

בבניינים היא משמעותית ולאור המאמצים הגלובליים להפחתת פליטות גזי חממה, מטרת הפחתת פליטות אלו מבניינים משמעותית. בנייה ירוקה היא אחת הדרכים להשגת מטרה זו.

הבניה הירוקה מיועדת ליצור סביבת מגורים בריאה ונוחה תוך הימנעות, ככל האפשר, מפגיעה במשאבים טבעיים ובאיכות הסביבה. לבניה ירוקה כמה עקרונות יסוד:

- שימור המשאבים הטבעיים באמצעות שימוש באביזרים חוסכי מים ואנרגיה.
- הקטנת הפגיעה בסביבה על ידי שילוב הבנייה בנוף, מזעור היקף עבודות העפר (חפירה או מילוי) ושימוש במקורות אנרגיה נקיים (רוח, שמש).
- הגדלת היעילות האנרגטית של הבית באמצעות ניצול מסה תרמית ובידוד תרמי לחסכון באנרגיה לצורך חימום או קירור ותכנון יעיל וחסכוני של השטח בבית וניצולו (אור/צל).
- בניית המבנה בצורה כזו, שייכנס אור יום רב לבניין, כך שלא יהיה צורך להדליק תאורה מלאכותית באמצע היום.
- שיפור איכות האוויר על ידי בחירה מדוקדקת של חומרי בנייה בהתאם לתכונות כגון ייצור חסכוני באנרגיה, חומרים שאינם מתכלים (חציר, עץ וכו') או שניתנים למחזור (לרבות מרכיבים ממוחזרים) וחומרים שאינם גורמים לפליטת גזים רעילים לאוויר.

השפעות

השפעות סביבתיות

1. שיפור המגוון הביולוגי האורבני והגנה על המערכת האקולוגית באמצעות שימוש קרקע ברי קיימא^[דרושה הבהרה].
2. צמצום פסולת הבנייה וההריסה באמצעות שימוש חוזר ומחזור של חומרים בבניינים חדשים.
3. שיפור יעילות אנרגיה ויעילות שימוש במים תוך צמצום פליטות הפחמן באמצעות יישום אמצעים תכנוניים פסיביים ואקטיביים. נמצא שמבנים ירוקים לפי התקן האמריקאי LEED יכולים להגיע לחסכון אנרגטי של 28% בהשוואה לרמה הממוצעת הארצית.^[3]
4. הפחתת טמפרטורת הסביבה. כיסוי של 7% בירק בגגות עירוניים יכול להפחית את הטמפרטורה בקיץ בשתי מעלות צלזיוס.^[4]

השפעות כלכליות

השפעות אלה קשורות לשיפור ביצועי הבניין, בעיקר מבחינת מעגל חיי הבניין. בנייה ירוקה יכולה להביא לחסכון של עד 30% בצריכת האנרגיה בהשוואה לבניין קונבנציונלי. אומנם העלות של הקמת בניין ירוק גבוהה יותר בהשוואה לבניין קונבנציונלי, בטווח של 10%-0 מסך עלויות הבנייה,^[5] אך גם עלות האנרגיה של בניין קונבנציונלי היא גבוהה. החיסכון בעלויות בהפעלת ותחזוקת בניין ירוק מפצה על עלות הקמת מאפייני הבניין הירוק.^[3] עבור בנייני מגורים, במהלך 20 שנים ההחזר הכלכלי מבניין ירוק יהיה פי 4-6 גבוה יותר מפרמיית העלות הראשונית של הקמתו.^[6]

השפעות חברתיות

ההשפעות החברתיות כוללות אספקת סביבה בטוחה ובריאה לכלל הגורמים הרלוונטיים לרבות עובדי הבנייה, משתמשים ומפעילים, אשר יש להתחשב בה בתכנון הבניין.^[3] התכנון נעשה מתוך חשיבה על צרכים עתידיים של המשתמשים במבנה וסביבתו בכל ההיבטים הרלוונטיים הכוללים ומעודדים תנועה ואינטראקציה עם הסביבה והסובבים (למשל, מסחר, נגישות, מעברים ודרכים, פינות ישיבה ואווירה, עירוב שימושים ועוד).

