מדריך לתכנון גגות ירוקים

דצמבר 2022

כתיבה: אסף פלד, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה

מחשבון ניהול מי נגר: גלעד ספיר

ליווי מקצועי: ד״ר עמיאל וסל, משרד הבינוי והשיכון

ניהול פרויקט: נגה הרץ, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה

עיצוב גרפי: דנה פיקל-נועם, סטודיו BrandNew

ועדת היגוי: אביגיל הלר, משרד החקלאות | פרופ׳ אביתר אראל, אוניברסיטת בן גוריון | פרופ׳ דן מלקינסון, מרכז קדס לחקר גגות ירוקים | ד״ר הראל אגרא, מרכז קדס לחקר גגות ירוקים | טל פלד, עיריית תל אביב | מהנדס יונתן קובלב, משרד הבינוי והשיכון | מאיה קרבטרי, פורום ה-15 | ד״ר מיכאל רונה, רשות המים | מתן ישראלי, ארגון ״מוסללה״ | עמיר בלבן, החברה להגנת הטבע | רון גובזנסקי, עיריית תל אביב | רונזה אמארה, משרד החקלאות | אדר׳ נוף שירי פונדמינסקי, משרד הבינוי והשיכון.

תודות: ד״ר אורי נחשון, המכון הוולקני | אורן תבור, היחידה האזורית לאיכות הסביבה בשרון | ד״ר אייל בן חור, האוניברסיטה העברית | אייל מירלמן, חברת ״בניין צומח״ | אדר׳ אסתי כהן ליס, משרד הבינוי והשיכון | ד״ר בעז קידר, עיריית תל אביב | ברק בוכמן, חברת ״דשנית״ | ד״ר דני קורצמן, המכון הוולקני | אדר׳ נוף טלי וקסלר | יואב הדר, חברת ״הדר מערכות ייצוב ופיתוח נוף״ | יונתן לוינגר, חברת ״אואזיס״ | אדר׳ יצחק מולדבסקי, משרד הבינוי והשיכון | אדר׳ נוף ליאור לווינגר, סטודיו אורבנוף | ד״ר מולי זקס, משרד החקלאות | מור יוגב, חברת ״אגריקל״ | מהנדס מיכאל מרטון, חברת ״מיכאל מרטון הנדסת איטום בע״מ״ | פרופ׳ מנחם מושליון, האוניברסיטה העברית | עומאר בוואב, דוקטורנט במרכז קדס לחקר גגות ירוקים | עמיר נחשון, חברת ״דשנית״ | פיאנה קרנץ, מנהל התכנון | רוני בנין, חברת ״גנרון גגות ירוקים״ | רחלי קולסקי, מנהל התכנון | תנחום נול, חברת ״גגות ירוקים בע״מ״.

כל הזכויות שמורות למשרד הבינוי והשיכון והמועצה הישראלית לבנייה ירוקה, 2022

תכן עניינים

מבוא 4
הגדרות 5
תועלות של גגות ירוקים 6
ת.ז לסוגי גגות שונים 8
רגולציה בנושא גגות ירוקים 10
אישורים נדרשים ותהליך הגשת בקשה לאישור 11
שאלות נפוצות 12
דרישות לגבי המבנה והתאמה לתקנים ותקנות 13
שכבות הגג 16
דרישות כלליות 16
שכבת הגנה נגד שורשים 16
שכבת הגנה מכאנית 16
שכבת הניקוז 16
שכבת הסינון 17
מצע הגידול 18
צמחייה 20
יצירת מגוון ביולוגי 22
השקיה - שיטות ותכנון לחיסכון במים 24
תחזוקה – פעולות נדרשות ותדירותן 25
גג ירוק משולב עם פאנלים סולאריים 26
מחשבון השהיית מי נגר 27
ביבליוגרפיה 28
נספח א׳: מפרטים לדוגמה של גג ירוק 31

מבוא

ערים רבות בעולם זיהו זה מכבר את הפוטנציאל של גגות מבנים למלא תפקיד חשוב במדיניות הפיתוח בר-קיימא שלהן ובהתמודדות עם שינויי האקלים. עם הצטופפות הערים והתחרות הגוברת על שטחי קרקע, שטחי גגות יכולים להיות מנוצלים להקמה של גגות ירוקים, מתקנים להפקת אנרגיה סולארית, מערכות להשהיה ואגירה של מי גשמים ושטחים פעילים לתושבים. 'גג ירוק' הוא שם גנרי למגוון עיצובים וטכנולוגיות של שטחים מגוננים על גגות ומרפסות, כשהעיקרון המשותף לכולם הוא הוספת רובד של צמחייה על פני המשטח העליון של הגג. מחקרים שנעשו בתחום והניסיון המצטבר מהליכי התכנון, הבנייה והשימוש בהם בפועל, הביאו להכרה ביתרונות ובתועלות שהם מספקים הן עבור הבעלים של המבנה, הן עבור המשתמשים והן עבור הציבור הרחב והסביבה.

על אף תועלותיהם המוכחות, בנייתם של גגות ירוקים בישראל הינה מצומצמת, ומתבצעת לרוב כאלמנט חזותי בפרויקטים בבנייה ירוקה. בדרך כלל מדובר בגגות ירוקים קטנים, ממוקמים על מרפסות גג של מבני משרדים, מעל חניונים, או על מספר בודד של בתי ספר. עד לאחרונה הנושא נתפס בישראל כאזוטרי ומשני, אך בשנתיים האחרונות מגמה זו החלה להשתנות, בעיקר בעקבות מדיניות שעיריות מקדמות בנושא. בנוסף, יותר גגות ירוקים צפויים להיות מוקמים בעקבות שינויים במדיניות ניהול הנגר העירוני הארצית. מנהל התכנון מעודד הקמה של גגות ירוקים כחלק מסל כלים לניהול נגר עירוני (לצד כלים כמו גגות כחולים). נושא הגגות הירוקים מקודם באופן פרטני על ידי רשויות מקומיות כגון תל-אביב, רמת גן וכפר-סבא, שדורשות הקמה של גגות ירוקים על סוגים מסוימים של מבנים חדשים, אבל לרוב הרשויות אין עדיין דרישות ספציפיות לתכנון המכוונות להשגה של אי אלו מהתועלות הציבוריות שלהן. בהתאם למצב זה, שוק הספקים של גגות ירוקים נשאר מצומצם, והידע בתחום עודנו מבוסס במידה רבה על ניסיון מחו"ל.

גגות ירוקים מיושמים כבר שנים רבות במדינות שונות באירופה וצפון אמריקה ומניסיון זה נוצר גוף ידע גדול לגבי גגות ירוקים שכולל מחקרים, מסמכי מדיניות ומדריכים. יחד עם זאת, על מנת שהידע הזה יוכל להיות מיושם בהצלחה בישראל, נדרשות התאמות לתנאים המקומיים, בדגש על אקלים, צמחייה, תקינה וטיפוסי בנייה. במסגרת העבודה על המדריך נסקרו 4 מדריכים מחו"ל: מדריך ה-FLL (2018) הגרמני, שמהווה מקור סמכות ונקודת התייחסות למדריכים ומפרטים בישראל ובעולם, מדריך של ארגון ה-GRO (2021) הבריטי, המדריכים של עיריית ברצלונה (2015) וסן פרנסיסקו (2015). המדריכים היוו מקורות השראה לצורות של הנגשת ידע לגבי גגות ירוקים ומקורות מידע לגבי עקרונות תכנון ופרקטיקות מיטביות. כמו כן, המדריך מבוסס על מדריכים מישראל, מחקרים אקדמיים על גגות ירוקים בישראל ובמדינות המאופיינות באקלים ים תיכוני ושיחות עם אנשי מקצוע ממשרדי ממשלה, רשויות מקומיות וחברות מסחריות.

עיריית ירושלים הייתה הראשונה ליזום מעין מדריך לגגות ירוקים כחלק מכוונה לגבש מדיניות עירונית בנושא. המדריך (לוי-בנימיני ואח' 2008) שם דגש על עקרונות לגיבוש מדיניות, בהם יתרונות של גגות ירוקים, מצב סטטוטורי, תמריצים וכדאיות כלכלית. לעומתם, החלק על עקרונות לבדיקת היתכנות ולתכנון הוא מצומצם, ברמת פירוט נמוכה ואינו מקיף. המדריך העדכני ביותר בישראל הוא דף מידע לגבי "גגות מועילים" שהכינה עיריית תל אביב (2022) כמסמך משלים למדיניות עירונית לקידום הקמה של גגות ירוקים. המסמך פונה הן לציבור הרחב והן לאנשי מקצוע. הוא נותן הגדרות של סוגי גגות מועילים, הפנייה לספקים, רשימת בעלי מקצוע רלבנטיים לתכנון

גג ירוק ואישורים נדרשים בבקשה להיתר ומציג סוגיות להתייחסות בבדיקת ההיתכנות והתכנון. כמו כן, הוא כולל מפרטים כלליים לגג ירוק אקסטנסיבי וגג כחול. מדריך מקיף, אך כללי יותר, הוא מדריך חלוצי הגגות של "ארגון גג". מדובר באתר אינטרנט שמכיל מידע לגבי שימושים מגוונים בגגות שלא בהכרח כוללים גג ירוק. רמת הפירוט של המדריך היא כללית והוא פונה בעיקר לציבור הרחב, במטרה לעורר מודעות לאפשרויות של ניצול שטחי גגות. הוא מפרט את הסוגיות שיש לקחת בחשבון בעת בדיקת ההיתכנות ותכנון הגג, מידע ברמת עקרונות כלליים לגבי מרכיבי גגות שונים והתועלות שלהם והפניות למקורות נוספים. מדריך חשוב נוסף הוא המדריך של החברה להגנת הטבע ומשרד החקלאות ופיתוח הכפר (בלבן וגזית 2014), שמתמקד בגגות חיים, מקבוצת הגגות האקסטנסיביים. עיקר המדריך מציג מסקנות ממקרה בוחן של הקמת גג ירוק אקסטנסיבי על גג התחנה לחקר ציפורים בירושלים. הוא מתאר הן את השלבים של ההקמה והן את התפתחות המערכת הטבעית לאחר מכן ומעלה תובנות חשובות לגבי גגות באקלים המקומי, בעיקר לגבי שכבת הצמחייה. יחד עם זאת, הוא נשאר ברמת פירוט יחסית נמוכה ונתונים כמותיים מופיעים רק לגבי עומק הקרקע.

מטרות

על רקע זה, משרד הבינוי והשיכון והמועצה הישראלית לבנייה ירוקה השיקו מיזם משותף ליצירת מדריך מקצועי מקיף לתכנון גגות ירוקים בישראל, אשר יסייע לאנשי מקצוע, יחד עם הממשל המרכזי והמקומי, להתכנס סביב ערכים מוסכמים ולייצר אחידות בשיח סביב נושא הגגות הירוקים. המדריך מציג את העקרונות המרכזיים לתכנון גגות ירוקים ומבהיר את הקשר בין מאפייני הגג הירוק לתועלות שהוא מניב. דבר זה יסייע לרשויות לקבל החלטות לגבי מדיניות הגגות שלהן ולבעלי מבנים לממש את התועלות האפשריות מההשקעה שלהם. כמו כן, המדריך יסייע לאנשים פרטיים המעוניינים להקים גג ירוק על ביתם. הוא מכיל מידע לגבי תהליך בדיקת ההיתכנות, התכנון, הביצוע והתחזוקה, מרכז את כל המידע הרלבנטי ומעביר אותו באופן שהופך את כל התהליך לברור ונגיש.

בעוד שהמדריך מתייחס הן לגגות אקסטנסיביים והן לגגות אינטנסיביים, המוקד שלו הוא גגות אקסטנסיביים, שמכוונים להשגה של תועלות סביבתיות ומשקלם ומחירם הנמוך יחסית מקל על יישומם על מגוון רחב של מבנים וסוגי גגות. כמו כן, לאור השימוש הגובר בגגות לצורך הפקת אנרגיה, המדריך עוסק בגגות המשלבים בין פאנלים סולאריים לגג ירוק.

הגדרות

גג מועיל: גג המשמש לתועלת ציבוריות (חברתיות, סביבתיות וכד') (עיריית תל אביב 2022). שימושים אלה כוללים, בין היתר, גגות הצבועים בחומר לבן בעל מקדם החזרה גבוה של קרני השמש (גגות לבנים), גגות עם פאנלים סולאריים, גגות לגידול צמחים למאכל, גגות לשימושים קהילתיים וחינוכיים, גגות כחולים וגגות ירוקים.

גג ירוק: מערכת לגידול צמחייה על גג של מבנה או חניון. מערכת הגידול מורכבת לרוב מהשכבות הבאות: צמחייה, מצע גידול, שכבת סינון, שכבת ניקוז, שכבת הגנה מכאנית ושכבת הגנה נגד שורשים.

בספרות המקצועית נהוג להבחין בין שני סוגים עיקריים של גגות ירוקים: אקסטנסיביים ואינטנסיביים. הבחנות אלה מבוססות על קיומה או העדרה של השקיה, היקף התחזוקה הנדרשת ועובי מצע הגידול. עובי מצע הגידול נחשב לאינדיקטור כללי מקובל לסוגי הצמחייה שניתן לגדל במצע, אך אין לראות בעובי הנקוב בהגדרות כערך מחייב. תיתכן שונות בעובי המצע, שקשורה לשיטות שונות ליצירת בתי גידול מתאימים דרך הנדוס הרכב המצע, בחירת השכבות והיקף הדישון וההשקיה. כמו כן, מצעים יכולים להיות בעלי הטרוגניות מבנית, כל עוד גובה מערכת השורשים ודרישות הצמחייה מותאמים לגובה המצע באזור הגג הספציפי (לעובי המצע יש גם השלכות מבחינת עומסים מותרים ועלויות הקמה, שלגביהן יורחב בהמשך).

