



גגות מועילים

סקירה ומחקר השוואתי

יוני 2025

תוכן עניינים

3	מבוא
5	חלק א': סקירת שימושי הגגות
6	תעודת זהות גג ירוק
13	תעודת זהות גג כחול
17	תעודת זהות גג צהוב
22	תעודת זהות גג פעיל
26	תעודת זהות גג לבן
29	תעודת זהות - גג לוגיסטי
32	שילובים בין סוגי גגות
34	סיכום חלק א'
36	חלק ב': סקירת כלי מדיניות להטמעה של גגות מועילים
42	לקריאה נוספת
43	ביבליוגרפיה

תמונת שער: המרפסת - נווה מדבר עירוני, גג בניין כלל, ירושלים.
צילום: סמדר צוק

המסמך נכתב על ידי נועה שטיינברגר, נדב בן ששון, ושחר סולר, בשיתוף מאיה קרבטרי והדס בר-המלי.
תודה מיוחדת לרותם שמואלי.

מבוא

מדינת ישראל היא מדינה עם משאבי קרקע מוגבלים ובעלת שיעור הפיריון הגבוה ביותר מבית מדינות ה-OECD.¹ השילוב בין שני מאפיינים אלה, יחד עם השאיפה לעירוניות טובה ואיכותית, יוצרים עומס הולך וגובר על המרחב העירוני המצטופף, ומחייבים שימוש מושכל ומטיבי בשטחים המבונים בישראל. במקביל, מדינת ישראל מתמודדת עם שינויי אקלים שמביאים בין היתר לעלייה בעוצמתם ותדירותם של אירועי מזג אוויר קיצוני, ובהם עומסי חום, הצפות, שיטפונות ועוד. שינויים אלה מורגשים כבר בהווה במרחבים העירוניים, עתידים להתגבר ולהתעצם בעתיד הנראה לעין ולכן דורשים היערכות מוקדמת.

גגות, המכונים גם "החזית החמישית", מוגדרים כחזית העליונה של הבניין. על פי רוב, גגות נתפסים כשטח תפעולי, ומשמשים לצורך הצבת דודי שמש ומערכות תפעוליות שונות, ובמקרים מסוימים כגג פרטי של הדירה בקומה העליונה ולכן אינם ממצים כיום את הפוטנציאל שלהם לשיפור העירוניות. אולם תפיסה זו הולכת ומשתנה וההכרה בפוטנציאל הרב הטמון בשטחים אלה עולה.

קיימות אפשרויות רבות ומגוונות להשמשת גגות באופן שיטיב עם המרחב העירוני, המרחב הכפרי ועם התושבים בהם: הקמת **גגות ירוקים** יכולה לסייע להגדלת השטחים הירוקים, הגנה על המגוון הביולוגי וכן מסייעים לבידוד תרמי ואקוסטי של המבנה וצמצום צריכת האנרגיה הנדרשת לשם אקלומו וכאמצעי לוויסות נגר; **גגות כחולים** עשויים לסייע בניהול מי הנגר בעיר, הפחתת הצפות ובידוד המבנה; **גגות צהובים** (סולאריים) מאפשרים לייצר אנרגיה מתחדשת בעזרת מערכות פוטו-וולטאיות; **גגות לבנים** יכולים לסייע בהפחתת השימוש באנרגיה לקירור כתוצאה מהפחתת ספיגת חום השמש של שטח הגג; **גגות פעילים** מאפשרים להגדיל את כמות השטחים הקהילתיים הפתוחים ולאפשר מרחב לפעילות פנאי, נופש, תרבות וספורט; **גגות לוגיסטיים** מאפשרים מרחב יעיל לשימושים טכניים. הגגות המועילים שונים ביניהם הן בעלויות והן בתועלות, והטמעתם במרחב הבנוי בישראל עשויה לסייע עם אתגרים רבים באזורים מבונים. התועלות של גגות מועילים יכולות לחרוג מגבולות העיר, ונוגעות גם לאזורים כפריים ולשטחי תעשייה ומסחר. חלק מהשימושים המתוארים לגגות במסמך ניתנים למימוש גם עבור חלקים מהגג וגם עבור חזיתות. בעולם, מוכר גם שימוש בגג "שקוף" לצורך הכנסת תאורה טבעית למבנה. ניתן לשלב שימוש זה גם עם שימושים אחרים.

מטרת מסמך זה הינה לסייע בקידום השימוש המועיל בגגות בישראל, באמצעות ביסוס שפה משותפת וטרמינולוגיה אחידה, סיווג סוגי השימושים השונים בגגות וסקירת התועלות שלהם. בהמשך למסמך זה יבוצע מיפוי חסמים והמלצות לטיפול בהם, ייבנה כלי להשוואה בין גגות מועילים שונים וייכתב מסמך הנחיות תכנון ומדיניות ליישום ניצול שטחי הגגות בבנייה חדשה. מסמך הסקירה נכתב בשיתוף עם פורום ה-15.

חלק א' של המסמך מכיל תעודות זהות עבור כל סוגי הגג הכוללות תיאור, תועלות עיקריות, אתגרים, מגבלות ודוגמאות. בנוסף, מוצגים שילובים בין סוגי גגות.

בחלק ב' של המסמך מוצגת סקירה של כלי מדיניות שונים ודוגמאות למדיניות גגות מועילים בעולם ובישראל.

¹ [Fertility Rates](#), OECD, July 2023.

בנוסף, למסמך מצורפים נספחים, אשר מיועדים לכותבי ועורכי תכניות, בכדי להכניס לתוך התכניות המפורטות הוראות מדויקות ובהירות להטמעת הגגות.

החלוקה בין סוגי הגגות השונים במסמך זה הינה לצרכים פרקטיים בלבד - לצורך יצירת בהירות ואחידות לאורך המסמך. במציאות, קיימים שילובים רבים והגדרות הצבעים שניתנו הן בעיקר לצרכי הבנה והמחשה אסתטית. חשוב להדגיש כי לכל "צבע גג" או קטגוריה כללית של גגות, ישנן אפשרויות ביצוע מגוונות ושילובים אפשריים רבים. אין חובה שגג ישמש לשימוש יחיד. ניתן ולעתים אף רצוי לשלב שימושים שונים בגג. למשל - גג ירוק בעל תועלות של השחיית מי נגר יכול לשמש גם לייצור אנרגיה ואף לשפר את האפקטיביות של מערכת הייצור הסולארי באמצעות קירורה. לפיכך, חשוב להתייחס להגדרות השונות כמנחות וכלליות בלבד, ולהבין שבפועל הדרכים והחומרים ליישומן הן מגוונות ומורכבות יותר עבור כל מקרה ומקום.

השמשות גגות למטרות שונות יכולה להעלות אתגרים משפטיים וקנייניים, קיימות שאלות של אחריות משפטית, ביטוח, עלות הקמה, תחזוקה והסדרת זיקות הנאה לציבור. במקרה של רצון לשימוש לאחר שהגג כבר נבנה עשויות להתעורר בעיות פיזיות של איטום, קונסטרוקציה וכיוצא בזה. עם זאת, התועלות הרבות הטמונות בשימוש בגגות מצדיקות את ההתמודדות עם האתגרים ומדגישות את החשיבות של תכנון והתייחסות מוקדמים לשימוש בגג בטרם יבנה המבנה, שכן הן עשויות לתרום תרומה משמעותית לשיפור איכות החיים בעיר.

חלק א' - סקירת שימושי הגגות הקדמה

גג מועיל הוא גג שבו נעשה שימוש במרחב הגג לצורך השגת מטרות מוגדרות. הגדרה זו מתייחסת למגוון שימושים שמאפשרים את ניצול שטח הגג, ללא התמקדות בטכנולוגיה או שיטה ספציפית. המסמך מתמקד בגגות, ואולם רובם ככולם של השימושים המועילים בגגות ניתנים ליישום גם בחלקים מגג, מרפסות גדולות, בנייה נסוגה במפלסים וכו'. המטרות להשגת הגג יכולות להיות מגוונות, כגון מטרות כלכליות, סביבתיות, חברתיות או פרוגרמטיות, כאשר העיקרון המנחה הוא יצירת ערך מוסף למבנה או תועלת ציבורית לסביבה העירונית באמצעות השמשה יעילה של מרחב הגג.

בחלק זה נפרט את **התועלות המרכזיות** הנובעות מהשימושים השונים של גגות מועילים, המתחלקות לשלושה סוגים עיקריים:

תועלות חברתיות: גגות יכולים לשמש כמרחבים ציבוריים ומוקדי מפגש חברתי, וכך לתרום לחיזוק הקשרים החברתיים, בין אם בין דיירי הבניין הבודד (למשל במבנה מגורים או מבנה תעסוקה), ובין אם בין תושבים/קהילה המקומית (למשל במבנה ציבור).

תועלות סביבתיות: גגות מועילים יכולים לשמש למגוון תועלות סביבתיות, ובכלל זה ייצור אנרגיה ממקורות מתחדשים, התורם לצמצום פליטות גזי חממה ומזהמי אוויר, וכן לחיזוק החוסן האנרגטי הלאומי והמקומי, תוך הפחתת התלות בדלקים ושיפור היערכות להשפעות משבר האקלים; ניהול והשהיית מי נגר, תוך שימור מקורות מים וצמצום הצפות; הגברת המגוון הביולוגי; מיתון אפקט אי החום העירוני וצמצום צריכת האנרגיה הנדרשת לצורך קירור המבנה ועוד.

תועלות כלכליות: גגות יכולים לשמש לייצור אנרגיה מתחדשת, לסייע לצמצום נזקי הצפות, לשפר את בידוד המבנה, לחסוך בעלויות אנרגיה, לחזק את החוסן האנרגטי, וכך להעלות ערך הנכס. בחלק מהגגות ניתן גם לעשות שימוש עסקי, ובכך לתרום לכלכלה המקומית.

שילוב מושכל של שימושים שונים בגגות יכול לאפשר ניצול מיטבי של התועלות הללו, יכול לתת מענה למגוון צרכים עירוניים ולקדם פיתוח עירוני בר קיימא.

תעודת זהות גג ירוק



גג ירוק בפארק רמת הנדיב. צילום: עידית הוד.

תיאור:

גגות ירוקים הם שם כללי להוספה של רוברד של צמחייה על פני המשטח העליון של הגג. הגגות הירוקים מורכבים ממספר שכבות, כולל צמחייה, מצע גידול, שכבות סינון, ניקוז ואיטום. ניתן להקים גגות ירוקים גם בחלקים של הגג, בשטחים פתוחים בקומות מסד וביניים, וכן ניתן לייצר גם "קירות ירוקים" בחזיתות הבניין ואף בקירות פנימיים.

גגות ירוקים מתחלקים לשני סוגים מרכזיים:²

1. גג ירוק אקסטנסיבי:

- מאופיין במצע גידול רדוד (בדרך כלל עד 20 ס"מ)
- מתאפיין בפשטות יחסית ובדרישות תחזוקה נמוכות
- דורש השקיה מועטה או ללא השקיה כלל
- לא נדרש להיות נגיש עבור הקהל הרחב, צריך לשאת אנשי תחזוקה בודדים
- מתאים בעיקר לצמחים עשבוניים, סוקולנטיים וגיאופיטים נמוכים

² [מדריך לתכנון גגות ירוקים](#), המועצה הישראלית לבנייה ירוקה ומשרד הבינוי והשיכון, דצמבר 2022.

"גג חי", המכונה גם "גג חום", מהווה תת-קטגוריה של גג ירוק אקסטנסיבי. מצע הגידול של גג חי מבוסס על אדמה מקומית ומכיל בדרך כלל צמחייה מקומית ומגוונת שיכולה להתקיים ללא השקיה או דישון כימי. הוא מכונה "גג חום" מאחר שבשל מיעוט או העדר השקיה, בעונה החמה הוא אינו מוריק אלא מתייבש, כמו הצמחייה בטבע.³

2. גג ירוק אינטנסיבי:

- מאופיין במצע גידול עבה (בדרך כלל מעל 20 ס"מ)
- דורש השקיה קבועה ודישון
- דורש תחזוקה שוטפת ואינטנסיבית
- מאפשר מגוון רחב של צמחים, כולל דשא, שיחים ועצים

גג ירוק חקלאי או גג ירוק מניב, מהווה תת קטגוריה של גג ירוק אינטנסיבי. בגג חקלאי, כל או חלק מהגידולים הם צמחי מאכל, מסוג שניתן לגדל על מצע מנותק. על פי רוב, גג מניב דורש תחזוקה והשקיה בהיקף משמעותי, כמובן בהתאם לסוג והיקף הגידולים.

ההבדלים העיקריים בין סוגי הגגות הירוקים נובעים מאופי מצע הגידול, דרישות ההשקיה והתחזוקה, סוגי הצמחים המתאימים והשימוש המיועד של הגג. גגות אקסטנסיביים וגגות חיים דורשים פחות תחזוקה ומשאבים, בעוד שגגות אינטנסיביים וגגות חקלאיים-מניבים מאפשרים מגוון רחב יותר של צמחים ושימושים, אך דורשים יותר השקעה ותחזוקה.

תועלות עיקריות:

תועלות סביבתיות

- **השהיית נגר עילי ומיתון ספיקות שיא** - רוב הגגות הירוקים יכולים לתרום לאגירת והשהיית נגר בשכבות השונות שלהם, ובכך לווסת את ספיקת הנגר מהגג ומהמגרש למערכת הניקוז העירונית בשיאם של אירועי גשם. כך, הם יכולים לתרום להפחתת העומס על מערכת הניקוז העירונית, וכפועל יוצא תורמים לצמצום הסיכון להצפה או מפחיתים את עוצמת ההצפה. תועלת זו עשויה להיות חשובה יותר עם השנים, בשל מגמות העלייה בעוצמתם של אירועי הגשם בישראל, בשילוב עם הצטופפות המרחב והגדלת התכסית הבנויה והקטנת התכסית המחלחלת.⁴
- **צמצום אירועי זיהום ים ונחלים** - בעת אירועי גשם עוצמתיים, העומס על מערכות הביוב יכול להביא להצפתן ולהזרמת מי הביוב לנחלים ולים. מצב זה יכול להוביל לסגירת חופי ים, לסכנה בריאותית לרוחצים

³מדריך לתכנון גגות ירוקים, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה ומשרד הבינוי והשיכון, דצמבר 2022.

