמה ותחזוקה של גינות על גגות וחזיתות, חלק א': בסיס מידע, 2008, עמ' 4

של גגות ירוקים כמדיניות עירונית יכולה להוות מערכת ניקוז בת-קיימא אשר חוסכת השקעה של כספים רבים בתשתיות ניקוז.²² הגגות מהווים משטח לאגירה ולהשהיה של מי נגר עילי וממתנים ספיקות שיא. חלק מהמים נאגרים במצע השתילה באופן זמני, חלק משמשים לבניית הצמחים וחלק חוזרים לאטמוספירה דרך תהליך הדיות. המשמעויות הן הקטנת כמויות הנגר,²³ שמפחיתה את הלחץ על מערכת הניקוז ומאפשרת התקנה של מערכות ניקוז עירוניות זולות יותר עם תשתיות ומתקנים לטיפול במים קטנים יותר. יכולת אגירת המים של הגגות הירוקים יכולה לסייע משמעותית במניעת ומיתון הצפות, במניעת זיהום מקורות מים ובצמצום העלויות השוטפות להפחתת זיהום אויר.

ג. ניצול מים זמינים: הגגות הירוקים מאפשרים ניצול מקומי של מי מזגנים, מי גשם ומים אפורים מטופלים. בנוסף למניעת בזבז המים, זוהי דרך טובה להקל על מערכת הניקוז באזורים בהם לא ניתן להעלות את ספיקתה.

ד. סיוע בהפחתת פליטות הפחמן:²⁴ שיפור הבידוד התרמי מסייע להפחית את התלות בצריכת החשמל לאקלום, ובשל כך מצטמצם השימוש בדלקים פוסיליים המזהמים את האוויר. בהקשר זה, מחקר שנערך בקנדה מצא שגגות ירוקים יעילים יותר בהפחתת אגירת החום באביב ובקיץ (הפחתה כוללת של 47% בעומס החום) מאשר במניעת איבוד חום בסתיו ובחורף.²⁵ מכאן שבאקלים הישראלי יש לגגות הירוקים יתרון רב יותר באקלום מבנה מאשר באקלים קר, ובשל כך מידת ההפחתה של פליטות הפחמן משמעותית יותר.

ה. שיכוך 'אי החום העירוני': הגגות הירוקים מסייעים במיתון תופעת העלייה בטמפרטורה בעיר (הידועה כ'אי החום העירוני') בעזרת האידוי והדיות, הגדלת מקדם האלבדו ומניעת קרינה חוזרת של משטח הגגות החשופים בעיר.²⁶ אזורים מגוננים ומוצלים מהווים בהקשר זה 'אי קרירות עירוני'. מחקריהם של עודד פוצ'טר, אביתר אראל ואחרים מצביעים על תרומת צמחייה מסוגים שונים להפחתת אי החום העירוני בערים בישראל ומציינים שגגות ירוקים הם דוגמא טובה לשימוש בצמחים לשם איזון אנרגטי בבנין ויכולים גם לסייע בשיפור המיקרו-אקלים

²² בנימיני ש, ושות', **מסמך מדיניות להקמה ותחזוקה של גינות על גגות וחזיתות**, הוכן על ידי חברת סטילינג עבור עיריית ירושלים, 2008, עמ' 2

²³ גג בשיפוע 2 מעלות עם מצע שתילה של 4 ס"מ יכול לאגור עד 87% ממי הנגר במופע הגשם הראשון, וככל שמצע השתילה עבה יותר, תועלת זו עולה

²⁴ תהליכי האידוי, הדיות, ההצלה והוספת שכבות בידוד על הגג מצננים את טמפרטורת האוויר בקיץ על הגג ובחללים שמתחתיו. אם הגג איננו מושקה יתרונות האידוי והדיות מתמעטים עד ביטול מוחלט ונותרים יתרונות הבידוד המשופר. לגג ירוק הכולל צמחייה וקרקע לחה תרומה רבה יותר לקירור האוויר בקיץ בהשוואה לגג מכוסה קרקע בלבד. מתוך: שוייצר, א. **התאמת מיני צמחים לגגות ירוקים בישראל**, עבודת תזה בהנחיית פרופ' יואב ויזל ופרופ' אביתר אראל, פברואר 2013

²⁵ עמ' 3. בנימיני ש, ושות', עמ' 11
²⁵ Liu, K. *Sustainable Building Envelope- Garden Roof System Performance*. **RCI Building Envelope Symposium**, New Orleans, L.A. Nov. 4-5, 2004. p.5

²⁶ בתל אביב למשל, תופעת אי החום העירוני בולטת במיוחד בלילה בגובה הרחוב, שם נמדדו טמפרטורות גבוהות בעד 6 מעלות צלזיוס בהשוואה לנקודות ביקורת בתוך ובשולי העיר. בגובה הגג נמדדו טמפרטורות עד 2 מעלות צלזיוס גבוהות יותר בהשוואה לתחנות המדידה האחרות. ההבדלים מיוחסים לתנאים הפיזיים, השפעת הים התיכון, הטופוגרפיה המקומית והמאפיינים העירוניים כמו שימושי קרקע, צפיפות הבינוי, עומסי התנועה, חומרי הבינוי ומקורות חום אנתרופוגניים. קיים שוני מובהק בטמפרטורות בין אזורים מגוננים למבונים. Saaroni, H. et al., *Spatial Distribution and Micro Scale Characteristics of the Urban Heat Island in Tel-Aviv, Israel*, **Landscape and Urban Planning**, 48, 2000, pp. 1-18

העירוני.²⁷ לשיפור האקלים העירוני יש משמעות רבה בהפיכת העיר לנוחה יותר להליכה ומכאן ניתן לטעון שבעקיפין גגות ירוקים מסייעים להפחתת נסועת רכב בעיר ולפליטת מזהמים. בישראל, בה 92% מהאוכלוסייה מתגוררת באזורים עירוניים, תועלות אקלימיות טכניות אלו מקבלות משנה תוקף.

ו. תועלות כלכליות לעיר: בדיקת התועלות הכלכליות מורכבת ותלויה במשתנים רבים וגם תועלות אלה יש לסווג לפרטיות ולציבוריות. רוב המחקרים נערכו באזורים ממוזגים וקשה להשליך מהם על ישראל, אולם ניתן לקבל מהם מושג על התחומים המוטבים ועל ההשפעה המצטברת של הגגות הירוקים על היבטים של תחזוקה ועל הוצאות התפעול העירוניות הנובעות מהשפעת מבנים ושטחים אטומים למים ומתחממים על העיר. בטורונטו למשל, נמצא שבמידה וכל הגגות השטוחים הפנויים בגודל 350 מ"ר ומעלה ישמשו כגגות ירוקים, הדבר יביא לחיסכון של עד 313 מליון דולר בהוצאות העירוניות.²⁸

תועלות ברמה הלאומית

א. צמצום פליטות גזי חממה ומזהמים באוויר: על פי סקרי הפליטות העירוניות שנעשו במסגרת פורום ה-15, בין 60 ל-70 אחוזים מכלל פליטות גזי החממה בערים בישראל מקורן בצריכת אנרגיה במבנים.²⁹ מכאן עולה שתוכניות להפחתת פליטות בערים מוכרחות לעסוק בדרכים להתייעלות אנרגטית במבנים, וגגות ירוקים הם כלי משמעותי להשגת תוצאות ההפחתה הרצויות. בהקשר זה, דוח של מרכז המחקר של הכנסת קבע כי לגגות ירוקים תועלת רבה לצמצום פליטות גזי חממה.³⁰ הגג הנפוץ ביותר בישראל הוא הגג השטוח המאפשר את המנעד הרחב ביותר של גגות ירוקים.

ב. התמודדות עם משבר האקלים: גגות ירוקים עונים על כל שלושת הרמות של ההתמודדות עם משבר האקלים:

(1) מיתון האקלים – מבודד את הקומות מתחתיו ומצמצם פעילות אקלים, סופח פחמן דו חמצני ומייצר חמצן.

(2) אדפטציה – ממתן נגר במופעי גשם חזקים וממתן את אי החום העירוני.

(3) חוסן – מחזק מערכות אקולוגיות עירוניות, מאפשר גידול מזון וחינוך לגידול מזון עירוניים, ובעל פוטנציאל ליצירת קשרים וחיזוק הקהילה.

²⁷ Erell, E., Pearlmuter, D., and Williamson, T. *Vegetation In: Urban Microclimate: Designing the Spaces Between Buildings*. Chap. 9, Earthscan, 2011 פוצ'טר, ע. יעקב, י. בר (שעשוע), ל. כהן, ש. טנאי, י. בר (קוטיאל), פ. מיתון עומס חום בערים מדבריות באמצעות צמחים- באר שבע כמקרה בוחן, אקולוגיה וסביבה, פברואר 2012 (1), עמ' 34 - 41

²⁸ Banting et al., *Report on the Environmental Benefits and Costs of green technology for the city of Toronto*, 2005

²⁹ פורום 15 הערים הגדולות בישראל: www.forum15.org.il

³⁰ טל, א., תרומתם של "גגות ירוקים" לצמצום ההתחממות הגלובלית, מרכז המידע והמחקר של הכנסת, 2007

דו"ח של מרכז הידע להיערכות לשינויי אקלים בישראל³¹ ממליץ על הוספת פארקים ועל יירוק העיר למיתון עומסי החום ולשם הקטנת ריכוז המזהמים, וזאת כחלק מתוכנית אדפטציה רחבה יותר להתמודד עם שינויי האקלים בישראל והקטנת איי חום עירוניים. על פי הדו"ח, בישראל איי החום קשים במיוחד עקב האקלים החם והלח, והרצף הבנוי של מישור החוף והשפלה שהופכים את האקלים בערים לבלתי נוח תרמית במשך ארבעה חודשים בשנה. במדינה שהיא 'אי אנרגטי' כישראל יש למקסם כל אפיק התייעלות אפשרי. גגות ירוקים תורמים לצמצום הצורך בקירור אקטיבי באמצעות מערכות מיזוג ובכך מצמצמים את השימוש באנרגיה.

ג. תכנון רגיש למים: בעיה משמעותית בישראל כיום היא שאיבת יתר של מי תהום בעוד האקוויפרים לא מצליחים להתמלא מחדש. תוכניות והנחיות של משרדי ממשלה שונים, ובהם משרד הבינוי והשיכון, דורשים לערוך תכנון רגיש למים. הדו"ח להתמודדות עם שינוי אקלים הנזכר לעיל מקדיש חלק נכבד לאופן היישום של תכנון עירוני רגיש למים באמצעות הגנה על תשתיות, איסוף מי גשמים ותכנון אגני היקוות קטנים. גג ירוק יכול להקטין את נפח מי הגשמים הנכנסים למערכת הביוב העירונית על ידי עיכוב המים במצע השתילה ובצמחים, ובכך לאפשר למים בקרקע זמן לחול רב יותר.³²

ד. הגנה ושמירה על המגוון הביולוגי בישראל: מדו"ח שפרסמה החברה להגנת הטבע עולה כי ישראל היא נתיב נדידה עבור 283 מיני עופות מאירופה ומאסיה לאפריקה, בנוסף ל-206 המינים המקננים בה. בישראל 45 מינים בסכנת הכחדה, מתוכם 18 מינים בסכנת הכחדה מיידיה וקריטית, ובין המינים הנוודים דרך ישראל 7 הנמצאים בסכנת הכחדה עולמית.³³ על פי הדו"ח, שינוי והרס מקומות החיות הטבעיים עקב הפיתוח המואץ הינו הסיבה הראשונה במעלה למגמה זו. בנוסף אורבות לציפורים הנוודות סכנות משימוש בחומרי דישון והדברה, רעלים, התחשמלות, ציד, רשתות חקלאיות הפזורות ברחבי הארץ ומיני טורפים מתפרצים כמו תנים ושוועלים. גגות ירוקים יכולים להוות שטחי מנוחה חדשים ומוגנים שסייעו בנדידה הבטוחה של מינים אלו.³⁴ כדי שהגגות ישרתו מטרה זו, יש לקחת את צרכי הציפורים בחשבון בתכנונם ובביצועם, כפי שנעשה בלונדון, בשוויץ ועל גג התחנה לחקר ציפורים בירושלים.

³¹ מרכז ידע להיערכות לשינויי אקלים בישראל, דו"ח מס' 2: המלצות מדיניות בתחומי מרכז הידע, מרץ 2012
³² Carmon, N., Shamir, U. **Water-Sensitive Planning: Integrating Water Considerations into Urban and Regional Planning**. The Technion: Center for Urban and Regional Studies, 2007. Chap 1- p. 19

³³ אלון, ד. ופרלמן, י. **ציפורים בישראל בסכנת הכחדה, תמונת מצב**, החברה להגנת הטבע. מאי 2008
³⁴ השטחים שנהרסו או השתנו: נופי ביצה ומים מתוקים, חורש ים תיכוני, בתה וגריגה ים-תיכוניים ובתת ספר-המדבר, מישורי לס וחולות הנגב, עמק הערבה, סוואנות ומלחות. הדו"ח ממליץ למנוע לחצים על השטחים הטבעיים כתוצאה מפיתוח ומחקלאות על ידי קיום תהליכי תכנון מושכלים וברי קיימא, להכריז על שמורות טבע גדולות ורציפות, לשמור על מקורות מים נקיים, להפחית שימוש ברעלים, להפחית את הצייד, להסדיר את מסלולי הטיולים ואת אימוני הצבא, למגן מתקני חשמל כנגד התחשמלות עופות, לשנות את ממשק הרעייה במערב הנגב, ולמנוע הכנסתם והתפשטותם של צמחים ובעלי חיים פליטי תרבות לשטחים טבעיים

סיכום התועלות של גגות ירוקים

סקר עדכני של הספרות המחקרית הקיימת מראה כי הדגש במחקר עד כה הוא על תפקוד גגות מבחינה אקולוגית-אגרונומית, ומבחינה הנדסית-טכנית המתמקדת בתפקוד המבנה והביצועים התרמיים שלו. לעומת זאת, כמעט ולא נמצא מחקר בתחום האדריכלי, העיצובי או השימושי של הגגות, כגון אדריכלות הנוף שלהם, סוגי השימוש האפשריים וההתאמה בין סוגי הגגות לסוגי שימוש שונים. קיימים אומנם כמה מקרי בוחן בסגנון תיאורי, אך לא נמצא מחקר הבוחן את ההיבטים האדריכליים והשימושיים של הגגות באופן מעמיק.

לאור זאת, תיאורי התועלות והנימוקים בעד גגות ירוקים המושמעים תדיר מתמקדים בתחומים ההנדסיים-הטכניים והאקולוגיים. הסקר מצא בנוסף כי מעטים המקרים בהם נערכה בדיקה כלכלית אמיתית במבנים לאחר אכלוס, והמידע בנושא זה מבוסס לרוב על הערכות או חישובים תיאורטיים. זאת ועוד, חלק ניכר מהתועלות הקשורות לתפקוד הטכני-הנדסי של הגגות הירוקים ניתן להשיג גם ללא המימד הצומח. כך למשל לשכבת בידוד טכני עם חיפוי (למשל בחצץ או טוף וללא צמחייה) יש אפקט מבודד (במיוחד באקלים חם) ומאיט נגר.

טבלה מס' 1: סיכום התועלות השונות על פי סוגי הגגות

סוג הגג	תועלות אקולוגיות	תועלות אורבניות וחברתיות
גג אינטנסיבי	<p>א. מאפשר שתילת צמחים בעלי יכולת ספיחת פחמן גבוהה ולכן יעיל בטיהור האוויר ובהתמודדות עם שינוי האקלים.</p> <p>ב. מאפשר עזירה וספיחה של כמות מי נגר עילי גדולה והקלה משמעותית על מערכות הניקוז בזמן ספיקת שיא.</p> <p>ג. בעל יכולת הכלה של מספר בתי גידול שונים לשמירה ולהגדלה של המגוון הביולוגי עקב הגמישות בסוג הצמחייה הנשתל.</p> <p>ד. יעיל בהפחתת עומסי חום.</p>	<p>א. גג נגיש וידידותי המתוכנן לשימוש האדם.</p> <p>ב. מאפשר פעילות פנאי ומרגוע זמינים ונגישים לשהייה ולפעילות ומעניק חוויית טבע בעיר.</p> <p>גגות אלו משמעותיים במיוחד בערים צפופות הסובלות ממחסור בשטחים ירוקים.</p> <p>ג. מקום מפגש ומרחב להעשרת חיי הקהילה.</p> <p>ד. שיפור הדימוי והאווירה של האזור.</p> <p>ה. משפר את הבידוד האקוסטי.</p>
גג אקסטנסיבי	<p>א. מערכת אקולוגית מוגנת מפני האדם בלב העיר. אי אקולוגי בטוח לשגשוג צמחים ומינים מקומיים ומקום מנוחה לעופות נודדים.</p> <p>ב. בשתילה של צמחייה מקומית זהו פיצוי אקולוגי חלקי עבור השטח שהופר.</p> <p>ג. מצע בעובי 10 ס"מ יכול להשהות 70% מהמשקעים.³⁵</p> <p>ד. דורש מעט השקיה אם בכלל.</p> <p>ה. קיבוע הפחמן וטיהור האוויר מתבצעים אם</p>	<p>א. חוויית טבע בעיר.</p> <p>ב. שיפור הדימוי והאווירה של האזור.</p> <p>ו. מסייע לבידוד התרמי ואם מושקה, מסייע בהפחתת עומס החום.</p> <p>ז. משפר את הבידוד האקוסטי.</p>

³⁵ בניסוי בקנדה, בחודשים אפריל עד ספטמבר הגגות הירוקים האקסטנסיביים אגרו 54% מכמות מי הנגר העילי, פרט לחודש יוני אז אירועי הגשם היו קבועים ומצעי השתילה לא הספיקו להתייבש בין מופע אחד לשני, וכך יעילות אגירת מי הנגר פחתה. גג אקסטנסיבי עם מצע שתילה קל בעומק 14 ס"מ בשיפוע של 10% באוניברסיטת יורק שבטורונטו הפחית 76% ממי הנגר באביב ובקיץ ו-37% בסתיו. (מקור: Liu, **Sustainable Building Envelope**, p. 3)

סוג הגג	תועלות אקולוגיות	תועלות אורבאניות וחברתיות
	יש השקיה או בעונות הגשומות.	
גג חצי-אקסטנסיבי	<p>א. דורש מעט השקיה.</p> <p>ב. מאפשר עצירה וספיחה של כמות מי נגר עילי גדולה יותר מבגג אקסטנסיבי ומקל משמעותית על מערכות הניקוז בזמן ספיקת שיא.</p> <p>ג. בשתילה של צמחייה מקומית זהו פיצוי אקולוגי חלקי על השטח שהופר.</p> <p>ד. יכולת הכלה של מספר בתי גידול שונים לשמירה ולהגדלה של המגוון הביולוגי עקב הגמישות בסוג הצמחייה הנשתל.</p> <p>ה. יעיל בטיהור האוויר.</p>	<p>א. עשוי לשמש לפעילות חברתית, פנאי ומרגוע.</p> <p>ב. חוויית טבע בעיר.</p> <p>ג. שיפור הדימוי והאווירה של האזור.</p> <p>ד. מסייע לבידוד התרמי ולהפחתת עומס החום.</p> <p>ה. משפר את הבידוד האקוסטי.</p>
גג חי	<p>א. סוג הגג הכי קרוב לשטח טבעי ולא מופר ולכן הפיצוי הכי מוצלח לטבע על הפרת השטח.</p> <p>ב. שימור והעשרת המגוון הביולוגי דרך יצירת גג שאיננו חיקוי אלא לחלוטין "טבע עירוני".</p> <p>ג. מערכת אקולוגית בלתי מופרעת על ידי האדם בלב העיר.</p> <p>ד. יעיל בבידוד תרמי אך אינו מתפקד כמערכת לקירור פאסיבי.</p> <p>ה. סופח פחמן דו חמצני רק במהלך עונת הגשמים.</p> <p>ו. בידוד אקוסטי משופר.</p> <p>ז. השהייה ואצירה יעילה של מי נגר מכיוון שאין השקיה מלאכותית ולכן אין לחות קודמת בקרקע.</p>	<p>א. תועלות מקבילות לאלו של הגג האקסטנסיבי.</p>
חקלאות עירונית על גגות	<p>א. ספיחת פחמן דו חמצני במהלך כל השנה.</p> <p>ב. ייצור מזון באופן מקומי מוביל להפחתת פליטות גזי חממה ומזהמים שונים כתוצאה מצמצום השינוע של מוצרי מזון לעיר.</p>	<p>א. תועלת חברתית, סביבתית וכלכלית כתוצאה מהקטנת תביעת הרגל האקולוגית והפחמנית בכל הקשור למזון ופסולת. חיזוק הקיימות העירונית באמצעות יצירת תשתיות ירוקות המחזקות ערכים של צדק סביבתי וצדק חברתי, ותוך חיזוק הקהילה ויכולתה לקיים את עצמה. 800 מליון איש בשנה כבר עוסקים בחקלאות עירונית.³⁶</p> <p>ב. נגישות לתוצרת טרייה ולמזון בריא.</p> <p>ג. גינה קהילתית יצרנית מזמנת מפגשים ספונטניים רבים, עשייה יחד ושיתופי פעולה בקהילה. היא יכולה להוות מקום מפגש להתכנסויות ופעילויות שונות.</p>

³⁶ שושני, ר., גגות ירוקים - למה? הוצג בכנס גגות ירוקים: חקלאות וגנים על גגות, יוני 2013, שהתקיים בקריה החקלאית בבית דגן

אמצעי מדיניות ותמריצים לקידום יישום רחב של גגות ירוקים

מדוע נדרשת מדיניות מעודדת ומתמרצת?

לאור סקירת היתרונות הנובעים מיישום גגות ירוקים נראה תמוה שאלמנט זה לא נפוץ הרבה יותר. הסיבות לכך מגוונות ושונות ממקום למקום. אחת הסיבות הנפוצות שעולות בדיונים בנושא עם גורמים האמונים על תחזוקת המבנים הוא החשש מכך ששכבת צומח רטובה על המבנה תקשה על תחזוקתו. כדאי לזכור גם שבעולם הטרומ מודרני שטחי 'טבע' לא היו במחסור ועם התפתחות התכנון המודרני דווקא השליטה וההתגברות על הטבע היו מסימני ההיכר של 'תרבות' ו'נאורות'. לאורך ההיסטוריה בחלקים רבים של העולם עמלו אנשים להרחיק צומח מבניינים מכיוון שללא טכנולוגיות איטום מודרניות שורשי צמחים והרטיבות שהם יוצרים היוו מקור למפגע ולבעיות תחזוקה.

סיבה אחרת נובעת מכך שחלק גדול מהתועלות של גגות ירוקים כדוגמת שיפור משטר הנגר העירוני, צמצום אי החום העירוני או צמצום פליטות הפחמן של המדינה, אינם חלק ממערך השיקולים של בעל הנכס הנדרש לממן את הקמת הגג. גם תועלת אסטטית של הגג במקרים רבים אינן עניינו של בעל הנכס משום שהוא אינו צופה בו באופן ישיר ואינו נהנה מהמראה.

גם ההיבט הכלכלי הישיר שבא לידי ביטוי בצמצום צריכת האנרגיה לאקלום הבית לא מצליח לשכנע וזאת מכמה סיבות: א. ההוצאה היא גדולה ומיידית וההכנסה נפרסת על שנים רבות. ב. ההוצאה הראשונית גבוהה ביחס לאלמנטים אחרים שיכולים לחסוך אנרגיה. ג. במבני מגורים שאינם צמודי קרקע הנהנים העיקריים הם אלו המתגוררים בקומה העליונה. ד. חלק ניכר מהתועלות האנרגטיות ניתן להשיג בדרכים פשוטות יותר. ה. עלויות ניקוז נגר לא נמדדות ואין להן מחיר כלכלי ולכן אין דרך להראות הצדקה כלכלית דרך תועלת זו.