גג ירוק אקסטנסיבי: גג ירוק המאופיין בהשקיה מועטה/העדר השקיה , העדר דישון כימי, צרכי תחזוקה מצומצמים, מצע גידול רדוד (עד 20 ס״מ עובי) ומשקל כולל נמוך. ניתן לגדל בו בעיקר צמחים עשבוניים חד שנתיים, סוקולנטים וגיאופיטים נמוכים ובינוניים.

גג חי: גג חי הינו תת קטגוריה של גג ירוק אקסטנסיבי. הוא מאופיין בצמחייה מגוונת מחברת הצומח המקומית, מצע גידול המבוסס על אדמה מקומית (מעל 15 ס״מ עובי), העדר השקיה ודישון כימי ועם צרכי תחזוקה מצומצמים. מכיוון שהמצע מבוסס על אדמה מקומית, שהיא כבדה ביחס למצעים מעובדים המצויים בסוגי הגגות האחרים, המשקל הכולל של הגג החי הוא יחסית גבוה.

גג ירוק אינטנסיבי: גג ירוק המאופיין בצרכי תחזוקה מרובים, השקיה שוטפת ודישון ומצע עבה (מעל 20 ס״מ). הוא יכול להכיל מגוון רחב של סוגי צמחים, כולל דשא, שיחים ועצים גבוהים, בהתאם לעובי המצע ורמת התחזוקה.

גג כחול (נקרא גם גג סופח או גג סופג): קולט ומשהה את הנגר לטובת הפחתת העומס בשיא אירוע הגשם ולשחרור מבוקר של הנגר למגרש, לטיפול במיכל אגירה, בור חלחול, קידוח החדרה או מערכת תיעול עירונית. המערכת מורכבת משכבות שונות: מצעים סופחים, פתחים וסכרים שתופסים את הנגר הנקלט בגג, ומערכת וויסות שמשחררת את הנגר הנאסף (מסמך מדיניות ניהול מי נגר 2021, 142).

תועלות של גגות ירוקים

לצד הערך האסתטי שלהם, גגות ירוקים יכולים ליצור תועלות סביבתיות, חברתיות ופרטיות. התועלות של הגג תלויות בתכנון שלו - במאפייני הצמחייה, המצע והשכבות השונות שמרכיבות אותו ובקיומה או העדרה של השקיה, לכן מומלץ שתכנון הגג יהיה מכוון להשגת תועלות שונות, מעבר לתועלת אסטטית. . מכיוון שהתועלות קשורות למאפייני הגג הירוק, שהם בתורם תלויים בתנאים ספציפיים לישראל, מדריך זה ירחיב רק לגבי תועלות שנחקרו בישראל. יש לציין שהידע המדעי הזמין בנושא הוא מוגבל, שכן בישראל המחקר בתחום הוא יחסית חדש ומצומצם. יתר על כן, יש להדגיש כי אין פה לטעון שגגות ירוקים הם בהכרח האמצעי הטוב ביותר להשגת התועלות הציבוריות שיימנו בחלק זה, אלא רק להצביע על התועלות המרובות שגגות ירוקים יכולים להביא במקביל. אם תועלת ספציפית היא המטרה האולטימטיבית שקובעת את השימוש בגג, יש לבחון את האפשרות להקים גג ירוק ביחס לאמצעים אחרים להשגת אותה התועלת. בנוסף, ברמת המדיניות הציבורית, חשוב לזכור שהתועלות הסביבתיות הופכות למשמעותיות בעיקר כשמקימים גגות ירוקים בהיקף רחב. להלן מספר תועלות בולטות של גגות ירוקים:

ניהול מי נגר: גגות ירוקים אוגרים בשכבות השונות שלהם מי גשמים שיורדים על הגג, ובכך מפחיתים את כמות מי הנגר שמנוקזת מהגג בעת אירועי שיא. בנוסף, מעבר מי הגשמים דרך שכבות הגג מאריך את משך הזמן עד שהם מגיעים למערכת הניקוז ובכך מעכב את ספיקת השיא. המשמעות היא שהנגר הנוצר בגג אינו מסונכרן בזמן עם הנגר הנוצר בשאר שטחי העיר ובכך הגג מסייע אף יותר בניהול הנגר העירוני. השהייה של 20-10 דקות מספיקה לצורך זה, מכיוון ששיאי הנגר העירוניים בישראל הם קצרים. יישום של גגות ירוקים בקנה מידה רחב יכול לסייע להפחתת העומס על מערכת הניקוז העירונית ולצמצום הסיכויים להצפות. כמו כן, בעת אירועי גשם גדולים (מעל 100 מ״מ ביום) גגות ירוקים מאפשרים להגדיל את כמות מי הנגר שיכולה לחלחל, או להיות מוחדרת, לתווך הלא-רווי. מכיוון שקצב החלחול בתווך הלא-רווי הוא יחסית מוגבל, מיתון הזרימה של המים המנוקזים יאפשר ליותר מים לחלחל אליו ודרכו.

הגדלת המגוון הביולוגי: יצירת בתי גידול לצמחים וחרקים ואספקת שירותים אקולוגיים אחרים כפיצוי על הרס בתי גידול בשל פיתוח עירוני. יישום נרחב של גגות ירוקים המתוכננים למטרה זו יכול ליצור מסדרונות אקולוגיים שמחברים לבתי גידול בשטחים טבעיים.

שיפור איכות האוויר: גגות ירוקים משפרים את איכות האוויר על ידי שיקוע וספיחה של חלקיקים נשימים עדינים דרך עלי הצמחים.

הארכת אורך חיי האיטום של הגג וצמצום ההשפעות השליליות של התפרקותו: הגג הירוק מגן על האיטום מפגיעת קרני השמש, שמאיצות את התפרקותו, ובכך מאריך את חייו, מצמצם את עלויות התחזוקה שלו ואת ההשלכות הסביבתיות של התפרקותו. צורת איטום נפוצה בישראל היא באמצעות יריעות ביטומן, שבתהליך התפרקותן נפלטים מזהמים שנשטפים מהגג עם מי הנגר ופוגעים באיכותם. איכות מי הנגר שנשטפים מגג ביטומן חשוף תהיה ירודה במיוחד בגל הראשון של הנגר, כשריכוז המזהמים שהצטברו בו הוא הגבוה ביותר, ולכן לא מומלץ להחדיר אותם. אחרי הגל הראשון איכות הנגר תהיה טובה יותר, אבל בישראל, בה גם באמצע החורף ישנם שבועות וחודשים ללא גשם, זיהום מהגל הראשון עלול להתרחש כמה פעמים בעונה (מנהל התכנון 2021: 170).

בידוד תרמי: גגות ירוקים יכולים להפחית את הטמפרטורה בקומה העליונה של הבניין וכתוצאה מכך לצמצם את צריכת האנרגיה הנדרשת לקירורה. תועלת זו מושגת בשל שילוב בין מספר גורמים: צמצום הגעת קרני שמש למצע הגידול בשל סיכוך מהצמחייה, צמצום העברת חום מהמצע לגג בשל עובי המצע ותכונות הולכת החום שלו, ותהליכי אידוי-דיות שמקררים את המצע.

בידוד אקוסטי: המסה של מצע הגידול מהווה שכבת בידוד נוספת מרעש.

ערך חברתי: גגות ירוקים על מבני מגורים ומבנים ציבוריים או מסחריים יכולים להוות מקומות מפגש לפעילות קהילתית, חינוכית וחברתית. כך למשל, גג ירוק על גג משותף יכול להוות מקום מפגש לדיירים וגג ירוק על גג בית ספר יכול לשמש לפעילויות הקשורות לחינוך סביבתי או לאירועים קהילתיים אחרי שעות הלימודים.

ת.ז לסוגי גגות שונים

גג ירוק אקסטנסיבי

השקיה ודישון	השקיה מועטה/העדר השקיה וללא דישון כימי
עובי מצע	עד 20 ס״מ
צמחייה	חד שנתיים עשבוניים מקומיים, סוקולנטים וגאופיטים קטנים ובינוניים. למעט הסוקולנטים, הצמחייה תהיה יבשה בחודשי הקיץ. השקיה מועטה תאפשר הישרדות של מבחר גדול יותר של מיני סוקולנטים בעונת הקיץ
צרכי תחזוקה	מועטים. אחרי התבססות הצמחייה, התחזוקה מסתכמת לרוב בבדיקת פתחי הניקוז ופינוי לכלוך מהם לקראת החורף
משקל	נמוך יחסית לסוגי גגות אחרים. משקל הגג לא יעלה על 150 ק״ג למ״ר. מתאים לעומסים המותרים על גגות סטנדרטיים
עלות	כ-600 ₪ למ״ר. הוא זול מגג אינטנסיבי בשל עובי המצע, סוג הצמחייה, מיעוט/העדר השקיה, העדר דישון שוטף, צרכי תחזוקה מועטים וצורך בהתאמות יחסית מעטות לדרישות של תקנים וחוקים
תועלות	- השהיית מי נגר - איכות מי הנגר שמנוקזים ממנו תהיה טובה מזו של גגות עם דישון כימי - שיפור איכות האוויר - יצירת מגוון ביולוגי - הארכת אורך חיי האיטום - תועלת אסטטית מקיומה של צמחייה מגוונת בחורף
שילובים אפשריים	- גג כחול - פאנלים סולאריים (דורש פעולות תחזוקה נוספות)

גג חי

השקיה ודישון	ללא
עובי מצע	מעל 15 ס״מ (מבוסס על אדמה מקומית)

צמחייה	צמחייה מקומית: חד שנתיים עשבוניים, סוקולנטים, גיאופיטים ורב שנתיים. למעט הצורית הגבוהה, הצמחייה תהיה יבשה בחודשי הקיץ
צרכי תחזוקה	מועטים. אחרי התבססות הצמחייה, התחזוקה מסתכמת לרוב בבדיקת פתחי הניקוז ופינוי לכלוך מהם לקראת החורף וכיסוח התפרחות בחרמש מכני אחרי שהזרעים שלהן מבשילים
משקל	גבוה יחסית לסוגי גגות אחרים. גג עם מצע בעובי של 15 ס״מ שוקל לפחות 150 ק״ג למ״ר. המשקל של מצע שמבוסס על אדמה מקומית בלבד, יהיה גבוה בהרבה
עלות	400 ₪ למ״ר. הוא זול מגג אינטנסיבי בשל סוג הצמחייה, העדר השקיה ודישון שוטף, צרכי תחזוקה מועטים וצורך בהתאמות יחסית מעטות לדרישות של תקנים וחוקים
תועלות	- יצירת מגוון ביולוגי - השהיית מי נגר - איכות מי הנגר שמנוקזים ממנו תהיה טובה מזו של גגות עם דישון שוטף - שיפור איכות האוויר - הארכת אורך חיי האיטום - בידוד תרמי ואקוסטי - תועלת אסטטית מקיומה של צמחייה מגוונת לאורך מחזור הפריחה
שילובים אפשריים	פאנלים סולאריים (בהינתן כושר נשיאה מספיק גבוה של הגג ותחזוקה של הצמחייה כך שהיא לא תצל על הפאנלים)

גג ירוק אינטנסיבי

השקיה ודישון	זקוק לשקיה שוטפת ודישון
עובי מצע*	מעל 20 ס״מ
צמחייה	מגוון גדול של סוגי צמחייה, כולל דשא, שיחים ועצים. הצמחייה תהיה ירוקה מסביב לשנה
צרכי תחזוקה	מרובים. יכולים לכלול, בין היתר, תחזוקה של מערכת ההשקיה, דישון, גיזום ודילול
משקל*	גבוה
עלות	800-1,200 ₪ למ״ר

תועלות	- שטח פתוח לשהייה ופעילויות פנאי של דיירים/משתמשי המבנה/הציבור הרחב - תועלת אסטטית מקיומה של צמחייה מגוונת לכל אורך השנה - השהיית מי נגר. איכות מי הנגר תיפגע בשל הדישון השוטף - בידוד תרמי ואקוסטי - שיפור איכות האוויר בזכות שטח הפנים הגבוה של הצמחייה - הארכת אורך חיי האיטום
שילובים אפשריים	פאנלים סולאריים (בהינתן כושר נשיאה מספיק גבוה של הגג ותחזוקה של הצמחייה כך שהיא לא תצל על הפאנלים)

*ראו את פרק ההגדרות לעניין השונות האפשרית בעובי המצע והמשקל הנקוב

רגולציה בנושא גגות ירוקים

בישראל אין חקיקה ארצית המחייבת, או מעודדת, הקמה של גגות ירוקים. במרס 2022 נכנסה לתוקף תקנה ארצית המחייבת בנייה של מבנים חדשים לפי תקן בנייה ירוקה (ת"י 5281) ברמה של כוכב אחד. התקנה נכנסת לתוקף בשתי פעימות – מרס 2022 וספטמבר 2023. בעוד שהקמה של גג ירוק אינה מחויבת לפי התקן, היא מהווה אפשרות אחת מתוך כמה לצבירה של נקודות בו.