השפעות בריאותיות

מחקרים מצאו כי הבריאות וכן הפרודוקטיביות יכולים להטיב הודות לתנאי הבניין הירוק. הפרודוקטיביות של אדם שעבר מבניין קונבנציונלי לבניין ירוק יכולה אף לעלות עד ל-25%.^[3]

מאפייני בנייה ירוקה

בניינים ירוקים מאופיינים בטביעת רגל אקולוגית קטנה, מזעור של צריכת מקורות (אנרגיה, חומר ומים) בכל משך השימוש של הבניין, מזעור הפסולת המיוצרת או לחלופין טיפול בחלקה, תוך שיפור איכות הסביבה הפנימית בבניין וזאת על מנת לוודא את רווחתם של הדיירים, את בריאותם ואת יצרנותם.^[7] כדי

להשיג את היעדים הללו נעשה שימוש באסטרטגיות תכנון "ירוקות" שכוללות אמצעים פאסיביים ואקטיביים שמצמצמים את השימוש באנרגיה, בעיקר אנרגיה לאקלום ולתאורה.

אמצעי תכנון פאסיביים

התייחסות למבנים עם [התייעלות אנרגטית](#) טובה. כלומר, בניית הבית וכיוונו יהיו בצורה כזו שידרשו כמה שפחות שימוש באנרגיה קונבנציונלית עבור חום או קירור ועוד. ישנם חמישה אלמנטים מרכזיים עבור סטנדרטים לאמצעים פסיביים:

- מעטפת הבניין לרבות בידוד המעטפת באמצעות קירות, חלונות, גג (כגון גג ירוק) ורצפה.
 - איטום, קרי איטום המבנה ומניעה של זליגת אוויר ממוזג אל מחוצה לו.
 - אוורור – תכנון עבור [אוורור מפולש](#), כגון [אפקט הארובה](#).
 - הימנעות מגשרים תרמיים. כלומר, בחירת חומר בנייה כגון מסה תרמית או לחלופין בידוד תרמי בהתאם לצורך.
 - תכנון נכון של יחס חלון-קיר לניצול התאורה הטבעית ולמניעת חדירת חום בקיץ.
- נוסף לכך ניתן לומר שהמיקום והפנייה של המבנה צריכים להיות אופטימליים כדי שינצלו כיווני השמש והרוח בצורה מיטבית.^[8]

אמצעי תכנון אקטיביים

אמצעים אלו הם למעשה אמצעים אשר המתגוררים במבנה צריכים ליישם. לדוגמה, בקנייתם מערכת מיזוג, יבחרו הדיירים במערכות מיזוג בעלות יעילות גבוהה, מערכות אוורור מאולצות, אמצעי הצללה דינמיים, נוריות "לד" (LED) אשר צורכות פחות אנרגיה ובעלות נצילות אנרגטית גבוהה.

להלן מפורטים מספר אמצעי תכנון של בנייה ירוקה. קיימים אמצעים תכנון נוספים אשר לא יפורט עליהם בעובדה זו.

אנרגיות מתחדשות בבנייה ירוקה

מערכת אקלום גיאותרמית

מערכת המבוססת על החלפת חום עם האדמה על ידי הזרמת מים במערכת צינורות סגורה.

יתרונה הוא בכך שטמפרטורת הקרקע קבועה. טמפרטורת הקרקע [ברמת הנדיב](#) למשל, עומדת על 21.7 מעלות צלזיוס.^[9] המערכת הגאותרמית בנויה מצינורות החפורים אנכית לעומקים של כמה עשרות מטרים באדמה וחוזרים בחזרה למבנה. החפירה יכול להיות גם אופקית לעומק של מספר מטרים, כתלות באופי הקרקע ובעומס החום הדרוש. בצינורות זורמים מים המתקררים או מתחממים (בהתאם לעונת השנה) על ידי האדמה עד לטמפרטורה של אותו מתווה קרקע אשר נע בין 17–23 מעלות צלזיוס.^[9] המים מושבים למבנה כדי לקררו או לחממו. ניתן ליישם מערכת צינורות גיאותרמיים במבנים חדשים ובמבנים קיימים.

על פי סוכנות הגנת הסביבה האמריקאית ישנו חסכון בעלויות האנרגיה שמופקת במערכת זו בין 25% ל-50% ביחס למערכות אחרות. השימוש במערכת זו מוריד את הביקוש לחשמל כמעט ל-1 קילואט לטון של הקיבולת. המערכת אינה פולטת חומרים מזהמים כגון [פחמן דו-חמצני](#) ואורך חי המערכת הוא כ-20 שנה.^[10]

יתרונות השימוש במערכות גיאותרמיות הן, בראש וראשונה שיפור הבריאות והפרודוקטיביות. שנית, חילוף החום המתבצע באדמה מבטל את הצורך ביחידת עיבוי חיצונית ולכן בעל ערך אסתטי ואקוסטי. שלישית, המערכת בטיחותית יותר, לנזילות, ריחות או סכנת השריפה.