יש לציין כי במספר בדיקות שנערכו עד כה בישראל (בין השאר על ידי מחברי דו"ח מחקר זה) נמצא כי זמן החזר ההשקעה בזכות התועלות הטכניות שתוארו לעיל ארוך מאוד. לדוגמא: מבנה חד-קומתי לא מבודד בשטח 100 מ"ר שעלות האנרגיה לאקלום שלו היא 5000 ₪ לשנה, עלות הקמת גג ירוק עליו תעמוד על לפחות 50,000 ₪ (לפי מחיר מינימום של 500 ₪ למ"ר). בהנחה שגג ירוק במבנה זה יחסוך 20% מהאנרגיה לאקלום הרי שזמן החזר ההשקעה יהיה חמישים שנים!

מתוך הניתוח שלעיל עולה בבירור כי קיים צורך במדיניות מכוונת אשר תעודד בעלי מבנים להקים גגות ירוקים. על מדיניות זו להתייחס לכמה נושאים:

1. עליה לשתף את הגורמים האחרים הנשכרים מהקמת גג (התושבים, העירייה, המדינה) במימון שלו בין אם באופן ישיר ובין אם באופן עקיף באמצעות כלים כדוגמת הקלות מס.

2. עליה להפוך 'שרותי מערכת אקולוגית' שכיום אין להם עלות (כדוגמת הוצאת נגר מהמגרש הפרטי לרשות הרבים ופליטות פחמן לאטמוספירה), לבעלי עלות כלכלית ישירה לבעל הנכס. צעד זה יגדיל כמובן את כדאיות ההשקעה באלמנטים כגון גגות ירוקים.
3. עליה להתמקד במיוחד בעידוד הקמת גגות במקרים שיש להם השפעה מהותית על הסביבה העירונית וכאלו שיש אפשרות להפיק מהם תועלות רבות ומהותיות יותר מאשר יעילות טכנית בלבד.
4. עליה לשפר מנגנונים של תמורות 'לא כלכליות' כמו דימוי חיובי של ארגון, חברה או בעל נכס על ידי הענקת פרסים, תקן ירוק וכו'.

כלי מדיניות ותמריצים כלכליים הנהוגים בעולם

בעולם רווחים כמה כלי מדיניות שמטרתם לעודד הקמה של גגות ירוקים. להלן סקירה שלהם, תוך בחינת כמה דוגמאות מגרמניה שבה 14% מכלל שטח הגגות מגוון, ומצפון אמריקה שבה בעשור האחרון יושמו כלי מדיניות משמעותיים לביסוס הפרקטיקה.³⁷

כלי המדיניות והתמריצים מחולקים לשלושה סוגים: תמריצים כלכליים ישירים ועקיפים לבעלי הנכסים, כלים 'רכים' שמהותם סיוע ותמרוץ בדרכים עקיפות, וכלי מדיניות ותמרוץ 'קשים' שמתבטאים ברגולציה מחייבת.

תמריצים כלכליים

1. **תמריצים כלכליים ישירים**: בצורת מענקים או מימון (סבסוד) של הוצאות התקנת הגג הירוק. הסבסוד יכול להגיע מרשויות מקומיות, ממשלות או ארגונים וולונטריים. סיוע זה תורם בהורדת החסמים לאימוץ הפרקטיקה החדשה. הסובסידיות ניתנות על פי תחשיב של סכום כסף קבוע למ"ר או חישוב אחוזים מעלות ההקמה (אלו נעים בין 10% ל-50%), ויכולות להיות מותנות בהנחיות שונות (כדוגמת עומק מינימאלי למצע השתילה, תחזוקה מינימאלית נדרשת, השהייה מינימאלית של מי נגר, שיפוע מקסימאלי, התחייבות לתקופת תחזוקה, מינימום מוסכם של כיסוי צמחייה, דרישות השקיה, ניתוק החיבור למערכת הניקוז העירונית המשולבת, ממברנת איטום ללא PVC וצמחייה בעלת ערך אקולוגי). צורות נוספות של סיוע הן הלוואה ארוכת טווח בריבית נמוכה או ללא ריבית (במימון גופים ממסדיים או מלכ"רים) וכן סיוע מתמשך לצרכי תחזוקת הגג. כמחצית מכלל הערים בגרמניה מציעות סוגים שונים של מימון וסובסידיה לבעלי בתים להתקנה

³⁷ Ngan, G., *Green Roof Policies: Tools for Encouraging Sustainable Design*, December 2004, P 9.

של גגות ירוקים, בדרך כלל מדובר במענקים בגובה 10 - 30 אירו למ"ר.³⁸ הסובסידיות לא ניתנות במקרה שהקמת גג ירוק הינה חובה הנדרשת בתוכניות הפיתוח. בארה"ב קרנות פרטיות רבות תומכות בהתקנת גגות ירוקים, ולעיתים הסבסוד הוא חלק מתוכנית לשיקום אקולוגי, הוספת שטחים ירוקים במרכזי ערים ושיפור מראה הערים.³⁹ שיטה זו טובה לאזורים עירוניים ותיקים בהם קשה לאכוף תקנות חדשות. השיטה מעודדת התקנת גגות ירוקים באזורים ספציפיים בהם הצורך ליירוק דחוף יותר. תמריץ זה, בעוד שהוא יעיל בהורדת החסם העיקרי בהתקנה של גגות ירוקים, אינו עקבי ונתון לשינויים תקציביים. כך, תוכניות לתמריצים ישירים בדרך כלל מסתיימות כעבור שנים בודדות.⁴⁰

2. תמריצים כלכליים עקיפים: בתמריצים מסוג זה בעלי נכסים שידם משגת מתקינים גגות ירוקים ביוזמתם מתוך שיקולי עלות-תועלת ומחויבות אישית. אלו תמריצים יעילים גם בפרויקטים חדשים וגם בשיפוץ, והם מושפעים פחות משינויים בתקציב או החלפת השלטון:

א. הקלות מס בארנונה ומס השבחה.

ב. הגדלת אחוזי בנייה במגרש (Density Credits): הוספת אחוזי בנייה בתמורה ליירוק הגג.⁴¹

ג. הנחות בהיטל ניקוז (Stormwater Utility Fee Credits): במהלך זה מפרידים את היטל הניקוז מחשבון המים והביוב ואז מחשבים את סך השטחים הלא מחלחלים מכלל השטח המחושב לצורכי המס.⁴² אמצעים הממתנים את השפעת השטחים הבלתי מחלחלים מוכרים כנקודות זיכוי למס, וגג ירוק ביניהם. פיצול זה מגביר את השקיפות הכלכלית של המסים לציבור והוא הוגן יותר (דיירים בבית משותף לא צריכים לשלם מס דומה לאלו הגרים בבית פרטי). בגרמניה פיצול המס הוא כלי המדיניות המועדף על רשויות לתמרוץ הקמה של גגות ירוקים, וההנחה הנפוצה ביותר היא 50%. הפיצול הופך את הגג הירוק האקסטנסיבי למשתלם כלכלית תוך 40 שנה.⁴³ בארה"ב זהו אמנם כלי מדיניות נפוץ, אולם הצלחתו מוגבלת לאור סכומי ההטבה השוליים. בפורטלנד למשל, היטל הניקוז עבור בית פרטי צמוד קרקע מגיע לכ- \$14.26, וניתן לקבל החזר של עד 30%, סכום זניח שהופך את ההשקעה בגג לבלתי כדאית.

³⁸ Ibid, p. 19; Carter, T., Fowler, L., *Establishing Green Roof Infrastructure through Environmental policy Instruments*, **Environmental Management** 42, p. 156, 2008

³⁹ Chesapeake Bay Foundation; The Home Depot Foundation; E.E. Ford Foundation; ועוד.

⁴⁰ בנימיני ש, ושות', 2008, עמ' 29

⁴¹ מדיניות זו יושמה בפורטלנד בצורה של חישוב לרגל מרובע: אם הגג הירוק משתרע על 30% מהגג, עבור כל רגל מרובע מתווסף היתר לרגל מרובע נוסף. אם 60% מהגג מגונן, עבור כל רגל רבוע של גג ירוק מתווסף היתר לשני רגל רבוע של היתר בנייה. אם יותר מ- 60% מהגג מגוננים, לכל רגל רבוע של גג מגונן מתווספים 3 רגל רבוע של היתר בנייה.

⁴² מדיניות דומה יושמה גם בשיקאגו בנוסחה מעט שונה

⁴³ אהרוני, עמ' 30

Ngan, pp. 20-24

ד. הקלות בתהליכים מנהליים: כגון מסלול מהיר לרישוי בנייה עבור פרויקט הכולל גג ירוק או מתן הקלות בשינוי יעוד הקרקע משטח פתוח לשטח בנוי, בתמורה להתקנת גג ירוק המתפקד כשטח ירוק הפתוח לציבור.

כלי מדיניות 'רכים'

1. עמידה בתקינה וולונטארית של בנייה ירוקה: בארה"ב גופים פדראליים ומדינתיים שונים אימצו מדיניות המחייבת מבנים חדשים לעמוד בתקן ה- LEED (כלי המדידה האמריקאי לבנייה ירוקה). יישום גג ירוק יכול לסייע בהשגה של עד 16 נקודות (מתוך 55 נקודות הנדרשות לקבלת התקן) ומשום כך כל מדיניות המעודדת בנייה ירוקה מעודדת במקביל יישום נרחב יותר של גגות ירוקים.⁴⁴ יש לציין כי קבלת תו תקן ירוק מעלה את ה'יחוס' של המבנה ומעניקה לו יוקרה, ולעיתים לדימוי זה יש גם השפעה כלכלית על מחיר הנכס ומידת השכירות שלו.
2. חינוך והסברה: הנגשה לציבור של התועלות הכלכליות, החברתיות והסביבתיות של הגגות הירוקים. מאמצים אלו כוללים הכשרות וסדנאות לציבור ולבעלי מקצוע, הנגשת המידע באינטרנט,⁴⁵ הפצת מדריכים טכניים, קיום כנסים, הפצת עלוני מידע, ניסוח והפצה של הנחיות להקמת גגות ירוקים באופן אקולוגי, עריכת רשימת בעלי מקצוע וספקים, איסוף מידע על מקורות מימון אפשריים, קיום תחרויות מקומיות, סיקור תקשורת והקמת פרויקטים לדוגמה.⁴⁶
3. סיוע במידע, מחקר וכלים לתכנון ולהקמת גגות: מתן מידע תכנוני לאדריכלים ומהנדסים, קיום מחקרים הבודקים את התועלות המקומיות וממליצים על תכנון גגות הממקסמים אותן, סיוע באיתור הצמחים ומצעי השתילה המתפקדים באופן מיטבי בתנאים המקומיים וכיו"ב.

כלי מדיניות 'קשים'

1. רגולציה ישירה: מדובר בעיקר על חיוב בחוק. הקריטריונים הקובעים אלו מבנים מחויבים בהתקנת גג ירוק משתנים על פי מיקום המבנה (למשל, מבנים הממוקמים בשולי הערים ובאזורים פרפריאליים מחויבים בהתקנת גג ירוק כדי לייצר מעבר הדרגתי בין הטבע לעיר או מרכזי ערים צפופים עם מיעוט ריאות ירוקות), גודל הגג ושיפועו, עומק המצע והרכבו, אחוזי השחיית מי הנגר, סוגי הצמחים ואחוז הגיבון הנדרש. זהו כלי מדיניות נפוץ בגרמניה בה לעיתים מחייבים הקמת גגות ירוקים בתוכניות ייעוד הקרקע. כלי זה יעיל במיוחד בפרויקטים חדשים בהם הבניינים צריכים לעבור תהליך אישור.⁴⁷

⁴⁴ Green Roof Technology: <http://www.greenrooftech.com/leed/leed.com>; ⁴⁵ ראו למשל את אתרי האינטרנט הבאים: www.newyorkgreenroofs.com www.newyorkcitygreenroof.com;

www.chicagogreenroofs.org;

⁴⁶ אהרוני, עמ' 34 – 35

⁴⁷ Ngan, pp. 26-27

- א. חוקים פדרליים: בגרמניה התחיקה הרלוונטית לגגות ירוקים מתחילה בחוקים הפדראליים כחלק מחוקי הבנייה ומחוקי שמירת הטבע הדורשים אחריות סביבתית כלפי הדורות הבאים, שימור הקרקע ומאגרי המים. "כלל ההתערבות" (Intervention Rule) מנחה את מדיניות הפיצוי האקולוגי בהתבסס על החוקים שלעיל. פרויקט מוגדר כ"מתערב" בטבע או בנוף אם "מתוכננים שינויים שישפיעו על המראה או השימוש של אזורים שיובילו לנזק משמעותי או בלתי הפיך ליעילות ולאיוון של הטבע או של הנוף הטבעי".⁴⁸ כלל זה תקף לגבי כל אזור לא מבונה בשולי הערים, במרחבים הפתוחים ואף לגבי אזורים ירוקים במרכזי ערים. במסגרת הליך הבדיקה נבחנת השאלה האם לאזורים אלו תפקידים אקולוגיים כמו חלחול, אזור מחייה לחיות וצמחים, שימור קרקע, קיבוע פחמן ועוד. הרשות המקומית אחראית להחליט על מידת ההתערבות של הפרויקט אשר ממנה נגזרות החלטות לגבי הימנעות מהבנייה, מזעור הבנייה, פיצוי על הבנייה או החלפת שטח.⁴⁹ גגות ירוקים נמנים על הפרקטיקות המוכרות כפיצוי על הבנייה. בארה"ב יש שני חוקים פדראליים רלוונטיים לנושא: ההוראות בדבר ניהול מי נגר כחלק מחוק צמצום הזיהום (Pollution Control Act), וחוק המים הנקיים (Clean Water Act).⁵⁰ ההוראות קובעות כי לא ניתן לקבל אישור להזרמת מזהמים למערכות הביוב ללא הוכחת השקעה במערכות ותוכניות לניהול מי נגר על בסיס הפרקטיקות הטובות ביותר הקיימות. פרקטיקות אלה כוללות יישום גגות ירוקים. הנחייה זו נדרשת במקומות בהם מערכת הניקוז למי נגר ולמי ביוב היא משולבת וזאת על מנת למנוע הצפות ובכך למנוע הזרמה של ביוב גולמי למקורות מים נקיים.⁵¹
- ב. מס הזרמת שפכים: קובע עלות עבור הזרמת שפכים לגוף מים מקבל או מאגר. זהו מס פדראלי, ברוח "המזהם משלם", שנגבה מרשויות, תאגידי ביוב, חברות תעשייה, עסקי מסחר וחקלאות ומהווה תמריץ לעודד, בין השאר, התקנת גגות ירוקים.
- ג. סטנדרטים מבוססי ביצועים: סטנדרטים המונחים על ידי מטרות מדידות: אחוזי השהיית מי נגר, דרישות ליירוק העיר או ערכי החזרת קרינה. גג ירוק יהווה אחד מהפתרונות האפשריים להשגתם.⁵²

⁴⁸ Ibid, p. 24

⁴⁹ Ibid, pp. 12-13

⁵⁰ סעיף 303(d) של חוק המים הנקיים דורש ממדינות לקבוע סטנדרטים לאיכות המים עבור מאגרים וגופי מים מקבלים ולקבוע קיבולת יומית מקסימלית לחריגות עבור גופי המים הללו. הגגות הירוקים יכולים להוות נקודות בקרה ואיוון להפחתת המזהמים הזורמים לגופי המים הגדולים, בעיקר עבור אלו המושפעים מכמויות גדולות של מי נגר. סעיף 319 עוסק בצמצום זיהום מים ממקור רחב – non-point, כולל ניהול מי נגר. כאן מדינות נדרשות לזהות אפיקי גופי מים שלא יכולים לעמוד בסטנדרטים שנקבעו למים נקיים ללא ניהול של מקור הזיהום הרחב. על המדינות להמליץ על שיטות ניהול הטובות ביותר לצמצום מקורות זיהום אלו. בסעיף זה נכללת תוכנית מענקים דרכה מנותב מימון לאומי לשלטון המקומי וגופים נוספים לניהול וצמצום זיהום ממקור רחב. עד שנת 2006, שנים עשר גגות ירוקים מומנו מכוח סעיף זה בארה"ב.

⁵¹ Banting et al., 2005

⁵² בשיפוץ Potsdamer Platz בברלין העירייה דרשה ש-99% ממי הנגר יטופלו במקום. להשגת יעד זה הוקמו מספר גגות ירוקים אקסטנסיביים. פנסילבניה, ניו ג'רזי וצפון קרוליינה כללו גגות ירוקים בהנחיות לניהול מי נגר. Kohler, M.,

לסיכום, ניתוח של כלי המדיניות הנפוצים לעידוד יישום גגות ירוקים מעלה כי המניעים העיקריים לכך הם בעיקר אנתרופוצנטריים הנוגעים לאיכות החיים ולבריאות התושבים. המטרות האקולוגיות, כגון דאגה למגוון הביולוגי, הינן משניות, ואילו המטרות האקולוגיות בעלות ההשלכות הכלכליות, כגון ניהול מי נגר וחסכון אנרגטי, הן אלו המקבלות דגש. כלי המדיניות המובילים הם אלו בשני הקצוות של שיטת המקל והגזר: חיוב רגולטורי מחד גיסא ומענקים בשילוב עם הרחבת הידע המקומי מאידך גיסא. כלי מדיניות משלימים הם שיווק והסברה, יעוץ ומחקר.

טבלה מס' 2: המניעים לעידוד הקמתם של גגות ירוקים בערים מובילות בעולם וכלי המדיניות

הנבחרים⁵³

עיר	מטרות										כלי מדיניות נבחרים				
	אי החום העירוני	איכות האוויר	נגר עילי	ריאות ירוקות	חסכון באנרגיה	מגוון ביולוגי	היטל ניקוז	חיוב חוקי	אחויי בנייה	סבסוד	הדגמה על מבני ציבור	שיווק והסברה	יעוץ	מחקר	מסלול ירוק
טוקיו	+	+		+	+			+			+	+	+		
ברלין	+	+		+					+						
שטוטגרט		+							+		+	+			
מונסטר				+					+						
מינכן				+					+						
באזל					+	+			+			+	+		
פורטלנד			+					+	+		+	+	+	+	
שיקאגו	+	+		+				+	+		+	+	+	+	
סיאטל				+							+		+		
טורונטו				+					+		+	+			
איסטנבול				+									+		
אדלייד	+	+	+	+	+	+					+		+		

Keeley, M., *Green Roof Technology and Policy Development*. In: Marosa Arpels (Editor): **Green Roofs: Ecological Design and Construction**, Schiffer Books, 2005.

⁵³ המקורות לטבלה: בנימיני ש, ושות', 2008; קפלן, מ. וצוותו. **מסמכי הרקע לתוכנית המתאר לתל אביב יפו**, 2009; Carter, Fowler, *Establishing Green Roof Infrastructure*, 2008; Collins, P. *Climate Change Adaptation and Thermal Performance*. Presented at WGRC. London, Sept. 2010; Turkeri, Nil. *Field Monitoring of Thermal Performance of a Retrofit Green Roof in Istanbul, Turkey*. Presented at WGRC. London. Sept. 2010

http://www.artic.edu/webspaces/greeninitiatives/greenroofs/main_map.htm;
<http://www.portlandoregon.gov/bes/44422>;
http://www.seattle.gov/dpd/greenbuilding/resources/technicalbriefs/dpds_009485.asp;
www.toronto.ca/greenroofs/; <http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/en/greenery/development.html>;

תפקידו של השלטון המקומי

סקירת כלי המדיניות שנערכה בפרק הקודם מובילה למסקנה כי השלטון המקומי הוא הגורם המשמעותי ביותר בקידום מדיניות יעילה להקמת גגות ירוקים. מסקנה זו מקורה בכך שרוב כלי המדיניות והתמריצים ניתנים ברמה המקומית, ובכך שברמה זו נקבע התכנון הסופי של השטח על כל ההוראות והתקנות החלות עליו. יחד עם זאת, כפי שנראה בהמשך, לטובת יצירת מדיניות מוצלחת על השלטון המקומי לגייס שותפים נוספים בדמות המגזר הפרטי, העסקי, הממשלתי והאקדמי, וזאת בהלימה עם שיטות המשילות החדשות הדוגלות בשילוב כוחות ויצירת קואליציות בין-מגזריות. להלן נבחן בקצרה מה הם הגורמים או התנאים, כפי שמוזכרים בספרות המחקר, שעשויים להשפיע על אימוץ אסטרטגיות לעידוד הקמתם של גגות ירוקים ברשויות המקומיות. בהמשך נראה האם וכיצד באים לידי ביטוי גורמים ותנאים אלו, יחד עם אחרים, במקרי הבוחן בעולם ובישראל.

מאפייני רשויות מקומיות המובילות בסוגיות סביבתיות

הופ וקונן מצביעים במחקרם על הגורמים שלדעתם הם המשפיעים על רמת החלוציות הסביבתית ואימוץ אסטרטגיות של קיימות ברשויות המקומיות:⁵⁴

1. גודל הרשות: ככל שהרשות גדולה יותר כך סיכוייה לאמץ אסטרטגיות של קיימות גבוהות יותר.
2. תמהיל הידע ברשות המקומית: תמהיל ידע רחב מצמצם את אי הודאות ומעודד פעולה.
3. שותפים אסטרטגיים: מעודדים יצירת קואליציה בין מגזרית.
4. יכולת כלכלית ומדיניות ממשלתית תומכת: מצמצמת את הסיכון ואי הודאות הכלכלית.
5. מעורבות של מומחים לטובת המטרה: מצמצם את הסיכון ואי הודאות המקצועי.
6. "המשוגע לדבר": זרז מקומי בדמות ראש עיר, פקיד בכיר, מנהיג קהילתי או אזרח המוביל את נושא הקיימות.

נושא המשילות זוכה לדגש במחקרו של פיורינו אשר מצביע על התפקיד החשוב שיש לנושא המשילות בכל הקשור להטמעה ולקידום מדיניות סביבתית בשלטון המקומי. פיורינו מרחיב את הגדרת הקיימות אל מעבר לשלושת תחומי העל כלכלה-חברה-סביבה, ומוסיף תחום על רביעי והוא נושא המשילות. לטענתו, נושא זה חשוב הן בפני עצמו והן כתמיכה בשלושת תחומי העל האחרים.⁵⁵

Hoppe, T., and Coenen, F. *What Does Pioneering Mean in Local Sustainable Development? A Decade of Local Sustainability Performance Measurement in the Netherlands*, 2011, Paper prepared for the **Pioneers in Environment Policy Revisited Panel**, 6th ECPR General Conference, held at the University of Iceland (24-27 August, 2011). Pp.2-3

Fiorino, D. J. **Sustainable Cities and Governance: What are the Connections?**, Center for Environmental Policy, American University, 2012

על פי פיורינו זהו נושא קריטי בהפיכת עיר למקיימת הקובע את יכולתה להגדיר מטרות סביבתיות ולבצען. הוא מציע ארבע יכולות חדשות או מנגנוני פעילות הנדרשים לערים המבקשות לפעול לקידום הקיימות בשטחן:

1. קישוריות ואינטגרציה: בין ארבעת תחומי העל בתחום הקיימות (כלכלה-סביבה-חברה-משילות) ובין המרכיבים הפנימיים של כל תחום.
2. מנגנון מקומי גמיש, יוזם ומגיב לשינויים: קבלת החלטות וקביעת מדיניות על פי מודל הרשת ולא במודל ההיררכי- ליניארי.
3. הון חברתי ויכולת התאגדות ושיתופי פעולה: הנדרשים להפיכת עיר למקיימת כגון עיצוב חזון משותף ויישום.
4. פיתוח מערכות לשילוב תושבים: בתהליכי השינוי ובקבלת החלטות.