יחד עם זאת, חלק מהרשויות המקומיות מחייבות בהקמה של גגות ירוקים במקרים מסוימים. בינואר 2022 פורום ה-15 אימץ מדיניות בנייה ירוקה שמחייבת עמידה בדרישות תקן בנייה ירוקה בדרגה גבוהה מזו שנקבעה בתקנה הארצית וביחס להיקף רחב יותר של מבנים חדשים. בעקבות החלטה זו, ועדות התכנון המקומיות של רשויות פורום ה-15 החלו לעדכן את מדיניות הבנייה הירוקה שלהן. כך למשל, הועדה המקומית של תל-אביב קבעה, בין היתר, בתא/9144 כי במבני מוסדות חינוך יוקם גג ירוק אם שטח הגג הפנוי ממערכות גדול מ-250 מ"ר. הועדה המקומית של כפר סבא אישרה במרץ 2022 (ישיבת ועדת משנה מספר 20220005) החלטה לפיה במבני משרדים ומסחר מעל 1,000 מ"ר ובמוסדות השכלה גבוהה לפחות 50% משטח הגג יתוכנן כגג ירוק/כחול/סולארי/משולב.

הקמה של גגות ירוקים יכולה להופיע כדרישה גם בתכניות כוללניות ובתכניות מפורטות. כך למשל, בתכנית הכוללנית הר/2440 התחדשות אזור התעשייה המערבי בהרצליה מופיעה דרישה להקים גגות ירוקים על כל הגגות השטוחים, בהתאם לתנאים שמצוינים בתכנית. בתכנית המפורטת 101-0406009 לבניין מנדל בירושלים נדרש, בהתאם לבקשת העירייה, להקים גג חי על המבנה לאור הימצאותו בתחום אתר טבע עירוני ובסמיכות לאפיק נחל.

בנוסף, מסמך מדיניות ניהול נגר עירוני של מנהל התכנון מציע גגות ירוקים וכחולים כחלק מסל הכלים לעמידה בדרישות תמ"א 1 לגבי ניהול נגר בתחום תכנית. תיקון 8 לפרק המים של תמ"א 1

מטיל על כל תכנית פיתוח את החובה לנהל את הנגר הנוצר בשטחה. גגות ירוקים יכולים לסייע לעמוד בדרישות תמ״א 1 ובתכניות קטנות בהן יעד ניהול הנגר עומד על 50% ושטח הגג (ללא מרפסות) מהווה את החלק הארי במגרש, הגג הירוק יכול אף להשיג לבדו את העמידה ביעד, בלי צורך באמצעים אחרים.

נוסף על יעד נפח הנגר הנדרש לניהול, תמ״א 1 מגבילה את הספיקה היוצאת המותרת משטח התכנית, כאשר ברירת המחדל היא הספיקה השעתית הגולמית 5:1. כלומר, נדרש שהספיקה היוצאת מהאזורים המנהלים נגר באירוע של 50:1 שנה לא תעלה על הספיקה ללא ניהול נגר, שמחושבת ע״פ גשם שעתי של אירוע לתקופת חזרה של 5:1 שנה. ניקח לדוגמא גג בשטח של 1 דונם באזור מישור החוף שם הגשם השעתי 5:1 הוא 28 מ״מ, אזי הספיקה שמותר להוציא ע״פ תמ״א 1 לא תעלה על הספיקה המחושבת להלן:

1 דונם * 28 מ״מ * 0.9 מקדם נגר = 25.2 מ״ק לשעה = 0.007 מ״ק לשנייה

מכאן עולה שאין צורך להחזיק את כל נגר הגשם היורד על הגג, אלא רק את שיא האירוע, שבו הנגר נוצר בקצב של מעל 0.007 מ״ק לשנייה. דפוס הגשם במישור החוף ובחלקים גדולים אחרים בישראל הוא כזה, שלמעשה ניתן לנהל את כל נגר הגג באמצעות איגום פיזי של שישית מנפח הנגר. כלומר בהנחה שעובי הגשם היממתי באירוע של 50:1 במישור החוף הוא 169 מ״מ, אזי כמות המים שהגג הנדון למעלה צריך להחזיק בפועל על מנת לעמוד בדרישות תמ״א 1 היא לפי החישוב כדלקמן:

169 מ״מ * 50% ניהול נגר * 0.9 מקדם נגר / 6 = 13 מ״מ = 13 ליטר למ״ר = 13 מ״ק (לפי 1 דונם)

יתרה מכך, על מנת לנהל 100% מנפח הנגר על הגג, יידרש במישור החוף להחזיק עובי מים של 26 מ״מ בלבד. לכן תכנית המציעה ניהול נגר על הגג לפי תמ״א 1, עדיף לה לתכנן את הגג כך שינהל 100% מהנגר. תוספת העלות לגג תהיה זניחה, אם בכלל (רוב הגגות הירוקים ממילא מחזיקים יותר מים). מאידך, התועלת מבחינה תכנונית היא גדולה מכיוון שיעד נפח הנגר לניהול נקבע ע״פ שטח התכנית כולה, אך אין חובה לנהל נגר בכל השטח. ניתן לנהל יותר נגר באזורים הקלים ופחות (או בכלל לא) באזורים הקשים. כך, ניהול 100% על הגג, יאפשר לנהל פחות באזורים אחרים בתכנית, שאולי יותר קשה/יקר לנהל בהם נגר, אך עדיין לעמוד ביעדי תמ״א 1.

המספרים לעיל מהווים כלל אצבע התקף במישור החוף עבור ספיקת יציאה לפי החישוב לעיל (דהיינו ספיקה גולמית שעתית 5:1). הדברים יכולים להיות שונים באזורים עם דפוסי גשם אחרים או עבור ספיקת יציאה שונה ולכן נדרש חישוב כהלכה של איש מקצוע. בכל מקרה, מהמספרים הנ״ל עולה כי ניהול נגר על הגג יכול בנקל לעמוד ביעדי תמ״א 1.

אישורים נדרשים ותהליך הגשת בקשה לאישור

האישורים הנדרשים להקמת גג ירוק משתנים בין בניינים חדשים וקיימים. בבניין חדש התכנית לגג ירוק תהווה חלק מהבקשה להיתר הבנייה של הבניין כולו. במקרה זה, עורך הבקשה להיתר יגיש תכנית לגג בהתאם לדרישות הרשות המקומית, כפי שהן מופיעות בתיק המידע להיתר, וחוק התכנון והבנייה. כחלק מתהליך הרישוי יש להציג לוועדה המקומית אישורים לעמידת הגג בדרישות

בטיחות שונות, בהם: אישור קונסטרוקטור על עמידה בעומסים המותרים, אישור על איטום הגג, אישור יועץ בטיחות ואישור בטיחות באש ממחלקת הכבאות.

בניגוד לבניין חדש, הקמה של גג ירוק על בניין קיים פטורה מהיתר. הקמה של גג ירוק עונה על הדרישות לעבודות פטורות מהיתר שמופיעות בסעיף 145ג' (פטור מהיתר) לחוק התכנון והבנייה: העבודות פשוטות הנדסית, ההשפעה שלהן על חזות הבניין, הסביבה ואופיין ומאפייניהן מועטה, הן לא יוצרות סיכון, הפרעה, מטרד או מפגע של ממש, והן לא פוגעות בשלד הבניין וביציבותו או במערכות הבניין ותפקודיו. יחד עם זאת, בעל הגג נדרש לדווח על העבודות לרשות הרישוי ולוודא שהעבודות לא מנוגדות לתוכנית או להנחיות מרחביות. אישורים נוספים עשויים להידרש במקרים הבאים: במקרה של הקמת גג ירוק על מבנה ציבור, נדרשת הסכמה בכתב של מנהל המוסד. בבית משותף, כשהגג הוא רכוש משותף ולא משויך לדירת הגג, או לדירה אחרת, נדרשת הסכמה של כל בעלי הדירות במסגרת אסיפה כללית שתיערך לפי חוק הבית המשותף.

שאלות נפוצות

איך קובעים איזה סוג גג ירוק הכי מתאים?

בהחלטה לגבי סוג הגג המתאים יש לקחת בחשבון את השיקולים הבאים: מאפייני המבנה והשימושים שהוא יכול לקלוט, מאפייני הסביבה (אקלים, חשיפה לשמש ולרוחות) ומטרות הגג. כמו כן יש להביא בחשבון את העלויות הכרוכות: ביצוע התאמות שקשורות לעמידה בתקנים, תכנון, הקמה ותחזוקה.

כמה זמן לוקח לבנות גג ירוק?

הקמה של גג ירוק אורכת כ-3-4 ימים ל-100 מ״ר, בלי קשר לסוג הגג. כאשר מדובר במערכת מודולארית, או בגג חי, זמן ההקמה ל-100 מ״ר הוא כיומיים. מדובר בהערכה בלבד ומשך ההקמה בפועל תלוי גם בתנאי האתר הספציפיים (גישה למנוף, מורכבות האלמנטים והצורה של הגג, חופש בזמן הפעילות הניתן באתר וכו') וגודל הגג הירוק.

כמה עולה לבנות גג ירוק?

טווח המחירים הוא רחב ותלוי במאפייני הגג הרצויים, בתנאי האתר ובתנודות במחירי חומרי הגלם וההובלה. המחיר הממוצע בש״ח למ״ר:

גג חי: 400

גג אקסטנסיבי: כ-600

גג אינטנסיבי: 800-1,200

למי צריך לפנות כשרוצים לבנות גג ירוק?

המעוניינים בהקמה של גג ירוק יכולים לפנות לאדריכל, אדריכל נוף או לחברה מסחרית שמקימה גגות ירוקים. תכנון הגג נעשה בשיתוף יועצים שונים, בהם קונסטרוקטור, יועץ ניקוז, איטום, בטיחות ויועצים אחרים בהתאם לצורך.

דרישות לגבי המבנה והתאמה לתקנים ותקנות

בעת תכנון הגג הירוק יש לבדוק שהתכנון תואם את כושר הנשיאה של גג המבנה ושהוא עומד בתקנים ותקנות שנוגעים לשלמות המבנה ולבטיחות המשתמשים בו. בחלק זה יפורטו הדרישות העיקריות שיש להביא בחשבון בעת תכנון הגג. הדרישות מחולקות לנושאים הבאים: עומסים, איטום, ניקוז, נגישות, בטיחות ושונות. רבות מהדרישות רלבנטיות רק לגגות שמתוכננים להיות מונגשים לדיירים או לציבור, או נובעות מסוג הצמחייה שגדלה על הגג. משמעות הדבר היא שבגגות אקסטנסיביים שמונגשים רק לצרכי תחזוקה, יידרשו פחות התאמות שמייקרות את תהליך ההקמה ושעלולות להוות חסמים.

<u>עומסים</u>

מאפייני הגג הירוק והשימושים שניתן לעשות בו תלויים בראש ובראשונה בכושר הנשיאה של גג המבנה. לפי תקנות תכנון התכנון והבנייה, גגות של מבנים צריכים להיות מתוכננים לעמוד בעומסים המוגדרים בת"י 412 (עומסים במבנים: עומסים אופייניים). התקן מבחין בין סוגי גגות:

- גג מסיבי בשיפוע של עד 10%: 150 ק"ג למ"ר
- גג מסיבי בשיפוע גדול מ-10%: 50 ק"ג למ"ר
- גג קל: 20 ק"ג למ"ר

התקן מגדיר את כושר הנשיאה **המינימאלי**, אך ייתכן שמהנדס הבניין תכנן אותו עבור כושר נשיאה גבוה יותר. בכל מקרה, קונסטרוקטור צריך לבדוק את כשירות הגג, את כושר הנשיאה שלו והאם נדרש חיזוק עבור התכנון המוצע. בחישוב העומס המופעל על הגג יילקח בחשבון המשקל הסופי של כל האלמנטים על הגג, כולל שכבות הגג המגונן, הצמחייה בשלב הבוגר של צמיחתה, המצע הרווי במים, אלמנטים ארכיטקטוניים ותשתיות הבניין, בני אדם וציוד וכן עומסים נלווים, כגון משקעים ורוחות. כשמקימים אלמנטים כמו פרגולות, מנורות ובריכות יש לקבל אישור קונסטרוקטור לגבי יציבותם וחלוקת העומסים על גג. כמו כן, כל שינוי במערכת השלד, כגון פתיחה של יציאות חדשות, חציבות או ניסור יקבלו אישור מראש והנחיות חיזוק מהמהנדס המלווה.

מלבד בדיקה של התאמת התכנון לכושר הנשיאה של הגג, יש לוודא שהאלמנטים בגג מעוגנים היטב ועמידים לכוח העילוי של הרוחות הצפויות במקום. עומסים שמופעלים על ידי רוחות עלולים לגרום להעפת אלמנטים או לפגיעה בהם, הן בשלב ההקמה והן לאחר מכן. אמצעי הגנה נחוצים במיוחד בקצוות, שיותר חשופים ללחצי רוחות. ייתכן שעובדה זו תצריך שימוש בחומרים כבדים יותר או בהגדלת עובי השכבות ויש לקחת זאת בחשבון בחישוב העומסים. בנוסף, עמידות הגג הירוק ללחצי רוחות מושפעת ממאפייני שכבת הצמחייה ובאופן ספציפי מהגורמים הבאים: קשיחות הצמחייה וההתנגדות שהיא יוצרת, משקל הלחות באדמה, משקל הצמחייה וקיבוע באמצעות מערכת שורשים מפותחת.