⁴ Armon M, Marra F, Enzel, Y, et al. 2022. [Reduced rainfall in future heavy precipitation events related to contracted rain area despite increased rain rate. Earth's Future 10: 1-19.](#)

בים ופגיעה במערכות החי והצומח.⁵ גגות ירוקים אשר מסייעים לניהול מי הנגר בעיר מסייעים במניעת הישנותם וחומרתם של מקרים אלה.

- **הגברת מגוון ביולוגי - גגות ירוקים מספקים בתי גידול לצמחים ובעלי חיים, ויכולים לפצות באופן חלקי על אובדן שטחים טבעיים עקב פיתוח ובינוי.** יישום נרחב שלהם יכול ליצור מסדרונות אקולוגיים, המקשרים בין אזורים טבעיים ומסייעים בתנועת בעלי כנף וצמחייה, ובכך לתרום לשמירה על המגוון הביולוגי.⁶
- **שיפור איכות האוויר - גגות ירוקים מסייעים בשיפור איכות האוויר דרך ספיחה של חלקיקים מזהמים שנפלטים על ידי כלי רכב ופעילות תעשייתית ברחבי העיר.** הצמחים והאדמה יכולים לסייע בלכידה ופירוק של החלקיקים המזהמים ולהוריד את הריכוז שלהם בסביבה, ובכך לשפר את איכות האוויר בערים.⁷
- **הקטנת תופעת אי החום העירוני - גגות ירוקים יכולים לתרום להפחתת תופעת אי החום העירוני באמצעות בידוד תרמי, הצללה ותהליך האידיוי של צמחים שמקרר את האוויר שבסביבתם.**⁸

תועלות סביבתיות-כלכליות

- **בידוד תרמי - גגות ירוקים מסייעים בהפחתת הטמפרטורה בקומה העליונה של הבניין ומצמצמים את צריכת האנרגיה הנדרשת לקירור.** תועלת זו מושגת על ידי הפחתה של החימום של קרני השמש באמצעות מצע הגידול של הצמחייה, צמצום הולכת החום בעזרת העובי של מצע הגג והגברת תהליכי אידיוי מים שמקררים את המצע.⁹ לבידוד תרמי יש תועלת כלכלית, מפני שמסייע בצמצום שימוש באנרגיה עבור קירור, וכפועל יוצא גם תועלת סביבתית, כתוצאה מצמצום הפליטות הנוצרות בתהליכי ייצור האנרגיה.¹⁰
- **הארכת אורך חיי הגג וחסכון בעלויות תחזוקה -** במרבית הגגות בישראל האיטום הנפוץ הוא יריעות ביטומן. הביטומן נשחק כתוצאה מקרני השמש, ומתפרק כאשר נשטף במים. הגג הירוק יכול להגן על האיטום מפגיעת קרני שמש שמאיצות את ההתפרקות שלו.
- **ייצור מזון בקרבה למקור הצריכה -** גגות חקלאיים-מניבים מאפשרים צריכה של מזון שגדל בתוך העיר, ללא עלויות חימום של הובלה.¹¹

⁵ דו"ח מבקר המדינה, "מניעת זיהום והמלחתם של מקורות המים, ניטורם ושיקומם", התשפ"ב-2021, עמוד 1342.

⁶ מדריך לתכנון גגות ירוקים, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה ומשרד הבינוי והשיכון, דצמבר 2022.

⁷ Lilliana L.H. Peng, C.Y. Jim, Economic evaluation of green-roof environmental benefits in the context of climate change: The case of Hong Kong, Urban Forestry & Urban Greening, Volume 14, Issue 3, 2015.

⁸ [מדריך תכנון למיתון חום עירוני](#), מנהל התכנון, אוגוסט 2024.

⁹ שם.

¹⁰ Lilliana L.H. Peng, C.Y. Jim, [Economic evaluation of green-roof environmental benefits in the context of climate change: The case of Hong Kong](#), Urban Forestry & Urban Greening, Volume 14, Issue 3, 2015.

¹¹ מדריך לתכנון גגות ירוקים, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה ומשרד הבינוי והשיכון, דצמבר 2022.

תועלות כלכליות

- **ערך אסתטי לנוף העירוני ("ניצפות")** - גגות ירוקים משפרים את המראה הכללי של העיר, במיוחד כאשר הם נצפים ממבנים סובבים גבוהים יותר, במבנים מדורגים או באזורים בעלי טופוגרפיה הררית.¹²
- **השבחת ערך הנדל"ן** - גגות ירוקים יכולים להעלות את ערך הנכס, וזאת לא רק בשל הערך האסתטי שלהם, אלא גם בזכות התועלות הנוספות שהם מספקים, כפי שמפורט לעיל. חשוב לציין כי ערכן של תועלות אלו משתנה בין אוכלוסיות ומדינות שונות.¹³
- **תרומה לכלכליות בפרויקטי פינוי בינוי** - ניתן לנצל גגות ירוקים כשטחי ציבור בפרויקטים של פינוי-בינוי. שימוש זה מאפשר תכנון יעיל יותר של השטח, מצמצם את הצורך בקרקע נוספת למטרות ציבוריות, ובכך משפר את הכדאיות הכלכלית של הפרויקט כולו.

תועלות חברתיות

- **ערך קהילתי וציבורי** - במקרה של מבני ציבור או שימושים סמי-ציבוריים, הנגישים ופתוחים לציבור הרחב, גגות ירוקים יכולים לאפשר לתושבים באזור גישה לשטח ירוק קרוב לבית שעשוי לשפר בריאות פיזית ונפשית, מהווים מקום מפגש לקהילה ומייצרים הזדמנויות חינוכיות על סביבה, חקלאות וקיימות.
- **תרומה ל 'Well Being'** - גגות ירוקים יכולים לספק חווית טבע מרגיעה, מזמינה וזמינה בסביבה האורבנית הצפופה (במיוחד גגות התורמים לחזרת ציפורים ופרפרים לעיר...), לתרום לשיפור חזות הנוף (בדגש על המקומות הצופים לגגות הללו) עם תוספת ירוקה ויזואלית הנעימה לעין, לסייע לשיפור הנוחות התרמית עבור התושבים ולשפר את איכות האוויר שהם נושמים.
- **העלאת מודעות וחינוך** - גגות ירוקים יכולים להוות פלטפורמה לחינוך ולהעלאת מודעות בתחומים של סביבה טבעית, חקלאות אורבנית ומשבר האקלים.

אתגרים ומגבלות:

- **עלויות הקמה ותחזוקה** - כתלות בסוג הגג ובאינטנסיביות שלו, עלויות ההקמה והתחזוקה עשויות להיות גבוהות, עם זמן החזר השקעה ארוך.
- **מגבלות מבניות** - לא כל מבנה מתאים להתקנת גג ירוק, מבחינת יכולת נשיאת משקל. בתכנון גגות חדשים, ניתן לתכנן מראש את הקונסטרוקציה של המבנה בהתאם לשימוש. במקרה של הקמת גג ירוק במבנה קיים יש לבדוק ולוודא שהקונסטרוקציה יכולה לשאת את המשקל הנדרש ושמבנה הגג מתאים לשימוש החדש. כמו כן, יש לוודא גם נקודות מים להשקיה על הגג, וכן נגישות נוחה לתחזוקת הגינה.

¹² Nurmi V, Votsis A, Perrels A, Lehvavirta S. [Green Roof Cost-Benefit Analysis: Special Emphasis on Scenic Benefits](#). *Journal of Benefit-Cost Analysis*. 2016;7(3):488-522.

¹³ ש.ם.

- **אתגרים בגג חקלאי** - בגגות המיועדים לחקלאות עירונית, קיימים אתגרים ייחודיים כמו הצורך בעומק מצע מתאים לגידולים שיתבטא במשקל גבוה, מערכות השקיה מורכבות יותר דרישות תחזוקה אינטנסיביות יותר והצורך בידע חקלאי מקצועי. כמו כן, מחיר המים מהווה אתגר משמעותי, מאחר שייצור חקלאי על גגות לא מוכר כשימוש חקלאי לעניין תעריף המים.

חזיתות וקירות ירוקים:

חזיתות וקירות ירוקים מהווים הרחבה של עקרונות הגג הירוק אל המעטפת האנכית של המבנה. בדומה לגגות ירוקים, גם הם מורכבים ממערכת שכבות הכוללת צמחייה, מצע גידול, שכבות סינון, השקיה והגנה, אך מותאמים להתקנה אנכית. קירות ירוקים יכולים להיות מיושמים במגוון שיטות, החל ממערכות פשוטות של צמחים מטפסים על רשתות תמיכה, ועד למערכות מודולריות מתוחכמות המשלבות כיסי שתילה או פאנלים מיוחדים. הם מספקים תועלות דומות לגגות ירוקים, כולל בידוד תרמי, שיפור איכות האוויר והעשרת המגוון הביולוגי, אך מציעים יתרון ייחודי של ניצפות גבוהה ממפלס הקרקע, כך שהם ניצפים ונראים לקהל הרבה יותר רחב, ביחס לגגות, חזיתות וקירות ירוקים יכולים לתרום באופן משמעותי לשיפור חזות המרחב העירוני. עם זאת, הם מצביעים אתגרים טכניים ייחודיים, כמו הצורך במערכות השקיה וניקוז שמותאמות למבנה האנכי, כמו גם דרישות תחזוקה מוגברות הנובעות מהורטיקולטורה, למשל, גיזום תכוף כדי שלא ייחסמו חלונות.

דוגמאות:

"פארק הגג", המרכז לקיימות עירונית של דיזנגוף סנטר, תל אביב

הגג הירוק של דיזנגוף סנטר בתל אביב הוקם בשנת 2014 מתוך רצון להקים מרכז לקיימות עירונית על גבי בניין של קניון גדול. חלק מסוים מהגג הוא גג ירוק אינטנסיבי בעל אלמנטים של גג ירוק יצרני (חקלאי), עם שילוב של גג פעיל. בין המיזמים הפועלים בגג: מזון מקיים - חממה לגידול ירקות בשיטה הידרופונית, ללא ריסוס וללא אדמה. טבע עירוני - מרכז לדבוראות ביו-דינמית עם כוורות דבורים, גינה מושכת פרפרים, "בית מלון" לחרקים, משתלת עצים, גינת צמחי בר ועוד. ה"פארק" פתוח לקהל הרחב, וכן ניתן לקיים בו סיורים מודרכים וסדנאות בתשלום. הגג הירוק בדיזנגוף סנטר מדגים כיצד ניתן לשלב גג ירוק עם פעילות קהילתית, חינוכית וחקלאית, ומהווה מוקד ארצי ללמידה על האפשרויות הרבות שבהקמת גגות מועילים.



"פארק הגג" בדיזנגוף סנטר, 2023 - "תינוקייט עצים", גידול הידרופוני וכוורות ביודינאמיות. צילום: נועה שטיינברגר.

הגג החי של בית קרן מנדל, ירושלים

"הגג החי" של בית קרן מנדל בירושלים הוא גג ירוק אקסטנסיבי, אשר מתאפיין בצמחייה מקומית ללא השקיה. הוא תורם למגוון הביולוגי העירוני ומשמש בית לאלפי פרחים ולמגוון של בעלי חיים וצמחיית בר. הגג מאפשר לבניין לשמור על רצף הירוק והחורש של עמק המצלבה ולשמר את הקישוריות של האיזור כמסדרון אקולוגי עירוני ואזורי, הכולל גם את הגן הבוטני ואת פארק הצבאים. שטחו של הגג הוא שני דונמים וחצי – הגג החי הגדול ביותר בישראל והגדול מסוגו במזרח התיכון. בחורף, לאחר שהאדמה סופגת את מי הגשמים, הגג פורח בעוצמה ומתכסה בצמחים ים תיכוניים, הממשיכים לפרוח לאורך כל האביב. במהלך הקיץ, כאשר אין גשם ואין השקיה, הצמחים נובלים והגג נצבע בזהוב ובחום, כמו האזורים הטבעיים הסובבים אותו.¹⁴



פריחה בחודשי החורף של הגג החי. צילום: עמיר בלבן - החברה להגנת הטבע.

¹⁴ [גג חי, מכון מנדל](#)

חזית ירוקה במבנה חנייה שכונתי - שכונת נורדהאון, קופנהגן

נורדהאון, קופנהגן, המכונה גם "השכונה האדומה" בשל מבני הנמל ההיסטוריים מלבני אדומות המאפיינים אותה, עוברת תהליך התחדשות עירונית המשלב בין המורשת ההיסטורית לבין פיתוח עכשווי. במסגרת זו, הוקם מבנה חניה ייחודי המאתגר את התפיסה המסורתית של חניונים עירוניים. המבנה, המתבסס על שלד בטון צבוע באדום המתכתב עם זהות השכונה, משלב חזית ירוקה המורכבת ממערכת אדנית צמחייה המותקנת על המבנה. שני גרמי מדרגות ציבוריים חודרים את החזית הירוקה ומובילים אל גג פעיל המשמש כמרחב ציבורי ומגרש משחקים, כשמעקה המדרגות הופך בגג למתקני משחק מגוונים.¹⁵



חזית מבנה החנייה בקופנהגן, צילום: נועה שטיינברגר.