ברי וקנט מדגישים במחקרם את חשיבות ההון החברתי כגורם קריטי לעידוד נושא הקיימות ברשויות מקומיות. במחקרם הם מצאו שהערים המחויבות ביותר ליישום של מדיניות סביבתית מקיימת הן ערים המתאפיינות בפרקטיקות ובמתודות מתקדמות של שיתוף ציבור.⁵⁶ רוב החוקרים כיום מסכימים ששיתוף ציבור הוא אבן יסוד לקידום תהליך משמעותי ליישום כלים לטובת קיימות עירונית, וזאת על בסיס גישה אשר דוגלת במעורבות אקטיבית ישירה של האזרחים. גישה זו מדגישה את הצורך בשינוי ערכים קהילתיים ואישיים בנוסף לשינויים במדיניות ובהתנהגות.

Berry, M., Kent, J., Portney, E. *Participation and the Pursuit of Sustainability in U.S. Cities*, **Urban Affairs Review**. 46 (1): 119-139,2010⁵⁶

חלק שני: גגות ירוקים במבני חינוך

הסיבות להתמקדות בגגות ירוקים על מבני חינוך

בעקבות ממצאי המחקר הראשוני המוכיח כי לגגות ירוקים תועלות רבות וכי קיים ידע בתחום זה בישראל ואף על פי כן יישומם של הגגות בפועל מצומצם מאד, נראה כי לשם מימוש נרחב של גגות ירוקים בישראל יש לשנות את תדמיתם מאלמנט אזוטרי המיושם במספר מצומצם של פרויקטים ירוקים לאלמנט עירוני נפוץ המהווה חלק מסביבת היום של רבים. בנייתו הסיטואציה המרחבית ופוטנציאל השימוש בישראל אנו מניחים כי גגות מבני חינוך הם המתאימים ביותר למימוש הרעיון באופן נרחב. ניתוח של מבני החינוך מגלה מספר מאפיינים ייחודיים המצדיקים את ההתמקדות בהם ומזהה אותם כאתרים מועדפים למימוש גגות ירוקים בצורה נרחבת:

1. תפרוסת: מבני חינוך קיימים בכל עיר, הם ממוקמים בדרך כלל במקומות מרכזיים ובנגישות למרחב ציבורי שעוטף אותם.
2. מאפיינים דומים: הדמיון בסוג המבנה מאפשר העברת ידע ופרטים ממקרה למקרה כך שלא נדרש כל פעם 'להמציא את הגלגל' מחדש.
3. מאפיינים נוחים ליישום גגות ירוקים: למבני חינוך טיפוסיים בישראל יש גג שטוח מבטון והם בעלי חתך נמוך בן 2-3 קומות. כמו כן הגגות גדולים ורציפים ולעיתים יש להם מעקה.
4. מבנה בעלויות: במקרים רבים המכשלה להקמת גג ירוק היא מבנה הבעלות של המבנים ואי הסכמות בין הבעלים השונים. מבני חינוך נמצאים בדרך כלל בבעלות גורם אחד, עובדה המגדילה את היתכנות היישום.
5. תועלת ישירה: בניגוד למבנים השייכים ליזם שאינו המשתמש בבניין, התועלות מהשקעה בגג מבנה חינוך חוזרת ישירות ל'יזום הגג' - העיר ו/או בית הספר עצמו.
6. פשטות טכנית לביצוע: הפעילות במבני חינוך לרוב מופסקת לפרק זמן משמעותי במהלך השנה ופרק זמן זה מאפשר את עבודת ההקמה של הגג ללא הפרעה לפעילות התקינה של השוהים במבנה. בנוסף, על גגות מבני חינוך אין לרוב מתקנים הנדסיים רבים כמו דודי שמש, מתקני קירור גדולים וכו'. במידה והותקנו עליהם פנלים סולאריים (במיעוט המקרים) אין הדבר מהווה הפרעה מהותית.
7. הפיכת הגג ממפגע לנכס: אחת ההצדקות העיקריות להתמקדות בגגות ירוקים דווקא על מבני חינוך בישראל היא מצבם העגום של הגגות כיום. גגות מבני חינוך תופסים שטח אורבאני גדול ועקב היעדר שימוש בהם הופכים להיות מפגע. יתרה מכך, כפי ששורחב בהמשך, מרבית הגגות המשמשים כשטח טכני מכוסים איטום בטומני כהה המהווה מפגע אסטטי, אקולוגי ואקלימי. ההזדמנויות להפוך מפגע בקנה מידה כל כך גדול לנכס משמעותי מהווה משקל מכריע ליישום גגות ירוקים.

8. פוטנציאל לשמש כרובד חינוכי שימושי נוסף: ההצדקה העיקרית לעיסוק הייחודי במבני חינוך היא השאיפה להלימה בין אדריכלות המבנה לפונקציה שלו. הפונקציה המוצהרת וההצדקה הקיומית של מבני חינוך נובעת מהיותם אכסניה לרכישת השכלה וערכים ובעלי השפעה חיובית על החברה ועל הקהילה. מכאן טענתנו כי **מבנה חינוך שבעיצובו האדריכלי אינו מבנה חינוכי פוגע בהגשמת מטרותיו**. לאדריכלות המבנה מסרים גלויים וסמויים החל בארגון של המבנה, בחזות שלו, בגבולותיו ובשימושים שהוא מאפשר או לא מאפשר. זאת ועוד, מכיוון שמבני חינוך נמצאים בליבן של שכונות מגורים ומהווים לעיתים קרובות מוקד להתכנסות קהילתית ופעילות שמעבר להוראה ולמידה בכיתות, לטיפוחם ולניצול המרחב סביבם השלכות מרחיקות לכת על תפקוד הקהילה ועל המסרים החברתיים שמעצבים אותה.

9. תפעול ותחזוקה על ידי המשתמשים עצמם: חיוב הקמת גגות ירוקים בחוק הינו צעד אפשרי אך בעייתי משום שאין בהקמת הגג להבטיח שאכן יתוחזק כראוי וימשיך להתקיים. לפיכך, ככל ש'הגג הירוק' יקום ביוזמה מקומית, יהיה שימושי יותר ויתרום למשתמשים הישירים במבנה, כך יגברו הסיכויים שהוא ישרוד וישגשג. גג ירוק-עד לאורך השנה (גם אם רק בחלקו), דורש טיפול ותחזוקה שוטפת. הניסיון המקומי מלמד שמערכות גג אינטנסיביות 'סלחניות' פחות לתקלות והזנחה מגיבון רגיל על אדמה. לכן, למניעת הזנחה, רצוי מאוד שתהיה קבוצת בני אדם שנהנית מהגג הירוק, רואה בו ברכה ותיקח חלק במאמץ התחזוקה והטיפול השוטף שלו. הגג יכול להוות גורם מלכד של השכונה, הקהילה ובית הספר, ובכך לתרום לבניית קהילה ולחיזוקה.⁵⁷

מגמות חינוכיות שתומכות בהקמת גגות ירוקים על מבני חינוך

מטרת פרק זה הינה להדגיש את התועלות החינוכיות שטמונות בהתקנת גגות ירוקים על מבני חינוך. כפי שנראה בהמשך, גגות ירוקים בבתי ספר שימושיים הן כשטח לימודי, הן כתוספת לחצר בית הספר והן כשטח המגלם בעצמו ערכים חינוכיים. הפיכת הגג לשימושי ולבעל תפקיד חינוכי יכול להיות בעל משקל מכריע בהחלטה על הקמת גג ירוק לא כתוצר לוואי, בבחינת קישוט נחמד, אלא כאלמנט בעל תועלת חינוכית מהותית. התייחסות כזו למרחב הגג כמרחב שימושי, חינוכי וירוק, תואמת את מדיניותם של המשרד להגנת הסביבה ושל משרד החינוך הפועלים לקידום החינוך בנושאים כגון החינוך הסביבתי, הוראת המדעים, הוראת השל"ח ועוד.⁵⁸

חשיבותו ותרומו של המרחב החוץ כיתתי

⁵⁷ שדמי-וורטון, ש., **חינוך בונה קהילה וקהילה בונה חינוך**, כנס מנדל לחינוך, מכון מנדל, 2008.
⁵⁸ ראו למשל: אלקהר א. **חינוך סביבתי וחינוך לקיימות: עקרונות רעיונות ודרכי הפעלה**: פרק: חינוך מבוסס מקום, עמוד 29. משרד החינוך, הטכניון, החברה להגנת הטבע. 2009. דורון ד., עילם א. **הצעת פרויקט "מרחב לשינוי": יצירת בתי-גידול משוקמים במרחב הבית-ספרי**, המשרד להגנת הסביבה. 2004. טל ט., מורג א., גן ד., אלכסנדר א. **חינוך סביבתי וחינוך לקיימות: עקרונות רעיונות ודרכי הפעלה**, משרד החינוך, הטכניון, החברה להגנת הטבע. 2009.

חשיבותו של המרחב החוץ כיתתי במבני חינוך בישראל אינה נושא חדש. היא מעוגנת במסמכים רשמיים של משרד החינוך העוסקים בצורך בהפוגה, בפעילות גופנית, בחשיפה לאוויר ולאור השמש ובתועלות הבריאותיות של כל אלו כגון שיפור יכולת הריכוז.⁵⁹ חשיבות יתרה לנושא יש במרחבים עירוניים צפופים שבהם לצפיפות ולהיעדר די שטח חוץ יש השפעות שליליות כגון עליה במקרי אלימות.⁶⁰ עם ציפוף הערים והמחסור הגובר בשטחי פנאי ירוקים, גגות ירוקים בבתי הספר יכולים להוות תחליף.

בנוסף, בשנים האחרונות עולה גם הדרישה לחינוך סביבתי שיעודד את חיבור התלמידים לסביבתם הקרובה ויעודד היכרות עם הטבע. פעילויות שונות נעשות לפיתוח האוריינות הסביבתית של התלמידים ובמטרה להגדיל את נטיתם לפעול בדרך פרו-סביבתית.⁶¹ בתי הספר הירוקים הפועלים כיום במסגרת המשרד להגנת הסביבה ומשרד החינוך מקיימים פעילות 'ירוקה' כחלק מתוכנית הלימודים, בעיקר בנושאים של אחריות סביבתית, מחזור וכו'. בנוסף, מורים לחינוך סביבתי ומורי של"ח פועלים כיום במוסדות חינוך בישראל ועוסקים בהקניית ערכים של ידיעת הארץ והכרות עם עולם החי והצומח. בחלק מבתי הספר היסודיים התלמידים אף משתתפים בפעילות גינון חקלאית, לרוב בחוות חקלאיות בסמוך לעיר. אין ספק כי גגות ירוקים יכולים לתרום לחיזוק החינוך בכל אחד מן התחומים הללו.

להלן ריכזנו כמה דוגמאות לפעילות חינוכית שיכולה להסתייע בקיום גג ירוק בבית הספר. הפעילות תואמת את מדיניות משרד החינוך להגברת החינוך לקיימות וחיזוק הקשר עם הסביבה המקומית.⁶²

1. למידת מדעים וסביבה: לימודי ביולוגיה ומדעים במרחב הפתוח ושילוב למידה בהתנסות בלתי אמצעית עם החומר הנלמד (למשל באמצעות תחנה מטאורולוגית, תצפית כוכבים ועוד).
2. לימודי קיימות: הדגמת סביבה בת קיימא ואקולוגיה עירונית. הגג הירוק כמרחב הדגמה ופעילות של ניהול סביבה אקולוגית מחזורית ומאוזנת (לימוד תכנים כגון מחזורי גידול, קומפוסט, מחזור מים, הצללה ותאורה, פיתוח קשר רגשי לבעלי חיים ועוד).
3. למידה בכיתות חוץ גם של נושאים שאינם קשורים לסביבה: גיוון באופן ההוראה והלמידה.
4. אפשרות למעורבות של תלמידים בטיפוח סביבתם: מדובר בכלי חינוכי חשוב. מכיוון שהפעילויות מערבות השתתפות אקטיבית של התלמידים ביצירת הסביבה ובטיפוחה, התלמידים מפתחים קשר רגשי אליה ואף זהות והזדהות עם סביבה ירוקה ומקיימת.

⁵⁹ משרד החינוך, הנחיות ומפרטים לבניית מבני חינוך, גרסה 12, אגף בינוי ותקצוב, 2009
⁶⁰ אורטנר, צ. עיצוב ושיפור חזות מבני חינוך- היבטים בהשפעת המרחב הפיזי על הפחתת אלימות, משרד החינוך התרבות והספורט, 2003
⁶¹ דוניץ, ד., בנדס-יעקב, א., פיתוח אינדיקטורים להערכת ההשפעה של בתי ספר סביבתיים ותוכניות חינוכיות בתחום הסביבה על קהילותיהם (דוח מסכם), מכון הנרייטה סאלד, מחלקת מחקר, 2011
⁶² משרד החינוך, חוזר מנכ"ל בנושא יישום החינוך לפיתוח בר קיימא במערכת החינוך, תשס"ד 5/9.4-5, 01.01.2004

5. אפשרות למעורבות הורים, מורים ותלמידים: מרחב המשמש גם כר לפעילות קהילתית אשר יוצרת מגע בין אישי ובלתי פורמאלי בין הורים, מורים ותלמידים.

השימוש בגגות ירוקים כחללי לימוד

מזג האוויר בישראל מספק הזדמנויות רבות ללמידה מחוץ לכיתה. סביבת לימוד חוץ כיתתית זמינה ומתוכננת נכון יכולה לאפשר שימושים רבים ושונים ולהעשיר את חווית הלימוד. באתר האינטרנט של משרד החינוך מפורט הערך המוסף של הלימוד מחוץ לכיתה:

"בסביבת הלימוד מחוץ לכיתה יפגשו התלמידים עם עולם המציאות ההוליסטי, המשקף את הממד הרב-תחומי, וכן ייחשפו להמחשות קונקרטיים, שמתגברות על מגבלות הכיתה בהתמודדות עם תופעות מופשטות ומילוליות. התנסות חווייתית של הלמידה תתרום להתפתחותם של הלומדים מן ההיבט ההכרתי, הריגושי והמוטורי."⁶³

כפי שראינו מוקדם יותר בעבודה זו, שתי המטרות ללימוד בחלל חוץ כיתתי שלהלן יכולות לזכות למענה ראוי בגג ירוק אם תכננו מכוון לכך.⁶⁴ הגג הירוק מהווה סביבה חוץ כיתתית שיכולה לסייע בהמחשת מושגים, תופעות, תהליכים, מצבים ואירועים, והוא מהווה סביבה המעודדת התנסות בלתי אמצעית לצורך המחשה עמוקה ועשירה של המושג הנלמד באינטראקציה מקסימאלית עמו. כמו כן, הסביבה החוץ כיתתית מהווה אמצעי ללימוד מיומנויות חקר בכלל ומחקר שדה בפרט.

פרופ' ניר אוריון מתאר את הלמידה החוץ כיתתית כמעודדת את הלמידה הטבעית והספונטנית משום שהיא נעשית במקום ההתרחשות של נושא הלמידה. ההתנסות מובילה את תהליך הלמידה והרלוונטיות מתעוררת בעקבות צורך אמיתי בדמות סקרנות טבעית. על פי אוריון:

"סביבת הלימוד החוץ כיתתית היא הסביבה הממשית, האמיתית, האוטנטית שבה תהליך הלמידה הטבעי יכול להתרחש (או לפחות להתחיל). לאור זאת, חשוב לציין ששילוב סביבת הלימוד החוץ כיתתית בבית הספר אינו קשור לגיוון דרכי הוראה או העשרה, אלא תנאי מהותי בתהליך של למידה טובה. לשילוב סביבת למידה חוץ כיתתית בלימודי מדע וטכנולוגיה יש חשיבות מיוחדת לאור התפיסה המאפיינת את החינוך המדעי והטכנולוגי. תפיסה זו מציבה בפני אנשי החינוך המדעי והטכנולוגי את האתגר הגדול של קירוב הוראת המדע והטכנולוגיה לכל (או למרבית) התלמידים. ובמילים אחרות, להפוך את המדע והטכנולוגיה לנושאים רלוונטיים לעולמם של הילדים."⁶⁵

⁶³ משרד החינוך והתרבות:

[http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/science_tech/horaalemida/lemidac\(hutzkitatit.htm](http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/science_tech/horaalemida/lemidac(hutzkitatit.htm)

⁶⁴ אוריון, נ. וגרטל, ג. **הוראה בסביבת הלימוד החוץ כיתתית**, משרד החינוך התרבות והספורט, עמ' 10 – 11, 2008

⁶⁵ אוריון, נ., **סביבת הלימוד החוץ כיתתית: למה ואיך**, מתוך אתר האינטרנט:

http://www.matar.ac.il/eureka/newspaper17/article1_5.asp

היציאה אל מרחב חוץ כיתתי מאפשרת ליהנות ממקום שונה בתוך מתחם בית הספר, מקום שמשלב חווית חוץ, עם נראות ושייכות למתחם בית הספר. הצמחייה ופינות הישיבה בגג הירוק יכולות להוות גם מקום מתאים לשיחות אישיות (בין מורים, תלמידים, הורים או כל שילוב בין קבוצות אלו), וזאת בזכות קיומה של אוירה שונה ו"מאיימת" פחות מכיתות בית הספר. כפי שסיפר לנו איש מצוות בית הספר 'אור התורה' בירושלים, בגג הירוק יושבים יחד כל סוגי האוכלוסייה של בית הספר: מורים, תלמידים, אנשי צוות והורים. הגג הוא "מקום אחר" שמשמש גם כמקום לשינוי אווירה ולהפוגה נפשית.⁶⁶

אולם למרות התרומה שיש ללמידה החוץ כיתתית, מימושה כיום מצומצמת. דו"ח הוועדה לסביבת הלימוד החוץ כיתתית משנת 1998,⁶⁷ קבע כי למידה בסביבה הטבעית הנו עקרון חשוב בתוכנית הלימודים למדע וטכנולוגיה. על פי הדו"ח, על אף החשיבות של הנושא, השימוש בפועל בסביבות לימוד חוץ כיתתיות הוא קטן בהשוואה למספר השעות שהלומדים שוהים בכיתות, ופעמים רבות לימוד זה מתנהל באופן שאינו תורם באופן משמעותי ללמידה. אוריון מחזק טענה זו וטוען כי הסיבה טמונה בכך שההשקעה הדרושה בהוצאה לפועל של אירוע למידה חוץ כיתתי גדולה בהרבה מהתוצר החינוכי הקוגניטיבי האפקטיבי.⁶⁸ בהקשר זה, השקעה בתכנון והקמה של גג ירוק ולאחריה תחזוקתו, תהליכים שמהווים בפני עצמם הזדמנויות חינוכיות, יחזירו עצמם עשרות מונים באמצעות יצירת סביבת למידה חוץ כיתתית זמינה, נגישה ונעימה ללימוד ומחקר חוויתי עבור תלמידי בית הספר למשך שנים. זאת ועוד, אחד הגורמים המרכזיים שעלה משיחות עם מורים להשקעה הגדולה הנדרשת להוצאה לפועל של אירוע לימוד חוץ כיתתי הוא מגבלות המערכת הבית ספרית בניצול השדה כסביבה לימודית. מדובר באירוע יקר ומורכב מבחינה ארגונית, הנושא עלויות הסעה והדרכה, אחריות כבדה (למשל לגבי סוגיות בטיחות ואבטחה) ופעמים רבות היא באה על חשבון תוכנית הלימודים המחייבת וזמן זה אינו בנמצא. ביציאה מחוץ לבית הספר יש להתחשב במזג האוויר (קור, חום, גשם, רוחות), בזמינות של תופעות, בתופעות בלתי צפויות ובסוגי הפרעות חיצוניות.⁶⁹ בגג ירוק ניתן להגדיר עם המורים את צרכי הלימוד למען יצירת תאימות גבוהה עם תוכנית הלימודים ויצירת מרחב המותאם לצרכי ולתכני הלימוד של בית הספר.

אדריכליות הנוף, רויטל שושני וגליה חנוך רועה, גורסות שחזון משרד החינוך בו חצר בית הספר מהווה סביבה המעודדת אורח חיים בריא, למידה, פליאה, סקרנות והתבוננות לא תמיד מתקיים ומציעות לפתח את מרחבי בית הספר על פי שלושה עקרונות של קיימות, התקפים גם לתכנון גג ירוק בתחומו:⁷⁰

⁶⁶ מתוך ראיון עם אלי נענה, גנן בבית הספר "אור התורה" בירושלים

⁶⁷ אוריון, נ. גרטל, ג. הוראה בסביבת הלימוד החוץ כיתתית, משרד החינוך התרבות והספורט, 1998.

⁶⁸ אוריון, נ., עמ' 14

⁶⁹ שם, עמ' 20

⁷⁰ שושני ר. וגליה חנוך רועה, שינוי במרחב הפתוח של בית הספר: ממרחב מרחיק למרחב מקרב, תכנון ויישום עקרונות הקיימות בחצר בית הספר, הרצאה בכנס גגות ירוקים, אוגוסט 2012

1. רב תפקודיות: לאפשר חוויות שונות של למידה, קשר והתבוננות במרחב (אזורי פעילות, שחזור נופים, התפתחות של בתי גידול טבעיים, משיכה של ציפורים ומאביקים, גידול צמחי תועלת).
2. שימוש ומחזור משאבים קיימים: שימוש בחומרים קיימים, מקומיים בשימוש משני או ממחזור, שימוש במי הנגר, במי עיבוי מזגנים, דישון בקומפוסט מייצור מקומי, שימוש בחומרים המזוהים עם בית הספר כמו הריהוט הייחודי וכדומה.
3. שיתוף פעולה: עם ההורים, המורים והקהילה הסובבת.

לטענתן, גג ירוק יכול לאפשר למידה חוץ כיתתית איכותית ומשמעותית, אך הוא צריך להיות מותאם לביקורי תלמידים, להציע מגוון הזדמנויות לחוויה של החומר הנלמד בכיתה בזמן להתנסויות ממשיות וחושיות. הגג הירוק צריך לעודד תלמידים לחקור את סביבתם המיידית, לגלות בה עניין מחודש, להכיר את הצמחים ובעלי החיים בקרבתם ולקחת אחריות על הטבע המקיף אותם, הבסיס לחינוך סביבתי ואזרחי משמעותי.⁷¹

עוד יש לציין כי פרדיגמת החינוך של 'האקולוגיה התרבותית' דוגלת בדאגה לטבע בשל ערכו הפנימי מחד גיסא, ומדגישה את הצרכים הפיזיים והנפשיים של האדם במפגש עם הסביבה מאידך גיסא. שיטת חינוך זו שואפת להנחיל ערכים של אחריות ואכפתיות לסביבה, וזו יכולה להירקם רק אם תהיה זיקה בין האדם לסביבתו.⁷² בבתי ספר אלו התלמידים לוקחים חלק פעיל בטיפול ואחזקת בית הספר וסביבתו, גישה חינוכית-יישומית המתאימה לתחזוקה הנדרשת בגג ירוק הן לצמצום הוצאות התחזוקה והן להקניית ערכים חינוכיים סביבתיים-אזרחיים.

לסיכום, נראה אם כן שהפער בין הפוטנציאל הגלום בלימוד חוץ-כיתתי ובין ניצולו בפועל נובע מחוסר הזמינות של חללים אלו. סביבת לימוד חוץ כיתתית בתחומי בית הספר המתוכננת בקפידה ומתוך מענה על צרכים פדגוגיים והתאמה לתכני הלימוד מזמנת לתלמידים, למורים ולקהילת בית הספר כר פורה להתנסויות חווייתיות אותנטיות התורמות ללמידה טובה ופורייה יותר.