<u>איטום</u>

בכל בניין נדרש איטום של הגג נגד חדירת מים בהתאם לתקנות הבניה, חוק המכר דירות (היכן שרלוונטי), ת"י 1430 על כל חלקיו ות"י 1752 (חלקים 1 ו-2). הוספה של מערכת גג ירוק מעל שכבת האיטום עשויה להיות כרוכה בשדרוג של שכבת האיטום, בהתאם לשכבה הקיימת והגג המתוכנן (יש להיוועץ ביועץ איטום). כמו כן, יש לנקוט באמצעים להגנה על שכבת האיטום נגד רטיבות

ופגיעה של שורשי צמחים בשלמותה. טרם הקמה של גג ירוק יש לערוך בדיקה של האיטום על ידי בודק מוסמך ובעת התכנון וההקמה יש לנקוט באמצעים הבאים להגנה על שכבת האיטום של הגג:

- יישום הרמטי של חוסם שורשים ויריעת הגנה מכאנית
- וידוא התאמה כימית בין שכבת האיטום לחוסם השורשים ויריעת ההגנה המכאנית. במקרה של אי התאמה, יש להתקין שכבת הפרדה ביניהן
- תכנית השתילה לא תכלול צמחים עם שורשים אגרסיביים
- יש להקפיד על כך שביסוס ועיגון אלמנטים שונים בגג לא יפגע באיטום או יפריע לנתיבי ניקוז מים באופן העלול ליצור נקודות איגום
- ב"גג הפוך" (גג שטוח שבו שכבת הבידוד התרמי מונחת מעל שכבת האיטום) מומלץ להתקין שכבת הגנה חדירה לאדי מים, כדי למנוע הצטברות לחות ולאפשר לבידוד התרמי לתפקד כרגיל.

<u>ניקוז</u>

מערכת הניקוז של הבניין צריכה להיות מסוגלת לאסוף ולפנות מים עודפים מהגג. עליה לעמוד בדרישות במופיעות בת"י 1205 חלק 2, אשר מתייחס לקוטר הצנרת, עומס זרימה, מיקום בגג, אמצעים למניעת נזקים במקרה של סתימה.

המערכת תכלול לפחות שני פתחים – רגיל וחירום. יש לשמור אותם פנויים מצמחיה ולדאוג שבסביבתם תתאפשר זרימת מים חופשית ושניתן יהיה לערוך להם בקרה. כשפתחי ניקוז ממוקמים באזורים עם צמחייה, יש להתקין קופסאות בקרה שגובהן עולה מעל גובה המצע ומאפשרות לוודא שהפתחים לא נסתמים. מומלץ גם לסמן את הפתח באמצעות אבנים. בפתחים שממוקמים ברצועות לא נטועות עם חצץ, יש להתקין מסננים שמתאימים לגודל החצץ.

<u>נגישות</u>

בבניינים חדשים עם לפחות שש דירות, כשהגג הירוק הוא בשטח משותף של הבניין והוא מתוכנן להיות נגיש לדיירים, יש להתקין מעלית, כדי לאפשר גישה עבור בעלי מוגבלויות. במקרה זה יש לתכנן את הגישה לגג בהתאם לת"י 1918 (נגישות הסביבה הבנויה).

<u>בטיחות</u>

הגנה נגד נפילה

בגג שקיימת אליו גישה באמצעות מדרגות יש להתקין מעקה בטיחות למניעת נפילה בהתאם לת"י 1142 (מעקים ומסעדים). התקן מפרט את מאפייני המעקים, בהם גובה המעקה והעומס הנדרשים לפי היעוד והשימוש בגג. במבנים קיימים ייתכן ויהיה צורך להגביה את המעקה הקיים עקב שינוי מפלס רצפת הגג בשל ריצוף, הוספת דק או שביל חצץ.

תאורה

כאשר הגג נועד לפעילות אנשים, יש לדאוג לתאורה לבטיחות המשתמשים: תאורת חירום, תאורה לאורך נתיבי מילוט ותאורה בשולי הגג או במקומות מסוכנים. רצוי להתקין מערכת תאורה חסכונית ולהקפיד על צמצום זיהום אור.

אש

על הגג לעמוד בדרישות לגבי בטיחות אש, כפי שהן מופיעות בתקנות התכנון והבנייה (בקשה להיתר, תנאיו ואגרותיו) התש"ל 1970 חלק ג' (בטיחות אש בבניינים) ובהתאם לדרישות נוספות של הכבאות שעשויות לעלות. תקנות התכנון והבנייה מפרטות את המאפיינים הנדרשים של דרכי מילוט ומרכיביהן. חלק מהדרישות מושפעות מהשימוש בבניין וממספר המשתמשים המתוכנן. התקנות קובעות, בין היתר, את מספר נתיבי המילוט ורוחבן הנדרש, את מרחק ההליכה מכל נקודה בגג לפתח מילוט, את מאפייניה של דלת שהיא פתח מילוט וכי נתיבי מילוט יהיו נקיים ממכשולים ויכללו שילוט ותאורה (רגילה וחירום). מרכיבי הגג יהיו עמידים לאש, או לפחות בעלי קצב בערה שמאפשר מילוט (בהתאם לת"י 755 ות"י 921) ופתחי שחרור עשן יורחקו ממפלס הפעילות ומנתיב המילוט. מספר המטפים בגג ייקבע על ידי מחלקת הכבאות.

בנוסף, בתקופת ההקמה יש להימנע מהשארת חומרים דליקים על הגג, או מהשארתם באופן לא מרוכז על הגג. במהלך חיי הגג יש לשים לב שלא מצטברת בו כמות משמעותית של צמחים מתים, שמהווים חומר דליק.

פליטות מזיקות

יש להרחיק את הצמחייה מיניקה של מערכות מיזוג אוויר ואוורור ומפליטות מארובות. כן יש להרחיק את פעילות משתמשי הגג ממתקנים שפולטים קרינה, כגון שנאים, חדרי טרנספורמציה ואנטנות סלולאריות.

<u>שונות</u>

הצללה

אם הגג הירוק משמש כשטח ציבורי פתוח או כאזור פעילות במבנה חינוך, יש לדאוג להצללת אזור הפעילות.

השקיה ודישון

בגגות הדורשים השקיה יש לוודא כי ניתן ליצור חיבור לגג עבור מערכת השקיה אוטומטית. בנוסף, לפי תקנות בריאות העם (מיתקן דישון במערכת מים) התשמ"ז 1987, כאשר נעשה שימוש במערכת דישון, יש להתקין מערכת למניעת זרימה חוזרת כדי למנוע זיהום של מי השתייה.

דרכי גישה

שבילים לצורך תחזוקה, בקרה ושהייה בדרך כלל ייבנו על ידי הנחת משטח על חצץ, או משטח מוגבה כמו דק. עליהם להיות יציבים ולא לפגוע בשכבות האיטום וההגנה נגד שורשים.

הניקוז שלהם ייעשה באמצעות שיפוע הגג לכיוון צנרת ניקוז הגג או המשכה של השכבת הניקוז מהאזור עם הצמחייה. במקרה האחרון יש להניח גם שכבת סינון.

שכבות הגג

דרישות כלליות

השכבות שמרכיבות את התשתית עליה מונח מצע הגידול יישאו אישורי יצרן לעמידותן למשך 25 שנים לפחות למגע עם ביטומן, בטון, דשנים, מיקרואורגניזמים, רטיבות וחומרים נפוצים אחרים בגגות ירוקים. במקרה שיש בעיית התאמה כימית בין שכבות הגג, אפשר לשים ביניהן שכבת הפרדה.

שכבת הגנה נגד שורשים

שורשי צמחים מתפשטים בחיפוש אחר מים וחומרי הזנה ותוך כדי כך עלולים לגרום לסדקים בשכבת האיטום נגד מים וכתוצאה מכך לנזילות בגג. פגיעה בשכבת ההגנה עלולה להיגרם גם דרך פירוק של חומרים אורגניים על ידי מיקרואורגניזמים המצויים במצע. בשל כך יש צורך בשכבת הגנה מעל שכבת האיטום. לצד זאת, עדיין יש להימנע משימוש בצמחים עם שורשים אגרסיביים במיוחד. שכבת הגנה נדרשת בכל סוגי הגגות הירוקים, אך עובי השכבה ייקבע בהתאם לסוג הצמחייה. השכבות הנפוצות בשוק הישראלי הן יריעות פוליאתילן בצפיפות גבוהה או נמוכה, שמגיעות בעובי הנע בין 0.5-1.5 מ״מ.

דגשים להתקנה: יש לדאוג להגנה אחידה על אזורים שונים בגג וחיבור היריעות בהלחמה עם חפייה של 10 ס״מ. בנקודות ממשק של הגג הירוק עם קצה הגג, קירות ואלמנטים מבניים בולטים יש להגביה את השכבה מעל גובה המצע.

שכבת הגנה מכאנית

שכבת הגנה נגד נזק מכאני מותקנת מעל שכבת ההגנה נגד שורשים על מנת להגן עליה מפני נזק שעלול להיגרם על ידי לחץ שמופעל מלמעלה. שכבת הגנה מכאנית עשויה להיות נחוצה מתחת לשכבת ההגנה נגד שורשים כאשר זו מותקנת על משטח גג גס. השכבות הנפוצות בשוק הישראלי הן יריעות גיאו-טקסטיל לא ארוגות, שמגיעות בעובי הנע בין 1-6 מ״מ. רוב השכבות מסוגלות גם לאגור בין 2-5 ליטר מים למ״ר.

על שכבת הגנה מכאנית לעמוד בדרישות הבסיסיות הבאות:

- עליה לעמוד בלחצים שונים (מכאני, תרמי, כימי) שצפויים להיות מופעלים עליה מלמעלה וכן להיות עמידה לתהליכי פירוק באדמה
- גיאו-טקסטילים: איתנות של לפחות GRK2, או מדד מקביל. במקרים של עומסים כבדים במיוחד, נדרש GRK גבוה יותר.

דגשים להתקנה: יש להבטיח ביסוס טוב וחפייה של 20 ס״מ לפחות בחיבור קצוות שלא מאפשרת חדירת חומרים לשכבת האיטום.

שכבת הניקוז

שכבת הניקוז ממלאת שני תפקידים: אגירה של מים וניקוז מים עודפים. היא מסייעת לצמצם ולהאט את זרימת מי הנגר למערכת הניקוז ובו בעת דואגת לניקוז מספיק טוב של המצע, כדי לאפשר אוורור מספיק, למנוע ריקבון של שורשים ולעמוד בעומסים המותרים על הגג.

השכבות הנפוצות בשוק הישראלי הן יריעות בצורת ״תבניות ביצים״ לאגירה של מים ושיפור

האוורור של המצע. הפאנלים מגיעים בעובי שנע בין 0.8-9 ס״מ, רובם בעלי כושר אגירת מים, שנע בין 3-30 ליטר למ״ר וקצב סילוק מים (בשיפוע של 2% תחת לחץ של 20 kPa) שנע בין 0.36-2.14 ליטר למטר בשנייה. ראוי לציין כי מחקר שנערך באוניברסיטת חיפה (וסל ואח׳ 2021) הגיע לממצאים שמטילים ספק בתרומה של אגירת מים ב״תבניות ביצים״ לצימוח. החוקרים מצאו כי ליריעת הניקוז בצורת ״תבניות ביצים״ בה נעשה שימוש לא הייתה תרומה לשיפור הלחות והטמפרטורה במצע, או לצימוח טוב יותר.

ישנם גם סוגים שונים של לוחות ניקוז עם מבנה סיבי שפועלים כמעין ספוג האוגר מים בצורה אופקית ומשחרר מים עודפים. הם יכולים לשמש כתחליף ל״תבניות הביצים״ או להיות מונחים מעליהן. כן ניתן לשלב בין ״תבניות ביצים״ לתעלת ניקוז היקפית מאגרגטים גדולים, כגון פומיס או חצץ גרוס עבה.

הבחירה במרכיבי שכבת הניקוז והמידות שלהם מושפעת מדרישות הקשורות לקונסטרוקציה ולמטרות שכבת הצמחייה. מבחינת הקונסטרוקציה, יש להביא בחשבון התאמה לשיפוע הגג, טווח סילוק המים, כושר הספיקה של מערכת הניקוז, הגנה על האיטום ושמירה על עומסים מותרים. מבחינת מטרות שכבת הצמחייה, עיצוב שכבת הניקוז יתייחס לצורך במניעת מים עומדים, אספקת מים דרך אגירה, הגדלת עומק השכבה הזמינה להשרשה וסוג וצורת הצמחייה.

על שכבת הניקוז לעמוד בדרישות הבסיסיות הבאות:

- עמידה בכושר הניקוז המצוין בתקן האירופאי EN 13252. על השכבה להיות בעלת חדירות גבוהה למים על מנת שיתאפשר פינוי מהיר של מים עודפים למערכת הניקוז
- פאנלים של ניקוז עם ״תבניות ביצים״ חייבים לכלול פתחים לאוורור ולהוצאת עודפי המים, כדי להבטיח שלשורשי הצמחים יהיה מספיק אוויר
- שמירה על יציבות השכבה והמבנה, על מנת שלא תהיה שקיעה משמעותית שלה
- המשך תפקוד תחת עומס המופעל על ידי דריכה או מצע רווי במים

דגשים להתקנה: יש להניח את השכבה באופן אחיד, תוך שמירה על עובי שכבה מינימלי ועובי אחיד תחת העומס שמופעל עליו מלמעלה. במצעים בעובי של עד 10 ס״מ יש לשמור על עובי שכבת ניקוז מינימאלי של 1 ס״מ. במצע בין 10-20 ס״מ העובי המינימאלי יהיה 1.5 ס״מ ובמצע מעל 20 ס״מ העובי המינימאלי יהיה 2 ס״מ.