גג ירוק

גג ירוק או גג מגוון הוא גג נושא צמחייה, המיושם על ידי הנחת תשתית המאפשרת אחיזה של חומרי הזנה ומים לצמחייה והגנה למבנה מפני חדירת שורשים ונוזלים. לגג ירוק ישנם יתרונות רבים:

- בידוד תרמי – שכבת האדמה על הגג מונעת את התלהטותו כתוצאה מקרינת שמש ישירה ותורמת בהפחתת טמפרטורת המבנה בכ-2.5 מעלות צלזיוס^[11] מהמחקר של לואי ומינור (2005) אשר ביצעו מדידות חום בקומה אחת מתחת לגג ירוק, ניתן לראות שהגג המגוון מפחית את חדירת החום ב-70-

90% בממוצע בקיץ וב-10-30% בממוצע בחורף, כתוצאה מכך הבידוד התרמי תורם ל**חיסכון באנרגיה**.^[12] מהמחקר של וונג ושות' (2003) אשר נעשה על גגות ירוקים בסינגפור ניתן להסיק כי גג עם דשא חוסך כ-10.5% באנרגיה, לעומת גג חשוף ללא צמחייה.^[12] עם זאת, החוקרים טוענים כי גג ירוק אינו תחליף למערכת בידוד.

- **בידוד אקוסטי** – המצע המגוון מהווה בידוד מרעשי הסביבה הנגרם מתנועת מכונות וכלי טיס, עד כדי הפחתה של כ-10 דציבלים.^[13] ככל שהמצע עמוק יותר יכולות הבידוד התרמי והאקוסטי גדולות יותר.
 - **מגוון ביולוגי** – גג ירוק מהווה ביוספירה המזמינה אליה ציפורים, פרפרים ובעלי חיים אחרים. הוא מסייע בשימור תחושת הטבע בעיר ובהעשרת המגוון הביולוגי.^[13]
 - השהיית **מי נגר** עילי והפחתת העומס על מערכות הניקוז בספיקת שיא – הגג הירוק מתנהג כשטח חלחול והשהייה של מי הנגר. נוצר איזון בהגעת מי הגשם אל מערכות הניקוז וכתוצאה מכך העומס עליהן מופחת ונמנעות הצפות וקריסות. כמות הנגר הנאצר בגג עומדת ביחס ישיר לעומק המצע.^[13]
 - סינון רעלים – צמחיית הגג מסננת רעלים ומזהמים מהאוויר וממי הגשם. היא סופחת מהאוויר פחמן דו-חמצני, גזים רעילים ומייצרת חמצן. סינון רעלים ממני הגשם מונע את הגעתם למי התהום.^[12]
 - צמצום תופעת **אי חום עירוני** – תופעה המוכרת במרחבים עירוניים צפופים המאופיינים בריבוי שטחים בנויים. משטחים בנויים המורכבים מחומרים אטומים וכהים כגון אספלט ובטון חשופים לקרינה במהלך היום, קולטים את החום ומשפיעים על עליית בטמפרטורות בתוכה. לעומתם, משטחים מגוונים מסייעים להוריד את הטמפרטורה בעיר.^{[11][4]}
 - ערך אסתטי – הגג הירוק הוא ניצול מושכל של גג סתמי ולמעשה הופך אותו לגינה אטרקטיבית בלב מרחב בנוי. כשטח ירוק הוא תורם לתחושת הרווחה של המשתמשים בו ושל הצופים אליו.
- ישנם גם חסרונות למערכת זו והם, ראשית, כוח אדם נוסף הדרוש לתמיכה במערכת. שנית, עלות ההשקעה הגבוהה יחסית לגג שאין עליו צמחייה יחד עם העלות האחזקה. מחקרים שנעשו בנושא מראים כי יעילות הגג הירוק בקיץ באזור המזרח התיכון נמוכה וכי המערכת אינה מספקת נוחות מלאה ויש צורך בקירור פסיבי נוסף.^[11]

- ערך חברתי- סביבתי בשטחים ירוקים במרכזים עירוניים

גגות צוננים

"גג צונן" הוא גג שפניו נשארים "צוננים" ביחס לטמפרטורת הסביבה או הטמפרטורה האופפת את הגג. בחירת חומרי הגמר של הגג מאפשרת לו להחזיר את קרינת השמש ולמנוע מעבר למבנה תחתיו. עם זאת, הגג תורם לצמצום הביקוש לאנרגיית קירור ודרישות של צריכת החשמל. החיסכון השנתי הקולקטיבי לקירור וחימום הוא 8.9%.^[14] מבחינת עומסי החום החיצוניים המשפיעים על המבנה, הגג הוא המרכיב החשוב ביותר במעטפת הבניין מבחינה תרמית. בישראל הגגות הנפוצים הם גגות שטוחים וגגות משופעים. מהבחינה התרמית (בהיבט של בנייה ותחזוקה), עדיפים גגות שטוחים אטומים בחומר בעל החזר סולרי על פני גגות אחרים.