גג בית הספר, בדומה לחצר בית הספר, הוא סביבת הלימוד החוץ כיתתית הקרובה והזמינה ביותר ויכולה לשמש מחזורים רבים של תלמידים ומורים. בבחינת המצב כיום של שטחי החצר בבתי הספר נמצא כי במקרים רבים ישנו חוסר בשטחים עד כדי אי עמידה ביחס שקבע משרד החינוך בנוגע לגודל שטח חוץ מינימאלי לתלמיד. בנוסף, באזורים אורבאניים צפופים כאשר בית הספר נדרש להוספת שטחי לימוד, אולמות ספורט וכו' הבינוי נעשה על חשבון שטח חצר. שטחי החצר הצפופים משמשים לפעילויות רבות: משחק, ספורט, שהיית תלמידים בהפסקות, כינוסים מרובי משתתפים ועוד. כל אלו מותירם מעט מידי מקום לגינון ופעמים רבות גינון זה מוגבל לשולי שבילים כקישוט. מעטים בתי הספר שיש להם שטח מתאים לחקלאות וגידול מוגן שיכול לשמש לצרכי לימוד. גג ירוק בבית ספר, לעומת זאת, הוא שטח שיכול להיות עם בקרת כניסה, שטח שאינו משמש למשחקי כדור

⁷¹ שם, עמ' 4 – 9

⁷² סלע, ל. יערי, י. כץ-חן שדה, ה., סביבה חוץ כיתתית כמצע ללמידה: המודל הפדגוגי של בית החינוך א.ד.מ. וסביבה, **אאוריקה** (17), עמ' 12 – 19, אוקטובר 2003

(שיכולים להיות הרסניים לצמחיה) ולכן מהווה כר פורה לפעילות לימודית ופעילויות חוץ שכיום אין להן מענה בשטחי החצר. בנוסף, הגג כאמור יכול להיות נגיש גם לפעילויות החוץ קוריקולריות וכשטחי בילוי והפוגה שקטה (שאינה מתקיימת בחצר הסואנת) עבור תלמידי בית הספר, צוות ההוראה והסגל, ההורים והקהילה הסובבת.

גגות ירוקים על מבני חינוך: מקרי בוחן מהעולם

הבנייה של גגות ירוקים בישראל, שתחילתה לפני כעשור, הינה חלק ממגמה עולמית של עלייה בשימוש באלמנט זה בבנייה ובשיפוץ מבנים, וזאת על רקע גידול בתפוצת הבנייה הירוקה ועליית המודעות לנושא הקיימות. גגות ירוקים הפכו כבר לאלמנט נפוץ למדי בנוף העירוני בערים רבות, אולם לעניין מחקר זה ביקשנו לבחון מקרים בהם יושמו גגות ירוקים על מבני חינוך.

בניית גגות ירוקים במבני חינוך הינה חלק מתהליך עולמי הקשור בהתחזקות מגמות חינוכיות סביבתיות הרואות בחינוך את הכלי העיקרי לשינוי תודעתי ולעידוד התנהגות פרו-סביבתית. בעולם כיום גופים וארגונים רבים הפועלים לקידום נושא זה. רשת בתי הספר האקולוגיים (eco-schools) למשל, אשר חובקת 52 מדינות ובה לומדים 11 מיליון תלמידים, מפעילה תוכנית לימודים שמשתמשת באלמנטים המקיימים במבנה עצמו ובתחומי בית הספר. הבניין מהווה פלטפורמה פדגוגית לחינוך סביבתי כחלק משגרת בית הספר ומקנה לתלמידים כלים לחיים אחראיים אקולוגית. תכנית הלימודים עושה שימוש במבנה ובאלמנטים הירוקים שבו לחוויית לימוד מעשית-חוויתית במטרה לשנות גישות והתנהגויות, עם או ללא מודעות מצד המשתמשים. גגות ירוקים מהווים אלמנט נפוץ בבתי הספר הללו.⁷³

בסקירה שנערכה לצרכי מחקר זה נבחנו מבני חינוך מסוגים שונים (בתי ספר, מוזיאון, מרכז לימודי טבע) ובעלי סוגי גגות ירוקים שונים (אינטנסיבי, אקולוגי, חקלאי וכו'). ניתוח מקרי הבוחן התמקד בבחינת מאפיינים אדריכליים ואגרונומיים, שיטות התכנון, סוגי השימוש בגג, הפעילויות המתקיימות בו והתועלות המופקות ממנו. כמו כן נבחנו הגורמים העיקריים להקמת הגגות והאם היו תמריצים כלכליים או אחרים. מטרת סקירה זו, מעבר להכרות עם מקרים מוצלחים בעולם, הינה לבחון האם ניתן להסיק ממקרי הבוחן לגבי תנאים, שחקנים או מנפים המהווים "גורמי מפתח" לקידום יישום מוצלח של גג ירוק בישראל. הממצאים מוכיחים שהקמה של גג ירוק היא נושא מורכב שאינו תלוי רק ביכולת ההנדסית ובתכנון האגרונומי, אלא הוא תוצר של גורמים כגון: **תזמון הקמת בגג, מקור המימון, מדיניות הרשות המקומית, מעורבות קהילתית, מעורבותו של 'משוגע לדבר' וסיוע של**

⁷³ ECO SCHOOLS :<http://www.eco-schools.org/menu/about/eco-schools-2>

אנשי מקצוע. גורמים אלה משפיעים על עצם האפשרות להקים גג ירוק וגם על אופיו ומידת השימוש בו.

גג בית הספר Calhoun בניו יורק⁷⁴

הקמת הגג הירוק נערכה במסגרת הוספת ארבע קומות למבנה הקיים. הגג הוקם למטרות לימודיות והוכרז אף כ'מרכז למידה' לנושא. הגג תוכנן כך שיהיו לו תועלות אקולוגיות תוך שימוש כמרחב לימוד חוץ כיתתי למדעים וללימודי סביבה (כימיה, ביולוגיה, פיזיקה, אקולוגיה ועוד). בנוסף, התלמידים שותלים ומתחזקים גינת תבלינים, גינת ירק ועצי פרי המשמשים את שירותי ההסעדה בבית הספר בדגש על תזונה נכונה ובריאות.

הגג הירוק תואם את מדיניות בית הספר אשר דוגל בחינוך פרוגרסיבי: לימוד המתחיל בתלמיד, למידה דרך עשייה, התנסות ומחקר. הגג הירוק מהווה מקור לגאווה ומופיע בדף השער של אתר בית הספר תחת הכיתוב: "The Calhoun School, A leader in Progressive Education".

איור 1: הגג הירוק בבית הספר Calhoun בניו יורק



הצילום באדיבות הנהלת בית הספר Calhoun בניו יורק

מאפיינים עיקריים:

- גג ירוק חצי אינטנסיבי הכולל סוגים שונים של דשא, צמחייה בשרנית צורית ומיני צמחים מקומיים עם ריצוף גומי המקיף את הדשא. שולבו בגג 35 מצעי שתילה מתוחמים, בעומק 25.4 ס"מ עם 13 ס"מ של שכבת ניקוז ממינרלים. מצע השתילה מורכב מ- 92% חומרים אורגנים וההשקיה נעשית באמצעות טפטפות.

⁷⁴ מתוך האתר greenroofs: www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=67

- תוכנן לשאת 244 ק"ג למ"ר, שטחו 232 מ"ר, שטח הדשא הוא 111.5 מ"ר ושיפוע הגג 1.25 מעלות.
- נהנה מנגישות גבוהה מבית הספר דרך מעברים משני צידיו.
- דורש תחזוקה שבועית של עישוב, השקיה, דישון, כיסוח דשא וגינון. בחום קיצוני נדרשת השקיה נוספת.

תועלות סביבתיות:

- השהייה של 40% ממי הנגר, 26,000 גלונים של מים מדי שנה.
- מספק בידוד המפחית את הצורך בחימום וקירור.
- סופח פחמן דו חמצני ומטהר את האוויר.
- משמש מחסה ובית גידול למגוון ביולוגי בעיר.
- בסיס ליוזמות להפצת הידע בקהילה ולהפחתת תביעת הרגל הפחמנית של בית הספר.

תועלות לימודיות ושימושים נוספים:

- תוכנן כגינת גג פונקציונאלית וכמרחב לימוד חוץ כיתתי.⁷⁵
- משמש ללימודי הסביבה וללימודי מדעים.
- משמש כסטודיו חיצוני ללימודי אמנות ולתערוכות ומיצגים.
- מקור השראה ללימודי שירה ולכתיבה יוצרת.
- בהשראת הגג הירוק מונתה מתאמת קיימות לבית הספר ונערכו פרויקטים נוספים שונים בתחום זה.
- פלטפורמה לשיתופי פעולה אקדמיים עם אוניברסיטת רוקפלר וקרנות שונות כמו Earth Pledge Foundation, The Black Rock Forest Consortium.
- גינת התבלינים, הירק ועצי הפרי משרתים את תוכנית ההסעדה של בית הספר ה- "Eat Right Now" השמה דגש על מזון בריא ומאוזן.
- גינת התבלינים נשתלת מחדש בכל אביב כפרויקט משותף בין תלמידי בית הספר היסודי והטבחים בתכנית ההסעדה, המשולבים בתוכנית הלימודים בבית הספר הן בכיתה והן בתוכניות חוץ קוריקולריות לעידוד תזונה בריאה והרגלי אכילה מאוזנים.
- תוכניות עתידיות כוללות כוונה לבנות עמדה מטאורולוגית, להתקין פאנלים סולאריים ולהתקין טלסקופ.
- סגל המורים בבית הספר ממשיך ומפתח תוכניות לימודים העושות שימוש בגג הירוק ובתרונויות.
- בנוסף הגג משמש לקיום אירועים שונים של בית הספר.

תהליך ההקמה:

כאמור, הגג הירוק הוקם במסגרת שיפוץ והרחבת בית הספר. בעת גיוס המימון לעבודות הציע אחד מחברי הוועד בבית הספר לשלב בתכנון גג ירוק. חבר הוועד, אשר פעל באופן אקטיבי ונמרץ לקידום הנושא, טען כי בעלות שולית וכחלק מהפרויקט הגדול ניתן להרוויח חלל חוץ כיתתי ומרחב ירוק נוסף לטובת פעילות חינוכית של בית הספר. בית הספר היה הראשון בניו-יורק לבנות גג ירוק שמשמש גם כמרחב לימוד חוץ כיתתי. בתכנון הגג שולבו כלל הגורמים בבית הספר: התלמידים, אנשי הצוות וסגל המורים, ומגוון הצרכים נלקחו בחשבון. הפרויקט אף זכה למענק בסך \$50,000 מקרן E.E. Ford Foundation שתומכת בתוכניות חינוך חדשניות בבתי ספר עצמאיים.

סיכום "גורמי המפתח" שהביאו להקמת הגג הירוק:

1. **תזמון:** העלאת הרעיון וקידומו על רקע עבודות לשיפוץ ולהרחבת הבניין.
2. **"משוגע לדבר":** פעילות שכנוע אקטיבית ונמרצת מצד חבר בוועד ההורים של בית הספר.
3. **מימון:** ניצול העלות השולית של הקמת הגג בהשוואה לסך העלות הכולל של הפרויקט וקבלת מימון משמעותי מקרן חיצונית.
4. **שיתוף הציבור לטובת התאמת התכנון לצרכים הנדרשים:** תכנון הגג נעשה בהתחשבות בצרכים של כלל הגורמים בבית הספר (תלמידים, אנשי צוות, מורים והורים) ובהתאמה לתכנית הלימודים. כמו כן הגג

⁷⁵ בשנת 2007 הוא קיבל את פרס Merit עבור סביבות לימוד חדשניות מבית נשיונל ג'אוגרפיק

תוכנן כך שישימש גם לגידול מזון אשר משמש את צוות ההסעדה של בית הספר ונצרך בחזרה על ידי תלמידי בית הספר עצמו.

גג גן החיות (Envirodome) באדלייד, אוסטרליה⁷⁶

זהו מרכז חינוך סביבתי הממוקם על אחד מתוך שלושה גגות ירוקים בגן החיות באדלייד (השניים האחרים נבנו למטרות אקולוגיות בלבד ואינם נגישים למבקרים). הגג נפתח לפעילויות חינוכיות החל מאפריל 2009, ומארח 60,000 ילדים מדי שנה. הגג נמצא על מבנה בגובה קומה אחת ולכן הוא בעל נראות גבוהה. כמו כן הוא מהווה חלק ממערך נופי המחבר בין גן בוטני לגן החיות. הגג זוכה לפעילות רבה ומתקיימות בו פעילויות חינוכיות וחברתיות שונות, כולל פעילות לילית כדוגמת קיום תצפיות על בעלי חיים ליליים וצפייה בכוכבים.

איור 2: גג גן החיות באדלייד, אוסטרליה



מקור הצילום: abc.net.au

מאפיינים עיקריים:

- גג ירוק אינטנסיבי הכולל זנים מקומיים בלבד של שיחים, עצים ומיני צמחים.
- שטח הגג הוא 292 מ"ר ועומק מצע השתילה הוא 35 ס"מ.
- נהנה מנגישות גבוהה ונמצא בשימוש פעיל ורציף.

תועלות סביבתיות:

- טיהור מים.
- בידוד תרמי ואקוסטי.
- העשרת המגוון הביולוגי של הצמחייה.
- המשך הרצף האקולוגי בין גן החיות לגן הבוטני.

⁷⁶ גן החיות באדלייד, אוסטרליה: <http://www.abc.net.au/local/stories/2010/02/12/2818350.htm>

- תוכנן לאגור לחות ולכן דורש השקיה מינימלית.
- בית למינים רבים של ציפורים, לטאות, חרקים, חסרי חוליות ועטלפים.

תועלות לימודיות ושימושים נוספים:

- הגג מוגדר ככיתת לימוד תחת כיפת השמיים.
- על הגג אוהלים קבועים כדי לאפשר לתלמידים לחוות את גן החיות גם בלילה במסגרת פעילות לילית הכוללת שינה.
- המרכז החינוכי הוא הכלאה של גן חיות, מוזיאון ומרכז חינוכי-מדעי.
- היכרות עם האקולוגיה הייחודית של דרום אוסטרליה, על זני בעלי החיים והצמחים.
- עיסוק ולמידה של נושא שינוי האקלים.
- קיום סדנאות העוסקות בנושא הקיימות המעשית. מתן דגש על תהליכים חינוכיים שיניעו להובלה ועשייה בתחום הסביבתי.
- לימוד זואולוגיה ובוטניקה כללית.

תהליך ההקמה:

הגג הוקם באמצעות מענק מהקרן Westpac Foundation ששייכת לאחד הבנקים הגדולים באוסטרליה ובאמצעות מימון של מחלקת החינוך והשירות לילדים בעירייה. המרכז החינוכי והגג תוכננו בוועדת היגוי המורכבת משישה מומחים במשך שנתיים, והיו חלק מעבודות בנייה רחבות יותר שהתקיימו בגן החיות בעלות כוללת של 35 מיליון דולר. עבודות ההרחבה נדרשו לטובת היערכות לקראת הגעה של שני דובי פנדה חדשים לגן החיות והצפי כי הם ימשכו מבקרים רבים יותר מבעבר.

סיכום "גורמי המפתח" שהביאו להקמת הגג הירוק:

תזמון: שילוב הגג הירוק במסגרת עבודות בנייה ושיפוץ רחבות יותר ובעלות גבוהה.

מימון: מענק מקרן פילנתרופית ומימון חלקי של הרשות העירונית.

שיתוף מומחים: התכנון והבנייה של הגג התבצע על ידי מומחים בהתאם לאקלים, לתועלות האקולוגיות המבוקשות ובעיקר בהתאם לשימושים החינוכיים הרצויים.

מדיניות של רשות מקומית: הקמת הגג התבצעה על רק מדיניות תומכת ואף מימון חלקי של הרשות המקומית.

גג בית הספר Sharrow בשפילד, אנגליה⁷⁷

שפילד ניסחה תכנית אסטרטגית ארוכת טווח שמטרתה להפוך את העיר מתעשייתית לירוקה ומקיימת, ואחד הכלים שנבחר הוא הקמת גגות ירוקים. תכנית זו ממומנת על ידי הרשות המקומית ובחלקה גם על ידי האיחוד האירופי (בסכום של 800,000 ליש"ט). כיום, בעקבות התכנית, כל מבנה גדול שמוקם בשטח העיר (מעל ל-15 יחידות דיור או מעל ל-1,000 מ"ר) מחויב בהקמת גג ירוק על שטח של 80% לפחות משטח הגג.⁷⁸

הגגות הירוקים בשפילד הינם פרי שותפות עירונית בין-מגזרית שכוללת את העירייה, האוניברסיטה והמגזר העסקי. העירייה מספקת מימון, האוניברסיטה מסייעת במחקר וחברות שעוסקות בפיתוח נופי ובשתיות מסייעות בהדרכה וביישום. גג בית הספר Sharrow הוקם במסגרת תכנית זו וזכה להצלחה גדולה, בעיקר בזכות שילוב הקהילה בתכנון ובפעילות. בשנת 2009 הגג הוכרז כשמורת טבע מקומית בעקבות ערכו האקולוגי הגבוה וחשיבותו עבור הקהילה.

מאפיינים עיקריים:

- שטח הגג 2,000 מ"ר. רובו מכוסה צמחייה בגינון אקסטנסיבי ואינטנסיבי.

⁷⁷ בית הספר Sharrow בשפילד, אנגליה: <https://www.sheffield.gov.uk/out--about/parks-woodlands--countryside/ecology-service/local-nature-reserves/sharrow-school-green-roof.html>

⁷⁸ עיריית שפילד: http://sheffield-consult.limehouse.co.uk/portal/spd/designing_for_environmental_sustainability?pointId=1344496

- מצע השתילה של הגג מורכב מלבנים מרוסקות, אבן סיד ופסולת אורגנית.
- הגג עוצב כדי לייצג את מגוון בתי הגידול האקולוגיים שקיימים באזור שפילד.
- כל חומרים בהם נעשה שימוש לבניית הגג הינם מקומיים בשימוש חוזר או ממוחזרים.⁷⁹

איור 3: גג בית הספר Sharrow בשפילד



מקור הצילום: thegreenroofcentre.co.uk

תועלות סביבתיות:

- העשרת המגוון ביולוגי- הגג משך במהרה ציפורים וחרקים והפך למערכת אקולוגית עצמאית.
- השהייה של מי נגר ומניעת הצפות.
- בידוד תרמי.
- קיבוע פחמן דו חמצני.

תועלות לימודיות ושימושים נוספים:

- הגישה לגג מוגבלת רק לחלק אחד שלו אשר משמש כחלל לימודי וחינוכי, ואילו שאר הגג נשאר כשטח טבעי. כך נוצר שילוב של חלל לימוד חוץ כיתתי בסמיכות לשטח טבעי לא מופר המשמש גם לצורכי תצפית ומחקר.
- עיצוב הגג וגיבונו נעשו על ידי תלמידים ומתנדבים מהקהילה בתהליך שיתופי וחינוכי. הגג יוצר מרכז פעילות הנסמך על שותפות קהילתית.
- ניהול ותחזוקת הגג מתרכזים בשמירה על אזורי המחיה השונים והמגוונים, מניעת השתלטות של מינים דומיננטיים ועריכת סקרים בוטניים וזואולוגיים. כל אלו מהווים הזדמנויות חינוכיות.

תהליך ההקמה:

בית הספר נבנה בשנת 2007 במסגרת איחוד בין שני בתי ספר. המבנה החדש היה צריך להיות גדול מספיק להכיל את כל התלמידים וכן נדרשו שטחים פתוחים רבים יותר. צוות בית הספר, התלמידים, המורים וההורים, פעלו לכך שהבניין החדש יבנה בבנייה ירוקה ויהיה בעל ביצועים סביבתיים גבוהים. כמו כן, חוקרים מאוניברסיטת שפילד הובילו את התכנון האקולוגי במטרה לבנות מבנה אשר יסייע לשמר את המגוון הביולוגי של האזור. לשם כך הושקעה חשיבה רבה על עיצוב שיעודד משיכת בעלי חיים ויצירת בתי גידול עבור ציפורים וחרקים. המורים, ההורים והקהילה המקומית הובילו את התכנון של המטרות החינוכיות. כמו כן השתתפו בתכנון והקמת הגג מלכ"רים מקומיים העוסקים באקולוגיה ובקידום גגות ירוקים. קהילת בית הספר המשיכה להיות מעורבת בתהליך הבנייה ומתנדבים מתוכה סייעו באופן אקטיבי להקמת הגג הירוק. כך נותבו תקציבים נוספים לצמחים ולחומרים שיצרו גג עשיר ומגוון יותר, וכך גם הוקמה תחנה לניטור מזג האוויר והוצבה מצלמה אינטרנטית כדי לאפשר לתלמידים לעקוב אחר בעלי החיים ולערוך תצפיות ומחקר.

⁷⁹ ארגון Natural England: http://www.lnr.naturalengland.org.uk/special/lnr/lnr_details.asp?C=0&N=&ID=1627

סיכום "גורמי המפתח" שהביאו להקמת הגג הירוק:

תזמון: הגג הירוק נבנה על רקע ההחלטה לבנות בניין ירוק. התקנת הגג הירוק הייתה חלק מפרויקט בנייה רחב יותר.

מימון: הקמת הגג מהווה חלק מתכנית כוללת לעידוד הקמת גגות ירוקים אשר ממומנת על ידי העירייה וזוכה לסיוע כספי מהאיחוד האירופי.

שיתוף מומחים: תהליך התכנון נעשה בשילוב חוקרים מאוניברסיטת שפילד ובהשתתפות מלכ"רים מקומיים העוסקים באקולוגיה ובקידום גגות ירוקים. תכנית התחזוקה נכתבה על ידי חוקר במחלקת לאדריכלות נוף באוניברסיטה.⁸⁰

מדיניות של רשות מקומית: כאמור, עיריית שפילד מחייבת כיום הקמת גגות ירוקים על מבנים גדולים. לא זו בלבד, אלא שהעירייה פועלת באופן אקטיבי לעידוד הנושא באמצעות הקמת מרכז לגגות ירוקים וקיום פעילויות חינוכיות וחברתיות שונות. כל הגגות הירוקים בשפילד, 120 במספר, הם חלק מרשת של מרכזי הדגמה.⁸¹ בנוסף, העיר יוזמת כנסים, פרסומים, הכנת מדריכים טכניים וכן נכתבה תוכנית לשימור ועידוד מגוון ביולוגי על גגות העיר.⁸²

שיתוף הציבור לטובת התאמת התכנון לצרכים הנדרשים: המורים, ההורים והקהילה המקומית פעלו לשם הקמת בניין ירוק, דרשו שהבניין יכלול גג ירוק, היו מעורבים בתכנונו ואף באופן אקטיבי בבנייתו. כמו כן הם מעורבים בתחזוקה שלו ובהגדרת הפעילויות הנערכות בו.

הגג הירוק באקדמיה למדעים בסן פרנסיסקו (מוזיאון הטבע)⁸³

מבנה מוזיאון האקדמיה למדעים בסן פרנסיסקו, אשר נפתח בשנת 2008, הוסמך כבניין ירוק וקיבל את הדירוג הגבוה ביותר של התקן האמריקאי לבנייה ירוקה LEED PLATINUM. הגג הירוק של המבנה הפך לאחד מסמלי ההיכר של המוזיאון. הגג מעוצב גבעות גבעות בהשראת הטופוגרפיה של העיר, ומיקום המוזיאון בלב פארק הגולדן גייט הופך את הגג להמשך טבעי של הפארק, כשהבניין משתלב באופן טבעי בסביבתו המיידית. מבנה זה, ובכללו הגג, הוא במובנים רבים יוצא דופן במפת הגגות הירוקים, וזאת משום שתכנונו בוצע על ידי אדריכל ידוע (רנזו פיאנו) ובנייתו דרשה תקציב ענק שהגיע ל-488 מיליון דולר.