שכבת הסינון

שכבת הסינון מונחת מעל שכבת הניקוז והיא מסייעת למנוע סתימה של מערכת הניקוז על ידי חלקיקים שנשטפים מהמצע. השכבות הנפוצות בשוק הישראלי הן יריעות גיאו-טקסטיל לא ארוגות שמאפשרות מעבר מים ומסננות חלקיקים. לעיתים השכבה מגיעה כחלק אינטגרלי משכבת הניקוז, על מנת להקל על פריסת השכבות על הגג. במקרים בהם מצע הגידול מגיע בתוך כרית שתילה העשויה, פונקציית הסינון יכולה להיות ממולאת על ידי היריעה ממנה עשויה הכרית, אך יש לוודא זאת אל מול המפרט הטכני של המוצר.

על יריעת הסינון לעמוד בדרישות הבסיסיות הבאות:

- עמידה בתקן האירופאי EN 13252

- קוטר פתחי הסינון (O90) יהיה בין 0.06-0.2 מ״מ/ 60-200µm, בהתאם לגודל החלקיקים הכי קטנים במצע
- עמידות ללחץ מכני (לגגות אך לא לחניונים): GRK 1, או מדד מקביל, ועמידות לחדירה של עצמים גדול מ-0.5 ק״נ
- חדירות לשורשים, על מנת שהם יוכלו להגיע למים שנאגרים בשכבת הניקוז
- עמידות לפירוק על ידי מיקרואורגניזמים

דגשים להתקנה: יש לדאוג לחפייה של 10 ס״מ לפחות בין יריעות הסינון ולהניח אותן גם על קצוות הגג הירוק, כדי שמצע הגידול לא יחדור לשכבת הניקוז.

מצע הגידול

מצע הגידול משמש כבית גידול לשורשים ותכנונו הנכון הוא המפתח להתפתחות מוצלחת של שכבת הצמחייה. בשונה מבית גידול בקרקע רגילה, מצע גידול על גג ירוק צריך לרוב להיות מהונדס, כדי שהוא יתאים למגבלות הקשורות להיותו מנותק מהקרקע, בראשן מגבלות קונסטרוקטיביות של הגג. תכנון הרכב המצע ועוביו צריך לקחת בחשבון מגבלות הקשורות לקונסטרוקציה (ניקוז תקין של הגג, הגנה על האיטום ועמידה בעומסים מותרים) ולעלויות הפיתוח והתחזוקה וכן את דרישות הצמחייה הרצויה בהתאם למטרות הגג.

המצע מבוסס על 3 אבני יסוד: חומר אורגני, חומר מינרלי והנקבוביות של החלקיקים שמרכיבים אותם[1]. המאפיינים של כל אחת מהן והיחס ביניהן יוצרים את התנאים הבסיסיים לקיומו של בית גידול לצמחים: יציבות מבנית, אגירת מים עבור הצמחים ושחרור של מים עודפים, תכן אוויר מספיק לסוג הצמחייה, גם במצב רווי מים, וזמינות של חומרי הזנה.

<u>חומרים אורגניים</u>

חומרים אורגניים נפוצים בתערובות מצע הם אדמת כבול, סיבי קוקוס יבשים, קומפוסט בשל והומוס. כבול וקוקס הם חומרים קלים ונקבוביים, שמתאימים למגבלות העומסים על גגות ומאפשרים יצירה של מצע מאורר עם תאחיזת מים טובה. הם בדרך כלל יעורבבו עם קומפוסט בשל או הומוס, שעשירים יותר בחומרי הזנה. בגגות חיים נהוג להשתמש באדמה מקומית, שמתאימה למיני צומח אופייניים לאזור ומאפשרת קליטה עתידית של מינים שמופצים באופן טבעי. בשל משקלה הכבד, יש שמערבבים את האדמה המקומית עם חומר מינרלי והומוס או קומפוסט לשם הפחתת העומס על הגג (לדוגמאות לתערובות של מצעי גידול, ראו את נספח א׳). מלבד החומר האורגני הקיים במצע, חומר אורגני מצטבר במצע גם בעקבות התפרקות של חרקים וצמחים מתים ומעלים שנושרים מעצים סמוכים. בנוסף, ניתן להעשיר את הקרקע באמצעות זריעה של מינים ממשפחת הקטניות (כמו תלתן ואספסת), אשר טובות במיוחד בקיבוע חנקן.

בגגות אינטנסיביים נהוג להגדיל את כמות חומרי ההזנה הזמינים לצמחים על ידי שחרור דשן נוזלי או מסיס באמצעות מערכת ההשקיה, או פיזור של דשן כימי בשחרור איטי. דשן בשחרור איטי מספק לצמחים באופן עקבי חומרי הזנה בכמות שהם באמת יכולים לנצל ובכך ניתן לצמצם הגעה של עודפי חומרי הזנה למי הנגר. דישון אינטנסיבי מוביל לריכוזים גבוהים של חנקן וחומרי הזנה אחרים במי הנגר שמנוקזים מהגג ובסופו של דבר לזיהום מי התהום. לאור סכנה זו, יש להשתמש

[1] ניתן גם להשתמש במצעים שהם 100% חומר מינרלי פרלייט, בתנאי שיש מערכת השקיה ודישון וגנן מלווה.

בדשן בצורה מצומצמת וממוקדת (רצוי דשן פריק ביולוגית).

בבחירת החומר האורגני יש להביא בחשבון את קצב התפרקותו ואת אובדן נפח המצע הנובע מכך. בנוסף, מחסור בחומר אורגני גורם לאדמה להיות דחוסה, כלומר בלי מספיק אוויר, ושבריריות, מה שפוגע בכושר אגירת המים ויכולת הצמיחה של שורשים. כבול מתפרק בקצב איטי יחסית לקוקוס ולקומפוסט ובכך מאפשר לשמור על מבנה יציב של המצע לאורך זמן. החיסרון של כבול הוא שאם הוא מגיע לנקודת אל חזור בה הוא מתייבש לגמרי, הוא מאבד את כושר אחיזת המים שלו והנפח שלו מצטמצם. ניתן להתמודד עם חיסרון זה על ידי ערבוב הכבול עם סיבי קוקוס, מה שמאפשר הרטבה מחודשת של הכבול לאחר התייבשותו. בנוסף, מדובר בחומר שנכרה בחו״ל ושכרייתו גורמת לנזקים סביבתיים. לצד מאפייני החומר האורגני, קצב ההתפרקות מושפע גם מתנאי האקלים, כשהתפרקות של חומר אורגני מתרחשת בקצב מהיר יותר באקלים חם ולח מאשר באקלים יבש או קריר.

בתחילת חיי הגג כדאי שתהיה כמות התחלתית מעט יותר גבוהה של קומפוסט בשל או הומוס, על מנת לפצות על החומר שעתיד להתפרק. יחד עם זאת, רצוי להיזהר מכמויות התחלתיות גבוהות מדי, שכן מצע עם תכולת חומר אורגני גדולה מדי עלול להיות קרקע נוחה לעשבים שוטים וחומרי הזנה לא מנוצלים עלולים להישטף עם מי נגר ולפגוע באיכותם. בגגות אקסטנסיביים הימצאותה של כמות התחלתית גבוהה מדי של חומרי הזנה גם עלולה לגרום לתנודות דרמטיות בהרכב הצמחים בגג, שכן לאורך זמן הם צריכים להתמודד עם מציאות של מיעוט חומרי הזנה במצע. בשל כך, השיעור המומלץ של חומר אורגני מתוך הנפח הכולל של המצע בגג אקסטנסיבי הוא בין 10- 20%.

<u>חומרים מינרליים</u>

החומר המינרלי, שיכול להיות טבעי או תעשייתי, הוא לרוב המרכיב העיקרי של המצע. החומרים המינרליים הנפוצים בישראל הם טוף, פרלייט ולייטסטון. פרלייט הוא סלע וולקני מיובא שעבר תהליך חימום והתפחה ההופך אותו לנקבובי מאוד ויחסית קל (בין 800-700 ק״ג לקוב במצב רווי). הוא חומר אינרטי, כלומר, בעל חומציות ניטרלית, אינו מכיל חומרי הזנה ואינו מפריע לקליטה של חומרי הזנה ממוססים על ידי השורשים. שימוש בפרלייט מקנה נקודות בתקן בנייה ירוקה ת״י 5281, שכן הוא בעל תו תקן ירוק. הוא מאופיין בתאחיזת מים גבוהה, שמאפשרת השהייה של מי נגר, שמירה על לחות המצע וחיסכון במים להשקיה, וכן במוליכות תרמית נמוכה בשל צבעו הלבן. חומר מינרלי נפוץ נוסף הוא טוף, סלע וולקני שנחצב בגולן או מיובא מחו״ל. בשונה מפרלייט, טוף הוא לא אינרטי, יש לו קיבול קטיונים חליפים (יכולת לספוח ולשחרר חומרי הזנה לצמחים) והוא מכיל חומרי הזנה. הוא כבד יותר מפרלייט (כפול במשקל במצב רווי), אך הוא יותר זול ממנו ולרוב דורש פחות שינוע ועיבוד. הן טוף והן פרלייט מגיעים בטווחי גדלי חלקיקים שונים, שמאופיינים בתאחיזת מים, תכן אוויר ומשקל שונים. בשל כך, הבחירה בטווח גדלי החלקיקים תהיה בהתאם לצרכי אגירת המים והאוורור של הצמחייה וכושר הנשיאה של הגג. בשונה מפרלייט וטוף, שהם מחצבים, לייטסטון הוא חומר ממוחזר העשוי מפסולת זכוכית. הוא חומר אינרטי, קל מאוד (80 ק״ג לקוב במצב רווי) והוא אינו אוחז מים, מה שמאפשר חדירת מים מהירה דרך המצע.

נקבוביות

לצד החומר האורגני והמינרלי, מאפיין שלישי של המצע היא הנקבוביות, שמוגדרת כיחס בין נפח החללים של חומר לנפח החומר הכולל. החללים האלה מהווים מקום לאוויר והתבססות של שורשים ומיקרואורגניזמים, הם אוגרים מים הזמינים לצמחים, שומרים על לחות המצע, ומאפשרים זרימה של מים וחומרי הזנה מומסים דרך המצע. הנקבוביות יכולה להשתנות לאורך חיי המצע עקב התפרקות החומר האורגני, דחיסה של חלקיקים על ידי מים ושורשים והתרחבות והתכווצות של חומרים אורגניים במהלך ההשקיה והייבוש. נקבוביות גבוהה של המצע חשובה להתפתחות בריאה של הצמחייה ויש לה השפעה ישירה על כושר השהיית הנגר של המצע והמוליכות התרמית שלו. לשם כך רצוי להשתמש בחומרים המינרליים והאורגניים שתוארו לעיל, שמאופיינים בנקבוביות כללית גבוהה (מעל 50%).

המצע יעמוד בדרישות הכמותיות הבאות:

- יש להגביל את שיעור החלקיקים עם קוטר קטן מ-0.063 מ״מ, כדי להימנע ממצע עם שטח פנים גבוה מדי ולשמור על מצע מאוורר עם מקום מספיק למערכת השורשים:
  - גג אינטנסיבי: קטן שווה ל-20%.
  - גג אקסטנסיבי: קטן או שווה ל-15%.
- נפח המים שנאגרים במצע לא יעלה על 65% מהנפח הכולל, על מנת למנוע הצפה של המצע. שיעור האגירה המינימאלי המומלץ הוא כדלהלן:
  - אינטנסיבי: גדול/שווה ל-45%
  - אקסטנסיבי: גדול/שווה ל-35%.
- כמות האוויר המינימלית בתנאי רוויה ממים לא תפחת מ-10% מנפח המצע
- רמת החומציות של המצע תהיה לרוב בטווח הבא: 5.5-7 pH. היא תיקבע באופן פרטני בהתאם לסוג הצמחייה וצרכיה.
- יש להקפיד על כמות מלחים מסיסים כמה שיותר נמוכה כדי למנוע זיהום סביבתי ופגיעה בצמיחה של הצמחים. כמות המלחים לא תחרוג מהערכים הבאים:
  - בגג אינטנסיבי: 2.5 גרם לליטר
  - בגג אקסטנסיבי: 3.5 גרם לליטר

מעל מצע הגידול מומלץ לשים שכבת חיפוי של כ-3-5 ס״מ מחצץ או טוף גס. החיפוי מונע העפה של מרכיבי מצע קלים וזרעי צמחים, אם יש, על ידי רוחות, תורם לבידוד התרמי של הגג, להגנה על המצע מפני תנודות חדות בטמפרטורה, לשמירה על לחות המצע ולמניעת צמיחה של עשבים.

דגשים להתקנה: בין ההתקנה להיקלטות הצמחייה צריך לדאוג שהמצע יישאר לח ולמנוע התייבשות.