¹⁵ [Park n' Play](#), Jaja Architects

תעודת זהות גג כחול

שם הגג: גג כחול



גג כחול משולב עם פאנל סולארי, Village Im Dritten, וינה, צילום: נדב בן ששון

רקע:

במסגרת השפעות שינוי האקלים, וכפועל יוצא מהעלייה בטמפרטורה, חלים שינויים גם במשטר המשקעים בישראל, אשר על פי המודלים האקלימיים של השירות המטאורולוגי, צפויים להמשיך ולהתגבר. על אף הירידה הכללית בכמות המשקעים השנתית ובמספר ימי הגשם, צפויה הקצנה בעוצמות הגשם, שיתרכזו בפרקי זמן קצרים, כך שאירועי הגשם יהפכו לקצרים אך עוצמתיים יותר.¹⁶ בנוסף, הבנייה האינטנסיבית בישראל גורמת לצמצום השטחים הפתוחים וכתוצאה מכך לצמצום שטחי החלחול המאפשרים קליטת מי גשם. כפועל יוצא, הנטל על מערכות הניקוז והתיעול במרחב הבנוי עולה, הסיכון להצפות גובר, ביתר שאת בלב השטחים העירוניים הצפופים.¹⁷ על מנת להתמודד עם אתגר זה, יש צורך בניהול מושכל של הנגר, בראייה אגנית ומקומית, תוך שילוב פתרונות, במרחב הפרטי והציבורי. השחיית הנגר באמצעים שונים, וטיפול בו בקרבה ככל הניתן למקום היווצרותו, יכולים לתרום באופן משמעותי למיתון וצמצום עוצמת ההצפות.

¹⁶ מגמות חזויות בטמפרטורות גבוהות ובגשם בעשורים הקרובים, השירות המטאורולוגי, אפריל 2024.

¹⁷ דו"ח מבקר המדינה, "היערכות הרשויות המקומיות לשיטפונות ולהצפות ותפקודן במהלך חורף 2020", התשפ"א-2021, עמוד 1193.

תיאור:

גג כחול הוא כינוי לגג עליו מותקנת תשתית שמסייעת בהשהיית ו/או האטת שחרורם/זרימתם של מי גשמים, במטרה להפחית עומסים על מערכת הניקוז העירונית ובכך לצמצם את הסיכוי להצפות באזורים מבוינים. יש סוגים שונים של פתרונות, מפרטים וטכנולוגיות שמאפשרים השהיית והאטת הנגר. על פי רוב, גג כחול בנוי ממספר שכבות שסופגות ו/או מאגמות את המים. בחלק מהמפרטים, מותקן גם מסנן סלקטיבי, שמעכב את זרימת המים מהגגות בעת אירוע גשם.¹⁸ באמצעות הגג הכחול, מי הנגר יכולים להיות מנותבים למערכות הניקוז והתיעול העירוניות, או גם לשטחי / מיכלי אגירה, גינות ושטחי חלחול, בורות חלחול וקידוחי החדרה.¹⁹

ישנם מספר סוגים של גגות כחולים:²⁰

גג כחול-סופג - מערכת סופגת בחיפוי הגג מבוססת על משטחים לתפיסת נגר בלבד. ניתן לייצר 'גג כחול' שינהה נגר במגרש, בעלות מינימלית וללא התקנת מערכות ספיגה או השהיית נגר, ע"י הקטנת קוטר המרזבים והתקנת פתח ה-overflow בגובה 11 ס"מ מעל פני הגג העליונים.

גג סופח - מערכת שתשלב מצע אינרטי (ללא השפעה כימית במגע עם מים), עם מערכת מערכת פתחים וסכרים.

גג ירוק - מערכת המשלבת שכבות לתפיסת נגר, הכוללת גם מצע גידול לגינון לחקלאות או נוי.

תועלות עיקריות:

תועלות סביבתיות

- **ניהול מי נגר והפחתת הצפות** - גגות כחולים יכולים לסייע בהפחתת שכיחותן ועוצמתן של הצפות במרחב הבנוי ואת הנזקים הנלווים לתשתיות, רכוש ואף חיי אדם, על ידי אגירה זמנית וויסות הספיקות של הנגר. בכך, הגגות הכחולים מפחיתים את העומס על מערכות הניקוז העירוניות שעשויות לעלות על גדותיהן בשיאם של אירועי גשם כבדים ולגרום להצפות.
- **צמצום אירועי זיהום ים ונחלים** - בעת אירועי גשם עוצמתיים, העומס על מערכות הביוב יכול להביא להצפתן ולהזרמת מי הביוב לנחלים ולים. מצב זה יכול להוביל לסגירת חופי ים, לסכנה בריאותית לרוחצים בים ופגיעה במערכות החי והצומח.²¹ גגות כחולים אשר מסייעים לניהול מי הנגר בעיר מסייעים במניעת הישנותם וחומרתם של מקרים אלה. בנוסף, בעת הצפה של מי גשמים, הם יכולים לחדור למערכת הביוב דרך סדקים או חיבורים לא תקינים. שוחות הביוב יכולות לעלות על גדותיהן במגרש המבנה ולזלוג למגרשים שכנים. זאת ועוד, אם חיבורי הביוב לא מספיק טובים במבנה עצמו, אזי עומס מי הגשם על הביוב עלול לגרום להצפה במפלסים הנמוכים (חוק כלים שלובים).

¹⁸ [גגות מועילים בעיר תל אביב - יפו](#), המחלקה לתכנון בר קיימא ואנרגיה, יחידת אדריכל העיר, מינהל הנדסה, מאי 2022, עמוד 3.

¹⁹ [מסמר ניהול נגר עירוני](#), מנהל התכנון, אפריל 2024, עמוד 189-185.

²⁰ [אתר מדיניות ניהול הנגר העירוני בישראל, גג סופח](#), אתר אגמא, 2022.

²¹ דו"ח מבקר המדינה, "מניעת זיהומים והמלחתם של מקורות המים, ניטורם ושיקומם", התשפ"ב-2021, עמוד 1342.

תועלות כלכלית

- **הארכת אורך החיים של איטום הגג - הגנה על איטום הגג מקרני השמש (שכבת ריבוד נוספת).**
- **חיסכון עלויות הצפות -** עבור הרשות המקומית, צמצום הצפות מפחית את העומס על המערכות העירוניות, מצמצם את החשיפה לתביעות כתוצאה מנזקי הצפות ובמקרים מסוימים יכול לסייע ביעול ההשקעה במערכות הנגר במרחב הציבורי.
- **עלות נמוכה ותחזוקה פשוטה -** גגות כחולים מציעים פתרון יעיל לניהול נגר עירוני. העלות משתנה בהתאם לסוג הגג - גג כחול בסיסי (ללא צמחייה) עולה פחות מגג משולב עם שכבת צמחייה, אך שניהם מהווים פתרון מתאים במיוחד לאזורים צפופים שחסרים בהם שטחים פתוחים להשחיית נגר. התחזוקה השוטפת כוללת ניקוי תקופתי של פתחי שחרור המים, למניעת סתימות שעלולות לפגוע ביכולת הניקוז של הגג.²²

אתגרים ומגבלות:

- **עומסים -** גג כחול חייב להיות בעל כושר נשיאה המותאם לכמות המים שהוא מתוכנן להשהות או לאגור. יתכנו מקרים בהם לא ניתן יהיה להקים גג כחול מסיבה זו, למשל בחלק מסוגי הבנייה הקלה. עם זאת, לפי תקן 412 (עומסים אופייניים שימושיים), הגג צריך לעמוד במשקל מינימלי של 150 ק"ג, בעוד גג כחול סופג סטנדרטי הוא בעל משקל 50-60 ק"ג למ"ר במצב של ספיגת מים מקסימלית (במהלך אירוע גשם קיצוני).²³
- **עלויות התקנה -** אמנם גגות כחולים מוערכים בעלות נמוכה יותר ביחס לשימושים האחרים בגגות, הנסקרים במסמך זה, ואולם, במקרה זה, הפער בין הגורם המשקיע בהקמת המערכת לבין הגורם הנהנה מתועלותיה יותר משמעותי. התועלת הישירה של גג כחול לדיירי הבניין מצומצמת יחסית, בשונה למשל מהקמת גג צהוב (פוטו וולטאי, שתורם באופן ישיר להפחתת ההוצאות בגין חשמל). פער זה בין מפחית את התמריץ של דיירים או יזמים לממן את ההתקנה.²⁴

²² Richter, M., & Dickhaut, W. (2023). [Long-Term Performance of Blue-Green Roof Systems—Results of a Building-Scale Monitoring Study in Hamburg, Germany](#). *Water*, 15, 2806, page 12.

²³ [גגות מועילים בתל אביב יפו](#). המחלקה לתכנון בר קיימא ואנרגיה | יחידת אדריכל העיר, מינהל הנדסה, מאי 2022.

²⁴ גג סופג, [אתר מדיניות ניהול הנגר העירוני בישראל](#), מנהל התכנון, משרד החקלאות ואגמא, 2022.

דוגמאות:

גג כחול-ירוק - ברונקס, ניו יורק

בשנת 2013 נבנה גג כחול על גג של מבנה קיים בניו יורק, המשמש כמרכז של ארגון חברתי. הגג יכול לנהל אוגר של כ- 350,000 ליטר של מי גשם. הגג בנוי משכבות שמאפשרות השהייה של הנגר על הגג, לרבות שכבת אבנים וחצץ, ושכבת צמחייה ללא השקייה, שמעכבות את חלחול המים ובכך מסייעות לאיזון כמות הנגר המגיעה למערכת הניקוז בו זמנית. שכבת הצמחייה תוכננה בין היתר לשמש כבית גידול לדבורים, עבור כוורות הממוקמות בחלק אחר בגג. הגג הכחול מפחית כ-32% מהעומס על מערכת הניקוז המקומית ומסייעת למניעת ההצפה של נהר ה"איסט ריבר" הגובל מצד מזרח. הגג הכחול הותקן בשליש משטח הגג, בשטח של כ-665 מ"ר.²⁵



הגג הכחול-ירוק של Osborne Association בדרום רובע ברונקס בעיר ניו יורק, צילום: Hazen and Sawyer.

²⁵ Candace, Pearson. ["Blue Roof" Adds Stormwater Detention Alongside Green Roof in New York](#), Building Green, Volume 22, Issue 10.

קמפוס WIX תל אביב

בשנת 2022 הוקמה מערכת גג סופח על גגות מבני קמפוס WIX בצפון תל אביב, באזור שסבל מהצפות חוזרות ונשנות לאורך השנים, כולל הצפות בצומת הרחובות והצפת מרתפי חניה. הגג מכסה שטח כולל של 5.5 דונם ויכול לאגור כ-120 מ"ק של מי גשם. המערכת בנויה משכבות הכוללות יריעת הגנה ויריעה גיאוטכנית, לוח גג סופג ושכבה עליונה של אגרגט בהיר המחזיר קרינה, סה"כ עובי כל המערכת כ-90 מ"מ. הגג משהה ומפחית כ-25% ממי הגשם בגג. הגג משולב עם מערך של 7 קידוחי החדרה המחדירים את הנגר העודף לאקוויפר. מעבר להפחתת הסיכון להצפות, המערכת מספקת בידוד תרמי ואקוסטי משופר, מגינה על יריעות האיטום ומסייעת בהפחתת תופעת אי החום העירוני. הגג בכחול בוויקס משולב עם מגוון שימושים נוספים לרווחת העובדים.



אחד המפלסים בגג הכחול-ירוק-פעיל בקמפוס WIX. צילום: נועה שטיינברגר.

תעודת זהות גג צהוב



פאנלים סולאריים על בניינים ברמת-גן. צילום: שרית לוי-גרוסו.

תיאור:

גג צהוב (סולארי) הוא כינוי לגג שעליו מותקנת מערכת או מערכות של פאנלים סולאריים פוטו-וולטאים (PV), המשמשים לייצור חשמל באמצעות השמש. חשמל סולארי הוא הסוג הנפוץ ביותר של אנרגיה מתחדשת בישראל. הפקת חשמל סולארי נחשבת לסביבתית יותר ביחס לייצור חשמל מדלקים פוסיליים, מאחר שאינה כרוכה בפליטת מזהמי אוויר וגזי חממה (ואולם גם לה יש טביעת רגל סביבתית, הנובעת מתהליכי הייצור של הפאנלים ובעיקר מהעדר פתרון סביבתי לסוף חייהם). בישראל, ביחס לאירופה למשל, יש כדאיות יחסית גבוהה לשימוש בטכנולוגיה זו, כפועל יוצא ממיקומה ביחס לקו המשווה והאקלים שלה, שמייצרים תנאים טובים להפקת אנרגיה משמש כמעט לכל אורך השנה.²⁶

ניתן להציב פאנלים סולאריים כמעט בכל מקום שחשוף לשמש, גם בשטחים קטנים מאוד שיכולים להכיל מספר פאנלים בודדים.²⁷ ההשמשה של גגות לטובת ייצור חשמל באמצעות פאנלים סולאריים יכולה להיות אפקטיבית, מכיוון שגגות מהווים שטחים הנחשפים יותר לקרינת שמש ישירה ביחס לשטחים אחרים במרחב העירוני ונמצאים

²⁶ משרד האנרגיה והתשתיות, "יש חדש תחת השמש", אוגוסט 2023.

²⁷ שם.

בסמיכות למקום הצריכה. עם זאת, באזורי התחדשות עירונית או במקרה של מבנים נמוכים הסמוכים למגדלים גבוהים, עלולה להיווצר הצללה המפחיתה את יעילות המערכות. בהשוואה לגגות מועילים אחרים, פאנלים סולאריים על גגות כבר היום נמצאים בשימוש הולך וגובר בערים בישראל, הן על גגות של מבני ציבור והן על גגות פרטיים, ואף על גבי קירוי מעל שימושים פתוחים, כגון חניונים, מגרשי ספורט ועוד.