מאפיינים עיקריים:

- שטח הגג גדול מאד - 18,300 מ"ר.
- נשתלו בו 1.7 מיליון צמחים מתשעה זנים מקומיים היכולים להתרבות באופן עצמאי, להתקיים ממעט מים, להתמודד עם אחוזי הלחות הגבוהים באוויר ולעמוד ברוחות חזקות.
- על הגג 60,000 תאים פוטו וולטאים המייצרים 213,000 קילוואט שעה מדי שנה ומספקים 10% מצריכת האנרגיה של המבנה.

תועלות אקולוגיות:

- בידוד תרמי: הגג הירוק מווסת את הטמפרטורה במוזיאון כך שהיא בממוצע 10 מעלות פחות מאשר הטמפרטורה במבנה בעל גג קונבנציונאלי. בנוסף, הגג כולל חלונות המתפקדים כפינויות הנפתחות ונסגרות לויסות האור, האוויר, ופליטת החום מהמבנה כחלק ממערכת האוורור הפאסיבי.
- קיבוע פחמן דו חמצני ושחרור חמצן.
- ניהול מי נגר: הגג משהה 2 מיליון גלון מים, שהם 70% מכלל מי הנגר הנופלים באתר.
- מגוון ביולוגי: אזור מחייה לחרקים, ציפורים ופרפרים.

⁸⁰ עיריית שפילד: <https://www.sheffield.gov.uk/out--about/parks-woodlands--countryside/ecology-service/local-nature-reserves/sharrow-school-green-roof.html>

⁸¹ Habitat Action Plan: Green Roofs, Sheffield Local Biodiversity Action Partnership, 2010

⁸² Dunnett, N. **The Green Roof Centre, Sheffield**. Presented at the WGRC, London, 2010.

⁸³ הגג הירוק באקדמיה למדעים בסן פרנסיסקו: www.landscapevoice.com/california-academy-of-sciences-green-roof

תועלות לימודיות ושימושים נוספים:

- זהו גג עם נראות גבוהה ממפלס הקרקע, מהכבישים הסובבים ומהשכונות הקרובות ובכך הוא מהווה מרכז הדגמה וכלי חינוכי ושיווקי.
- הגג משמש גם כחלל תצוגה במוזיאון ומבקרים בו למעלה מחצי מליון מבקרים מדי שנה. על הגג הותקנה מרפסת תצפית עם שילוט שופע מידע בנוגע לתועלתיו האקולוגיות והכלכליות, הפרקטיקות שבהקמתו ותחזוקתו ומיני הצמחים ובעלי החיים שבו.

איור 4: הגג הירוק באקדמיה למדעים בסן פרנסיסקו



מקור הצילום: biologybiozine.com

תהליך ההקמה:

הקמת המבנה לוותה מלכתחילה ברצון לבנות מבנה אשר יהיה ירוק במיוחד ויכלול אלמנטים רבים אשר יהפכו אותו לבעל פגיעה מצומצמת מאד בסביבה. זאת ועוד, מכיוון שמדובר במבנה המוקם עבור גוף שעוסק בחינוך סביבתי, גג המבנה נתפס גם כשטח תפקודי וחינוכי אך גם כהצהרה חזותית חזקה על היותו 'ירוקים'. התקציב הגדול שעמד לרשות המתכננים יצר מרחב תמרון גדול שאפשר גם את ההשקעה בבניית הגג הירוק. בגלל הטופוגרפיה הייחודית של הגג נבנה ממגשי שתילה מתכלים (Bio-Tray) העשויים מלשדי עצים וקליפות קוקוס לשתילה הראשונית של הצמחים ולתפיסת האדמה. מגשים אלו מרצפים את הגג כמו אריחים ומאפשרים לשורשים לצמוח דרכם ולהתלפף אחד בשני, ולקשור את כל המגשים יחד תוך אחיזת הקרקע ויצירת התנאים הנוחים לצמחייה והנוטריינטים הנדרשים.

סיכום "גורמי המפתח" שהביאו להקמת הגג הירוק:

תדמון: הקמת מבנה חדש למוזיאון והשגת תקציב לכך.

מימון: השגת תקציב ענק (פרטי) לפרויקט הבנייה אפשר גם את הקמת הגג הירוק הייחודי.

שיתוף מומחים: בניית הגג הירוק נערכה בשיתוף מומחים לנושא, עובדה שהביאה לפיתוח פטנט חדש – אותם מגשי שתילה מתכלים.

התכנית להקמת גגות ירוקים בבתי ספר בניו יורק

בניו יורק הושקה תוכנית להתקנת גגות ירוקים בבתי ספר ציבוריים מתוך ההכרה בחשיבות חללי לימוד חוץ כיתתיים ובמרחבים ירוקים בגבולות בית הספר.⁸⁴ כתוצאה, החל תהליך תכנון להפיכת כמה מגגות בתי הספר הציבוריים לגגות ירוקים, בהתחשב בנגישות לגג, חוזק המבנה, עיצובו, ואפשרויות המימון והתחזוקה. עיצוב הגג משתנה בהתאם לחלל הנתון, מגינה פתוחה ועד חממות, ועל פי שיטות גידול שונות בדגש על חקלאות עירונית. חלק מהגגות כבר פועלים וחלק בתהליכי תכנון. הייחוד של התכנית נובע גם מכך שלא מדובר בהקמת הגגות במסגרת הקמת מבנים חדשים אלא בהתקנת גגות ירוקים על מבני בתי ספר קיימים. להלן כמה דוגמאות מהתכנית:

בית הספר מס' 41 בגריניץ' ווילג': גג בית הספר, בשטח של למעלה מ-900 מ"ר, מתוכנן להפוך לגינה פתוחה שתהיה למעשה מעבדה לאוריינות סביבתית (GELL- Greenroof Environmental Literacy Laboratory). בחלל הלימוד החוץ כיתתי שייבנה על הגג מתוכננים להיערך שיעורים בתחומי המדע, המתמטיקה, הקיימות העירונית וחקלאות 'מהחוה לשולחן'. זוהי התפתחות של תוכנית שיושמה בהצלחה בחצר בית הספר בהובלה של חלק מהורי התלמידים. בגלל מגבלות של נגישות ומשקל, נבחרו מגשי שתילה עם מצע קל עבור צמחי תבלין, וחלקות שונות ישתלו עבור כל כיתה.

איור 5: הגג הירוק בבית הספר מס' 41 בניו יורק



הצילום באדיבות ©Ari Burling Photography

⁸⁴ גגות ירוקים על בתי ספר בניו יורק: http://www.ryerson.ca/carrotcity/board_pages/rooftops/NYC_rooftop_school_gardens.html

בית הספר היסודי מס' 64 על שם רוברט סימון באיסט ווילג'⁸⁵ על גג מבנה בית הספר בן ה-3 קומות נבנה גג ירוק בגודל 280 מ"ר. הפרויקט מכונה בשם "פרויקט החווה של הרחוב החמישי" (Fifth Street Farm Project) והתוכנית הלימודית המתוכננת בו כוללת לימודי מדע יישומי הכוללים תצפיות וניסויים, לימודים חקלאיים וגידול ירקות אורגניים, קומפוסט, ולימודי כדור הארץ. חלק מן המזון שיגדל על הגג יוגש בקפיטריה לתלמידי בית הספר. יש לציין כי האתגר להקים גג ירוק אינטנסיבי על מבנה ישן והחשש מיצירת עומס משקל גדול מדי על הגג, הביא להתקנת מערכת המחלקת את המשקל על העמודים במקום על הגג.

בית ספר מס' 333 באפר ווסט סייד: על גג בית הספר מתוכננת חממה בשטח 134 מ"ר שתשמש מעבדת מחקר עבור תלמידי בית הספר. החממה מתוכננת לשמש ללימוד מדעי, סביבתי וחקלאי במשך כל השנה במסגרת פרויקט חינוכי בשם "The Greenhouse Project". בחממה מתוכננים גידולים בשיטה הידרופונית על ידי אנרגיה סולארית, יאספו בה מי גשם, והמזון יגודל במצעים מנותקים עם אזורים לכיתות שונות וליחידים. יוקם מרכז לקומפוסט, אזור לגידול חרקים לשם הדברה ביולוגית, תחנה לניטור מזג האוויר וכיתה סגורה עם פינת מטבח. המעבדה מוקמת על ידי העירייה בסיוע ארגון ללא כוונת רווח בשם "NY Sun Works".

סיכום "גורמי המפתח" שהביאו להקמת הגגות הירוקים בניו יורק:

תזמון: בניגוד למקרי הבוחן שנסקרו קודם לכן שבהם הוקם הגג הירוק בעת הרחבה של מבנה קיים או בעת הקמת מבנה חדש, תזמון הקמת הגגות הירוקים בניו יורק קשור בהפעלת תכנית חדשה המעודדת זאת על ידי העירייה.

מימון: המימון להקמת הגגות הינו ציבורי ומקורו בעיריית ניו-יורק המממנת את הקמת הגגות ואת התכניות החינוכיות הנלוות.

שיתוף הציבור לטובת התאמת התכנון לצרכים הנדרשים: הקמת הגגות הירוקים נערכת בהתאם לתכנית החינוכית של בית הספר ובשיתוף צוות ההוראה. במקרים מסוימים, כגון בבית הספר מס' 41, התכנית נערכת בהובלת הורי התלמידים, ובמקרים אחרים, כגון בבית הספר מס' 333, בשילוב ארגונים ללא כוונת רווח.

שיתוף מומחים: הקמת הגגות הירוקים נערכת על ידי אנשי מקצוע המומחים לכך ובהתאם לתנאי המבנה, יכולת נשיאת המשקל שלו, האקלים המקומי וכו'.

מדיניות של רשות מקומית: תכנית הקמת הגגות הירוקים בניו יורק היא תוצאה ישירה של מדיניות העירייה, אם בהיותה יוזמת התכנית ואם בהיותה המממנת שלו. בניו יורק אף מוענקות הטבות מס עבור גורמים פרטיים המעוניינים להקים גגות ירוקים.⁸⁶

סיכום ניתוח מקרי הבוחן מהעולם

מניתוח מקרי הבוחן בעולם עולה שבכל הקשור לבניית גגות ירוקים על מבני חינוך ניתן מקום מרכזי במערכת השיקולים לתועלות החינוכיות ולסוגי השימוש שיעשו בגג. הניסיון בעולם מלמד כי הגגות משמשים לאחד או יותר מהשימושים הבאים:

⁸⁵ על הגג הירוק בבית הספר היסודי על שם רוברט סימון באיסט ווילג': www.5thstreetfarm.org
⁸⁶ ראה באתר עיריית ניו יורק: <http://www.nyc.gov/html/gbee/html/incentives/roof.shtml>

1. שילוב של הגגות כחלק מתכנית הלימודים וריכוז פעילויות לימודיות וחינוכיות כגון לימודי מדעים, לימודי סביבה, לימודי חקלאות וכו'.
2. תוספת שטח לבית הספר כשטחי לימוד ושטחי חוץ להפוגה במהלך יום הלימודים. נתון זה נכון במיוחד בתוך ערים צפופות (בולט במיוחד בבתי הספר בניו-יורק).
3. הדגמה של מרחב אקולוגי (טבע עירוני) המשפיע תודעתית על קהילת בית הספר.
4. הזדמנות להדגמה של קיימות ויצרנות של מזון, קומפוסט, אנרגיה וכו"ב.
5. הוספת מרחב איכותי ותורם ברמה קהילתית ושימוש כשטח למפגשים חברתיים.

מעיון במקרי הבוחן שנסקרו ניתן ללמוד על אופן הקמת הגגות ובעיקר על הגורמים שהיו מעורבים בכך. בחלק גדול מהמקרים **תזמון** הקמת הגג מהווה רקע מכריע משום שהגג נבנה כחלק מעבודות שיפוץ או הרחבה של מבנה קיים, או כאלמנט במבנה חדש. יחד עם זאת, תנאי זה אינו תנאי חובה שכן במקרים אחרים, כגון בניו-יורק למשל, גגות ירוקים יושמו גם במבני חינוך קיימים. לעומת זאת, השגת **מקור המימון** לפרויקט הינו גורם מפתח ליישום. כפי שעולה מהניסיון בעולם, **לרשויות המקומיות** תפקיד משמעותי מאד במימון הפרויקט, אך הן נעזרות במקורות נוספים כגון קרנות פילנתרופיות. הרשויות המקומיות מעמידות לרוב את עיקר התקציב להקמת הגג הירוק, אך לרוב מוענק מימון משלים ממקור נוסף. תפקידן של הרשויות המקומיות אינו מסתיים במימון בלבד, במקרים רבים הן היוזמות, המקדמות והדוחפות את מימוש הפרויקטים, הן מבחינת התכנון והן בבחינת שכנוע הגורמים הרלוונטיים ויצירת שיתופי הפעולה. רשויות אלה, שמכירות בתועלות הגגות הירוקים הן מבחינה חינוכית, הן מבחינה סביבתית, הן מבחינה חברתית והן מבחינה כלכלית, אף נוקטות לעיתים בצעדים רגולטורים מחייבים או מעניקות הטבות ותמריצים לקידום הנושא (כך למשל בשפילד ובניו יורק).

עוד עולה מסקירת מקרי הבוחן כי הקמת גג ירוק מוצלח, פעיל ומתוחזק הינה תוצר **שיתוף פעולה ומעורבות** של גורמים מהקהילה המקומית, עובדי המוסד החינוכי, גורמים מהרשות המוניציפאלית ו**מומחים לנושא** שתורמים מניסיונם להקמת הגג. מהניתוח נובע כי לגורמים המעורבים בתהליך יש חשיבות מכרעת גם בעצם יישום אפשרות הקמת הגג, וגם בהתווית האופי שלו, השימושים שלו, היכולת לעשות בו שימוש במסגרת תכנית הלימודים, וסוגי המשתמשים. מעורבות של אנשי הצוות, ההורים, המורים והקהילה, תבטיח שימוש ותחזוקה של הגג לאורך זמן.

גגות ירוקים על מבני חינוך בישראל

כאמור, לאורך שנים נושא הגגות הירוקים בישראל היה זניח ושולי, ובנייה של גגות ירוקים התבצעה בעיקר על ידי אנשי מקצוע 'משוגעים לדבר'.⁸⁷ בשנים האחרונות חל מפנה מסוים וגגות ירוקים החלו מופיעים כאלמנט נפוץ יותר בתוכניות ובהדמיות של פרויקטים 'ירוקים' וזאת על רק הרחבת התפוצה של הבניה הירוקה והגידול במודעות הציבורית לנושא הקיימות. יחד עם זאת, המעבר משלב התכנון ליישום בפועל לא תמיד בוצע.

הקמת גגות ירוקים על מבני חינוך בישראל הינו נושא חדש עוד יותר. על פי רוב מדובר בניסיונות ראשוניים מאוד ולפיכך יש ערך ללמוד מהם לטובת יישום מוצלח ורחב יותר בעתיד. נכון לתחילת שנה"ל תשע"ד (2013-2014) היו בישראל עשרה מבני חינוך בעלי גג ירוק.

טבלה מס' 3: מבני חינוך בעלי גג ירוק בישראל

עיר	בית הספר
ירושלים, רמות	אור תורה
הוד השרון	כפר הנוער מוסינזון
הוד השרון	נחשון
שוהם	יהלום
פתח תקווה	אהוד מנור
ראשל"צ	צוריאל
חיפה	עירוני ה'
כפר סבא	הזמר העברי
ירושלים	התחנה לחקר ציפורים
רמת הנדיב	מבנה מרכז המבקרים

עד לעריכת מחקר זה לא היה בנמצא מידע מסודר ואמין על הגגות הירוקים במבני חינוך בישראל, ולא נבחנו שאלות חשובות כגון מידת השימוש בהם, הגורמים שהביאו להקמתם, האם הוקמו כתוצאה ממדיניות מכוונת או שהקמתם היא תוצאה של נסיבות מקומיות, ומי דואג לתחזוקה שלהם. על מנת לבחון שאלות אלה ערכנו סיורים במקומות בהם הוקמו גגות ירוקים, ביצענו תצפיות בשטח וקיימנו ראיונות עם מי שהיו מעורבים בהקמת הגג או אחראים עליו היום. רואיינו מגוון גורמים: קבלנים המתמחים בגגות ירוקים, אנשי חינוך ועובדים שונים בבתי הספר, גננים, ראשי ערים, עובדי עירייה, אדריכלים, פעילים לקידום התחום, נציגי חברות בנייה עירוניות וחוקרים באקדמיה (פירוט מלא בסוף העבודה).

סך כל שטח הגגות הירוקים עליהם הצלחנו להשיג נתונים הוא פחות מאלף מ"ר. ניתן לשער כי כמות זעומה כזו, בתפרוסת חלקית, אינה בעלת השפעה משמעותית על המרחב האקולוגי או על התפקוד התרמי של המבנה או סביבתו, ואכן המרואיינים לא ציינו תועלות בהקשר הזה. גם מבחינה מחקרית,

⁸⁷ אנשי מקצוע כדוגמת האגרונום בני נול והאדריכלים אריה קוץ ואיל רונן פעלו על מנת להקים גגות ירוקים בפרויקטים בהם היו מעורבים באופן אישי וכרעיון אשר יש להטמיע בתפוצה רחבה בישראל.

בחינת תועלות במדגם כה קטן ובמקרים כה שונים לא תניב מידע מוסמך ותקף. בתי הספר בישראל ממילא לא מודדים את צריכת החשמל, תפיסת מי הנגר ושאר תועלות טכניות אשר ניתנות למדידה. עם זאת, מדובר בניסיונות ראשונים וחלוציים אשר יכולים ללמד על הכיוון האפשרי להמשך פיתוח הנושא ומעבר מרמת 'פיילוט' לרמת תפוצה רחבה של הרעיון. לפיכך, פרק זה אינו בוחן את התועלות הטכניות של הגגות הירוקים בישראל. מטרת הפרק, אפוא, הינה לסקור את המקרים בהם הוקם גג ירוק על מבני חינוך בישראל, לבחון את הסוגיות והקשיים העיקריים איתם התמודדו היוזמים, ולהסיק לגבי גורמי המפתח או התנאים אשר הביאו להקמתם.

ניתוח מקרי הבוחן בישראל

בעוד שבעולם הצטבר ניסיון רחב בבנייה ותפעול של גגות ירוקים על מבני חינוך, בישראל נבנו עד היום עשרה גגות ירוקים על מבני חינוך. מתוך עשרת הגגות הירוקים הקיימים, שמונה גגות ירוקים נבנו על מבני בתי ספר ביישובים עירוניים ולאחר שנת 2010. מקרים ייחודיים הם התחנה לחקר ציפורים בירושלים ומבנה מרכז המבקרים ברמת הנדיב, שאינם בתי ספר. ברוב המקרים הגג הירוק מכסה באופן חלקי מאוד את הגג ומשמש כמעין גינה או מרפסת מגוננת.

בעבודה זו נבדקו לעומק חמישה מקרי בוחן (בתי הספר בירושלים, שוהם, הוד השרון, פתח תקווה וכפר סבא). בכל מקרה בוחן נבחנו הנקודות הבאות: מאפייני הגג, התהליך שהביא להקמתו, החסמים, מקורות המימון, סוגי השימוש בגג ואופן התחזוקה. לאור הממצאים שעלו מניתוח מקרי הבוחן בעולם, סקירה זו מתמקדת במיוחד בזיהוי אותם גורמים אשר השפיעו על קידום הנושא בכל בית ספר ועל מימוש הגג הירוק בפועל.

בית הספר 'אור התורה' בירושלים

תאור הגג: שטח הגג הכולל הינו 800 מ"ר ושטח הגג הירוק כמחצית ממנו (400 מ"ר). גג המבנה הסמוך נושא לוחות PV. הגג מטופח למדי, פורח ומגונן ונראה שנעשה בו שימוש פעיל. הוא מגונן במערכת משולבת הכוללת ערוגות אינטנסיביות במרכז הגג וערוגות אקסטנסיביות בהיקף. כמו כן כולל הגג מערכת שבילים ופינות ישיבה. יש לציין כי בגלל הטופוגרפיה ההררית הוא בעל נראות גבוהה ונצפה ממרפסות שכנות. הגג נגיש בקלות לתלמידים ולבאי בית הספר אך אינו נגיש לציבור (שער וגדר מפרידות בינו לבין הרחוב).

תהליך ההקמה: תהליך ההקמה החל בשנת 2010 ביוזמת עיריית ירושלים. הפרויקט קודם באופן פעיל על ידי שושנה שהם, לשעבר רכזת חינוך לבריאות בעיריית ירושלים. שהם ניהלה פרויקט אחר בבית הספר בשם "גדר ירוקה", דבר אשר הקנה לה השפעה במערכת קבלת ההחלטות של בית הספר גם עם סיום תפקידה בעירייה. הפרויקט קודם תוך שיתוף פעולה עם הנהלת בית הספר שראתה אותו בעין יפה. הגג תוכנן על ידי אדר' אריה קוץ, והקמת מערכות הגינון התבצעה על ידי חברת 'רב-נו'. הפרויקט נוהל על ידי החברה העירונית לפיתוח – חברת מוריה. בתהליך התכנון היו מעורבים סטודנטים לאדריכלות ממכללת 'בצלאל' וזאת במסגרת קורס תכנון בהנחיית אדר' איל רונן. צוות בית הספר היה מעורב גם הוא בתכנון ובהקמה של הגג. כך למשל, בהשפעת המורה לנגרות, חלק מהתכנון עבר שינוי ובגג הוצבו משטחי דק מעץ.

איור 6: הגג הירוק בבית הספר 'אור התורה' בירושלים



צילום: יואב אגוזי

מקורות המימון: למיטב הבנתנו, הגג הירוק מומן מתקציב העירייה ובעקבות החלטת ראש העיר לקדם את הנושא. החלטה זו הינה תוצאה של מסמך מדיניות שנכתב עבור העירייה ורצון ליצור פרויקט לדוגמה במיקום בעל נראות גבוהה. בגלל התקציב המוגבל, והבנת ההזדמנות החינוכית, חלק גדול בהקמה בוצע על ידי התלמידים וזכה לתמיכה כספית של הורים.

השימוש בגג: הגג משמש כמקום שהייה לתלמידים, מורים והורים. מתקיימים בו מספר שיעורים (מצומצם יחסית) ובנוסף מתקיימת פעילות יחידנית או של קבוצות קטנות עם מורה. מנהל בית הספר מודע לפוטנציאל הגלום בגג ומנסה לעודד את השימוש בו. לדבריו, לאסטיקה בבית הספר יש השפעה מכרעת על האקלים החברתי הבית-ספרי ועל מניעת אלימות והשחתת רכוש.

תחזוקת הגג: תחזוקה מתבצעת על ידי גן פרטי ועל ידי תלמידי בית הספר עצמם.

קשיים עיקריים: הפרויקט נתקל בשלושה קשיים עיקריים: 1. תהליך ההקמה לווה בבעיות תקציב כך שבכל שלב לא היה ברור האם התקציב יספיק למימושו הסופי של הפרויקט, וזאת למרות שחלק מהעבודה נעשתה בהתנדבות וחלק מהחומרים סופקו בחינם. 2. קיים פער בין התכנון המקורי לבין הביצוע בפועל. 3. השימוש בגג הירוק אינו משולב עדיין בתהליך הלימוד בהצלחה מספקת וחלק מסגל המורים אינו יודע מודע ליתרונותיו ולא עושה בו שימוש.