צמחייה

בגגות אינטנסיביים אפשר באופן עקרוני לגדל מגוון רחב של צמחייה, כולל עצים ושיחים גבוהים, בהתאם לעומק המצע הרצוי, העומסים המותרים וכמובן שגם התקציב הקיים להקמה ולתחזוקה של הצמחייה. לעומת זאת, גגות אקסטנסיביים הם בתי גידול קשים לצמחים רבים בשל המצע הרדוד, זמינות נמוכה של מים וחומרי הזנה ותנודות בטמפרטורה של המצע. בשל כך, לגגות מסוג זה מתאימים צמחים עמידים שיכולים לעמוד בתנאים קשים. מאפיינים כלליים רצויים של צמחים

בגגות אקסטנסיביים הם: מקומיים, כוללניים (אינם רגישים מאוד לבית הגידול ספציפי), עמידים לחום, חשיפה ישירה לשמש ורוחות, זקוקים לתחזוקה נמוכה בלבד, דרישות לא גבוהות לחומרי הזנה, חסכוניים במים, מזריעים את עצמם, עמידים בפני מזיקים וזיהום עירוני, בעלי מערכת שורשים רדודה ואינם בעלי שורשים אגרסיביים. בתנאים אלה, בגגות אקסטנסיביים ניתן להשתמש בעיקר במינים מקומיים של צמחים עשבוניים חד שנתיים, סוקולנטים (צמחים בשרניים שמסוגלים לאגור מים בעלווה) רב שנתיים וגיאופיטים (בצלים מקומיים המסוגלים לאגור מים וחומרי הזנה במהלך החורף) קטנים ובינוניים[2]. בגגות חיים עומק המצע העבה יחסית מאפשר שתילה גם של גיאופיטים גבוהים[3].

מחקרים שנערכו בשנים האחרונות בישראל מלמדים על התרומה של מיני צמחים ספציפיים לתועלות סביבתיות של גגות אקסטנסיביים. עוד הם מראים כי אין הרכב צמחים אופטימלי למימוש כל תפקודי הגג הפוטנציאליים, שכן קבוצות צמחים שונות ממלאות פונקציות שונות ולפעמים קיימת ביניהן תחרות שפוגעת בתרומה של כל אחת מהן למימוש התועלות הרצויות.

התועלות הסביבתיות העיקריות שנחקרו בישראל הן בידוד תרמי, קיבוע פחמן, השהיית מי נגר, יצירה של מגוון ביולוגי ותרומה לתפקוד של פאנלים סולאריים. לשלוש התועלות הראשונות נתייחס בקצרה בחלק זה, ואילו לשתיים האחרונות נתייחס בהרחבה בחלקים נפרדים.

<u>בידוד תרמי</u>

גגות ירוקים יכולים להפחית את הטמפרטורה בקומה העליונה של המבנה וכתוצאה מכך לצמצם את צריכת האנרגיה הנדרשת לקירורה (אגרא ומלקינסון 2022). תועלת זו מושגת בשל שילוב בין מספר גורמים: צמצום הגעת קרני שמש למצע באמצעות הצמחייה, צמצום העברת חום מהמצע לגג בשל עובי המצע ותכונות הולכת החום שלו ותהליכי אידוי שמקררים את המצע. שוייצר וארל (2014) מצאו בניסוי שלהם על גג ירוק מושקה שאפקט הקירור הוא בעיקר בזכות סיכוך מעלי הצמחים, שמפחית את הקרינה המגיעה לאדמה. ביחס לגורם זה, לתהליכי האידוי (בתנאי השקיה מינימאלית) ועובי המצע הדק היו השפעה פחותה. מבין הצמחים שהם בדקו, הם מצאו שאפטניה לבובה, צמח כיסוי רב שנתי, היא יעילה במיוחד בקירור ביחס לכמות ההשקיה שהיא דורשת.

מין נוסף שנמצא כיעיל בקירור הגג הינו הצורית הגבוהה. הצורית הגבוהה מתאימה במיוחד לגגות אקסטנסיביים באזורים עם אקלים ים תיכוני בשל עמידותה לתנאי יובש ויכולתה לשרוד את הקיץ מבלי להזדקק להשקיה. מחקרים מראים שמאפייני צמחים התורמים לקירור הם אלבדו גבוה, שערות על העלים, עלים עבים יחסית, שטח עלה גבוה, כיסוי וגובה גבוהים יחסית. רבים ממאפיינים אלה קיימים אצל הצורית הגבוהה. מלבד אפקט ההצללה שלה, היא תורמת לקירור הגג גם על ידי כך שהיא מסייעת לשמירה על לחות המצע בחודשי הקיץ (Schindler et. al. 2019).

צורית גבוהה – Sedum Sediforme (Jacq.) Pau

---

[2] בגגות מושקים, יש לשים לב לכך שגיאופיטים מסוימים עלולים להיפגע על ידי השקיה במהלך הקיץ.

[3] ניתן למצוא מידע לגבי מאפיינים של מיני צמחים מקומיים ספציפיים ותפוצתם באתרים *צמחיית ישראל וסביבתה* https://flora.org.il/ ו-*BioGis – Israel biodiversity website* https://biogis.huji.ac.il/

צמח רב שנתי בשרני שצומח באקלים ים-תיכוני. הוא בעל מערכת שורשים רדודה והוא יכול לשרוד את חודשי הקיץ עם השקיה מועטה ואף ללא השקיה בזכות מסלול הפוטוסינתזה שלו (CAM), שהוא חסכוני במים. הצורית פורחת בחודשים יוני-יולי וצבע הפרחים שלה הוא צהוב[4].

<u>קיבוע פחמן</u>

צמחים חד שנתיים ובמיוחד מינים של תלתן, מקבעים כמויות משמעותיות של פחמן במסגרת תהליכי פוטוסינתזה ומסייעים להפחתת ריכוזו באוויר. אפקט זה לא קיים בחודשי הקיץ, שאז מתים החד שנתיים. לעומת זאת, קיבוע הפחמן של צורית לבדה הוא לא משמעותי בחורף ובקיץ הוא אפילו יכול להיות שלילי בהעדר השקיה. שילוב בין חד-שנתיים לצורית פגע מעט בקיבוע הפחמן. (Agra et. al. 2017).

<u>השהיית מי נגר</u>

צמחים חד שנתיים תורמים לשיפור כושר השהיית מי הנגר של המצע על ידי ספיגה מהירה של הלחות שהוא מכיל בין אירועי גשם (Vasl et. al. 2017).

שתילה וזריעה

בתכנון פרוגרמת השתילה והזריעה יש לזהות אזורי צימוח מתאימים לפי חשיפה לשמש והצללה ולאחר מכן לסמן אותם לצורך בקרה.

בגגות אקסטנסיביים ניתן להיעזר בכללי האצבע הבאים לגבי זריעה ושתילה. בכל אופן, מומלץ להיוועץ באדריכל נוף או בספק זרעים בעל ניסיון בגגות ירוקים:

- זריעה של 1000 זרעים למ״ר – 20 מינים, 50 זרעים למ״ר לכל מין תביא לצפיפות נביטה טובה ועושר מינים גבוה. אם רוצים להבטיח שגשוש של מינים מסוימים, ניתן לשנות את מספר הזרעים בהתאם לאחוזי הנביטה שלהם. על מנת להימנע מתחרות שעלולה להביא בסופו של דבר לדומיננטיות של מספר מינים, מומלץ לא לזרוע יותר מ-3000 זרעים למ״ר.
- לחלופין, כאשר הזרעים נמכרים לפי משקל, ניתן להשתמש בכלל האצבע הבא: זריעה של גרם אחד של זרעים למ״ר. יחד עם זאת, יש לשים לב לכך שבגרם אחד יכול להיות מספר זרעים שונה, בהתאם למין הצמח.
- מומלץ לערבב את הזרעים עם חול (חול בניין פשוט מספיק), שכן החול מאפשר פיזור בצורה אחידה.
- מוצע לשתול 40-50 גרם ייחורים (כ-12 נצרים) של צורית גבוהה למ״ר.

בגגות אינטנסיביים, כאשר נשתלים עצים ושיחים גדולים, ייתכן ויידרשו אמצעים מיוחדים להבטחת עיגונם.

יצירת מגוון ביולוגי

תכנון של גגות ירוקים להכלה של מגוון ביולוגי של חי וצומח יכול לפצות על אובדן בתי גידול טבעיים עקב פיתוח ולתרום ליצירת שירותים אקולוגיים שונים. גגות ירוקים יכולים להציע

[4] למידע נוסף, ראו: https://flora.org.il/plants/SEDSED/#moreinfo

מקומות מסתור, מחסה ורבייה ומקורות מזון לבעלי חיים ולהוות בתי גידול לא מופרעים (במיוחד בגגות אקסטנסיביים) באמצע מרחבים עירוניים. כן ניתן לשחזר על הגג את אזור המחייה של מינים מסוימים שרוצים לשמר במיוחד. מגוון של צמחייה (מגוון ברמת המינים, המשפחות והסוגים) משחק תפקיד מרכזי במשיכת בעלי חיים ומחקרים מהעולם מראים שיש לו גם השפעות חיוביות על תפקודים אקולוגיים, כגון השהיית מי נגר, בידוד תרמי של הגג, צמצום ההתבססות של מינים פולשים וסינון מזהמים.

קיומו של מגוון צמחייה מלווה בדרך כלל בשונות בגובה הצמחייה וכיסוי צמחי גבוה יותר, דבר המספק מקומות מסתור ומקורות מזון מגוונים לבעלי חיים. ניתן גם ליצור מקומות מסתור מטורפים או מכפור על ידי בנייה של תלי אדמה קטנים, הנחת חלקי עץ מת ומערומי אבנים. יצירת שונות בגובה המצע במקומות שונים בגג צפויה להגביר את מגוון המינים אשר יתאימו לבתי הגידול השונים שייווצרו. עוד חשוב להשתמש בצמחייה מקומית, אשר תואמת את סביבת המחייה הטבעית של בעלי החיים. כך למשל, בגגות חיים שהוקמו בתחנה לחקר ציפורים ומרכז מנדל בירושלים נשתל מגוון גדול של חד שנתיים, גיאופיטים ורב שנתיים מקומיים, עם כמויות גדולות של פרטים מכל מין, שמושכים מינים שונים של ציפורים, פרפרים, דבורים, חרקים מאביקים ואף זוחלים. בעונה היבשה, כשצמחים חד שנתיים קמלים, מספר החרקים בגג פוחת, אך תכנון מערכת הצמחייה למשרעת פריחה רחבה ככל הניתן תביא לנוכחות של חרקים בגג לאורך חלק גדול מהשנה בהתאם למחזור הפעילות של רוב חרקי הבר בישראל. לשם כך מומלץ לשתול מינים שפורחים מוקדם בעונה (כמו ציפורנית מצרית), כדי להבטיח פריחה במקרים של יובש במהלך העונה הגשומה, ומינים שפורחים מאוחר (כמו עוקץ עקרב), שינצלו גשמים מאוחרים.

גורם נוסף שמשפיע על מגוון החרקים על הגג הוא הקישור לבתי גידול אחרים בסביבה הקרובה, הן מבחינת מרחק אווירי והן מבחינת גובה הגג מעל פני הקרקע. מספר מחקרים הראו כי מרחק גדול יותר משפיע לרעה על מגוון החרקים על הגג וכי גובה הגג משפיע על הימצאותם של מיני חרקים מסוימים (Dromgold et. al. 2020, Blank et. al. 2017). בעוד שהמחקר בנושא אינו מספק ממצאים חותכים, סביר להניח שהפוטנציאל של גגות להוות בתי גידול למגוון בעלי חיים יכול להיות ממומש בעיקר בגגות נמוכים שנמצאים בקרבה לבתי גידול אחרים.

גגות אקסטנסיביים (למעט גגות חיים) מאופיינים לעיתים במגוון צמחייה נמוך יחסית בשל תחרות על המשאבים המצומצמים שמכיל המצע. על מנת להתמודד עם אתגר זה, יש לתת תשומת לב מיוחדת לתכנון פרוגרמת השתילה/זריעה. צריך לשים לב לתחרות בין צמחים ולוודא שאין בגג צמחים המשחררים חומרים שמעכבים נביטה של צמחים אחרים ושאין מינים פולשים או שילובים שמונעים מצמחים מסוימים משאבים חיוניים כמו אור, חומרי הזנה, מים ומקום. עוד מומלץ לצמצם את השימוש בצמחים ממשפחת דגנים (כמו שעורה וברומית) שנוטים להתפשט ולא מושכים מאביקים. מנגד, מומלץ להשתמש בצמחים שמעשירים את הקרקע, למשל מינים ממשפחת הקטניות, שמקבעים חנקן.

השקיה - שיטות ותכנון לחיסכון במים

מספר ימי הגשם בישראל נע בין 60-70 בצפון הארץ ו-40-50 במרכזה, כש-75% ממסת הגשם יורדת בחודשים דצמבר-פברואר[5]. משמע שבשאר הזמן הזמינות של מים לצמחייה בגגות ירוקים תלויה בקיבולת אגירת המים הזמינים לצמחייה של הגג הירוק ו/או בהשקיה מלאכותית. גגות אקסטנסיביים מתוכננים באופן שמצריך השקיה מועטה בלבד, או שכלל אינו מצריך השקיה. בגגות חיים השקיה מלאכותית אף עלולה לפגוע במטען הזרעים המקומיים ובבצלים המצויים בתרדמת קיץ. לעומת זאת, גגות אינטנסיביים כוללים צמחייה שזקוקה להשקיה מלאכותית שוטפת כדי לשרוד.

בגגות ירוקים הדורשים השקיה מלאכותית ישנה חשיבות לתכנון לחיסכון במים. ניתן לצמצם את צריכת המים על ידי בחירה בצמחייה שלא זקוקה להרבה מים (ראו פרק צמחייה), שיפור כושר אגירת המים של מצע הגידול ומערכות להשהיית מים (ראו פרק שכבת הניקוז ופרק מצע הגידול) ותכנון מערכת ההשקיה. חיסכון במים להשקיה אף נדרש לפי חוק - לפי כללי המים – סעיף 8ד (השקיית גנים), בגינות מעל 50 מ״ר, נדרשת מערכת השקיה אוטומטית חסכונית מים.