יתרונות וחסרונות

יתרונות

מבנים ירוקים הם בריאים יותר בהשוואה למבנים רגילים. זאת בזכות גורמים כגון שימוש בחומרים שאינם פולטים מזהמים לאוויר, חומרים שאינם פולטים קרינה, אוורור טוב יותר, חשיפה גדולה יותר לתאורה טבעית ובידוד אקוסטי משופר. בנוסף, מבנה ירוק תורם לצמצום משמעותי של צריכת החשמל והמים וכתוצאה מכך עלויות התפעול של הבית פוחתות. כמו כן, מבנה ירוק הוא השקעה לטווח ארוך. מבנים אלו נמכרים במהירות רבה יותר ולרוב מחירים בשוק גבוה יותר ממבנים בעלי נתונים דומים שאינם ירוקים.^[3]

חסרונות

עלותה של בנייה ירוקה היא גבוהה מזו של בנייה קונבנציונלית בכ- 5-10%.^[4] על מנת להעניק לבניין את תו ה"בניין ירוק" עליו להיות מותאם לאקלים ותנאי סביבתו. כלומר, הממצאים להתאמה והסתגלות הבנייה היא לפי תנאי האקלים הנוכחיים ולא ניתן לדעת לאיזה קיצוניות זה יכול להגיע.^[3] הבנייה הירוקה צריכה לעקוב אחר עקרון "עדיפות פסיבית, אופטימיזציה וצעדים אקטיביים". כלומר, מתן עדיפות לצעדים פסיביים כפי שפורטו קודם לכן, על מנת להפחית את חימום הבניין, מיזוג האוויר ועומס התאורה. בנוסף, יש ליישם אמצעים אקטיביים כפי שפורטו גם הם קודם לכן. הדבר מצריך מיקוד בפיתוח הטכנולוגי של ניצול האנרגיה מתחדשת וחדשה, בהתייחס לכל השינויים המודרניים הקיימים ביום יום. אומנם הגדלת מודעות בעלי העניין בנושא הנ"ל תגדיל את המעוניינים אך ללא תמיכת הממשל הדבר אינו אפשרי.^[15]

בנייה ירוקה בעולם ובישראל

בנייה ירוקה בעולם

תקנים בינלאומיים

תקני הערכה של בנייה ירוקה הם התנדבותיים ולא מחייבים.^[3]