לאחרונה הומלץ ע"י המועצה הארצית לתקן תקנות המחייבות הקמת פאנלים סולאריים על גגות. התקנות קובעות כי כל בניין חדש – שאינו למגורים ושטח הגג שלו עולה על 250 מ"ר – יחויב בהקמת מתקן לייצור אנרגיה מתחדשת. נוסף על כך, התקנות מחייבות הקמת מתקן פוטו-וולטאי גם בבניין חדש צמוד קרקע למגורים אשר שטח הגג שלו 100 מ"ר בהיקף מינימלי של 5 קילו ואט.²⁸

מלבד טכנולוגיות PV, קיימים אמצעי ייצור אנרגיה אחרים וכן מתקני אגירת אנרגיה שיכולים להיות ממוקמים על הגג. למשל, דודי שמש אשר מאפשרים חימום מים בתוך מיכל באמצעות אנרגיה סולארית. דודי שמש היו נפוצים בישראל החל משנות ה-50 בעיקר בבנייני מגורים נמוכים, ואף בעבר נחקק חוק שמחייב את הקמתם על מבנים עד 9 קומות. לפי נתוני מרכז המחקר והמידע של הכנסת בשנת 2012 היו דודי שמש בכ-85% ממשקי הבית ואלו הביאו לחיסכון של כ-8% בצריכת החשמל ביחס למשקי בית ללא דודים.²⁹

טכנולוגיות חדשניות מאפשרות כיום התקנת פאנלים סולאריים גם על חזיתות מבנים, בעיקר אלה הפונים לכיוון הדרום, ובכך מרחיבות את יישום האנרגיה הסולארית גם לממד הוורטיקלי. אף שטכנולוגיה זו עדיין בשלבי התפתחות ואינה מיושמת בהיקף נרחב, צפוי כי תשתכלל ותהפוך לנפוצה יותר בשנים הקרובות, ותרחיב את אפשרויות ניצול האנרגיה המתחדשת במרחב העירוני.

תועלות עיקריות:

תועלות כלכליות

- **תועלת כלכלית לבעל הנכס** - להתקנת פאנלים סולאריים על הגג יש תועלת כלכלית עבור בעל הנכס, מכיוון שהופכת אותו מצרכן חשמל בלבד גם ליצרן חשמל. השימוש בגג לצורך הפקת אנרגיה הוא בעל כדאיות כלכליות גבוהה יחסית, נכון לאסדרה הנוכחית בישראל, מאחר שהוא מאפשר מכירת חשמל המיוצר על הגג לחברת החשמל או לחליפין, מאפשר השכרת הגג לצד ג' שיבצע זאת. תוחלת חיים של פאנלים סולאריים הם על פי רוב כ-25 שנים, ודרישות התחזוקה שלהן נמוכות. כפועל יוצא, שימוש בגג לצורך ייצור חשמל מהווה, נכון לתנאי האסדרה הנהוגים בישראל בעת הזו, השקעה סולידיט לטווח ארוך עם סיכון יחסית נמוך.³⁰ יש לציין שהכדאיות הכלכלית של מערכות אלה מושפעת מגורמים רבים, ובעיקר מתנאי האסדרה התעריפית שקובעת רשות החשמל. תנאים אלה משתנים מעת לעת, כך שיש לבחון את העניין בנקודת זמן נתונה.

²⁸ [חיוב פאנלים סולאריים](#), המשרד להגנת הסביבה, אוגוסט 2024.

²⁹ ד"ר יניב רונן, [אפשרות התקנת דודי שמש בבניינים שגובהם מעל תשע קומות וצריכת אנרגיה לחימום מים במגזר התעשייתי](#), באתר

מרכז המחקר והמידע (ממ"מ) של הכנסת, ע' 2, 29 בנובמבר 2012.

³⁰ שם.

- **ביטחון אנרגטי** - גגות סולאריים תורמים לביטחון האנרגטי הלאומי באמצעות ביזור של אתרי ייצור האנרגיה ברחבי המדינה. פיזור זה מקטין את הפגיעות של מערכת החשמל הארצית מול איומים ביטחוניים, אירועי מזג אוויר קיצוני או תקלות משמעותיות. הקטנת התלות בתחנות כוח מרכזיות והרחבת פריסת מקורות ייצור החשמל מחזקות את החוסן האנרגטי של המשק בשגרה ובחירום.
- **עצמאות אנרגטית** - שילוב של גגות סולאריים עם מתקן אנרגיה יכול לתת מענה במצבי חרום של הפסקות חשמל.

תועלות סביבתיות

- **צמצום פליטות פחמן וזיהום אוויר** - ייצור חשמל באמצעות שריפת דלקים פוסיליים היא פעולה מזהמת, עתירת פליטות פחמן ומזהמי אוויר. התקנת גגות סולאריים שייצרו אנרגיה מתחדשת מהשמש מקטינה את טביעת הרגל הסביבתית של ייצור וצריכת האנרגיה (מלבד המחיר הסביבתי של ייצור הפאנלים והטיפול בהם בסוף חייהם) ובכך מהווה היא צעד חשוב במאבק בשינויי האקלים. התקנת פאנלים סולאריים בקנה מידה רחב יסייע לישראל לעמוד ביעדיה הלאומיים לייצור אנרגיה מתחדשת ובהתחייבויותיה הבינלאומיות להפחתת פליטות גזי חממה ולמתן את תרומתה למשבר האקלים.³¹
- **היערכות להשפעות שינויי האקלים** - שיעור צריכת החשמל לנפש בישראל עולה בקצב גבוה, וזאת בנוסף לשיעור הגבוה של הגידול באוכלוסייה, ביחס למדינות ה-OECD.³² העלייה בטמפרטורה והעלייה ובעוצמתם ותדירותם של עומסי החום, מביאות לעלייה בצריכת חשמל לצורך מיזוג אוויר וכך מגבירות את צריכת האנרגיה. קיים חשש כי קצב פיתוח תשתיות ייצור החשמל לא יצליח להדביק את העלייה המואצת בביקושים, ולכן הביקוש לחשמל עשוי לעלות על ההיצע, בעיקר בעת עומסי חום כבדים ולגרום לשיבושים באספקת החשמל.

תועלות חברתיות

- **חיזוק החוסן הקהילתי** - הטמעה של גגות סולאריים על מבני ציבור כמו מתנ"סים ובתי ספר מחזקת את החוסן האנרגטי של המבנים עצמם בעת הפסקות חשמל או תקלות ברשת החשמל. יתר על כן, מבנים קולטי ציבור אלה, במיוחד בשילוב מערכת אגירת חשמל, צפויים לשמש גם כמרכזי חוסן קהילתיים המהווים מרכזי קליטה בעת חירום - בין אם מדובר באירועי מזג אוויר קיצוני ובין אם במצבי חירום אחרים - ולספק מקום מאוקלם ובטוח עבור האוכלוסייה.
- **העלאת מודעות וחינוך** - גגות סולאריים על מבני ציבור, מוסדות חינוך ומקומות קולטי קהל יכולים לשמש כפלטפורמה חינוכית להעלאת מודעות בנושאי סביבה, אנרגיות מתחדשות ומשבר האקלים. תועלת זו מושגת באמצעות הנגשת מידע על פעילות הגג הסולארי לציבור המבקרים. למשל, על ידי הצבת לוח

³¹ שם.

³² לויטה לייבוביץ', גלי. "שינויים בהרגלי הצריכה". The Marker, 14.09.2023.

אלקטרוני המציג בזמן אמת את כמות החשמל המיוצרת, החיסכון בפליטות גזי חממה וההשפעה הסביבתית החיובית של המערכת.

אתגרים ומגבלות:

- **פער בין שעות עיקר הייצור לשעות עיקר צריכה במבני מגורים** - מאחר שהייצור הסולארי מתקיים בשעות היום, בשעות קרינת השמש, בעוד בחלק מהשימושים, ובעיקר מבני ציבור ומשרדים, יש חפיפה גבוהה בין שעות הייצור לשעות הצריכה, במבני מגורים, בהם שיא הצריכה מתקיים בשעות אחר הצהריים והערב, נוצר פער בין הייצור לצריכה. על מנת לגשר על פער זה, ניתן לשלב מערכת אגירה, שמאפשרת לאגור את החשמל העודף שיוצר (או את חלקו) ולהשתמש בו בשעות החושך או בימים מעוננים.
- **עלות התקנה** - העלות הראשונית הכרוכה בהתקנת מערכות סולאריות עשויה להיות יחסית גבוהה ביחס לזמן החזר ההשקעה. כיום, נכון למועד פרסום מסמך זה, נהוג להעריך את זמן החזר ההשקעה, עבור מערכות "קטנות" (עד 100 ק"ו), ב-7-10 שנים, בתלות במבנה התעריפים, כאמור לעיל. כמו כן, חשוב לציין כי יש הבדלים בעלות בין גגות קיימים לגגות חדשים, קרי גגות בהם תוכנן מראש לאפשר או להקים מערכת פוטו-וולטאית (בין אם המערכת נמסרת עם המבנה ובין אם ובין אם בוצעה הכנה למערכת, המאפשרת התקנה מאוחרת יותר). היכן שבוצעה הכנה מתאימה, העלות הראשונית של הקמת המערכת פוחתת.
- **חימום המבנה** - פאנל סולארי שצבעו שחור קולט את כל קרינת השמש, ועלול להעצים את התחממות המבנה (לעומת גג לבן המחזיר חלק ניכר מהקרינה), ובעיקר הקומות העליונות.³³
- **יעילות מופחתת של הפאנלים בחום כבד** - בתנאי חום כבד, יעילות הפאנלים נפגעת - מחקר מראה שהחל מטמפרטורה של 25 מעלות צלזיוס, כל עלייה במעלת צלזיוס גורמת לירידה של כ-0.4%-0.5% ביעילות הפאנל. בימי קיץ חמים, כשטמפרטורת הפאנלים יכולה להגיע ל-65 מעלות צלזיוס ומעלה, היעילות יכולה לרדת בכ-20% ביחס ליעילות המקסימלית.³⁴ אתגר זה אמור להיפתר עם התקדמות הטכנולוגיה בתחום.
- **עיקובים בפיתוח רשת החשמל** - הצטרפות למסלולי המכירה של החשמל המיוצר בגג לחברת החשמל מחייבת רוחב מספק של חיבור לרשת החשמל הארצית. בחלק מהאזורים בישראל קיים עדיין מחסור במשאבי רשת, המגביל את היכולת להצטרף לאסדרה התעריפית של חברת החשמל, ואולם בשילוב עם מערכת אגירה, ניתן לייצר חשמל בשעות היום ולעשות בו שימוש בלילה, גם במצב שבו החשמל לא נמכר לחברת החשמל.³⁵

³³ [קיימות וסביבה ככלי פיתוח ברשויות המקומיות](#), משרד הפנים, דצמבר 2018, עמוד 43.

³⁴ Amelia, A. R., et al. "[Investigation of the Effect Temperature on Photovoltaic \(PV\) Panel Output Performance.](#)" International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology 6.5 (2016): 685-686.

³⁵ מבקר המדינה. (2018). [פיתוח רשת החשמל ותחזוקתה](#). דוח מבקר המדינה, עמ' 6.

תעודת זהות גג פעיל



הגג הפעיל באברהם הוסטל, ירושלים. צילום: אלכס קולומויסקי.

תיאור:

גגות פעילים הוא כינוי לגגות שמתקיימת בהם פעילות קהילתית או עסקית. לרוב ניתן למצוא גגות מסוג זה במחוזות אורבניים צפופים. קיימים סוגים רבים של שימושים בגגות פעילים - בין היתר, בתי קפה, מיתקני ספורט ומשחקים, מרחב לקיום פעילות ספורט, חוגים, סדנאות, הרצאות, הקרנות סרטים וכיו"ב, גינות קהילתיות, תצפיות ועוד.

תועלות עיקריות:

תועלת סביבתית

- **שימוש יעיל בשטח בנוי במרקם אורבני צפוף** - גגות פעילים מאפשרים שימוש במרחב שבדרך כלל אינו מנוצל, מה שחשוב במיוחד באזורים עירוניים צפופים שחסרים בהם שטחים ציבוריים.

תועלת חברתית

- **יצירת מרחבים למפגשים קהילתיים** - גגות פעילים יכולים להוות מרחב למפגש לקהילה, לדיירים או לעובדים בבניין מסוים, וכך לעודד אינטראקציות חברתיות ופעילויות משותפות. כמו כן, גגות יכולים לשמש כמרחב פתוח לצורך "התאווררות" - למשל במבני תעסוקה.

תועלת כלכלית

- **חיזוק הכלכלה המקומית** - גגות פעילים יכולים לתרום לכלכלה המקומית על ידי יצירת הזדמנויות עסקיות חדשות, כגון בתי קפה, מסעדות או חללי עבודה משותפים על גגות, שיכולים להגדיל את מגוון העסקים באזור.
- **תרומה לכלכליות בפרויקטי פינוי בינוי** - במקרים מסוימים, ניתן לנצל גגות פעילים כשטחי ציבור בפרויקטים של פינוי-בינוי. שימוש זה מאפשר תכנון יעיל יותר של השטח, ויוכל בתנאים מסוימים אף לצמצם את הצורך בקרקע נוספת למטרות ציבוריות, ובכך יכול לשפר את הכדאיות הכלכלית של הפרויקט כולו.