בית הספר "יהלום" בשוהם

תאור הגג: שטח הגג 630 מ"ר מתוכם 300 מ"ר הותאמו לגידול צמחייה ויתר השטח מחופה בחצץ. הגג מאופיין במצע מנותק עם צמחיית נוי מגוונת בגידול אינטנסיבי ולא חסכוני במים. הצמחייה ברובה צמחיית כיסוי נמוכה או עשבונית. ישנם גם כמה עצים במיכלים אשר נראו יבשים. מערכת איגום מיוחדת אוספת את מי המזגנים מכל חדרי בית הספר לטובת השקיית הגג.

תהליך ההקמה: הגג הוקם בשנת 2010 על ידי חברת 'גנרון' וביוזמת ראש העיר, גיל לבנה, וזאת במסגרת הקמתו של בית ספר חדש ועל רקע הניסיון לקדם נושא סביבה בעיר. על פי ראש העיר, הנראות של הגג הירוק היה גורם חשוב בהקמתו, וזאת מתוך מחשבה 'להחזיר' שטח ירוק לתושבים אשר חשו שנלקח מהם שטח ירוק. תכנון הגג נעשה על ידי אד' הנוף טל רוסמן, כשמטרת התכנון הייתה להקים גג ירוק פעיל אשר יהיה שימושי לבית הספר ובעל נראות גבוהה בשכונה. צוות בית הספר והתלמידים לא היו מעורבים בתכנון ובבנייה של הגג.

איור 7: הגג הירוק בבית הספר 'יהלום' בשוהם



צילום: יואב אגוזי

מקורות המימון: המימון להקמת הגג הושג באמצעות ראש העיר אשר שם את הנושא בסדר עדיפות גבוה וזאת כחלק מהתקצוב הכללי של מבנה בית הספר החדש. יחד עם זאת, מפאת שיקולים תקציביים חלק מהגג חופה בחצץ.

השימוש בגג: הפעילות החינוכית המתקיימת בגג הינה מצומצמת ביותר. הגג נראה ממסדרונות ביה"ס אך אינו נגיש לתלמידים (הדלתות אליו נעולות). הסיבה לכך היא חששה של מנהלת בית הספר מפילה אפשרית של תלמידים. לטענתה, המעקות אינם מספקים את הבטיחות הראויה. הגג אינו נצפה מהבניינים הסמוכים, וזאת בגלל מעקה בטון גבוה יחסית. יש לציין כי אילו הייתה נבנית גדר הנראות של הגג הייתה גבוהה יותר. הגג אינו נגיש לציבור הרחב.

תחזוקת הגג: תחזוקת הגג מתבצעת על ידי מחלקת הגינון של העירייה, וזאת כמו שאר חצרות בתי הספר וללא ידע בגינון מצעים מנותקים. מפאת חוסר בהכשרה מתאימה, הגג סובל מכמה בעיות תחזוקה. לדוגמה, הותקנה מערכת ההשקיה המנצלת מי מזגנים לטובת השקיית הגג אך היא אינה פועלת בגלל מחסור במשאבה. בנוסף, התרשמו כי כמה מהעצים אשר נשתלו במיכלים היו יבשים ולא זכו לטיפול הראוי.

קשיים עיקריים: הפרויקט נתקל בכמה קשיים עיקריים: 1. בשלב ההקמה קשיי תקציב הביאו לשינוי בתכנית המקורית ולצמצום השטח המגוון. 2. תחזוקת הגג אינה מתבצעת באופן מיטבי ומקצועי. 3. השימוש בגג מצומצם מאד מחשש לבטיחות המשתמשים וכך הוא אינו משרת את מטרותו. 4. הגג אינו בעל נראות גבוהה בשכונה וזאת אף על פי שזו הייתה אחת מהמטרות המרכזיות להקמתו.

כפר הנוער 'מוסינזון' בהוד השרון

תאור הגג: שטחו של גג בית הספר הוא 200 מ"ר ומתוכם 60 מ"ר מגוננים. בבית הספר גם קירות ירוקים המתאפיינים בגידול אנכי של צמחייה. בית הספר משמש גם לניסויים בגידול בעומקי מצע משתנים הדורשים תחזוקה שונה. גינון הגג נעשה בטכנולוגיות מגוונות, כמו גידול במיכלים המשורשרים זה לזה, גידול על קירות בלוחות מיוחדים המכילים מצע שתילה, כיסי שתילה ממגוון סוגים ועוד.

איור 8: הגג הירוק בכפר הנוער 'מוסינזון' בהוד השרון



צילום: יואב אגוזי

תהליך ההקמה: הגג הירוק הוקם בשנת 2010 על ידי חברת 'רב נוי' וביזמת צוות המורים במגמה לאגרוטכנולוגיה עירונית. התכנון נעשה על ידי הצוות החינוכי בשיתוף אנשי המקצוע בחברת 'רב נוי'.

מקורות המימון: מימון הקמתו של הגג הירוק נעשה מתקציב המחלקה לאגרוטכנולוגיה עירונית. חלק מהמערכות נתרמו על ידי החברות המשוקות אותן וזאת לטובת יצירת אתר הדגמה.

השימוש בגג: הגג משמש לצרכי לימוד ומחקר את צוות המורים והתלמידים של המגמה. תוכנית הלימודים משלבת גם את תחזוקת הגג. הגגות והקירות הירוקים הם בעלי נראות גבוהה מתוך בית הספר אך הנגישות אליהם מוגבלת מסיבות בטיחותיות רק לזמן השיעורים. הפעילות בגג מתקיימת במסגרת שיעורי הלימוד. הגג אינו נראה או נגיש לציבור הרחב משום שהוא נמצא בתוך המתחם הסגור של כפר הנוער.

תחזוקת הגג: כפר הנוער כולו, ובכלל זה גם אתרי ההדגמה לטכנולוגיות השונות, מגוננים ומטופחים מאוד. התחזוקה מתבצעת על ידי צוות המורים והתלמידים עצמם בשיתוף חברת 'רב נוי' אשר מעניקה יעוץ מקצועי.

קשיים עיקריים: מהראיונות עולה כי הנהלת כפר הנוער מקצה משאבים מוגבלים לטובת הפרויקט והיא אינה מייחסת לו חשיבות רבה או רואה בו מקור לגאווה. עיריית הוד השרון כלל אינה מעורבת בפעילות בכפר הנוער ולכן גם אינה תומכת במימון הגג או הפעילות בו. עוד עולה כי הגג אינו מעורר משיכה רבה גם אצל התלמידים והורים.

בית הספר 'אהוד מנור' בפתח תקווה

תאור הגג: שטחו של גג בית הספר הוא 240 מ"ר ומתוכם 100 מ"ר מגוננים. הגג הירוק מתאפיין במצע מנותק וגינון אינטנסיבי הדורש השקיה רבה. הצמחייה הינה עמידה ו/או יובשנית, היא דלילה יחסית, וניכר שמינים מסוימים לא הצליחו לעמוד בתנאי האקלים.

איור 9: הגג הירוק בבית הספר 'אהוד מנור' בפתח תקווה



צילום: יואב אגוזי

תהליך ההקמה: הגג הירוק הוקם בשנת 2011 ע"י חברת 'רב-נוי' וביזמת ראש העיר. בית הספר תוכנן במקור כבית ספר קונבנציונאלי אך לבקשת ראש העיר התבצעו שינויים בתכנית ונוספו אלמנטים של בנייה ירוקה. הגג הירוק היה אחד האלמנטים הללו. הקמת הגג הירוק התקיימה בעקבות פנייה ישירה של מנהלת המחלקה לאיכות הסביבה בעירייה, אליאנה סובול, למנהלת בית הספר, ניבה קפלן. הפנייה כללה הצעה למימון התכנון והבנייה של גג ירוק. הגג תוכנן בשיתוף הנהלת בית הספר באופן אשר יצריך תחזוקה נמוכה יחסית. הסיבה היא שבשלבם המוקדמים, לא היה ברור מי יהיה אחראי על תחזוקתו.

מקורות המימון: המימון להקמת הגג הירוק, כמו גם המימון להקמת בית הספר, מקורו בתקציב משרד החינוך והעירייה.

השימוש בגג: השימוש לצרכי לימוד ומחקר הוא מצומצם. השימוש בגג נעשה בעיקר על ידי קבוצות של תלמידים לצורך תחזוקת הגינות. נראה כי פוטנציאל השימוש בגג הינו רב הרבה יותר מהשימוש שנעשה בו בפועל. בהקשר זה, מנהלת בית הספר רואה פוטנציאל חינוכי רב בקיום פעילות חינוכית בגג, אך לטענתה, היא טרם הצליחה להטמיע עניין בנושא בקרב צוות הוראה. יש לציין עוד כי הגג אינו נצפה מתוך בית הספר והוא אינו נגיש לתלמידים אלא במסגרת שיעורי לימוד מיוחדים. לגג נראות מסוימת מכמה מהבניינים הסמוכים אך הוא אינו נגיש לציבור.

תחזוקת הגג: תחזוקת הגג מתבצעת על ידי אב הבית של בית הספר ועל ידי התלמידים עצמם במסגרת פעילות חינוכית.

קשיים עיקריים: אחד הגורמים אשר עיכבו את בניית הגג הירוק היה חששם של עובדי מחלקת ההנדסה ותחזוקת המבנים בעירייה לגבי תפעול מערכת המים בגג והשפעתה על תחזוקת המבנה. קושי נוסף הוא הקושי של מנהלת בית הספר לעורר עניין בקרב צוות המורים לעשות שימוש חינוכי בגג ולמצות את הפוטנציאל שלו.

בית הספר 'הזמר העברי' בכפר סבא

תאור הגג: בית הספר תוכנן לעבור הסמכה כבית ספר 'ירוק' על פי התקן האמריקאי לבנייה ירוקה LEED. התכנון המקורי של בית הספר כלל הקמת גג ירוק אשר לבסוף לא הוקם. בפועל הוכנו תשתית האיטום והמעקות בלבד.

תהליך ההקמה: בית הספר, ובכלל זה הגג הירוק, תוכנן על ידי משרד קנפו-כלימור אדריכלים. כאמור, בית הספר תוכנן לעמוד בתקן ה-LEED, ולצורך כך תוכננו מגוון אלמנטים ומערכות ירוקות, ביניהן הגג הירוק. רוב המערכות והאלמנטים הירוקים אכן יושמו אך לא כך הגג הירוק.

מקורות המימון: התקציב להקמת בית הספר ובכלל זה האלמנטים הירוקים, מקורו בתקציב משרד החינוך והעירייה. מכיוון שעלות ההקמה של בית הספר הייתה בפועל גבוהה יותר מהמתוכנן, הוחלט לוותר על הקמת הגג הירוק.

קשיים עיקריים: השאיפה לעמוד בתקן האמריקאי לבנייה ירוקה הביאה לתוספת עלות בהשוואה למבנה רגיל. משום כך, אף על פי שהתקציב להקמת בית הספר היה נדיב יחסית, נערכו בתכנית המקורית כמה שינויים ובכלל זה בוטל הגג הירוק. במהלך הקמת המבנה התברר כי בבחינת היחס בין עלות לתועלת כשהמטרה הינה להשיג את מספר הנקודות המקסימאלי בתקן לבנייה ירוקה, הגג הירוק התברר כיקר יותר מאלמנטים אחרים שהקנו מספר נקודות דומה.

חלק שלישי: ממצאים ומסקנות מהמחקר

המאפיינים העיקריים של הגגות הירוקים בישראל

א. תכנון הגגות: רוב מבני החינוך במחקר הם מבנים חדשים והגג הירוק נכנס לשלבי התכנון שלהם על ידי האדריכלים בשלבים שונים של התכנון. בחלקם הגג הוכנס בשלב מאוחר בתכנון או תוך כדי הבנייה. האדריכלים שרואיינו במחקר העידו על רצונם לשלב גגות ירוקים כאלמנט עיצובי ומתוך חיבור לגישות של קיימות שהפכו נגישות ואופנתיות יותר בשנים האחרונות. חלק ניכר מתשומת הלב של המרואיינים שהתייחסו לתכנון הגגות הייתה לדרישות ההנדסיות, למשל לעמידה בעומסי המשקל ושמירה על איטום איכותי. כמו כן הייתה התייחסות משמעותית לדרישות בטיחותיות, כגון הקפדה על מעקות גבוהים ופתחי המילוט. כמעט ולא הוזכרה התייחסות בשלבי התכנון לדרישות הגנניות ומערכות ההשקיה. באף מקרה לא הוזכר תכנון מראש של הפעילות העתידית בגג או התאמת הגג לתוכניות החינוכיות המתקיימות בבית הספר. מתוך שיחות עם אדריכלים, ניתן להבין שהגג הירוק הוצע בחלופות התכנון או נוסף בשלבים מאוחרים שלו, כשכבה עצמאית ללא קשר למערכות אחרות ולתפקוד בית הספר. להערכתנו, זו גם הסיבה שקל יחסית לבטל אלמנט זה בשלבי המכרז וההקמה במקרים שבהם לא נבנה גג ירוק למרות שכך תוכנן לעשות במקור.

ב. טכנולוגית הגיבון והתאמה לאקולוגיה המקומית: כל הגגות הפועלים משלבים מצע מנותק (מופרד על ידי יריעות ניקוז ואיטום בשכבות שונות ולעיתים גם עם שכבת בידוד תרמי נוספת. הגגות כוללים אזורים צומחים ומושקים ואזורי שבילים. בכלום יש חלקים נרחבים של מצע יבש (טוף) וערוגות צמחים (צמחי תבלין, סוקולנטים ומשתרעים אחרים ופרחים). אחת הדרכים שנקטו מתכנני הגגות שנחקרו במחקר זה היא להתמודד עם תנאי האקלים הקשים על ידי יצירה של אזורים שונים בגג הירוק. אזורים עם מצע עמוק יותר וצמחייה עמידה רב שנתית (שגם יוצרת צל על המצע) מעניקים עמידות גבוהה יותר לתנודות באקלים ובהשקיה. לעומת זאת אזורים אחרים בגגות הוגדרו כאינטנסיביים יותר, המקבלים השקיה קבועה וכן נוספו לתוכנית אזורים ללא גידול והשקיה בכלל - אזורי שבילים וישיבה. נוסף לכך שולבה במקרים רבים צמחייה במיכלים מוגבהים כמו שיחים ועצים נמוכים. במקרים שנבחנו נעשו ניסיונות גם בשימוש במי מזגנים (כגון בבית הספר בשהם) ואיסוף מי גשם לצורך השקיה (כגון בכפר הנוער 'מוסינזון' בהוד השרון). מערכות כאלו של איסוף מי גשמים כבר משולבות כיום בבתי ספר שונים, בלי כל קשר לגגות ירוקים. שילוב נכון של מערכות כאלו יכול להביא לחיסכון רב במים, והתייחסות אליהן כבר בשלב תכנון המבנה מאפשרת יצירת מערכות פשוטות. לדוגמה, מיקום מיכלי איסוף מזגנים מעל לאזור איגום המים ואזור ההשקיה מאפשר להשקות בגרביטציה ללא מערכות שאיבה. מגוון האפשרויות לגיבון ולשילוב של צמחייה עם מתקנים אחרים רב מאוד. במרבית המקרים נעשה שימוש רק בצורה אחת או שתיים של גיבון והפוטנציאל לפיתוח בנושא זה (כפי שמוכיחים אנשי הצוות של 'מוסינזון') נראה רב מאוד.⁸⁸

⁸⁸ ראו נספח מספר 1

חשוב עוד להוסיף כי לא נמצאו הבדלים מהותיים בין האופי הגנני והתכנוני של גגות בבתי ספר חדשים לבין גגות בבתי הספר שבהם הגג קם לאחר שבית הספר היה קיים. שילוב של חקלאות וישום של טכנולוגיות אקולוגיות נוספות נמצא רק בכפר הנוער 'מוסינזון' שם פועלת תוכנית לימודים בנושא שמוריה הם שיוזמים את הקמת הגגות. בשאר המקרים הגגות מתפקדים בעיקר כגינות נוי.

ג. הפעילות בגג: מרבית הגגות תוכננו בבתי ספר הפועלים כ'בתי ספר ירוקים' המקדמים אג'נדה ירוקה בפעילות בית הספר. במקרים אלו הגג תוכנן כחלק מ'החזות הירוקה' של בית הספר ולעיתים כאלמנט שמקנה ניקוד בתקנים לבנייה ירוקה. לא כל הגגות שתוכננו אכן הוקמו בפועל, ובחלקם ישנה תשתית אך מערכות הגג הירוק לא נפרסו או נפרסו באופן חלקי. באחרים התשתית והמערכות קיימות אך הגג פעיל באופן חלקי בלבד, ובמיעוטם הגג חי ופעיל. יש לציין עוד שמכיוון שכל הגגות הם חדשים, תהליך התבגרות הצמחייה וההתבססות שלה נמצא בתחילת דרכו. ממצא בולט נוסף הוא שבגגות שהוקמו בבתי הספר שאינם חדשים ('מוסינזון' ו'אור התורה'), הייתה מעורבות גדולה יותר של הצוות החינוכי ושל התלמידים. במקרה של בית הספר 'אור התורה' גם ההורים לקחו חלק פעיל בהקמת הגג. במקרים בהם הצוות החינוכי והתלמידים לא היו מעורבים בהקמה ניכר כי נעשה שימוש מצומצם יותר בגג לצורך פעילות חינוכית.

חסמים להקמת גגות ירוקים במבני חינוך בישראל

מטרתו של תת פרק זה הינה להסיק ממקרי הבוחן שנסקרו, ומהידע שהצטבר במסגרת המחקר, לגבי אותם חסמים אשר מקשים על הקמת גגות ירוקים בישראל ועל מקסום התועלות והשימושים בגגות שנבנו בפועל. זיהוי החסמים והגדרתם יסייע למקד את הפתרונות הרצויים להסרתם לטובת עידוד הקמת גגות ירוקים בישראל, אך לא פחות חשוב מכך, לטובת בניית גגות ירוקים טובים יותר שיזכו לשימוש רב יותר.

1. היעדר גורם ניהולי מוסדר האחראי לנושא: אחד החסמים המהותיים להקמת גג ירוק מוצלח הוא חוסר בגורם מקצועי שיכול לנהל את המשימה על כל רבדיה. כפי שעולה מהממצאים, לא אחת קורה שהיזום חסר ידע מספיק ודווקא בעלי הידע אינם בעלי יכולת להניע תהליכים. כיום אין ברשויות המקומיות, במערך בתי הספר או במשרד החינוך ידע מרוכז בנושא, ואין גורם משמעותי ומוסדר שיכול להניע את התהליך משלב היזומה, דרך השגת המימון, רתימת המערכות הרלוונטיות ועד להקמה והתפעול המוצלח של גג. כמו כן, המחלקות העירוניות מורגלות לפעול כל אחת בתחומה ומתקשות לשתף פעולה בנושאים בהם זה נדרש. לדוגמה, ברמה העירונית תקצוב מבני החינוך נמצא תחת אחריות של מחלקות הבינוי והחינוך, ואילו תקצוב הקמת גינות ושצ"פ נמצא בדרך כלל באחריות של מחלקת שפ"ע. מסיבה זו גגות ירוקים אינם מתוקצבים כשטח לגינון ושהיה בהם.

2. היעדר תיאום בין התכנון והבנייה של הגג לבין השימוש בו בפועל: במרבית מקרי הבוחן שנסקרו נמצא שהגורמים שניהלו את תכנון ובניית הגג הירוק כלל לא התייעצו או קיימו קשר כלשהו עם הנהלת בית הספר או צוות המורים. הצוות החינוכי וזה האחראי על התחזוקה, 'מקבל' את הגג רק עם סיום בנייתו וכך למעשה יש קושי לשלב את הגג הירוק בתכנית הלימודים ויש קושי נוסף לדאוג לתחזוקה שלו. קשיים אלו נובעים מכך שתובנות משמעותיות הקשורות להתאמת הגג לצרכים המבוקשים על ידי המשתמשים, כלל לא נלקחו בחשבון בזמן התכנון והבנייה. ברשויות רבות, בעיקר בעת בניית גגות ירוקים במסגרת בנייתם של בתי ספר חדשים, יש קושי ארגוני ליצור את התאום הנדרש בין האחראים על תכנון ובניית הגג לבין המשתמשים בו לאחר הבנייה.

3. עלות כלכלית גבוהה: בניית בתי ספר חדשים מתבצעת לרוב מתקציב משרד החינוך, אך רשויות מקומיות נדרשות בדרך כלל להוסיף על תקציב זה לטובת העלאת איכותו של המבנה. במסגרת התקצוב של משרד החינוך ניתן תקציב להקמת שטחי גינה וחצר, אך מכיוון שהגג אינו נחשב שטח חוץ, הוא אינו מתוקצב במסגרת זו. כמו כן, לרוב התכנון אינו מכליל את הגגות במניין השטחים השימושיים או השטחים לטיפול חזותי, וכך יוצא שהטיפול בהם טכני בלבד ומסתכם בסוגיות של איטום ופריסת מערכות טכניות. עלות הקמת גינות על גג יקרה כפליים ויותר בהשוואה לגינות על הקרקע. במקרים שבהם לבית הספר אין מחסור בשטח, הרי שלכאורה עדיף לגנון שטח אדמה נגיש. אולם גם לבתי ספר שסובלים ממחסור בשטח, אין לרוב תקציב להקמת גג ירוק אשר דורש גם הקמת בניית מעקה בטיחות, הסדרת גישה נוחה לגג, ביצוע עבודות איטום מיוחדות ועוד. מכאן שכל עוד הגג הירוק ייתפס כאלמנט אסטטי בלבד, קשה יהיה להצדיק את הקמתו.

4. חוסר במודעות בקרב המתכננים והמהנדסים: אדריכלים המתכננים מבני חינוך אינם מתייחסים בדרך כלל לאפשרות להקים גג ירוק, בדרך כלל מפאת חוסר מודעות לנושא. לפיכך, אחד החסמים להקמת גגות ירוקים הוא דפוס התכנון הרווח כיום של מבני חינוך ויחסם של אדריכלים לגגות כשטח טכני בעיקרו שלא נערך בהם שימוש פעיל. כמו כן הקמת גג ירוק דורשת תכנון הנדסי מוקפד, וזאת משום שהוא מורכב מארבע מערכות שונות: הקונסטרוקציה הנושאת את הגג, מערכת ניקוז ואיטום, מערכת גינות ומערכות השקיה. מורכבותן של מערכות אלה מעלה חששות לעיתים בקרב המהנדסים הקשורות לעומסי המשקל, סוגיות של רטיבות, הצפות ועוד. חששות אלה נובעים פעמים רבות מחוסר ידע או חוסר ניסיון בתחום. בגג ירוק יש גם צורך לתכנן מחדש את מיקום המערכות הטכניות והמזגנים ועולות גם סוגיות הקשורות לביטחון התלמידים עקב חשש מנפילתם.

5. חיסכון במים: גג ירוק עד דורש שימוש לא מבוטל במים. הצורך בחיסכון במים עומד לכאורה בסתירה לגג ירוק, מניב ופורח. נדרש שינוי בראיית מחזור המים במבנה על מנת לעשות שימוש במקורות מים חליפיים. שימוש במערכות השבת מים, אגירת מים וכיו"ב מחייב חשיבה מראש בשלבי התכנון ותיאום מערכות.

6. אחריות על תפעול ותחזוקה: מערכות גיבון מורכבות דורשות ידע שבדרך כלל אינו קיים בקרב הגננים ואנשי התחזוקה בבית הספר. לכך מתווסף גם נושא האחריות לתחזוקה ומימונה. לבתי ספר רבים גיבון מצומצם ברמת תחזוקה נמוכה. כמו כן תקציב התפעול של מוסדות החינוך נפרד לעיתים מתקציב חזות פני העיר ולכן במקרים מסוימים האחריות על התחזוקה אינה של בית הספר אלא של הרשות המקומית.