<u>מערכות השקיה</u>

ישנן מערכות השקיה אוטומטיות חכמות שיודעות להשקות אזורים מסוימים בכמויות מים שונות ובזמנים שונים, לפי דרישות הצמחייה באותו האזור, תנאי הקרקע והאקלים. אפשר לשלב במערכת גם חיישנים לאיתור נזילות.

אמצעי השקיה נפוץ בגגות הוא טפטפות, אשר מאפשרות שחרור ממוקד של מים לצמחים. הצנרת יכולה להיות מונחת מעל או מתחת לאדמה. במצעים בהם המים מחלחלים מהר, ייתכן שיהיה צורך להניח את הצנרת בצורה צפופה, כדי שהמים יגיעו לשורשי כל הצמחים. טפטפות המונחות מתחת לאדמה משחררות מים ישר לשורשים ובכך מצמצמות אובדן מים דרך התאדות. במקרה זה צריך לסמן את מיקומם לצורך תחזוקה. החסרונות של שיטה זו הם ששורשים עלולים לסתום את הטפטפות, אם לא ממקמים אותן נכון, ואיתור ותיקון נזילות הוא מורכב יותר.

אמצעי השקיה נוסף הוא ממטרות. ממטרות יכולות לפזר מים בצורה רחבה יותר מטפטפות, אבל יש להביא בחשבון רוחות שעלולות לפגוע באחידות הפיזור של המים ולגרום לאיבוד מים. ניתן לצמצם את הסכנה הזאת באמצעות המטרה של טיפות גדולות יותר, שפחות מושפעות מהרוח. כמו כן, יש לוודא שהממטרות לא מתיזות על מעברים ומתקנים הנדסיים.

<u>מקורות מים חלופיים</u>

לאור הצורך לחסוך במים והמחיר הגבוה של מים שפירים, ניתן לשקול שימוש במקורות מים חלופיים בתנאים מסוימים. מי מזגנים יכולים באופן פוטנציאלי לאפשר לצמחייה לשרוד את הקיץ. הם נקיים לגמרי ממלחים ולכן מאטים את המלחת הקרקע. עם זאת, הם זמינים בעיקר בקיץ וגם אז לא ניתן לסמוך על כמות סדירה שלהם. בנוסף, מי מזגנים אינם מכילים חומרי הזנה שחשובים לצמחים. מקור מים חלופי נוסף, שעולה בספרות המקצועית ובפרסומים של חברות מסחריות, הוא מים אפורים. כרגע נושא השימוש במים אפורים בבתים פרטיים אינו מוסדר ומשרד הבריאות

[5] https://www.gov.il/he/departments/general/rainfallinisrael [כניסה אחרונה ב-18/09/2022]

מתנגד לו. ככל והשימוש בהם כולל אגירה, אזי נדרש טיפול ראשוני באמצעות מכשירים מיוחדים שהתחזוקה שלהם היא מורכבת. מים אפורים שהיו במתקן אגירה, בו יכולים להתפתח חיידקים, גם לא מתאימים להשקיה של צמחים לצריכה על ידי בני אדם, כמו צמחי תבלין ובגגות אקסטנסיביים יש יותר סיכון של הצטברות מלחים מהשקיה במים אפורים. בעיה זו מוחמרת בתנאי אקלים של חום כבד, קצב אידוי גבוה ומעט גשם, שכן המלחים לא יישטפו החוצה מהמצע.

לבסוף, שתילה/זריעה לקראת הגשמים הראשונים מאפשרת לנצל את הגשמים לחיסכון במים בתקופת היקלטות הצמחייה.

תחזוקה – פעולות נדרשות ותדירותן

גגות ירוקים צריכים להיות מתוחזקים לאורך חייהם, כשסוג פעולות התחזוקה ותדירותן משתנה לפי סוג הגג הירוק, מטרותיו וגודלו, צורת הזריעה/שתילה, סוג הצמחייה. גגות אקסטנסיביים זקוקים לתחזוקה מינימאלית ולאחר תקופת הקליטה של הצמחייה, לרוב נדרש רק ביקור או שניים בשנה כדי לוודא שפתחי הניקוז פנויים מלכלוך. לעומת זאת, גגות אינטנסיביים דורשים תחזוקה תכופה יותר, בדומה לזו שנדרשת בגינות. הפעולות ותדירותן ייקבעו על ידי בעל מקצוע באופן ספציפי לכל גג.

סוג פעולות התחזוקה ותכיפותן גם משתנה לפי שלבי ההתפתחות של הצמחייה, כשניתן להבחין בין שתי תקופות עיקריות מבחינת תחזוקה: תחזוקה עד שהצמחייה נקלטת ותחזוקה לטווח הארוך. תקופת הקליטה מתייחסת לזמן שבו הצמחייה מתאקלמת לתנאים של הגג, מגיעה לגודל מינימאלי רצוי ומפתחת מערכת שורשים בריאה. תקופה זו אורכת כשנה ובמהלכה נדרשת תחזוקה רבה יחסית ולאחר מכן דרישות התחזוקה פוחתות כמצוין לעיל.

יש לתכנן את הגג הירוק באופן שיאפשר את ביצוע התחזוקה באופן בטוח ומבלי לפגוע בשכבות הגג השונות. בין היתר, יש להתקין אמצעי הגנה נגד נפילה ולבנות דרכי גישה שמתאימים למעבר בני אדם וציוד.

בטבלה שלהלן מובאות פעולות תחזוקה שעשויות להידרש בגג ירוק, לפי סוגו:

פעולת תחזוקה	אקסטנסיבי	אינטנסיבי
הסרת צמחייה לא רצויה וצמחייה מתה	-*	V
בדיקת תקינות מערכת ההשקיה והתאמת כמות ההשקיה הדרושה לעונה	-*	V
דישון	-	V
שמירה על גבולות יציבים ורצועות בטיחות ודרכי גישה פנויות	V	V
הצפת המצע לצורך שטיפת מלחים	-	V

גיזום ו/או דילול	-	V
טיפול באמצעי קיבוע וייצוב של עצים	-	V
בדיקת פתחי ניקוז והסרת לכלוך	V	V

*בגגות אקסטנסיביים עם מערכת השקיה עשויה להידרש הסרה של צמחים פולשים בקיץ ונדרשת תחזוקה של מערכת ההשקיה.

גג ירוק משולב עם פאנלים סולאריים

לאור הדגש הגובר שישראל ומדינות אחרות בעולם שמות על מעבר לאנרגיות מתחדשות וחיסכון במשאב הקרקע, נראה שגגות ישמשו יותר ויותר לייצור חשמל באמצעות פאנלים סולאריים שיוצבו עליהם. על פני הדברים נראה שמגמה זו תבוא על חשבון היכולת להקים גגות ירוקים, אך מחקרים שנערכו במדינות שונות הראו כי ניתן לשלב בין גגות ירוקים לפאנלים סולאריים וכי הדבר אף יכול לתרום לשיפור התפוקה של הפאנלים הסולאריים. היעילות של פאנלים סולאריים יורדת ב-0.025% לכל מעלה מעבר לטמפרטורה של 28 מעלות, אך גגות ירוקים יכולים לתרום בתנאים מסוימים להורדת הטמפרטורות על הגג (Schindler et. al. 2018).

בישראל המחקר בתחום עוד בחיתוליו והמחקר העדכני ביותר על הנושא נערך על ידי שינדלר ואח׳ ב-2018. החוקרים בדקו את ההשפעות ההדדיות של פאנלים סולאריים וגג ירוק אקסטנסיבי לא מושקה. הם מצאו שהגג הירוק לא השפיע על יעילות הפאנלים הסולאריים ושיערו שהדבר נובע מכך שבקיץ, כשהפאנלים הכי חמים, לא מתרחש מספיק אידוי-דיות כדי להוריד את הטמפרטורה באזור הפאנלים. מכאן הם הסיקו שכדי להשיג את התועלות של קירור הפאנלים, יתכן שיהיה זה הכרחי להשקות את הגגות בקיץ. הם המליצו לבחון את העלות מול התועלת של השקיה בקיץ וציינו כי מחקר שנערך בסינגפור מצא שמבחינת עלות-תועלת סביבתית, גג ירוק עם פאנלים סולאריים שמושקה בקיץ עדיף על גג רגיל עם פאנלים סולאריים.

עוד מצאו החוקרים שלפאנלים הסולאריים הייתה השפעה קלה על הצמחייה. נמצאה צמיחה מוגברת של צורית באזורים שבין פאנלים ומתחתם והתארכות של משך הפריחה של חד שנתיים שהיו מתחת לפאנלים. לצד זאת, ראוי לציין כי בשילוב בין פאנלים סולאריים לגגות ירוקים, יש לבחור צמחייה שיכולה לשרוד בצל הפאנלים ואינה זקוקה לאור ישיר. על מנת להימנע מהצללה של צמחייה על הפאנלים, חשוב לבחור בצמחייה נמוכה ושהקצה התחתון של פאנלים יהיה לפחות 20 ס״מ מעל המצע.

הצמחייה אמנם לא שיפרה את יעילות הפאנלים הסולאריים, אך המחקר מראה שניתן לשלב בין גגות ירוקים אקסטנסיביים לא מושקים לפאנלים סולאריים וכי לא מדובר בשימושים שבאים אחד על חשבון השני. השימוש הכפול בגג מאפשר לממש תועלות מרובות במקביל וכאשר קיימת השקיה, הצמחייה אף עשויה להעצים את היעילות של הפאנלים.

מחקר של חברת גיאו-טבע (2020) על שילוב בין פאנלים סולאריים וצמחיית כיסוי חקלאי (גרניום לימוני) וצמחיית כיסוי משתרע (דיכונדרה וסיגלית אוסטרלית) מצא שיפור של אחוז אחד בייצור

החשמל בשעות האור. השיפור המרבי היה בשעות השיא בחלקת ניסוי עם פאנלים גבוהים מעל הדיכונדרה - 1.6%. החוקרים מצאו שהגורם העיקרי לשיפור הוא הצמחייה בין הפאנלים, שפלטה והחזירה פחות קרינה, ואילו להבדלים בטמפרטורת האוויר הייתה פחות השפעה. מחקר זה אמנם לא נערך על מצע מנותק לא מושקה כמו בניסוי של שינדלר ואח', אך הוא מעיד על התרומה של כיסוי צמחייה גבוה והשקיה לשיפור פעילותם של פאנלים סולאריים. בגגות אקסטנסיביים ניתן לבחון שימוש בצמחיית כיסוי המאופיינת ביעילות גבוהה בקירור ביחס לכמות ההשקיה שהיא זקוקה לו. דוגמה לכך היא האפטניה הלבובה, צמח עמיד שיכול להתקיים גם בתנאי צל חלקי.

השילוב בין פאנלים סולאריים לגגות ירוקים דורש התייחסות מיוחדת בתכנון, ההקמה והתחזוקה של הגג:

- ראשית כל, בעת בדיקת ההיתכנות יש לבחון האם הגג יכול לשאת את המשקל המשולב של הפאנלים והגג והאם נדרשת התאמה של מאפייני הגג הירוק כדי לעמוד בעומס המותר.
- ניתן לעגן את הפאנלים לשכבות ניקוז מתאימות, כשהמסה של המצע משמש גם היא לייצוב. אפשרות זו כפופה לבדיקת עומסי רוח על ידי קונסטרוקטור, להתאמה של שכבות הגג הירוק לעומס הנוסף שיופעל עליהן ולצורת העיגון של השכבות. עיגון הפאנלים למערכת הגג הירוק הוא חלופה טובה ופשוטה יותר לעיגון ישיר בגג, שחודר את האיטום, או לעיגון באמצעות משקולות בטון, שמוסיף משקל רב ויוצר אתגרי ניקוז ואיטום.
- הפאנלים זקוקים לתחזוקה תכופה, מה שמחייב התקנה של אמצעים להגנה מנפילה ושמירה על מרחק מקצה הגג ובין שורות הפאנלים.
- מדריך ה-GRO הבריטי ממליץ על מינימום 100-75 ס"מ בין שורות פאנלים עבור תחזוקה וכדי שהפאנלים לא יצלו אחד על השני.
- צריך להניח את הכבלים והציוד השונה באופן שמקל על התחזוקה.
- בשלב ההקמה יש לתאם בין מועדי התקנה למועדי שתילה/זריעה, כדי לא לפגוע בהתפתחות הצמחייה.

מחשבון השהיית מי נגר

המחשבון מאפשר למשתמש/ת להזין נתונים לגבי הגג הירוק המתוכנן ולקבל מידע לגבי פוטנציאל השהיית מי הנגר של הגג, כושר השהיית הנגר בפועל ומשקל הגג. בעזרת מידע זה ניתן יהיה להבין את התרומה של גגות ירוקים לעמידה בדרישות של רשויות התכנון בנוגע לניהול מי נגר בתחום המגרש.

ראשית, בהינתן המיקום הגיאוגרפי, שטח הגג וספיקת היציאה המתוכננת, ניתן יהיה לדעת מה נפח המים שהגג צריך להחזיק.

שנית, בהינתן מפרט בסיסי של שכבות הגג, הכולל את כושר תאחיזת המים של המצע במצב קיבול שדה ואגירת המים של השכבות האחרות, ניתן לדעת מה נפח המים שהגג יחזיק בפועל והאם הוא עומד בדרישה לגבי כמות הנגר שהוא אמור להחזיק.