אתגרים ומגבלות:

- **נגישות פיזית** - הבטחת גישה נוחה ובטוחה לציבור (בין אם מדובר בגג המשמש רק את דיירי הבניין, את כלל הציבור, או אוכלוסייה ספציפית אחרת) עלולה להיות מורכבת מבחינה תכנונית ומבנית, ובמיוחד ככל שמבקש לאפשר גישה ישירה לגג הישר ממפלס הרחוב.
- **נגישות פסיכולוגית** - גגות פעילים מתמודדים עם אתגר הנגישות הפסיכולוגית, הנובע ממוקדם בגובה, ובתוך מבנה. מאפיינים אלה יוצרים לעתים תחושה שהמרחבים האלה פחות נגישים ממרחבים ציבוריים "רגילים" או שהם "פרטיים". אתגרים אלה רלוונטיים במיוחד כאשר מדובר בגגות פעילים ציבוריים או שמיועדים לשרת את כלל הציבור. בעוד שמרחבים ציבוריים מסורתיים מאופיינים בנגישות ברמת הרחוב, הצורך לעלות במיוחד לגג עשוי להרתיע משתמשים פוטנציאליים. הניסיון מראה כי גגות ציבוריים פעילים מצליחים בעיקר כאשר הם מציעים פעילות ייעודית ומתוכננת (כמו שיעורי יוגה או אירועי תרבות) או כאשר הם מיועדים לשהייה ממושכת.
- **בטיחות** - בהקמת גגות פעילים יש לוודא שהם עומדים בכל תקנות הבטיחות כדי לשמור על ביטחון המשתמשים במרחב. בעוד שבטיחות היא פרמטר הכרחי בכל שימוש בגג, האתגר מתעצם בגגות פעילים הכוללים תנועה ערה של אנשים, פעילויות מגוונות ושהייה ממושכת.

דוגמאות:

"המרפסת", מוסללה, ירושלים

הגג הפעיל של עמותת מוסללה בירושלים מהווה מקום מפגש קהילתי, המעודד יזמות חברתית, קיימות ומפגש בין אוכלוסיות שונות בעיר. הגג של מוסללה נמצא בצמידות לרחוב יפו - ציר מרכזי מאוד בעיר ולשוק מחנה יהודה, אזור אורבני צפוף ופעיל ונגיש מאוד מבחינה תחבורתית. הגג כולל שימושים שונים - חקלאות עירונית, מרחבי עבודה, מרחבים למפגשים ופעילות, מתחם "קמפינג גגות" (תיירות), מרחב לדבוראות ביו-דינמית, מרכז הדגמה

לחקלאות הידרופונית וכיו"ב. הגג פתוח לציבור ומשמש גם כמרכז הדגמה לכל השימושים הללו בפרט ולישימוש פעיל בגגות בכלל. פעילות זו הייתה ועודנה חלוצית בתחום זה בישראל.



"המרפסת" בבניין כלל, ממבט מלמעלה. צילום: דור פזואלו.

הגג הפעיל של בניין מיקרוסופט

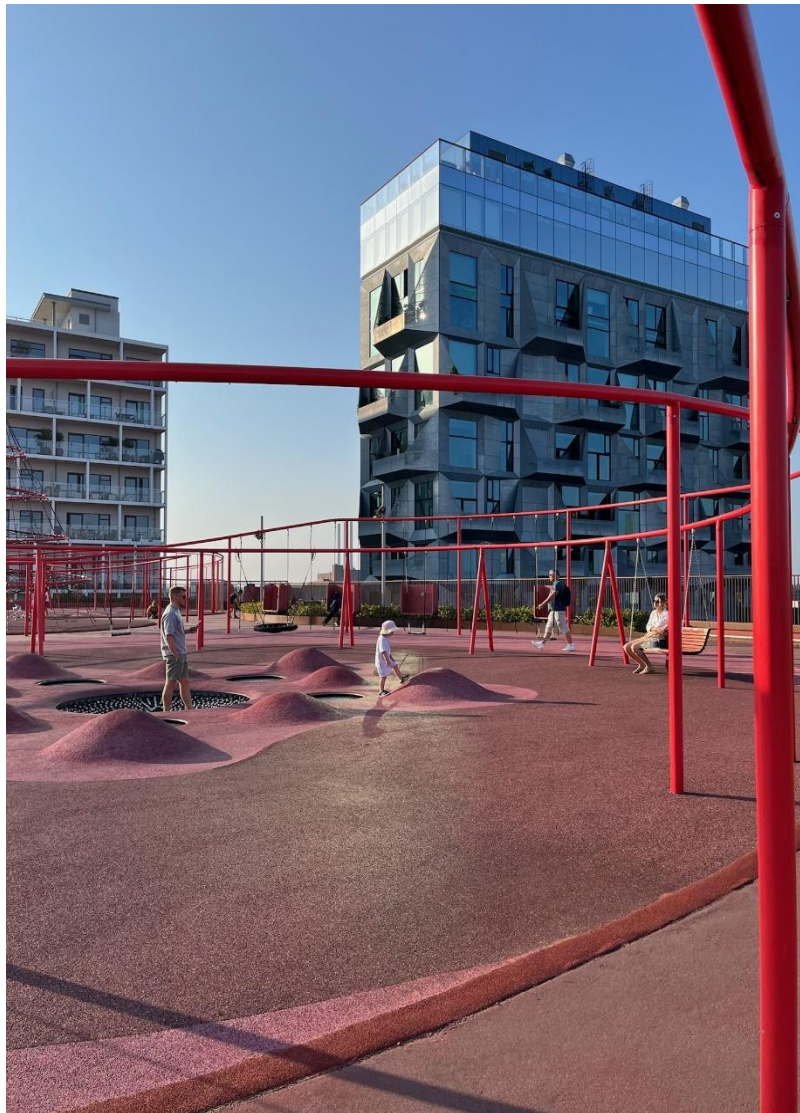
מתחם מיקרוסופט בהרצליה, שהושלם בשנת 2020, משלב גינות גג וטרסות חיצוניות מדורגות המחברות בין קומות הבניין. הגג הירוק מהווה חלק ממערך שטחים פתוחים הכולל גם גינות בקומת הקרקע, ומציע לעובדי החברה מרחבי פנאי, גינון ורגיעה. תכנון זה משקף את הגישה הכוללת של הבניין, המדגישה את החיבור בין חללי הפנים והחוץ ומעודדת סביבת עבודה נעימה ובריאה. הבניין, שזכה בתקן הבנייה האמריקאי (והעולמי) LEED Gold, משלב מערכות קיימות נוספות כמו מערכת סולארית ושימוש חוזר במי עיבוי מזגנים להשקיה.



צילום: עמית גירון.

מגרש משחקים על גג חניון ציבורי - קופנהגן

במסגרת תכנית ההתחדשות של שכונת נורדהאון בקופנהגן, הוקם מבנה איגום חנייה שגגו הוסב לפארק משחקים שכונתי תוסס. בפארק הוקם מסלול משחק ייחודי המכונה "הנחל האדום" - מבנה מתכת אדום מפותל המשתרג לאורך הגג ומשלב מגוון מתקני פעילות. לאורך המסלול משולבים מתקני משחק מסורתיים כמו נדנדות, מגלשות ומתקני טיפוס, לצד אזורי ספורט, הכוללים מגרש כדורגל ומגרש כדורסל. בין מוקדי הפעילות משובצים אזורי מנוחה מוצלים עם ספסלים וצמחייה, המאפשרים התרעננות ומפגש חברתי.³⁶ תכנון הפארק מנצל את מיקומו הייחודי על גג המבנה ומציע נקודות תצפית מרהיבות על הנמל והעיר. ביישום פרויקט דומה בישראל, יש להתחשב בתנאי האקלים הישראליים, בין היתר בצורך המשמעותי בהצללה ובחירת חומרים שלא קולטים חום.



צילום: נועה שטיינברגר.

³⁶ [Park n' Play](#), Jaja Architects

תעודת זהות גג לבן



קרדיט: Canva Stock

תיאור:

גגות לבנים, שמכונים גם גגות מצננים (cool roofs), הם שטחי גג שמצופים בשכבה בהירה שנועדה להחזיר חלק משמעותי של קרני השמש במקום לספוג אותן. התקנת גגות לבנים מגבירה את אפקט האלבדו³⁷ של שטח הגג, כלומר הכיסוי הלבן מחזיר אור וכך שטח הגג מתחמם פחות ביחס לגג עם כיסוי כהה.³⁸ כך, גגות לבנים יכולים לצמצם באופן משמעותי את כמות החום הנקלטת בבניינים ובכך להוריד את הטמפרטורה בקומות העליונות של הבניין. במחקר שנעשה על גגות לבנים בעיר ניו יורק בארצות הברית, עלה כי צביעת גגות בלבן יכולה להביא להפחתה של 2-3 מעלות צלזיוס בשטח הגג ובקומות העליונות של המבנה.³⁹

³⁷ אפקט אלבדו מתייחס ליכולת של משטח להחזיר קרינת שמש בחזרה לחלל, נמדד כיחס בין האור המוחזר לאור הפוגע. משטחים בהירים כמו שלג מחזירים יותר אור (אלבדו גבוה), בעוד משטחים כהים כמו יערות בולעים יותר אור (אלבדו נמוך), מה שמשפיע על טמפרטורת כדור הארץ ומאזן האנרגיה הגלובלי. (בריטניקה)

³⁸ ניסים, נטע. "יותר לבן מלבן", סוכנות הידיעות זווית, 27.12.2018.

³⁹ Pearce, Fred. "Urban Heat: Can White Roofs Help Cool World's Warming Cities?", Yale Environment 360, 07.03.2018.

תועלות עיקריות:

תועלות סביבתיות

- **הפחתת צריכת אנרגיה במבנה -** ככל שהמבנה מתחמם פחות, פוחת גם הצורך באיקלומו באמצעים צורכי אנרגיה.⁴⁰ בתנאי החום בישראל, אמנם גגות לבנים לא יכולים לבטל לגמרי את הצורך באיקלום, אולם יש בכוחם למתן את הטמפרטורה באופן שמאפשר להפחית את השימוש במזגן, בין אם באמצעות דחיית ההדלקה לשעות מאוחרות יותר או שימוש מתון יותר. בדומה, במבנים מאוקלמים יותר, התחלת ה"שימוש" במיזוג נדחית למועד מאוחר יותר בעונה החמה.
- **הפחתת תופעת אי החום העירוני -** גגות לבנים מסייעים להפחית את תופעת אי החום העירוני שמתאפיינת באגירה וכליאה של חום במרחב האורבני. חשוב לציין שבשעות היום, החזר הקרינה מגגות לבנים עלול דווקא להביא לחימום המרחב העירוני, אולם מאחר שהמבנים קולטים פחות חום במהלך היום, הם גם פולטים פחות חום בשעות הערב. למרות החימום המקומי הנוצר מהחזר הקרינה בשעות היום, ההשפעה הכוללת היא חיובית - הפחתת פליטת החום בשעות הערב והלילה תורמת למיתון תופעת אי החום העירוני במידה העולה על החסרון של החימום המקומי במהלך היום.⁴¹

תועלת כלכלית

- **עלות נמוכה -** התקנה של גג לבן לא עולה יותר מאשר התקנה של גג רגיל, וגם תחזוקת גג לבן זהה לתחזוקה של גג רגיל. המחיר הנמוך של גגות לבנים ותחזוקתם הפשוטה יכולה לסייע להטמעתם במרחב העירוני.

⁴⁰ A. Synnefa, M. Santamouris, H. Akbari, [Estimating the effect of using cool coatings on energy loads and thermal comfort in residential buildings in various climatic conditions](#), Energy and Buildings, Volume 39, Issue 11, 2007.

⁴¹ Pearce, Fred. "[Urban Heat: Can White Roofs Help Cool World's Warming Cities?](#)", Yale Environment 360, 07.03.2018.

דוגמא:

העיר ניו יורק החלה לצבוע גגות בלבן על מנת למתן את תופעת אי החום העירוני. המהלך התבצע באמצעות תכנית הכשרה לאנשים באבטלה שיוכשרו לצבוע ולטפל בגגות לבנים, וכך הצליחו להגשים גם מטרה חברתית.⁴²



צילום: NASA Earth Observatory

⁴² [NYC cool roofs](#), New York City Government, 2024.

תעודת זהות - גג לוגיסטי (כתום)



הדמייה: גג לוגיסטי עם מנחת לרחפנים יחד עם מאפיינים של גג ירוק. Canva AI Creator.

תיאור:

גגות מבנים משמשים כיום בעיקר כמרחב טכני, המכיל מערכות כגון דודי שמש, מנועי מזגנים ומעליות, ומערכות נוספות. לעיתים קרובות, התכנון של המרחב הטכני על הגג אינו יעיל, מכיוון שבהעדר שימושים מתחרים על שטח הגג, אין תמריץ לתכנן את הצבת המערכות הטכניות באופן חסכוני בשטח, מה שמוביל לבזבז מרחב יקר ערך. עם זאת, תכנון מושכל המביא בחשבון שימושים נוספים פוטנציאליים לגג עשוי להוביל לניצול יעיל יותר של השטח. במקום להקצות את כל שטח הגג למערכות טכניות, ניתן לתכנן את פרישתן והצבתן באופן קומפקטי יותר, ובכך לפנות מקום לשימושים נוספים. במקרים מסוימים, ניתן אפילו למקם את חלקן בתוך קומות המבנה.

מעבר לשימושים המסורתיים, קיימות אפשרויות חדשניות להפיכת חלק מהגג למרחב לוגיסטי או טכני מתקדם. גישה זו עשויה לשפר את ניצול השטח, לצמצם את הצורך בקרקע נוספת ולספק פתרונות לצרכים עכשוויים ועתידיים. בין היתר, גגות לוגיסטיים יכולים לשמש מנחתים לרחפנים, נקודות מסירה למטענים, מרכזים לוגיסטיים זעירים, מקום חנייה לאופניים ועוד. במסמך זה נדגים את השימוש הלוגיסטי בגג באמצעות הדוגמא של השימוש המפציע בגגות לצורך מנחתים לרחפנים.