7. היעדר רצון לשינוי: כל שינוי היוצא מהמסגרת המקובלת דורש רצון. נראה כי לעוסקים בתכנון, בבנייה ובתחזוקת בתי הספר אין רצון או תמריץ לערוך השקעה גדולה המהווה שינוי מתבנית הפעילות הרגילה. גגות ירוקים אינם נתפסים כאופציה רלוונטית, ובעומס המשימות של המתכננים, הנהלת בית ספר או אנשי הרשות המקומית, אין לרוב מניע ליזום ולקחת אחריות על מימוש משימה סבוכה שכזו.

8. היעדר מודעות לתועלת החינוכית: כפי שפורט מוקדם יותר בעבודה זו, תפיסת הגג כשטח חינוכי ותפקודי בעל תועלת דורשת שינוי פרדיגמטי מרחיק לכת בתפיסת החינוך בכלל והשימוש בשטחי חוץ בפרט.

גורמים מעורבים בהיעדר מדיניות

1. בין מקרי הבוחן שנסקרו בישראל לא נמצאו מכנים משותפים רבים. מאפייני הגגות, הטכנולוגיה בה נעשה שימוש, והתכנון שלהם, לא נבעו מהגדרות פרוגרמטיות ו/או דרישות מדויקות. בכל מקרה בוחן נבנה גג ירוק שונה שתכונותיו ומאפייניו אינם נקבעו מראש אלא הם תוצאה של נסיבות מקומיות והאפשרויות שנקרו בדרכם של העושים במלאכה.

2. המקרים שנמצאו אינם תוצר של מדיניות סדורה של הרשות המקומית או של משרד החינוך. המימון להקמה מקורו בדרך כלל מהרשות המקומית ולעיתים נדרשו גם תרומות בדמות חומרי בנייה וגיבון, שעות עבודה של המקימים, והתנדבות של פעילים, הורים וילדים.

3. מהראיונות עולה כי בהיעדר מדיניות, תקציב, וגורם בעל אינטרס, הקמת הגגות הירוקים הייתה עניין שמקורו חיבור של נסיבות ומעורבות של 'משוגעים לדבר' בנקודת זמן מסוימת. עם זאת, ברוב המקרים ההקמה הוצהרה כפרויקט חלוץ 'פילוט' לבחינת המשך הקמת גגות ירוקים.

חלק רביעי: מפנטזיה למציאות בישראל - מנופים לקידום גגות ירוקים

לאור ממצאי המחקר

ממצאי המחקר מראים כי יישומם של גגות ירוקים בישראל מצומצם מאד. זאת, אף על פי שלגגות ירוקים תועלות רבות ועל אף קיומם של מספר אנשי מקצוע וחברות עסקיות שעוסקות בתחום. המחקר מצביע על כך שלשם מימוש נרחב של גגות ירוקים בישראל יש לשנות את תדמיתם מאלמנט אזוטרי המיושם בכמה פרויקטים ירוקים מצומצמים, לאלמנט עירוני נפוץ המהווה חלק מסביבת היום יום של רבים. להערכתנו, מבני חינוך הינם המתאימים ביותר למימוש הרעיון באופן נרחב, וזאת (כפי שניתחנו מוקדם יותר בעבודה זו) בזכות התפרוסת הרחבה שלהם, היותם בעלי גגות גדולים, הדמיון בין המבנים, מבנה הבעלויות, התועלת שיכולות להיות מופקות מהגג הירוק, הפשטות הטכנית היחסית לביצוע והפוטנציאל לשמש כרובד חינוכי נוסף.

ממצאי המחקר שופכים אור על התנאים שיכולים לעודד הקמתם של גגות ירוקים על מבני חינוך, ושל החסמים המקשים על כך, מונעים זאת, או מביאים להקמת גגות שאינם משרתים את מטרתיהם במלואן. כפי שסקרנו מוקדם יותר בעבודה זו, בעשורים הקרובים צפוי להימשך תהליך הכרסום בשטחים הפתוחים העירוניים, ובכלל זה גם בשטחי החצר של בתי הספר. בהקשר זה, תועלותיו של הגג הירוק כשטח פנאי המשמש גם לצרכים חינוכיים ומחקריים צפוי לעלות, והוא יוכל לשמש גם כשטח ירוק לשימוש הציבור. בישראל, שבה האקלים הוא נוח יחסית ושהצפיפות בה הולכת ועולה, מתבקש ששטח הגגות של בתי ספר יזכה לשימושים פעילים עבור התלמידים והקהילה הקרובה וזאת בדומה למתרחש במדינות אחרות בעולם.

להלן נסקור מנופים אפשריים לקידום בנייתם של גגות ירוקים בישראל ולטובת עיצוב גגות ירוקים מוצלחים יותר ומתאימים יותר לשימוש פעיל:

1. עידוד של הרשות המקומית: ממצאי המחקר מובילים למסקנה כי השלטון המקומי הוא גורם משמעותי ביותר בקידום מדיניות יעילה להקמת גגות ירוקים. מסקנה זו נסמכת על כך שברמה זו נקבע התכנון הסופי של השטח על כל ההוראות והתקנות החלות עליו, על יכולתו של השלטון המקומי לממן את התקציב הנוסף הנדרש לבניית הגג הירוק, ועל בסיס הניסיון בעולם המוכיח כי רוב כלי המדיניות והתמריצים ניתנים ברמה המקומית. סקירת מקרי הבוחן בישראל הוכיחה כי רשות עירונית חזקה, רשות עירונית בעלת אג'נדה סביבתית או אפילו אנשי מפתח בתוך הרשות, עשויים להוות גורם משמעותי במימוש הרעיון. כמעט כל הגגות הירוקים שנסקרו הם תולדה של יוזמה עירונית או של "משוגע לדבר" בתוך הרשות המקומית. מכיוון שלפי שעה המימון ממשרד החינוך לא רלוונטי לקידום הגגות הירוקים, לשון המאזניים היא אצל העירייה. כאשר היוזמה להקמת גג הירוק מקורה מגורם חיצוני, כמו האדריכל למשל, ואין תמיכה משמעותית מתוך העירייה, הסיכוי של הגג להיבנות הוא נמוך (כפי שהתרחש בבית הספר בכפר סבא). המחלקה הרלוונטית בתוך הרשות העירונית היא מחלקת החינוך. אם זהו בית ספר חדש, חשובה במיוחד התמיכה של ראשי מחלקת החינוך. אם מדובר בבית ספר קיים חשובה גם התמיכה של הנהלת בית הספר. לאור זאת, נראה שיש חשיבות רבה להעלות את המודעות

לערך החינוכי ולהזדמנויות והתועלות החינוכיות שיש בגגות ירוקים בקרב מובילי מערכות החינוך ברשויות המקומיות, אנשי מחלקות החינוך ומנהלי בתי הספר.

2. הכרה של משרד החינוך בחשיבות הנושא: על משרד החינוך להכיר בחשיבות הנושא ולפעול לקידום התחום, בין אם על ידי מתן תמריצים כספיים, תקצוב אלמנט זה בבניית בתי ספר חדשים או באמצעות הכרה ביכולתו של שטח הגג לתפקד כתחליף לשטח חצר של בית הספר. כיום הנחיות משרד החינוך לבניית בתי ספר והתקנים הרלוונטיים על פיהם נבנים בתי הספר אינם מתייחסים כמעט לתפקיד החינוכי של המבנה, אלא בעיקר עוסקים בהיבטים התפקודיים-טכניים שלו. על משרד החינוך לתת דגש גדול הרבה יותר לתפקיד החינוכי של המבנה ובכלל זה להתייחס לאלמנט הגג הירוק כאלמנט חינוכי משמעותי. התייחסות כזו תביא לא רק להגדלת התפוצה של גגות ירוקים, אלא להקמת גגות ירוקים מוצלחים יותר ושנעשה בהם שימוש רב יותר.

3. מעבר משיח 'טכני' לדיון הנוגע לשימושים בגג: ניכר כי השיח בנושא תכנון גגות ירוקים עוסק במידה רבה בדרישות ההנדסיות, דרישות האיטום ודרישות הבטיחות, וכמעט ואין התייחסות בשלבי התכנון לפעילות העתידית בגג או לצורך להתאים את עיצוב הגג, על מאפייניו האדריכליים והגינן, לתוכניות החינוכיות המתקיימות בבית הספר. לעיתים קרובות מדי מוצע הגג הירוק בחלופות התכנון או נוסף בשלבים מאוחרים שלו, כשכבה עצמאית ללא קשר למערכות אחרות ולתפקוד בית הספר. להערכתנו, לא זו בלבד שתופעה זו גורמת לבניית גגות ירוקים פחות מוצלחים, אלא שזו גם הסיבה שקל יחסית לבטל אלמנט זה במקרים שבהם בסופו של דבר לא הוקם גג ירוק למרות הכוונה לעשות זאת.

4. תמריצים וכלי מדיניות: סקירת מקרי הבוחן בעולם מוכיחה כי לתמריצים כלכליים ולכלי מדיניות יש תפקיד משמעותי לקידום נושא הגגות הירוקים. תמריצים כלכליים הינם כלי מדיניות הכרחי משום שחלק גדול מהתועלות של גגות ירוקים כדוגמת שיפור משטר הנגר העירוני, צמצום אי החום העירוני או צמצום פליטות הפחמן של המדינה, אינם מהווים תועלת ישירה לבעל הנכס הנדרש לממן את הקמת הגג אלא לרשות העירונית או למדינה. משום כך, ישנו היגיון כלכלי בכך שהמדינה, או הרשות העירונית תהיה שותפה במימון הגג באמצעות כלי מדיניות ותמריצים. כלי המדיניות והתמריצים מחולקים לשלושה סוגים: תמריצים כלכליים ישירים ועקיפים לבעלי הנכסים, כלים 'רכים' שמהותם סיוע ותמרוץ בדרכים עקיפות, וכלי מדיניות ותמרוץ 'קשים' שמתבטאים ברגולציה מחייבת. יש לציין כי גם בישראל הניסיון בהקמת גגות סולאריים מוכיח כי כאשר קיימים תמריצים כלכליים ומדיניות סדורה לעידוד התחום ניתן לפתח את הנושא במהירות. על גגות בתי ספר רבים בישראל הותקנו בשנים האחרונות מערכות של פאנלים סולאריים לייצור חשמל (PV), וזאת במסגרת מכסות שהציבה חברת החשמל לייצור חשמל, אשר יצרו תמרוץ כלכלי להקים מערכות פוטוולטאיות על גגות גדולים. אחד המגזרים שזיהה את הפוטנציאל הוא מגזר השלטון המקומי. בכמה ערים נערכו הסכמים לגבי הקמת מערכות PV על

גגות, בין אם על ידי קבלנים פרטיים המתחלקים עם הרשות העירונית ברווחים, או באמצעות מכרזים של חברות עירוניות.⁸⁹

5. חינוך והפצת ידע מקצועי בקרב האדריכלים: במרבית המקרים שנסקרו במחקר, לאדריכלים היה תפקיד חשוב בקידום הנושא ומימושו בפועל הרבה מעבר לתכנון המבנה בלבד. הם תרמו ידע, ניסיון ואף סייעו בהשגת אמצעי מימון ומקורות לחומרים על מנת להוזיל את הפרויקט. מכאן שלאדריכלים תפקיד משמעותי מאד בתהליך. יחד עם זאת, ממצאי המחקר מראים שבקרב מרבית האדריכלים קיים מחסור בידע מקצועי בנושא, וישנה מודעות חלקית לגבי התועלות והשימושים האפשריים בגגות. ניכר כי הגג בדרך כלל אינו נתפס כחלק ממרחב הפעילות והשימוש בבית הספר אלא כשטח טכני בלבד שהתייחסות אליו היא מוגבלת. אמנם קיימים אנשי מקצוע המודעים לנושא, וישנם אף בעלי ניסיון ומומחיות רבה, אך בפועל לעיתים קרובות מדי גם כשכבר מוקם גג ירוק הוא נשאר אלמנט שאינו קשור ישירות לרצף האדריכלי של שטחי החוץ והוא חסר התייחסות לתפקוד ולפרוגרמה החינוכית של בית הספר. נושאים תכנוניים מרכזיים שיש להטמיע בקרב אדריכלים ואנשי מקצוע הם: תכנון הגג על פי השימושים החינוכיים והמחקריים הצפויים, התייחסות למיקום של הגג הירוק ביחס לשאר בית הספר, מתן נגישות נוחה לגג, נראות הגג מתוך בית הספר ומהשכונה בה הוא נמצא, בחינת אפשרות לנגישות מהשכונה לאחר שעות הלימודים ועוד.

6. שיתוף קהילת בית הספר משלב התכנון: כפי שעולה מסקירת מקרי הבוחן בעולם, הצלחתם של גגות ירוקים על מבני חינוך תלויה במידת השיתוף של קהילה תומכת (הנהלת בית הספר, צוות המורים, אנשי התחזוקה, התלמידים וההורים) בכל שלבי התכנון, הבנייה, התפעול והתחזוקה של הגג. ממצא זה בולט גם בישראל. מסקירת מקרי הבוחן בארץ עולה שבבתי הספר שבהם הייתה מעורבות גדולה יותר של הגורמים הנ"ל, תכנון הגגות היה מתאים יותר לתכנון הלימודים ולרצונות הקהילה, ונעשה בפועל שימוש רב יותר בגגות הירוקים. במקרים בהם הצוות החינוכי והתלמידים לא היו מעורבים בהקמה ניכר כי נעשה שימוש מצומצם יותר בגג לצורך פעילות חינוכית, וזאת מפאת חוסר ההתאמה בין תכנון הגג לבין הצרכים החינוכיים והתפעוליים של בית הספר.

7. שילוב הגג הירוק כשטח ציבורי איכותי לשכונה: גורם זה יכול להוות משקל חשוב בהקמת גגות. היתרונות הסביבתיים - הורדת אי החום, יצירת מסדרונות אקולוגיים, השפעה על משטרי זרימת נגר יכולים גם הם לסייע, אך תאור הגג הירוק כשטח לצרכי פנאי עשוי להוביל למימונם כפי שממומן כל גיבון אחר בעיר. יש חשיבות רבה בהכנסת ערך זה לשיח התכנוני בערים, וזאת למרות המורכבות הבירוקרטית ביישום. בהקשר זה, מקוי, וינסנט ומקרביץ טוענים כי מוסדות חינוך צריכים לקיים יחסי גומלין שונים עם הקהילות המקיפות אותם. לטענתם בתי ספר הם

⁸⁹ לצורך המחשה, בירושלים יש מערכות סולאריות על כ- 90 גגות של בתי ספר מתוך כ- 500 בתי ספר, ושטחם הכולל הוא כ- 50 דונם. גג ירוק על בית ספר יש רק אחד בירושלים. ההשוואה בין הפריסה הרחבה של מערכות PV על גגות בתי ספר, לעומת הפריסה המעטה של גגות ירוקים מצביעה על היתרון המשמעותי בתמריץ כלכלי בקידום אג'נדה. חשוב לציין שאין סתירה בין השניים ולמעשה אפילו יכולים להיות יחסי סימביוזה. מחקרים מראים שמערכות PV המותקנות על גגות ירוקים מתחממות פחות וכתוצאה מכך יכולת ייצור החשמל שלהם גבוהה יותר

מרכיב חשוב בעיצוב שכונות וקהילות ויש להם השפעה על צמיחה ושינויים אזוריים. קהילות יכולות לתמוך בבתי ספר, ובתי ספר עשויים לתמוך בצרכים קהילתיים. בכוחם של מוסדות חינוך למשוך יזמים ותושבים למילוי חללים ריקים בקרקעות עירוניות, או לגרום להתחדשות עירונית. בבחירת מקום מגורים קיימת השפעה משמעותית לאיכותם של מוסדות חינוך סמוכים, ובתי ספר איכותיים משפיעים על מחירי נדלן בסביבתם. מחירי דיור גבוהים יותר מעלים את מסי הרכוש והארנונה בסביבתם ולכן מגדילים את ההכנסות הציבוריות.⁹⁰ תפיסה זאת היא חלק מתפיסה הרואה צורך לחזק את הקשר בין בתי הספר לקהילה. במסגרת זו יכולים מתקנים של בתי ספר, כמו גגות ירוקים, אולמות הרצאות, ספריות או מתקני ספורט, לשמש מרכזי פנאי, תרבות וספורט קהילתיים אחרי שעות הלימודים.

8. נראות הגג: מהמחקר עולה שהאינטרס של רשויות מקומיות לבנות גגות ירוקים עולה כאשר מדובר בגג בעל נראות גבוהה בשכונה. התרומה הנופית מסייעת לשינוך ההתנגדות הטבעית של שכנים להקמת מבני חינוך שיוצרים מצידם מטרדי רעש ועומסי תחבורה. לפיכך, יש לתת דגש לנושא הנראות ולבחון כבר בשלבי התכנון המוקדמים את הנראות של הגג מהבניינים הסמוכים וממפלס הרחוב (במקרה של טופוגרפיה הררית).

9. מסה קריטית של גגות: אחד החסמים להקמת גגות ירוקים קשור בחשש מפני בעיות תחזוקה והשפעה שלילית של הגג על הבניין. אנו מאמינים שכלל שיקומו גגות נוספים חשש זה צפוי לשכון. אומנם הגגות הירוקים דורשים תחזוקה מעט שונה ממערכות גיבון רגילות, אך ניתן לגשר על פער זה. תכנון אדריכלי ונופי מוצלח, שילוב תחזוקת הגג בתוכנית הלימודים ויצירת מעורבות של המורים והתלמידים יוכלו לסייע בכך. הקמת מערך הכשרה למורים ולאבות בית בנושא גגות ירוקים יאפשר ערוץ פיתוח נוסף לסגלי ההוראה, ותמיכה בגג ובתוכניות הלימודים שמלוות אותו. לכשיתפתח התחום לכדי כמות רבה יותר של גגות יש להניח שיתרבו אנשי המקצוע בתחום ויגדל מגוון הטכנולוגיות והאמצעים בהם נעשה שימוש.

סיכום : מודל שילוב כוחות להקמת גגות ירוקים בישראל

מסקירת מקרי הבוחן בישראל עולה כי ישנם שישה גורמים או תנאים המאפשרים ומעודדים הקמתם של גגות ירוקים: רשות מקומית בעלת אג'נדה ירוקה, גורם תומך בתוך הרשות המקומית, מעורבותו של 'משוגע לדבר', היכולת להשיג מימון ממקורות משתנים בהתאם לנסיבות, שיתוף צוות בית הספר, ההורים והתלמידים ויצירת קהילה תומכת, ושיתוף של מומחים ואנשי מקצוע בתחום. ששת הגורמים הללו משולבים יחד מהווים מודל לתכנון, הקמה ולתחזוקה מוצלחת של גג ירוק לאורך זמן. מסקנה זאת תואמת את הממצאים העולים מסקירת מקרי הבוחן בעולם, בהם בולט תפקידן של הרשויות המקומיות ושל אנשי מפתח בתוך הרשויות, קיומם של מקורות מימון משתנים, קידום

⁹⁰ McKoy, D., Vincent J. & Macarewicz C., *Integrating Infrastructure Planning: The Role of Schools*, *Acces*, No. 33, 2008

שיתוף פעולה והגדלת המעורבות של אנשי הצוות החינוכי ושל הקהילה המקומית, ושיתוף של מומחים ואנשי מקצוע.

איור 10: מודל המתאר את הכוחות המאפשרים ומעודדים הקמתם של גגות ירוקים



1. רשות מקומית בעלת איתנות כלכלית ומדיניות של קיימות: רוב הגגות הירוקים שנסקרים במחקר נבנו ברשות מקומית בעלת איתנות כלכלית. כמו כן, ברוב הרשויות המקומיות הגג הוקם כחלק ממדיניות עירונית המודעות לנושא הקיימות ולחשיבות שלה. הרשויות המקומיות בכפר סבא ובהוד השרון, ובמידה מסוימת גם בשהם, מקיימות כבר מספר שנים מדיניות המאמצת בהדרגה עקרונות של בנייה ירוקה. המקרה של שוהם הוא המובהק ביותר, שם הרשות גם הקימה ומימנה את הגג וגם שילבה את תחזוקת הגג בחוזה האחזקה של הגיבון העירוני. דוגמא נוספת (שאינה נסקרת בפירוט בעבודה זו) היא עיריית ראשון לציון שיזמה הקמת גג ירוק בבית הספר 'צוריאל' וגם החלה לתמרץ יזמים להקים גגות על מבני מסחר. למרות שעד למועד עריכת מחקר השדה (סוף 2013) לא נוסחה מדיניות המעודדת הקמת גגות ירוקים באף רשות מקומית, נראה כי קיים סיכוי שמדיניות כזו תאומץ בעתיד בראשון לציון, בכפר-סבא ובתל אביב.

2. דמות חזקה תומכת ברשות המקומית: במקרים רבים, בהיעדר מדיניות סדורה בנושא, מתפתחת פעילות אד-הוק של גורם בתוך הרשות שמעוניין לקדם את הנושא. לא ניתן היה לזהות תמיד מי הגורם התומך ומה היו שיקוליו. לרוב מדובר באדם שמוביל את העניין ומכיר את המנגנונים ברשות כך שהוא יכול לזרז את רתימת המערכת העירונית, מתן אישורים וקבלת מימון. דוגמא לכך היא פעילותה של שושנה שוהם מעיריית ירושלים שפעלה לקידום בניית הגג

הירוק בבית הספר 'אור התורה'. שוהם הצליחה לרתום את המערכת העירונית, את הנהלת בית הספר ויועצים אשר פעלו כמעט בהתנדבות. דוגמא מעניינת במיוחד היא הפעילות של גיל לבנה, ראש עיריית שהם, שפעל להוסיף גג ירוק לבית הספר לאחר שהתכנן כבר הושלם. מקרה זה מראה כי גם בהיעדר מדיניות, ניתן, ברצות גורם חזק ברשות, לבנות גג ירוק.

3. היכולת לגייס מקור תקציבי אד-הוק בהיעדר מדיניות סדורה: כל הגגות הירוקים שנסקרו בישראל נבנו באמצעות תקציב חד פעמי שגויס במיוחד לנושא. פעמים רבות באופן מאולתר או כהקצאה באישור מיוחד ולא כחלק מתוכנית פעולה או מדיניות סדורה. בכל אחד מהמקרים המימון הגיע ממקור אחר. סוג אחד של תקציב מיוחד הוא כחלק מתקציב ההקמה של בית ספר ייחודי כדוגמת בית הספר הירוק בכפר סבא. באופן דומה הוקם גם הגג הירוק בבית הספר 'צוריאל' בראשון לציון. מקור תקציבי אחר הוא מימון שנלקח מסעיפים שונים בתכנון ונבלע כתוספת קטנה בתוך התקציב הגדול המיועד להקמת בית הספר. כך למשל במקרה של הגג הירוק בבית הספר בשוהם. סוג תקצוב שלישי הינו קבלת מענק מיוחד לפרויקט, כפי שניתן על ידי הרשויות בירושלים ובפתח תקווה. בכפר הנוער 'מוסינזון' לעומת זאת, התקציב להקמת הגג הירוק גויס באופן עצמי מתקציב הפעילות השוטף, והגג נבנה על ידי הצוות החינוכי בתמיכה מקצועית של חברה פרטית. גם בבית הספר 'אור התורה' בירושלים חלק מעלויות הקמת הגג הירוק גויסו מהורי התלמידים.