לבסוף, בהינתן מפרט בסיסי של שכבות הגג ניתן יהיה לדעת מה משקל הגג הירוק והאם הוא עומד בכושר הנשיאה של גג המבנה.

ביבליוגרפיה

מקורות בעברית

אגרא, הראל ומלקינסון, דן (2022). יעילות הקירור של גג אקסטנסיבי מושקה בתנאי אקלים בישראל: חקר המקרה של בניין עיריית חיפה. *אקולוגיה וסביבה* 13(1): 69-66.

ארגון גג (ל.ת). *מדריך חלוצי הגגות*.
https://sway.office.com/RRyDUdHdtF8su33N?fbclid=IwAR0bvF7IJuz8iUX17yqB2ng-gWTQIIr3CS42CRzbSsMKeexTapD1AyF46Ds

בלבן, עמיר וגזית, עינת (2014). *המדריך לגגות חיים*. החברה להגנת הטבע ומשרד החקלאות ופיתוח הכפר.

וסל, עמיאל, לוי, שי, קדס, ג'יונג'יבר, בלאושטיין ליאון (2021). השפעת מאפיינים שונים על תפקוד גג ירוק אקסטנסיבי בישראל, *אקולוגיה וסביבה* 12(1).

לוי-בנימיני, שירה, בארי, שלומית, קוץ, אריה, דילמניאן, צדף, הוד, עידית והיימן, בנג'י (2008). *מסמך מדיניות להקמה ותחזוקה של גינות על גגות וחזיתות. חלק א': רקע מדעי*. הוכן עבור עיריית ירושלים.

ליף, ג'וליאן (2021). *התייעלות אנרגטית במתקנים פוטו-וולטאים באמצעות כיסוי קרקע צמחי*.

מנהל התכנון (2021). *מסמך מדיניות ניהול נגר עירוני*.

עיריית תל אביב-יפו (2022). *דף מידע: גגות מועילים בעיר תל אביב-יפו*.

צרפתי, מיכל וספרן, רינת (עורכות) (2018). *קיימות וסביבה ככלי פיתוח בשלטון המקומי: מדריך יישומי לרשויות המקומיות*.

מקורות באנגלית

Agra, Har'el, Klein, Tamir, Vasl, Amiel, Kadas, Gyongyver, and Blaustein, Leon (2017). Measuring the Effect of Plant-Community Composition on Carbon Fixation on Green Roofs, *Urban Forestry and Urban Greening* 24: 1-4.

Ampin, Peter A.Y, Sloan, John J., Cabrera, Raul I., Harp, Derald A., and Jaber, Fouad H. (2010). Green Roof Growing Substrates: Types, Ingredients, Composition and Properties, *Journal of Environmental Horticulture* 28(4): 244-252.

Barcelona City Council (2015). *Guide to Living Terrace Roofs and Green Roofs*.

Blank, Lior, Vasl, Amiel, Schindler, Brach Y., Kadas, Gyongyver J., and Blaustein, Leon (2017). Horizontal and Vertical Island Biogeography of Arthropods on Green Roofs: A Review, *Urban Ecosystems* 20: 911-917.

Dromgold, Jacinda R., Threfall, Caragh G., Norton, Briony A., and Williams, Nicholas S.G (2020). Green Roof and Ground Level Invertebrate Communities Are Similar and

Are Driven by Building Height and Landscape Context, *Journal of Urban Ecology* 6(1): 1-9.

FLL (2018). *Green Roof Guidelines: Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofs*.

GRO (2021). *The Green Roof Code: Green Roof Code of Best Practice Incorporating Blue Roof s and BioSolar Applications*.

Kinlock, Nichole L.,Schindler, Bracha Y., and Gurevitch, Jessica (2016). Biological Invasions in the Context of Green Roofs, *Israel Journal of Ecology & Evolution*, 62(1-2): 32-43.

Nachshon, Uri, Ben-Hur, Meni, Kurtzman, Daniel, Katzir, Roee, Netzer, Lior, Gusser, Guy, and Livshitz, Yakov (2021). Dynamic Release of Solutes from Roof Bitumen Sheets used for Rainwater Harvesting, *Water* 13, 3496.

Rowe, D. Bradley (2011). Green Roofs as Means of Pollution Abatement, *Environmental Pollution* 159(8-9): 2100-2110.

San Francisco Planning Department (2015). *Living Roof Manual*.

Salman, Ibrahim N.A and Blaustein, Leon (2018). Vegetation Cover Drives Arthopod Communities in Mediterranean/Subtropical Green Roof Habitats, *Sustainability* 10, 4209.

Schindler, Bracha Y., Blaustein, Leon, Lotan, Ran, Shalom, Hadar, Kadas, Gyongyver J., and Seifan, Merav (2018). Green Roof and Photovoltaic Panel Integration: Effects on Plant and Arthropod Diversity and Electricity Production, *Journal of Environmental Management* 225: 288-299.

Schindler, Bracha Y., Blaustein, Leon, Vasl, Amiel, Kadas, Gyongyver J., and Seifan, Merav (2019). Cooling Effect of Sedum Sediform and Annual Plants on Green Roofs in a Mediterranean Climate, *Urban Forestry and Urban Greening* 38: 392-396.

Schweitzer, Orna and Erell, Evyatar (2014). Evaluation of the Energy Performance and Irrigation Requirements of Extensive Green Roofs in a Water-Scarce Mediterranean Climate, *Energy and Building* 68: 25-32.

Vasl, Amiel and Heym, Amy (2016), Preserving Plant Diversity on Extensive Green Roofs – Theory to Practice, *Israel Journal of Ecology and Evolution* 62 (1-2): 103-111.

Vasl, A, Shalom, H, Kadas G.J, and Blaustein L. (2017). Sedum-Annual Plant Interaction on Green Roofs: Facilitation, Competition and Exclusion, *Ecological Engineering* 108: 318-329.

אתרי אינטרנט

צמחיית ישראל וסביבתה https://flora.org.il/

רשות המים https://www.gov.il/he/departments/water_authority/govil-landing-page

נספח א׳: מפרטים לדוגמה של גג ירוק

המפרטים שלהלן מהווים דוגמה בלבד ואינם מתיימרים לייצג מפרטים אופטימליים.

גג ירוק אקסטנסיבי על גג שטוח עם שיפוע של עד 2%

1. שכבת הגנה מכאנית
2. יריעת הגנה נגד שורשים
3. שכבת ניקוז בעובי 20 מ״מ עם קצב סילוק מים של 1.4 ליטר למטר בשנייה בשיפוע של 2%
4. שכבת סינון
5. מצע גידול בעובי 16 ס״מ שמורכב מ-80% פרלייט (0.6 מ״מ), 10% טוף (0-8 מ״מ), 10% כבול, 10% קומפוסט. לחלופין, ניתן להשתמש במצע בעובי 12 ס״מ שמורכב מ-80% טוף (0-8 מ״מ), 10% כבול ו-10% קומפוסט
6. שכבת חיפוי בעובי 2 ס״מ מחצץ ״שומשום״ 6-12 מ״מ
7. צמחייה: זריעה של 20 מינים חד שנתיים, 50 זרעים למ״ר מכל מין ושתילה של 50 גרם ייחורי צורית גבוהה למ״ר
8. צמחים חד שנתיים לדוגמה:

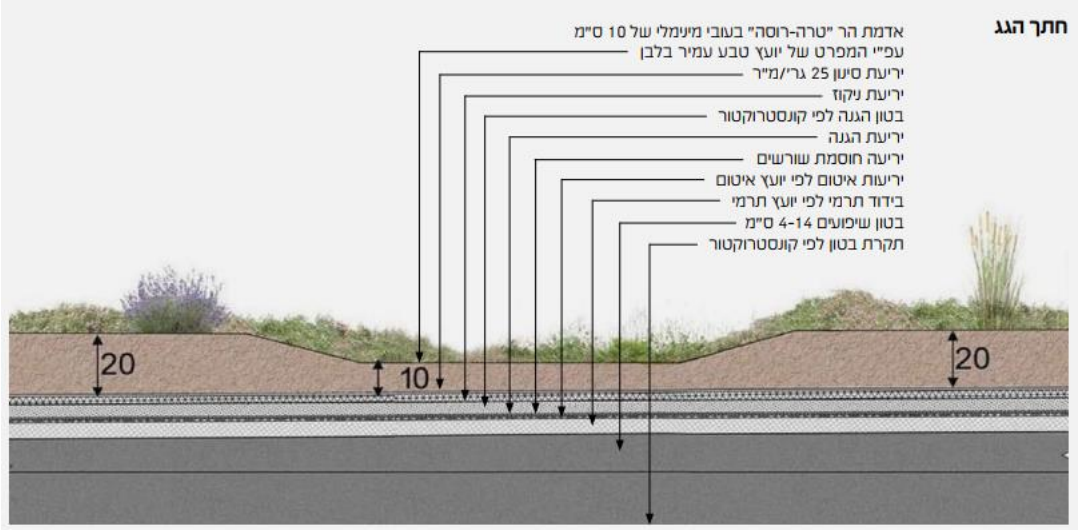
שם	פריחה	חבלי צמחייה
שפרירה קשקשנית	מרץ-מאי	ים תיכוני, בתות הספר
תגית מצויה	מרץ-מאי	בתות הספר, ים תיכוני
חלמית קטנת פרחים	פברואר-מאי	ערבות, ים תיכוני, מדבריות, בתות הספר
כרמלית נאה	ינואר-אפריל	ים תיכוני, החרמון
נורית המלל	מרץ-אוגוסט	ערבות, ים תיכוני, בתות הספר, החרמון
ציפורנית מצרית	ינואר-אפריל	החרמון, בתות הספר, ים תיכוני
חרצית עטורה	פברואר-מאי	בתות הספר, החרמון, מדבריות, ערבות, ים תיכוני
לפתית מצויה	ינואר-מאי	מדבריות, החרמון, בתות הספר, ערבות, ים תיכוני
פשתה שעירה	פברואר-מרץ	בתות הספר, ים תיכוני
תלתן הארגמן	מרץ-מאי	ערבות, בתות הספר, ים תיכוני, החרמון

9. המשקל של כל מערכת הגג הירוק יהיה עד 150 ק״ג למ״ר.

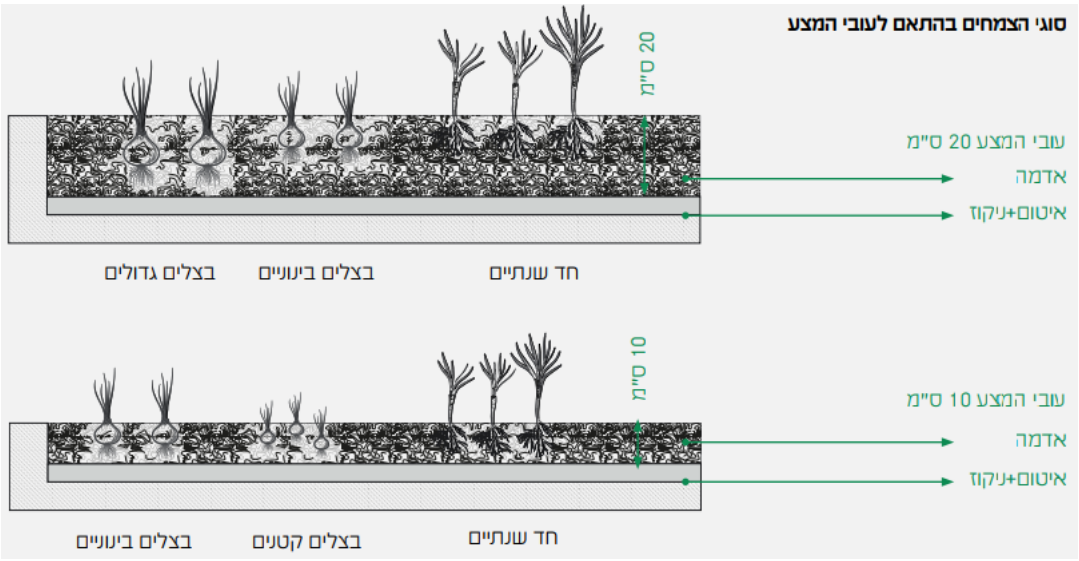
גג חי על גג מרכז מנדל בירושלים (באדיבות אדר׳ נוף ליאור לווינגר)

1. שטח הגג: 2,300 מ״ר
2. ניהול מי נגר: הגג יכול לנהל נגר בנפח של עד 130 מ״ק
3. ריהוט ביולוגי: גזעי עץ ומערומי אבנים

4. צמחייה: מעל 5,000 גיאופיטים, בהם 2,000 חצבים, 800 חבצלות קטנות פרחים, 700 כלניות, 500 נוריות, 600 פקעות של שום גבוה ושום האבקנים, 200 רקפות. כמו כן, נזרעו יותר מחמישים מינים חד-שנתיים ים תיכוניים ומאות צוריות.
5. חתך הגג:



6. סוגי צמחים בהתאם לעובי המצע:



7. מיני גיאופיטים מומלצים: בן חצב יקינתוני, שום האבקנים, לוף ארצישראלי, נרקיס מצוי, בן חצב החורש, חצב מצוי, כדן נאה, זמזומית מצויה.
8. מיני צמחים חד שנתיים מומלצים: חרדל השדה, דרדר כחול, ברוניקה מבריקה, דמדומית קטנת פרי, אספסת מצויה, פרג אגסני, חרדל לבן, מצילתיים מצויים.