גג לוגיסטי המשמש מנחת לרחפנים

תיאור הטכנולוגיה

בשנים האחרונות צומח ומתרחב הפיתוח של מגוון רחב של כלי טיס, מאוישים או בלתי-מאוישים, במשקל יחסית קל (ביחס לכלי טיס "רגילים") - החל ממשקל של קילוגרמים בודדים ועד מאות קילוגרמים. כלים אלה, משמשים למטרות שונות כגון מדידה, שילוח, צילום ושינוע מטענים ונוסעים, והמנחתים שלהם יכולים להיות ממוקמים על גגות. בעוד שכיום מנחתי גגות משמשים בעיקר למסוקים בבתי חולים, העתיד צפוי להביא להרחבת השימוש בגגות כתשתית תעופתית לכלי טיס קטנים וטכנולוגיות רחפנים מתקדמות.

טכנולוגיה זו יכולה לתת מענה, חלקי לפחות, לבעיות הגודש, היעילות הנמוכה וזיהום האוויר של מערכות התחבורה, בכפר ובעיר. היא בעלת פוטנציאל לשנות את המרחב האורבני באמצעות הגדלת הספיקה והגמישות התחבורתית, שיפור הנגישות לאזורי פריפריה ושיפור היחס לסביבה מבחינת רעש וזיהום אוויר. למעשה, מערכת זו עשויה להחליף חלק מסוים מהשינוע הקרקעי ולהפחית את העומס והצפיפות במערכות התחבורה. עם זאת, הטמעת טכנולוגיה חדשנית זו מציבה אתגרים משלה. נדרש תכנון המשלב ראייה ארוכת טווח עם גמישות תכנונית שתאפשר שינויים בהתאם לניסיון המצטבר. במקביל, חיוני לשתף את הציבור בתהליך כדי למזער התנגדויות הנובעות מחוסר ידע או אמון. בנוסף, טכנולוגיה זו מחייבת רגולציה שתסדיר את התנהלות נתיבי התחבורה האווירית במרחבים בנויים.

חשוב לציין כי הידע בתחום עדיין בשלבי התפתחות. נדרשים מחקר נוסף, ניסויים והתקדמות טכנולוגית כדי להבין לעומק את ההשלכות של טכנולוגיה זו, במיוחד בכל הנוגע לשימוש בגגות עירוניים כתשתית תעופתית.

תועלות עיקריות:

תועלות סביבתיות

- **הפחתת זיהום אוויר** - שימוש ברחפנים לצורך לוגיסטיקה ושינוי יכול לתרום להפחתת נסועת המשאיות במרחב האורבני הצפוף וכפועל יוצא להפחית את הגודש ואת פליטות המזהמים לאוויר.
- **יעילות בשימוש בקרקע** - ניצול גגות קיימים כמנחתים מאפשר למקסם את השימוש במרחב העירוני הקיים מבלי להקצות שטחי קרקע נוספים לתשתיות תחבורה. ייתכן שהטמעת טכנולוגיית הרחפנים ושימוש בתשתית הגגות לטובתם תתרום להפחתת הצורך בקיבולת כבישים ומחלפים.

תועלות כלכליות

- **הגברת היעילות הלוגיסטית** - רחפנים מאפשרים קיצור משמעותי בזמני משלוח ושינוע ביחס לשינוע בתחבורה קרקעית, במיוחד באזורים צפופים. השימוש ברחפנים מאפשר ניהול יעיל של מוצרים רגישים כמו תרופות שנדרשות בתנאי אחסנה מדויקים ואינן בשימוש תדיר. באמצעות רחפנים יהיה ניתן לשנע אותן במהירות לבית חולים בעת צורך, מבלי שאוחסנו שם באופן קבוע.

אתגרים ומגבלות:

- **טכנולוגיה מפציעה -** חוסר הוודאות ביחס לטכנולוגיה מהווה אתגר מרכזי בהטמעת טכנולוגיית הרחפנים והשמשותם. הטכנולוגיה עצמה עדיין בשלבי התפתחות, כאשר המאפיינים הסופיים של כלי הטיס והמערכות התומכות אינם ברורים לחלוטין. היעדר תקינה סטנדרטית מוסכמת בנושא תכנון כלי הטיס או רמת הביצועים הנדרשת מוסיף לאי-הוודאות. כתוצאה מכך, נדרשת גמישות תכנונית בפיתוח התשתיות והמערכות התומכות, כדי לאפשר התאמות עתידיות לאור ההתפתחויות הטכנולוגיות והשינויים בדפוסי השימוש.
- **קבלה חברתית -** נדרשת הסכמה ציבורית שתאפשר את קבלתה של הטכנולוגיה. נדרש לטפל טיפול בסוגיות כמו רעש, בטיחות ופרטיות.
- **מקום פנוי בגג -** העדר ודאות בנוגע להיקף המקום הפנוי שנדרש להשאיר בגג.
- **עקרונות וסטטוריקה -** נדרשת עבודה לניתוח מפורט של המשמעויות העירוניות, הקף הגבלות הבניה אם קיימות, אופן השילוב בתשתיות קיימות וגיבוש מתודולוגיה, גיבוש תקנות, התייחסות לצורך בהיתרי בניה ואחרים.

שילובים בין סוגי גגות

שילוב בין סוגים שונים של גגות מועילים מציע פוטנציאל משמעותי להגברת התועלות ולמקסום היתרונות של כל סוג גג. בעוד שכל סוג גג מועיל מביא עמו יתרונות ייחודיים, שילוב מושכל ביניהם יכול ליצור סינרגיה המעצימה את ההשפעה הכוללת. שילוב בין שימושים שונים מאפשר ניצול יעיל יותר של שטח הגג, הגדלת מגוון התועלות הסביבתיות, החברתיות והכלכליות, ויצירת פתרונות גמישים המותאמים לצרכים המקומיים ולאתגרים העירוניים.

ניתן לשלב כמעט את כל סוגי הגגות המועילים זה עם זה. מומלץ לוודא כי השימושים השונים לא פוגעים במידה משמעותית בתועלת של כל שימוש, ואולם לעתים השילוב יפגע במידה כזו או אחרת בתועלת המקסימלית שהייתה יכולה להתקבל מכל שימוש בנפרד, ואולם התועלת הכוללת עולה על ה"נזק". השילובים המוצגים להלן הם רק חלק מהאפשרויות הקיימות, שכן קיים מגוון רחב של דרכים לשלב ולגוון בין סוגים שונים של גגות מועילים. להלן מספר שילובים בולטים של גגות מועילים.

שילובים נפוצים:

גג ירוק-פעיל

גג ירוק-פעיל הוא שילוב בין גג ירוק לבין מרחב קהילתי פעיל, המשלב את היתרונות האקולוגיים והנופיים של גג ירוק עם תועלות חברתיות וקהילתיות. בגג מסוג זה, המצע הירוק והצמחייה אינם משמשים רק כתשתית אקולוגית פסיבית, אלא מהווים חלק ממרחב פעיל המשרת את הקהילה, או חלק ממנה, או את דיירי/משתמשי המבנה. למשל, ניתן להקים על גג פעיל גינה קהילתית שבה תושבים מגדלים יחד צמחים, ולקיים מרחבי למידה על טבע עירוני וקיימות. בנוסף, גגות אלו יכולים לשמש כמרחבים עסקיים המשלבים טבע עירוני, למשל בתי קפה ומסעדות הפועלים בסביבה ירוקה, או כמקום לאירוח אירועים מיוחדים המשלבים את הנוף הירוק כחלק בלתי נפרד מחוויית האירוח.

גג כחול-ירוק

השילוב בין שני סוגי הגגות מאפשר למקסם את התועלות של שניהם: המצע והצמחייה מתוכננים במיוחד כדי למקסם את יכולת הספיגה, ההשהיה והטיפול במי הגשמים, תוך שמירה על התועלות האקולוגיות של גג ירוק.

גג ירוק-צהוב

גגות ירוקים-צהובים, המכונים גם גגות ביו-סולאריים, משלבים מצע ירוק (בדרך כלל אקסטנסיבי) עם פאנלים פוטו-וולטאיים לייצור חשמל. מחקרים מצביעים על התועלת הרבה שבשילוב בין שני שימושים אלה, המעצים את התועלות של שניהם.⁴³ השכבה הירוקה מסייעת בהפחתת הטמפרטורה בסביבת הפאנלים, וכפועל יוצא בצמצום ההשפעה של הטמפרטורות הגבוהות על יעילות הפאנלים. בפרט, הצללה טבעית בבסיסם התחתון של הפאנלים

Cavadini, G. B., & Cook, L. M. (2021). Green and cool roof choices integrated into rooftop solar energy modelling. ⁴³ Applied Energy, 296, 117082.

מונעת חימום יתר שלהם, ותהליך האידיוי של הצמחייה יכול לסייע גם הוא בהפחתת הטמפרטורה. עם זאת, קיימים גם אתגרים כגון עלויות התקנה ותחזוקה גבוהות הנובעות מהצורך במומחיות מיוחדת והצורך בתיאום וסנכרון בין שתי המערכות השונות כדי שהתועלות ימוקסמו.

דוגמא:

בניין העירייה בויבורג, דנמרק

בניין העירייה החדש משלב מצע ירוק משולב עם פאנלים סולאריים לייצור חשמל. הגג נמצא בזווית שניתן לראות אותו מהרחובות ומהפארק הסמוך, ומהווה את מבנה הדגל של העיר שמקדמת מעבר לאנרגיות מתחדשות ובעלת חזון אדריכלי בר קיימא.



צילום: Katie Medlock

סיכום חלק א':

סוג הגג	תיאור	תועלות מרכזיות	אתגרים מרכזיים
ירוק	גג עם שכבת צמחייה: ניתן לחלק לגיבון אקסטנסיבי ואינטנסיבי.	<ul style="list-style-type: none"> השהיית הנגר הגברת מגוון ביולוגי הגברת הבידוד התרמי וחיסכון באנרגיה צמצום תופעת אי החום העירוני ערך אסתטי ונדל"ני 	<ul style="list-style-type: none"> עלויות הקמה ותחזוקה גבוהות היבטים קונסטרוקטיביים תחזוקה שוטפת
כחול	גג עם מערכת לניהול והשהיית מי נגר.	<ul style="list-style-type: none"> השהיית נגר והפחתת עומס על מערכות הניקוז העירוניות עלות נמוכה יחסית הגברת בידוד תרמי וחסכון באנרגיה שיפור איכות מי נגר 	<ul style="list-style-type: none"> היבטים קונסטרוקטיביים
צהוב	גג עם מערכת פאנלים פוטו-וולטאיים לייצור חשמל.	<ul style="list-style-type: none"> חיסכון כלכלי הפחתת פליטות ביטחון אנרגטי 	<ul style="list-style-type: none"> במגורים - פער בין שעות ייצור לצריכה (שיכול להיפתר באמצעות מתקן אגירה) עלות התקנה ראשונית היבטים קונסטרוקטיביים
פעיל	גג המשמש לפעילות אנושי (ציבורית או פרטית)	<ul style="list-style-type: none"> תוספת מרחב ציבורי חיזוק הקהילתיות (בקרבתושבים או בקרב דיירי / משתמשי המבנה) בשימושים עסקיים - תרומה לכלכלה המקומית מירוב שימוש בקרקע 	<ul style="list-style-type: none"> אתגרי נגישות ובטיחות עלויות תחזוקה

<ul style="list-style-type: none"> • יעילות מוגבלת 	<ul style="list-style-type: none"> • הפחתת צריכת אנרגיה • הפחתת אי החום העירוני • עלות נמוכה 	<p>גג עם ציפוי/ צבע בהיר המחזיר קרינת שמש.</p>	<p>לבן</p>
<ul style="list-style-type: none"> • טכנולוגיה מפציעה • אתגרי קבלה חברתית 	<ul style="list-style-type: none"> • ייעול לוגיסטי • פוטנציאל לצמצום גודש, זיהום אוויר ופליטות • חיסכון בקרקע 	<p>שימוש בגג למטרות תפעוליות (כגון מנחת רחפנים).</p>	<p>לוגיסטי</p>

חלק ב': סקירת כלי מדיניות להטמעה של גגות מועילים

ניצול גגות למטרות שונות מחייב שינוי תפיסתי - מעבר מהסתכלות על הגג כשטח חסר תועלת עליו ניתן למקם ללא תכנון תשתיות שונות, לראייתו כמשאב בעל פוטנציאל רב. על מנת לממש את הפוטנציאל הטמון בגגות ולקדם את השימוש היעיל בהם, נדרשת מדיניות מתאימה, שתקל ותנגיש את התחום. פרק זה סוקר את כלי המדיניות המגוונים העומדים לרשות מקבלי ההחלטות לקידום גגות מועילים, ומציג דוגמאות ליישומם בישראל.

בכדי לקדם גגות מועילים יש לגבש מדיניות ברמה הארצית והמקומית. ניתן לחלק את כלי המדיניות האופציונליים לשלוש קבוצות עיקריות:

1. חיוב והסדרה

מערך הכלים הסטטוטוריים והתכנוניים המחייבים או מסדירים שימושים במסגרת מערכת התכנון, בין היתר:

- חקיקה ראשית
- חקיקת משנה (תקנות)
- תכניות ארציות, מחוזיות ומקומיות
- תכניות כוללניות ומפורטות
- הנחיות מרחביות
- דרישות במסגרת הליכי רישוי
- מדיניות ועדה מקומית

2. תמרוץ ועידוד

כלים כלכליים ופרוצדורליים המיועדים להפחית חסמים ולייצר תמרוץ חיובי:

- תמריצים ישירים: סיוע כספי, מענקים, הלוואות וסובסידיות
- תמריצים עקיפים: הקלות במיסים, פטור מתשלומים והיטלים
- הקלות בתהליכים בירוקרטיים
- האצת תהליכי רישוי ואישור

3. הסברה וחינוך

כלים "רכים" שמטרתם להגביר את המודעות, הידע והמקצועיות ולעודד אימוץ וולונטרי של פרקטיקה:

- העלאת מודעות ציבורית באמצעות קמפיינים והנגשת מידע
- הכשרות מקצועיות לאנשי מקצוע בתחום
- מדיניות "נאה דורש נאה מקיים" - הובלת דוגמה על ידי המגזר הציבורי
- קיום תחרויות ופרויקטים להדגמת יתרונות השימוש בגגות מועילים
- פרסום ותהודה לפרויקטים מובילים

סקירה השוואתית של מדיניות גגות ברחבי העולם:

ברחבי העולם, מדינות וערים מובילות מיישמות מגוון רחב של כלי מדיניות לקידום גגות מועילים, כולל תמריצים כספיים, רגולציה מחייבת, הקלות תכנוניות ותוכניות חינוך והסברה. מהניסיון שנצבר, ניתן להפיק לקחים על אפקטיביות הגישות השונות, אתגרי היישום וההתאמות הנדרשות למאפיינים מקומיים ייחודיים.