4. מקור ידע זמין ושיתוף מומחים: במרבית המקרים שנסקרו, אנשי מקצוע ומומחים בתחום פעלו, קידמו ולעיתים גם היו חלק פעיל בתכנון ובניית הגגות הירוקים. לעיתים בהתנדבות מלאה. אנשי המקצוע תרמו ידע, ניסיון ואף סייעו בהשגת אמצעי מימון ומקורות לחומרים על מנת להזיל את הפרויקט. כמו כן הם סייעו להתאים את הגיבון לגג ולאקלים המקומי. עוד עולה במחקר כי לאור האלתור והחלוציות שבהקמת הגגות, היה תפקיד חשוב לאנשי המקצוע ומנהלי הפרויקטים אשר כ'משוגעים לדבר' קידמו את הנושא ועשו זאת ברוב תושייה ותוך ניצול ניסיונם. ניתן לזהות שבפרויקטים מאוחרים יותר (כדוגמת הגג הירוק בבית הספר 'צוריאל' בראשון לציון) תהליך התכנון, התקצוב וההקמה מתרחש בצורה סדורה יותר.

5. 'משוגע לדבר': כאמור, בהיעדר מדיניות, ל'משוגעים לדבר' יש תפקיד משמעותי במיוחד. 'משוגעים לדבר' הם אותם אנשים פרטיים, אנשי מקצוע או בעלי תפקידים אשר מקדמים את הרעיון, רותמים את המערכת העירונית ואת צוות בית הספר, מסייעים בהשגת המימון ומלווים את כל שלבי התכנון והבנייה. בכל אחד ממקרי הבוחן שנסקרו אלו היו אנשים שונים בתפקידים שונים. לעיתים הם היו עובדי הרשות המקומית, לעיתים מנהל או מורה בבית הספר, ולעיתים גורם חיצוני אחר. מהראיונות שערכנו עולה שאדם זה צריך לרוב לתפקד במגוון תפקידים ולנוע בין הגורמים בגמישות ונחישות. החל בשכנוע ורתימת גורמים ברשות, המשך בהשגת מימון ורתימת מומחים ופעמים רבות עד לשותפות בהקמה הפיזית עם מברגה ביד אחת וטלפון בשנייה.

6. שיתוף ציבור: תכנון, הקמה ותחזוקה בשיתוף המורים, התלמידים והקהילה: כפי שעולה מסקירת מקרי הבוחן בעולם, הצלחתם של גגות ירוקים על מבני חינוך תלויה במידת השיתוף של הקהילה התומכת בכל שלבי התכנון, הבנייה והתחזוקה של הגג. במקרים שנבחנו בישראל, שיתוף הציבור היה מזערי או לא התקיים כלל. למעט תהליך ההקמה של הגג הירוק בכפר הנוער 'מוסיזון', שבו הגג הוקם עם התלמידים כחלק מתוכנית לימודית, והמקרה של בית הספר 'אור התורה' בירושלים, שבו נרתמו הורי בית הספר להקים את המדרך מעץ, הגג הוקם על ידי אנשי מקצוע בתהליך בניית בית הספר ועוד לפני שהוא אוכלס והפך פעיל. בבית ספר 'אהוד מנור' בפתח תקווה פועלת המנהלת, ללא הצלחה גדולה, ליזום פעילות עם התלמידים וליצור קהילה תומכת עם ההורים. אנו מאמינים שקידום הנושא תלוי במידה רבה בקיום שיתוף רב יותר של קהילת המורים, ההורים והתלמידים כבר בשלב התכנון והבנייה של הגגות.

מסקירת מקרי הבוחן בישראל, וגם בעולם, עולה עוד כי לא בכל מקרה נדרש כי לכל ששת הגורמים תהיה אותה מידת השפעה. לעיתים אחד הגורמים הוא בעל תפקיד מרכזי יותר ומקבל משמעות רבה יותר, הכול בתלוי בנסיבות. לדוגמה, בהיעדר מדיניות עירונית סדורה, לאיש מפתח בתוך הרשות המקומית או 'משוגע לדבר' יהיה תפקיד משמעותי יותר לקידום הנושא, וזאת על ידי גיוס תומכים לרעיון ורתימת המערכת העירונית, מומחים לנושא והנהלת בית הספר. לעומת זאת, במקרה שקיימת מדיניות סדורה הצורך באיש מפתח בתוך הרשות או ב'משוגע לדבר' הוא נמוך הרבה יותר. יחד עם זאת, ברוב המקרים בישראל ניתן לראות כי בהיעדר מדיניות מקומית או ארצית סדורה, ובהיעדר קהילה שמקדמת את הנושא, גגות ירוקים נבנו לרוב כתוצאה מפעילותם של אנשי מפתח ברשויות המקומיות ושל 'משוגעים לדבר' ובשיתוף של מומחים בעלי ידע שבעצמם נלהבים מקידום הנושא ויישומו בפועל. במקרים מסוימים בישראל, מעורבותו של גורם תומך ברשות המקומית הייתה המשמעותית ביותר להקמת הגג הירוק. כל אלו פיצו במידה רבה על היעדר תקציבים גדולים או מקורות מימון סדורים לעניין.

רשימת ספרות

- אהרוני, ת. **תועלות הגגות הירוקים והדרכים להשגתן בישראל**, עבודת תזה בהנחיית טל אלון ואליסה רוזנברג, 2012
- אור, ד. **חינוך לשם מה? מקום למחשבה - מקראה בחשיבה סביבתית והגות סביבתית בת זמננו**, מרכז השל, המכון הישראלי לחשיבה ומנהיגות סביבתית, 2001
- אורטנר, צ. **עיצוב ושיפור חזות מבני חינוך- היבטים בהשפעת המרחב הפיזי על הפחתת אלימות**, משרד החינוך התרבות והספורט, 2003
- אוריון, נ. וגרטל, ג. **הוראה בסביבת הלימוד החוץ כיתתית**, משרד החינוך התרבות והספורט, 1998
- אוריון, נ. **סביבת הלימוד החוץ כיתתית: למה ואיך**, מתוך אתר האינטרנט: http://www.matar.ac.il/eureka/newspaper17/article1_5.asp
- אלון, ד. ופרלמן, י. **ציפורים בישראל בסכנת הכחדה: תמונת מצב**, החברה להגנת הטבע, 2008
- אלקחור א. **חינוך מבוסס מקום, חינוך סביבתי וחינוך לקיימות: עקרונות, רעיונות ודרכי הפעלה**, משרד החינוך, הטכניון, החברה להגנת הטבע, 2009
- בנימיני ש, ושות', **מסמך מדיניות להקמה ותחזוקה של גינות על גגות וחזיתות**, חברת סיטילינק עבור עיריית ירושלים, 2008
- דביר, מ. **סביבת הלימוד החוץ כיתתית**, אאוריקה, 17, אוקטובר 2003
- דורון ד. ועילם א. **הצעת פרויקט "מרחב לשינוי": יצירת בתי-גידול משוקמים במרחב הבית-ספרי**, המשרד להגנת הסביבה, 2004
- טל ט., מורג א., גן ד., ואלכסנדר א. **חינוך סביבתי וחינוך לקיימות: עקרונות, רעיונות ודרכי הפעלה**, משרד החינוך, הטכניון, החברה להגנת הטבע, 2009
- טל, א. **תרומתם של "גגות ירוקים" לצמצום ההתחממות הגלובלית**, מרכז המידע והמחקר של הכנסת, 2007
- מרכז ידע להיערכות לשינויי אקלים בישראל, **דו"ח מס' 2: המלצות מדיניות בתחומי מרכז הידע**, 2012
- משרד החינוך, **הנחיות ומפרטים לבניית מבני חינוך**, גרסה 12, אגף בינוי ותקצוב, 2009
- משרד החינוך, **חוזר מנכ"ל בנושא יישום החינוך לפיתוח בר קיימא במערכת החינוך**, 01.01.2004
- סלע, ל. יערי, י. כץ-חן שדה, ה., **סביבה חוץ כיתתית כמצע ללמידה: המודל הפדגוגי של בית החינוך א.ד.ם וסביבה**, אאוריקה, 17, 2003
- פוצ'טר, ע., יעקב, י., בר (שעשוע), ל., כהן, ש., טנאי, י., ובר (קוטיאל), פ. **מיתון עומס חום בערים מדבריות באמצעות צמחים: באר שבע כמקרה בוחן**, אקולוגיה וסביבה, 1, פברואר 2012
- קפלן, מ. וצוותו. **מסמכי הרקע לתוכנית המתאר לתל אביב יפו**, 2009
- שדמי-וורטון, ש. **חינוך בונה קהילה וקהילה בונה חינוך**, כנס מנדל לחינוך, מכון מנדל, 2008

שוויצר, א. **התאמת מיני צמחים לגגות ירוקים בישראל**, עבודת תזה בהנחיית יואב ויזל ואביתר אראל, 2013

שושני ר. וג. חנוך רועה, שינוי במרחב הפתוח של בית הספר: ממרחב מרחיק למרחב מקרב, *תכנון ויישום עקרונות הקיימות בחצר בית הספר*, הרצאה בכנס גגות ירוקים, אוגוסט 2012

שושני, ר. *גגות ירוקים- למה? הוצג בכנס גגות ירוקים: חקלאות וגנים על גגות*, הקריה החקלאית בבית דגן, יוני 2013

Banting et al. **Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto**, 2005

Berry, M., Kent, J., Portney, E. *Participation and the Pursuit of Sustainability in U.S. Cities*, **Urban Affairs Review**. 46 (1): 119-139, 2010

Blank, L. et al, *Directions in Green Roof Research: A Bibliometric Study*, **Building and Environment**, 66, 23-28, 2013

Carmon, N., Shamir, U. **Water-Sensitive Planning: Integrating Water Considerations into Urban and Regional Planning**, The Technion: Center for Urban and Regional Studies, 2007

Carter, T., Fowler, L. *Establishing Green Roof Infrastructure through Environmental policy Instruments*, **Environmental Management**, 2008

Clemens, S. **Green Roofs Benefits Outweigh Costs, Even in Desert Environment**, United Business Institute, 2007

Collins, P. **Climate Change Adaptation and Thermal Performance**, Presented at WGRC, London, Sept. 2010

Doshi, H., **Using GIS to Rank Potential Sites Based on Green Roof Impact**, In: Proc. Of 5th North American Green Roof Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities, Minneapolis, April 29 – May 1, 2007

Dunnett, N. **The Green Roof Centre: Sheffield**. Presented at the WGRC, London, 2010

Edwards, Andres R. **The Sustainability Revolution: Portrait of a Paradigm Shift**, 2005

Erell, E., Pearlmutter, D., and Williamson, T. **Vegetation In Urban Microclimate: Designing the Spaces Between Buildings**, Earthscan, 2011

Fiorino, D. J. **Sustainable Cities and Governance: What are the Connections?** Center for Environmental Policy, American University, 2012

Sheffield Local Biodiversity Action Partnership, **Habitat Action Plan: Green Roofs**, 2010

- Hoppe, T., Coenen, F. *What Does Pioneering Mean in Local Sustainable Development? A Decade of Local Sustainability Performance Measurement in the Netherlands*, Paper prepared for the **Pioneers in Environment Policy Revisited Panel, 6th ECPR General Conference**, held at the University of Iceland, 24-27 August, 2011
- Kohler, M., Keeley, M., *Green Roof Technology and Policy Development*, In: Marosa Arpels (Editor): **Green Roofs: Ecological Design and Construction**, Schiffer Books, 2005
- Liu, K. *Sustainable Building Envelope- Garden Roof System Performance*, **RCI Building Envelope Symposium**, New Orleans, Nov. 4-5, 2004
- Lyle, J. **Regenerative design for sustainable development**, Wiley, New York, 1994
- McDonough and Braungart, *The Next Industrial Revolution*, **The Atlantic**, 1998
- McKoy, D., Vincent J. & Macarewicz C., *Integrating Infrastructure Planning: The Role of Schools*, **Acces**, No. 33, 2008
- Ngan, G. **Green Roof Policies: Tools for Encouraging Sustainable Design**, December 2004
- Provenzano, M.E., Cardarelli, M., Crasso, M., Colla, G. *Evaluation of Potential Green Roof Plant Species in a Mediterranean Climate*, **WGRC Conference**, London, September 2010
- Qin, X., Wu, X., Chiew, Y.M. and Li, Y, *A Green Roof Test Bed for Stormwater Management and Reduction of Urban Heat Island Effect in Singapore*, **British Journal of Environment & Climate Change**, 2(4), 2012
- Saaroni, H. et al. *Spatial Distribution and Micro Scale Characteristics of the Urban Heat Island in Tel-Aviv, Israel*, **Landscape and Urban Planning**, 48, 2000
- Theodosiou, T.G., Aravantinos, D. and Tsikaloudaki, K. *Thermal Behaviour of a Green vs. a Conventional Roof under Mediterranean Climate Conditions*, **International Journal of Sustainable Energy**, 2013
- Theodosiou, T.G., **Summer Period Analysis of the Performance of a Planted Roof as a Passive Cooling Technique**, *Elsevier*, 2003
- Turkeri, N., Altun, M.C., Gocer, C. *Comparative Assessment of Thermal Performance of Existing Roof System and Retrofitted Green Roof System in Istanbul, Turkey*, Presented at the **Building Physics and Sustainable Design Congress**, Istanbul, Turkey, March 4-5, 2010
- Turkeri, Nil, *Green vs. a Conventional Roof under Mediterranean Climate Conditions*, **International Journal of Sustainable Energy**, 2013

אתרי אינטרנט

<http://www.eco-schools.org/menu/about/eco-schools-2> :Eco Schools
www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=67 :Greenroofs
[Greenroofs_leed/leed/com.greenrooftechnology.www//.http](http://www.greenrooftechnology.com/leed/leed/com.greenrooftechnology.www//.http) :Green Roof Technology
ארגון Natural England
http://www.lnr.naturalengland.org.uk/special/lnr/lnr_details.asp?C=0&N=&ID=1627
www.5thstreetfarm.org :בית הספר היסודי על שם רוברט סימון באיסט ווילג'
<https://www.sheffield.gov.uk/out--about/parks-sharrow> :בית הספר Sharrow בשפילד, אנגליה:
[woodlands--countryside/ecology-service/local-nature-reserves/sharrow-school-green-roof.html](http://www.woodlands--countryside/ecology-service/local-nature-reserves/sharrow-school-green-roof.html)
www.newyorkgreenroofs.com :גגות ירוקים במדינת ניו יורק:
www.newyorkcitygreenroof.com :גגות ירוקים בעיר ניו יורק:
www.chicagogreenroofs.org :גגות ירוקים בשיקגו:
גגות ירוקים על בתי ספר בניו יורק:
http://www.ryerson.ca/carrotcity/board_pages/rooftops/NYC_rooftop_school_gardens.html
הגג הירוק על גן החיות באדלייד, אוסטרליה:
<http://www.abc.net.au/local/stories/2010/02/12/2818350.htm>
המשרד להגנת הסביבה בארה"ב (EPA):
http://Water.epa.gov/infrastructure/greeninfrastructure/gi_what.cfm
הגג הירוק באקדמיה למדעים בסן פרנציסקו: www.landscapevoice.com/california-academy-of-sciences-green-roof
חברת אופטיגריין: <http://www.optigreen.co.uk/SystemSolutions/SystemSolutions.html>
חברת זינקו: <http://www.zinco-usa.com/references/index.php>
חברת רב נוי: <http://www.rov-noy.co.il/sale.asp?id=7>
מדריך לבניית גגות ירוקים בשיקגו:
http://www.artic.edu/webspaces/greeninitiatives/greenroofs/main_map.htm
משרד החינוך והתרבות בנושא "למידה חוץ כיתתית":
http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/science_tech/ho-raalemida/lemidachutzkitatit.htm
עיריית שפילד: http://sheffield-consult.limehouse.co.uk/portal/spd/designing_for_environmental_sustainability?pointId=1344496
פורום 15 הערים הגדולות בישראל: www.forum15.org.il

תכנית ECOROOF בפורטלנד: <http://www.portlandoregon.gov/bes/44422>;

תכנית הזנה באוסטרליה: www.kitchengardenfoundation.org.au/

ראיונות

אוריאל קון – עוזר אדריכל העיר, עיריית ירושלים
איל רונן – הפורום הישראלי לקידום גגות ירוקים
איציק גזיאל – מייסד 'חוה ואדם' במודיעין ועוסק גם בהקמה של מרחבי למידה חוץ כיתתיים
אלון – אב בית בבית הספר 'הלום' בשהם
אלי נענה – גנן המתחזק את הגג בבית הספר 'אור התורה' בירושלים
אמוץ דפני – מרכז 'קדס' לחקר גגות ירוקים, אוניברסיטת חיפה
אמיר אלרון – מורה במגמת האגרוטכנולוגיה העירונית בכפר הנוער מוסינזון בהוד השרון
אניה צ'ריקובר - מנהלת תחום תכנון במוסדות ציבור, עיריית ירושלים
בני נול - חברת 'רב נוי', חברה להקמת גגות ירוקים
גיל ליבנה – ראש עיריית שהם
גלעד אמיר - מפקח בנייה בחברת 'עמי יפה', פיקח על בניית בית הספר בכפר סבא
הרב יהודה נוימן – מנהל ביה"ס 'אור התורה' בירושלים
יונתן מאירי – אדריכל במשרד 'כנפו כלימור אדריכלים', שותף בתכנון גגות ירוקים בראשון לציון
ובכפר סבא
ליאור בלנק - מרכז 'קדס' לחקר גגות ירוקים, אוניברסיטת חיפה
לירון מעוז – מנהלת המחלקה לתכנון ופיתוח בר קיימא בעיריית ירושלים
ניבה קפלן – מנהלת בית הספר 'אהוד מנור' בפתח תקווה
עדו הרפז - מורה במגמת האגרוטכנולוגיה העירונית בכפר הנוער 'מוסינזון' בהוד השרון
עמיאל וסל - מרכז 'קדס' לחקר גגות ירוקים, אוניברסיטת חיפה
רוני בנין – חברת 'גנרון', חברה להקמת תשתיות גינון וגגות ירוקים
רועי אורבך – חברת 'מוריה', היה אחראי על פיקוח הקמת הגג בבית הספר 'אור התורה' בירושלים
שי לוי - מרכז 'קדס' לחקר גגות ירוקים, אוניברסיטת חיפה

נספח מס' 1: טכנולוגית אגרונומיות שנמצאו שימושיות עבור גגות ירוקים

הערות	פירוט	טכנולוגיה
	השיטה המזוהה ביותר עם גגות ירוקים. בד"כ משלבת שכבות של איטום, ניקוז, הגנה משורשים, מצע גידול אנרטי ומצע חיפוי.	מצעים מנותקים
בעיית משקל רב מחד ועומק רדוד מאידך. מאפשר גידול יותר אקסטנסיבי		גידול באדמה רדודה
	גידול במצעים מנותקים ואנרטיים. חומרי הדישון מגיעים כחלק מנוזל ההשקיה. לשיטה זו יכולת לגדל צמחים עם מערכות שורשים קטנות יחסית, ולשלוט באופן מלא בחומרי ההזנה ותזמונם. בהתאם, ניתן לקבל גידולים גדולים ומהירים יותר.	הידרופוני
	שיטה שהתפתחה מתוך הגידול ההידרופוני ובה שורשי הצמחים חשופים לתרסיס של מים וחומרי הזנה.	אירופוני
הזדמנות ללמידה על מערכת אקולוגית והאיזון שלה. בתור מערכת מורכבת יותר, היא דורשת מעקב יותר צמוד.	שילוב של מערכת הידרופונית ובריכת דגים ליצירת מערכת אקולוגית. הפרשות הדגים מהוות את חומרי הדישון עבור הצמחים. הצמחים מנקים את המים עבור הדגים. לתוך מערכת שכזו צריך להכניס מזון לדגים.	אקוופוניה
החממה יכולה להוות מוקד לפעילות תלמידים שהוא יותר סגור ושקט ומתאימה גם לפעילות בחורף.	יש כיום בשוק מגוון רחב של ערכות של חממות. החממה יכולה לשמש להנבטה וייחורים או לגידולים. בחממה ניתן ליצור תנאים מאוזנים ומבוקרים יותר מאשר בחוץ. בקיץ ניתן לפתוח אוורור ולפרוס רשת צל על החממה.	חממות
דורש קונסטרוקציה קלה. מאפשר עבודה גם בימים חמים. יכול לספק הגנה מציפורים/חרקים	בדומה לחממה, בית הרשת יוצר מיקרואקלים מיוחד. מתאים להגנה מפני קרינת השמש החזקה בישראל.	בית רשת
חשוב להקפיד על השקיה במיכלים, מפני שלרוב יכולת קיבול המים שלהם מוגבלת.	מגוון שיטות לגידול צמחים במיכלים קנויים/ממוחזרים/בנויים. מאפשר מגוון גדלים של ערוגות וגידול צמחים	גידול במיכלים

יש להקפיד על מערכת ניקוז למיכל.	במקומות ללא קרקע. ניתן להשתמש באדמה או במצעים אנרטיים.	
דרשת עומק של כ-50 ס"מ.	מקרה פרטי של גידול במיכלים. ערוגה העובדת בהשקיה העולה בעלייה נימית מתחת לפני השטח. יתרונותיה בחסכוניות רבה של מים מפני שאין איבוד מים באידיוי מפני הקרקע.	ערוגות פתיל
רוב השקים עשויים פלסטיק, רגישים לקרינת השמש ויתפוררו אחרי עונה (תלוי בקרינה).	מקרה פרטי של גידול במיכלים, כאשר במקום מיכלים מחומר קשיח משתמשים בשקים. מאפשר ניידות גבוה יחסית ונגישות לחומר בנייה זול.	גידול בשקים
דרשים השקיה סדירה בגלל עומק הקרקע הקטן.	מתקנים הנתלים על הקיר ומחזיקים תערובת שתילה. מגיעים במגוון צורות וחומרים. ניתנים גל להכנה ממשטחי העמסה משומשים, מצינורות PVC, קנקלים ועוד. יתרונם המשמעותי הוא בהשמשת שטח גידול שלרוב לא מנוצל.	מתקני גידול אנכיים
	מקרה פרטי של מתקן גידול אנכי. לרוב מגיעים כסדרה של כיסים מחומר רך/גמיש.	כיסו שתילה לקיר
	מערכת משולבת של קומפוסטר וערוגה אנכית. הערוגה נבנית כדופן כפולה מחומר חדיר לשורשים ולחות (לרוב רשת). אל החלל הנוצר במרכז הערוגה זורקים קומפוסט. שורשי הצמחים ניזונים מערימת הקומפוסט במרכז הערוגה.	פרמידות הוכברג
	מקרה פרטי של גידול אנכי במיכלים קטנים. שיטה להרכבה עצמית שפותחה לדירות בניו-יורק ונפוצה בכל העולם.	חוות חלון
מתאימה רק לגידולים מסוימים (עגבניות, מלפפונים, שעועית ועוד)	שיטת גידול המאפשרת פריסה אופקית של גידולים. חוסכת שטח קרקע ומתאימה לגדרות או במתקנים, גם פשוטים מאוד, הנבנים לצורך כך. באזורינו סככות גפנים על גגות ומרפסות הם דוגמה מעניינת להדלייה רב שנתית. במקרים כאלו ניתן לשתול	הדלייה, סככות וסוכות

	בקומת הקרקע ולהדלות את הגפן לגג.	
	שיטה ספציפית לגידול עצים "שטוחים"	אספלייר
דורשת חומרי הזנה ומעקב אחר מצב המים.	אצה מיקרוסקופית ובעלת ערכים תזונתיים רבים הניתנת לגידול במיכלים בחשיפה רבה לשמש. ניתן לגידול בטווח PH רחב, דבר המאפשר לגדל אותה בתנאים שלא יאפשרו לאצות מתחרות לחיות.	גידול אצות - ספירולינה
התולעים רגישות ליובש, חום וחומציות גבוה.	מתקן בו מגדלים תולעי קומפוסט אדומות. התולעים ניזונות מחומר אורגני רקוב ומפרישות דשן באיכות גבוה. יש מגוון שיטות וצורות של מיכלים המתאימים לגידול.	חוות תולעים