צרפת

בצרפת קיימת **מדיניות המחייבת התקנת פאנלים סולאריים על גגות מסחריים**. ראשית, במרץ 2015 נחקק חוק שחייב בניינים חדשים באזורים מסחריים להקים גגות ירוקים או פאנלים סולאריים, על אחוז מסוים משטח הגג על פי הגודל שלו.⁴⁴ התפתחות חלה בנובמבר 2019, שהרחיבה את הדרישות וקבעה כי כדי לקבל היתר בנייה עבור מבנים מעל 1,000 מ"ר, נדרשת התקנת מערכות סולאריות או גג ירוק. החל מיולי 2023, הסף הופחת ל-500 מ"ר, מה שהרחיב משמעותית את תחולת החוק. חקיקה נוספת הרחיבה את החובה לחניונים מקורים ופתוחים, ונקבע כי עד 1 בינואר 2028, חובת התקנת פאנלים סולאריים תחול על כל הנכסים המסחריים, התעשייתיים והמשרדיים הקיימים.⁴⁵

באזל, שוויץ

קמפיין לקידום גגות ירוקים בבאזל, שוויץ, החל ב-1996 כיוזמה שנועדה לחיסכון באנרגיה, התפתח למהלך ארוך טווח לשמירת המגוון הביולוגי והתמודדות עם שינויי האקלים. נקודת המפנה המשמעותית הייתה **ב-2002, כאשר העיר חוקקה חוק בנייה המחייב התקנת גגות ירוקים על כל הגגות השטוחים החדשים והמשופצים**, עם הנחיות ספציפיות לעיצובים המקדמים מגוון ביולוגי. החוק ממומן על ידי קרן ייעודית שהוקמה מ-5% מחשבונות האנרגיה העירוניים. המהלך הביא לתוצאות מרשימות: עד 2019 באזל הגיעה לשיא עולמי של 5.71 מ"ר גגות ירוקים לתושב, וב-2022 כבר 40% משטחי הגגות בעיר היו מכוסים בצמחייה.⁴⁶

המבורג, גרמניה

המבורג פיתחה אסטרטגיה לקידום גגות ירוקים באמצעות ארבעה עמודי תווך משלימים. מבחינה כלכלית, העירייה הקצתה 3 מיליון אירו לסבסוד עד 60% מעלויות ההתקנה. במקביל לתמריצים הכלכליים, המבורג מפעילה מערך תקשורת ודיאלוג נרחב הכולל קמפיין מודעות ציבורית וקידום שיח עם בעלי עניין מהתעשייה, מתחום התכנון ואדריכלות. במימד הרגולטורי, העיר פועלת להטמעת דרישות הגגות הירוקים בכלים משפטיים מחייבים, ושואפת להפוך את ההתקנה למחייבת בחוק לכל הבניינים המתאימים. העיר גם משקיעה במחקר מדעי בשיתוף אוניברסיטת Hafencity כדי לבסס את היתרונות של גגות ירוקים, במיוחד בהקשר של ניהול מי נגר והפחתת אפקט אי החום העירוני. היוזמה כבר הניבה תוצאות מרשימות עם 168 הקטר של גגות ירוקים בעיר נכון ל-2020.⁴⁷

⁴⁴ [France's Biodiversity Law No. 2016-1087](#) (August 8, 2016), Article 86

⁴⁵ DLA Piper, "[Solar energy: Where does France stand?](#)", 09/05/2023.

⁴⁶ OECD publishing, Paris, "[OECD A Territorial Approach to Climate Action and Resilience](#)", 2023.

⁴⁷ European Environment Agency. (2022). [Four pillars to Hamburg's Green Roof Strategy: financial incentive, dialogue, regulation, and science](#). Climate-ADAPT.

וינה, אוסטריה

משנת 2003, העיר וינה מקדמת תוכנית מקיפה שמקדמת התקנת גגות ירוקים בעיר. תוכנית התמריצים כוללת סבסוד של 25-8 אירו למ"ר של גג ירוק, עד לתקרה של 2200 אירו למבנה, כאשר עד 2010 כבר הותקנו 16,000 מ"ר של גגות ירוקים בהשקעה של כ-150,000 יורו. המדיניות מבוססת על מחקר מקיף שזיהה כי כ-20% מהגגות בווינה מתאימים להפיכה לגגות ירוקים. בנוסף, וינה פיתחה תוכנית הסמכה ייעודית למתקיני גגות ירוקים בשיתוף איגוד המתקינים האוסטרי. ההסמכה כוללת הכשרה בתקנים טכניים, אקולוגיה עירונית ושיטות תחזוקה. המהלך נעשה בשיתוף פעולה בין מחלקת איכות הסביבה של העיר, מרכזי ייעוץ סביבתי, והאיגוד האוסטרי לגגות ירוקים.⁴⁸

שיקגו, אילינוי, ארה"ב

בשיקגו נקבעה תקנה עירונית שמעניקה ליזמים בונוס יחס שטח-רצפה (FAR) בתמורה להתקנת גגות ירוקים המכסים לפחות 50% משטח הגג או 2,000 מ"ר, בתנאי שהמבנה חזק מספיק לשאת את המשקל הנוסף. באמצעות תקנה נוספת, העיר דורשת מיחידות דיור במרכז העיר לספק מינימום של 36 מ"ר של שטח פתוח לכל יחידת דיור, כאשר גגות ירוקים הם אחת האפשרויות למילוי דרישה זו - במיוחד באזורים צפופים בהם שטח הקרקע יקר. שילוב זה של תמריצים ודרישות מסייע לעיר להפחית את עלויות ניהול מי הנגר ואת אפקט אי החום העירוני, תוך יצירת שטחים ירוקים באזורים הצפופים ביותר של העיר.⁴⁹

טוקיו, יפן

טוקיו מיישמת אסטרטגיה כפולה של גגות ירוקים וגגות סולאריים. ראשית, החל משנת 2001, העיר החילה חוק המחייב בניינים חדשים ומשופצים להקצות חלק משטח הגג לצמחייה - בניינים פרטיים מעל 1,000 מ"ר ובניינים ציבוריים מעל 250 מ"ר חייבים ליצור גינות גג, כאשר משנת 2009 בניינים גדולים מעל 5,000 מ"ר נדרשים להקצות 25% משטח הגג לשטחים ירוקים.⁵⁰ בנוסף, החל מאפריל 2025, טוקיו תיישם תקנה חדשה המחייבת התקנת פאנלים סולאריים על כל בניין חדש עם שטח גג העולה על 20 מ"ר, כאשר לפחות 30% משטח הגג חייב להיות מכוסה בפאנלים סולאריים. התקנה החדשה היא חלק מאסטרטגיה כוללת להפיכת טוקיו לעיר מאופסת פחמן עד 2050, והיא צפויה להפחית פליטות גזי חממה בכ-45,000 טון בשנה. הממשלה המטרופולינית של טוקיו מתכננת גם להרחיב את דרישת ההתקנה הסולארית לשיפוצים של בניינים עם שטח גג העולה על 1,000 מ"ר החל משנת הכספים 2025, ומציעה סובסידיות לבעלי בניינים כדי לסייע במימון ההתקנה.⁵¹

⁴⁸ European Commission. (2016). [Case Study: Green Roofs of Vienna, Austria](#). Natural Water Retention Measures Project.

⁴⁹ LeSher, A., Rosenbloom, J., & Duerksen, C. (2018) ["Green Roofing. In Sustainable Development Code, Chapter 6.2: Food Security and Sovereignty"](#).

⁵⁰ [C40 Good Practice Guides: Tokyo - Nature Conservation Ordinance](#). 2016.

⁵¹ Tokyo Metropolitan Government. (2025). [Tokyo Solar Power](#).

דוגמאות למדיניות הטמעה של גגות מועילים בישראל:

תקן הבנייה הירוקה - התקן הישראלי לבנייה ירוקה (ת"י 5281) נועד לצמצם את ההשפעות השליליות של תהליך הבנייה והשימוש במבנים על הסביבה. התקן מתייחס לתשעה תחומים עיקריים: אנרגיה, קרקע, מים, חומרים, בריאות ורווחה, פסולת, תחבורה, ניהול וחדשנות. במסגרת תחומים אלו, ניתן לצבור נקודות בגין שימושים מועילים בגג המבנה, המקדמים יעדים סביבתיים שונים.⁵² באוגוסט 2020 פורסמו תקנות התכנון והבנייה (תכן הבנייה) (בנייה בת-קיימה), התש"ף-2020, שנכנסו לתוקף במרץ 2022. התקנות מחייבות ברוב סוגי המבנים עמידה בתקן הבנייה הירוקה ברמה של כוכב אחד לפחות, ויחולו בהדרגה על כל סוגי המבנים.⁵³ חשוב לציין כי עוד טרם כניסת התקנות לתוקף, ערי פורום ה-15 כבר חייבו משנת 2013 בנייה בהתאם לתקן, ומאות תכניות בניין עיר אושרו עם דרישה לעמידה בו. אף שהתקן אינו מחייב הקמת גג מועיל באופן ספציפי, אפשרות זו מהווה אחת הדרכים לצבירת נקודות במסגרת התקן. יחד עם זאת, הניסיון מראה כי הניקוד המינימלי שניתן לגג מועיל במסגרת התקן לא הביא להקמת גגות ירוקים בהיקף משמעותי.

ניהול נגר עירוני - תיקון 8 לתמ"א 1 מהווה מסגרת סטטוטורית מחייבת לניהול מי נגר, ומחייב כל תכנית מפורטת הכוללת בינוי להיות אחראית על ניהול מי הנגר בשטחה. כמו כן, מינהל התכנון פרסם באוגוסט 2021 מסמך מדיניות ארצי בנושא ניהול נגר עירוני (עודכן באפריל 2024). המציע סל כלים מקיף להתמודדות עם אתגרי ניהול הנגר. במסגרת סל הכלים, המסמך ממליץ על שימוש בגגות מועילים - הן גגות כחולים והן גגות ירוקים - כאחד הפתרונות האפשריים לניהול וויסות מי הנגר במרחב העירוני.⁵⁴ בעוד שההמלצות במסמך המדיניות אינן מחייבות כשלעצמן, רשויות מקומיות יכולות לאמץ כלים אלה במסגרת מדיניות מקומית לניהול נגר ותכניות מפורטות.

דרישה בתכניות - הקמה של גגות ירוקים מופיעה לעיתים גם כדרישה בתוכניות כוללניות, תוכניות מתאר ובתוכניות מפורטות. לדוגמה, במסגרת תכנית מתאר להתחדשות אזור התעשייה המערבי בהרצליה משנת 2023, נקבע כי מוסד תכנון הדין בתכנית מפורטת יקבע לכל הפחות 40% משטח הגגות בתכנית המפורטת לגג מועיל או ירוק.⁵⁵ בנוסף, בתמל 1112 באזור נקבע שגגות מבני המגורים ישמשו כגגות מועילים.⁵⁶ בשנים האחרונות קיימת מגמה של התייחסות לגגות מועילים בתכניות שונות, בין היתר, בירושלים, תל-אביב, נתניה, חיפה, חולון ועוד.

מדיניות עירונית - במספר ערים בישראל גובשה מדיניות עירונית ייעודית לקידום גגות מועילים. עיריית תל אביב-יפו, לדוגמה, אימצה מדיניות המפרטת כיצד לתכנן ולהקים גגות מועילים בתחומה. מדיניות זו מתייחסת למגוון היבטים כגון שילוב שימושים בגג, תכנון נופי, ניהול מי נגר, והתקנת מערכות סולאריות.⁵⁷

⁵² ת"י 5281: התקן הישראלי לבנייה ירוקה, המשרד להגנת הסביבה, יוני 2022.

⁵³ תקנות התכנון והבנייה (תכן הבנייה) (בנייה בת-קיימה), התש"ף-2020 2550

⁵⁴ מסמך ניהול נגר עירוני, מנהל התכנון, אוגוסט 2021, עמוד 70.

⁵⁵ הר2440 - תכנית מתאר להתחדשות אזור התעסוקה המערבי, הועדה המקומית הרצליה, דצמבר 2023.

⁵⁶ תכנית מס' תמל/1112, אוגוסט 2023.

⁵⁷ גגות מועילים בעיר תל אביב-יפו, מאי 2022.

רגולציה ומדיניות קיימת: גגות צהובים

בשל חשיבותם האסטרטגית של גגות צהובים במשק האנרגיה והחשמל בישראל והתנאים הנדרשים על מנת להקים, התפתחה עבור גגות צהובים מדיניות ייחודית. החלטת הממשלה 465 (קידום אנרגיה מתחדשת במשק החשמל), מיום 25.10.2020, קבעה כי עד שנת 2030 30% מייצור החשמל בישראל יהיה מאנרגיה מתחדשת ויעד ביניים של 20% עד לשנת 2025.⁵⁸

חייב והסדרה

- **ברמה הארצית:** במסגרת תמא 1/10 נקבעו מסלולי היתר ופטור מהיתר להתקנת מערכות סולריות על גגות מבנים. בנוסף, המועצה הארצית לתכנון ולבנייה אישרה ב-6.8.2024 תקנות המחייבות התקנת מערכות סולאריות בבניינים חדשים שאינם למגורים עם גג מעל 250 מ"ר ובבתי מגורים צמודי קרקע עם גג מעל 100 מ"ר וחייב התקנת הכנה למערת סולרית בבתי מגורים שאינם צמודי קרקע.⁵⁹
- **ברמה המקומית:** רשויות מקומיות כמו תל אביב-יפו וחולון קבעו מדיניות מחייבת להתקנת מערכות סולאריות. כך למשל, עיריית תל אביב-יפו גיבשה מדיניות אנרגיה עירונית, ועיריית חולון כללה הוראות מחייבות במסגרת תכנית ח/500.⁶⁰

תמרוץ ועידוד

- פרמיה לייצור חשמל באזורי ביקוש - על מנת לעודד הקמת מתקני אנרגיה מתחדשת, רשות החשמל מציעה פרמיה בגובה קבוע למשך תקופה מוגדרת לייצור חשמל באזורי ביקוש.⁶¹
- בישראל קיים פטור מתשלום ארנונה למערכות סולאריות על גגות ומערכות קרקעיות עד 200 מ"ר, כמו גם מדרגות תעריפים בשטחים גדולים מכך.⁶²
- פטור מהיטל השבחה על הקמת מערכת פוטו-וולטאית, במסגרת הוראת שעה שחלה מאז שנת 2016.⁶³
- פטור ממס על הכנסה של עד 26,100 ש"ח ומס מופחת בשיעור 10% מעל סכום זה.⁶⁴
- אישור אוטומטי למתקנים קטנים - רשות החשמל קידמה מסלול מהיר להקמת מתקני ייצור סולארי במסגרתו יינתן אישור אוטומטי להקמת מתקנים פוטו-וולטאים קטנים (עד 10 קילו-וואט).⁶⁵

⁵⁸ החלטת הממשלה 465 (קידום אנרגיה מתחדשת במשק החשמל), 2020.

⁵⁹ [חייב התקנת פאנלים סולאריים](#), המשרד להגנת הסביבה, 6.8.2024.

⁶⁰ [מדיניות הועדה המקומית לתכנון ובנייה תל אביב - יפו לתכנון בר קיימא](#), 10.05.2023, עמוד 25.

⁶¹ [רשות החשמל מפרסמת שימוע ציבורי בנושא עידוד הקמת מתקני ייצור באזורי הצריכה](#), רשות החשמל, 05.09.2022.

⁶² [הסדרת תקנות ארנונה ופחת מואץ למערכות טרמו-סולאריות ופוטו-וולטאיות](#), מרכז המחקר והמידע של הכנסת, יולי 2015.

⁶³ יפת, נתי. [אושר: פטור מהיטל השבחה על מערכות סולאריות לצריכה עצמית](#), גלובס, 12.12.2016.

⁶⁴ [בקשה לקבלת הטבות מס בשל הפקת חשמל מאנרגיה מתחדשת](#), רשות המסים.

⁶⁵ [חודעה לתקשורת - רשות החשמל מפרסמת שורה של החלטות ושימועים שעיקרם שיפור השירות לצרכנים וליצרנים במקטע רשת החלוקה](#), רשות החשמל, 2022.

- טיוב הליך הבקשה להקמת מתקנים סולאריים - תהליך זה כולל איגום של אישורים ושלבם בתהליך אישור בקשות להקמת מערכות סולאריות, צמצום לוחות הזמנים ועוד.⁶⁶
- פטור מהיטל השבחה למערכות סולאריות על גגות עד 7,000 מ"ר.⁶⁷
- פטור מהיתר בניה להקמת מערכות PV על גגות עד לייצור מוערך של 630 קילוואט.⁶⁸

חינוך והסברה

ברמה הארצית:

- הקמת פורטל "[מהפכת הגגות](#)" להנגשת מידע בנושא אנרגיות מתחדשות.
- פרסום מדריך להתקנת מערכות PV ברשויות מקומיות.⁶⁹
- פרסום מפת סבירות לחיבור מתקנים סולאריים.⁷⁰
- מפת פוטנציאל ייצור אנרגיה מתחדשת בשטחים הבנויים בישראל: פוטנציאל הצללה סולארית. משרד האנרגיה והתשתיות, אתר המפות הממשלתי.⁷¹

ברמה המקומית:

- מדיניות עירונית לעידוד התקנת מערכות סולאריות. למשל, באילת⁷² ובחולון.⁷³

⁶⁶ ש.ם.

⁶⁷ הודעה משותפת למשרד הפנים, משרד האנרגיה והמשרד להגנת הסביבה.

⁶⁸ [מדריך עיקרי האסדרה](#), רשות החשמל, פברואר 2022, עמוד 5.

⁶⁹ [המדריך להתקנת מערכת פוטו-וולטאיות בכספי רשויות מקומיות](#), המשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה ורשות החשמל, 09.11.2020.

⁷⁰ [מתכננים להקים מתקן חדש לייצור אנרגיה? בידקו את מפת הסבירות לחיבור המתקן לפי כתובת](#), רשות החשמל.

⁷¹ [פוטנציאל ייצור אנרגיה מתחדשת בישראל](#), משרד האנרגיה והתשתיות.

⁷² [מדיניות עיריית אילת](#), 23.02.2023.

⁷³ [שמש לכולם - עיריית חולון](#).

לקריאה נוספת - הנחיות ומסמכים שפורסמו

[גגות מועילים בעיר תל אביב - יפו](#), המחלקה לתכנון בר קיימא ואנרגיה, יחידת אדריכל העיר, מינהל הנדסה, מאי

2022

[הנחיות משרד החינוך להליך תכנון ואישור מערכות סולאריות ליצור חשמל בתחומי מוסדות חינוך](#), משרד החינוך.

חוות דעת מתכנן מחוז תל אביב - שימושים מועילים בגגות בסביבה עירונית. - יפורסם בקרוב.

[יוזמת האנרגיה הטובה](#) - הנגשת מידע להתקנת גגות סולאריים.

[מדריך לגגות חיים](#), החברה להגנת הטבע.

[מדריך חלוצי הגגות - תכנון גגות ירוקים בעיר](#), מוסללה, 2021.

[מדריך לתכנון גגות ירוקים](#), המועצה הישראלית לבנייה ירוקה ומשרד הבינוי והשיכון, דצמבר 2022.

[מהפכת הגגות הסולאריים](#), רשות החשמל. - תכנון גגות סולאריים בישראל.

[מסמר ניהול נגר עירוני](#), מנהל התכנון, אוגוסט 2021.

[קיימות וסביבה ככלי פיתוח ברשויות המקומיות](#), משרד הפנים, דצמבר 2018.

ביבליוגרפיה

Armon, M., Marra, F., Enzel, Y., Rostkier-Edelstein, D., & Morin, E. (2022). [Reduced rainfall in future heavy precipitation events related to contracted rain area despite increased rain rate](#). *Earth's Future*, 10(2), e2021EF002397.

Britannica. (n.d.). Albedo. In *Encyclopædia Britannica*. Retrieved March 28, 2024, from <https://www.britannica.com/science/albedo>

[C40 Good Practice Guides: Tokyo - Nature Conservation Ordinance](#). 2016.

Candace, P. (2013). "Blue Roof" adds stormwater detention alongside green roof in New York. *Building Green*, 22(10).

DLA Piper, "[Solar energy: Where does France stand?](#)", 09/05/2023.

European Commission. (2016). [Case Study: Green Roofs of Vienna, Austria](#). Natural Water Retention Measures Project.

European Environment Agency. (2022). [Four pillars to Hamburg's Green Roof Strategy: financial incentive, dialogue, regulation, and science](#). Climate-ADAPT.

[France's Biodiversity Law No. 2016-1087](#) (August 8, 2016), Article 86.

Hazen and Sawyer. (n.d.). [Blue-green roof image]. Source: Hazen and Sawyer.

LeSher, A., Rosenbloom, J., & Duerksen, C. (2018) "[Green Roofing. In Sustainable Development Code, Chapter 6.2: Food Security and Sovereignty](#)".

NASA Earth Observatory. (n.d.). [White roof image].

New York City Government. (2024). [NYC cool roofs](#).

Nurmi, V., Votsis, A., Perrels, A., & Lehvävirta, S. (2016). Green roof cost-benefit analysis: Special emphasis on scenic benefits. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, 7(3), 488-522.

OECD. (n.d.). [Family Database - SF2.1: Fertility rates](#).

OECD publishing, Paris, "[OECD A Territorial Approach to Climate Action and Resilience](#)", 2023.

Pearce, F. (2018, March 7). [Urban heat: Can white roofs help cool world's warming cities?](#) *Yale Environment* 360.

Peng, L. L. H., & Jim, C. Y. (2015). [Economic evaluation of green-roof environmental benefits in the context of climate change: The case of Hong Kong](#). *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(3), 554-561.

Synnefa, A., Santamouris, M., & Akbari, H. (2007). [Estimating the effect of using cool coatings on energy loads and thermal comfort in residential buildings in various climatic conditions](#). *Energy and Buildings*, 39(11), 1167-1174.

Tokyo Metropolitan Government. (2025). [Tokyo Solar Power](#).

אגמא. (ללא תאריך). [גג סופג. אתר מדיניות ניהול הנגר העירוני בישראל](#).

החברה להגנת הטבע. (ללא תאריך). [מדריך לגגות חיים](#).

[החלטת הממשלה 465](#) (קידום אנרגיה מתחדשת במשק החשמל). (2020).

הכנסת - מרכז המחקר והמידע. (יולי, 2015). [הסדרת תקנות ארנונה ופחת מואץ למערכות טרמו-סולאריות ופוטו-וולטאיות](#).

המועצה הישראלית לבנייה ירוקה. (מרץ, 2022). [התקנה לחיוב בנייה ירוקה](#).

המועצה הישראלית לבנייה ירוקה ומשרד הבינוי והשיכון. (דצמבר, 2022). [מדריך לתכנון גגות ירוקים](#).

המשרד להגנת הסביבה. (אוגוסט, 2024). [חיוב התקנת פאנלים סולאריים](#).

המשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה ורשות החשמל. (נובמבר, 2020). [המדריך להתקנת מערכת פוטו-וולטאיות בנכסי רשויות מקומיות](#).

[חיוב פאנלים סולאריים](#), המשרד להגנת הסביבה, אוגוסט 2024.

חסון, נ. (מרץ, 2024). [שיא למשך שעותיים: 50% מהצריכה ברשת החשמל הבוקר - מאנרגיות מתחדשות](#). הארץ.

יוזמת האנרגיה הטובה. (ללא תאריך). [הנגשת מידע להתקנת גגות סולאריים](#).

קרן מנדל. (ללא תאריך). [הגג החי של בית קרן מנדל](#).

לויטה לייבוביץ', ג. (ספטמבר, 2023). [שינויים בהרגלי הצריכה](#). The Marker.

מבקר המדינה. (2021). [היערכות הרשויות המקומיות לשיטפונות ולהצפות ותפקודן במהלך חורף 2020](#).

מבקר המדינה. (2021). [מניעת זיהומם והמלחתם של מקורות המים, ניטורם ושיקומם](#).

מוסללה. (2021). [מדריך חלוצי הגגות -- תכנון גגות ירוקים בעיר](#).

מינהל התכנון. (אפריל, 2024). [מסמך ניהול נגר עירוני](#).

מינהל התכנון, משרד החקלאות ואגמא. (2022). [גג סופג. אתר מדיניות ניהול הנגר העירוני בישראל](#).

משרד האנרגיה והתשתיות. (אוגוסט, 2023). [יש חדש תחת השמש](#).

משרד הפנים. (דצמבר, 2018). [קיימות וסביבה ככלי פיתוח ברשויות המקומיות](#).

- [משרד הפנים, משרד האנרגיה והמשרד להגנת הסביבה. \(ללא תאריך\). הודעה משותפת למשרד הפנים, משרד האנרגיה והמשרד להגנת הסביבה.](#)
- [ביסים, נ. \(דצמבר, 2018\). "יותר לבן מלבן". סוכנות הידיעות זווית.](#)
- [עיריית הרצליה. \(דצמבר, 2023\). הר/2440 - תכנית מתאר להתחדשות אזור התעסוקה המערבי.](#)
- [עיריית רחובות. \(אוקטובר, 2017\). הנחיות מרחביות.](#)
- [עיריית רמת גן. \(יוני, 2022\). הנחיות מרחביות.](#)
- [עיריית תל אביב. \(מאי, 2022\). גגות מועילים בעיר תל אביב -- יפן.](#)
- [עיריית תל אביב. \(מאי, 2023\). תא/מק/9144 - מדיניות הועדה המקומית לתכנון בר קיימא.](#)
- [רשות החשמל. \(ספטמבר, 2022\). רשות החשמל מפרסמת שימוע ציבורי בנושא עידוד הקמת מתקני יצור באיזורי הצריכה.](#)
- [רשות החשמל. \(2022\). הודעה לתקשורת -- רשות החשמל מפרסמת שורה של החלטות ושימועים שעיקרם שיפור השירות לצרכנים וליצרנים במקטע רשת החלוקה.](#)
- [רשות החשמל. \(פברואר, 2022\). מדריך עיקרי האסדרה.](#)
- [רשות החשמל. \(ללא תאריך\). מתכננים להקים מתקן חדש לייצור אנרגיה? בידקו את מפת הסבירות לחיבור המתקן לפי כתובת.](#)
- [רשות החשמל. \(ללא תאריך\). מהפכת הגגות הסולאריים.](#)
- [רשות המסים. \(ללא תאריך\). בקשה לקבלת הטבות מס בשל הפקת חשמל מאנרגיה מתחדשת.](#)