1. **התקן האמריקאי** – (LEED Leadership in Energy and Environmental Design) מדובר בתקן שאינו רשמי אלא מערך הסמכה פרטי. עם זאת, מדובר בכלי המדידה לבנייה ירוקה הנפוץ ביותר. הושק לראשונה בשנת 1998 על ידי המועצה האמריקאית לבנייה ירוקה. מאז ועד היום התקן עודכן בשנים 2005, 2009, 2014 ו-2018 על מנת להתאים לסוגי מבנים וסקטורים שונים כגון בנייה פרטית, בנייה מסחרית, מוסדות חינוך. השיפורים בגרסה האחרונה כוללים בין היתר התייחסות לחומרי בנייה, רשת חכמה, יעילות שימוש במים.^[16] הסמכה לתקן LEED כוללת חמש קטגוריות כגון צריכת האנרגיה ואיכות האוויר. על בסיס הקטגוריות השונות ישנה צבירה של עד 100 נקודות אשר יכולה להביא ל-4 דרגות ניקוד. בנוסף, ניתן לקבל נקודות בונוס בתחומים אשר אינם נכללים בפרקי התקן אלא בקטגוריה "יחודית" חדשנות בתכנון ובתפעול.^[17] כלומר, הניקוד המקסימלי שבניין יכול לקבל הוא 110 נקודות.
2. **התקן האוסטרלי** – (Green Building Council of Australia Green Star) GBCA: התייחסות לבנייה ירוקה ב-8 סוגי מבנים כגון מוסדות חינוך, משרדים, מבני תעשייה, מוסדות בריאות. ישנן 9 קטגוריות לדירוג הכוכב הירוק לפי התקן האוסטרלי הכוללות בין היתר ניהול, אנרגיה, תחבורה, מים. עבור כל קטגוריה ניתן ליישם מספר שיטות התורמות באופן שונה לניקוד. ישנן 3 דרגות כוכבים המהוות את דירוג הבניין כירוק-4, 5 או 6 כוכבים. 60% מהבניינים אשר עונים על התקן האוסטרלי הם בנייני משרדים.^[3]
3. **התקן האנגלי** – (BRE Environmental Assessment Method) BREEAM: התקן הראשון בתחום הבנייה הירוקה, אשר הושק בשנת 1990 והמהדורה האחרונה היא משנת 2016. כולל התייחסות ל-10 קטגוריות כגון ניהול, בריאות ורווחה, אנרגיה ותחבורה. גם עבור תקן זה ישנן דרישות בסיסיות על מנת לקבל דירוג כבניין ירוק. ישנם 6 דירוגים, כאשר הציון המקסימלי שבניין יכול לקבל הוא 150 נקודות.^[18] את דירוגי התקן ניתן לראות בטבלה 2.
4. **התקן הגרמני** – (The German Sustainable Building Council) DGNB: הושק לראשונה בשנת 2007 על מנת לקדם בנייה בת קיימא וכלכלית. המטרה היא ליצור סביבת חיים תואמת לסביבה, ידידותית לה ולמשאבים שלה וחסכונית. התקן כולל התייחסות לשישה נושאים בעלי היבטים סביבתיים, כלכליים, חברותיים ותפקודיים, טכנולוגיה, תהליכים ואיכות האתרים. בתוכנית השכונה העירונית אין קטגוריה נפרדת של "איכות האתר" מכיוון שהיא משולבת בכל הקריטריונים. גם עבור קבלת תקן זה ישנן דרישות מינימליות שיש ליישם.^[19]

מדיניות במדינות שונות בעולם

ארצות הברית

בדצמבר 2007 הקונגרס האמריקאי אישר למשרד הפדרלי לביצועי מבנים להוציא לפועל את התוכנית לעצמאות וביטחון אנרגטי הכולל התייחסות לניהול בר קיימא של מבנים ולקידום יעילות המבנים הפדרליים.^[20]

בקליפורניה הוחלט בשנת 2012 שכל מבני הציבור המוקמים על ידי המדינה יוקמו לפי סטנדרטים של בנייה ירוקה.^[21] החלטה זו התקבלה לאחר הערכה ריאלית שהראתה כי עלות של מבנה ירוק גבוהה רק במעט מעלות מבנה קונבנציונלי.^[22] החלטה זו כללה פירוט צעדים כדוגמת: הפחתת צריכת מים בלפחות 10% עד שנת 2015 ו-20% עד שנת 2020, בהשוואה לשנת 2010, הפחתות זהות בפליטת גזי חממה, כל שיפוץ שיתחיל אחרי שנת 2025 צריך להיות לפי תכנון "**נטו אפס אנרגיה**" וכך גם 50% מהמבנים החדשים שעיצובם יחל אחרי שנת 2020 ועוד.^[21]

סין

סין התפתחה במהירות מאז 1978 והיא נמצאת בשלב של עיור מהיר. בנייה ושיפוץ מבנים משיגה התפתחות רבה במאה ה-21, במיוחד בערים הגדולות והבינוניות. כתוצאה בלתי נמנעת, הבנייה של סין עומדת בפני הגברת האנרגיה וסוגיות סביבתיות בתהליך העיור.

הבנייה הירוקה לא קיבלה כל תשומת לב בסין עד המאה ה-21. בשנת 2003, בבייג'ינג, הוועדה של המשחקים האולימפיים פרסמה שהאתר האולימפי יבנה בבניה ירוקה. ובשנת 2006 אושר תקן הערכת הבנייה הירוקה כסטנדרט ארצי בסין. התקן שונה ב-2014, והסטנדרט החדש מיושם באופן רשמי החל מ-

1 בינואר 2015. ישנם 17 תקני בנייה ירוקים (כולל אלה בפיתוח) ברמה הארצית ועוד כ-50 ברמה הפרובינציאלית בסין. התקנים "מנסים" להתאים את עצמם לתקנים בינלאומיים, אך סין היא מדינה גדולה בעלת שטח ענק בו ישנם אזורים אקלימיים שונים לעיתים וכל אזור חייב להתאים את עצמו לתקן המקומי.^[15] עם זאת, אין מדיניות ספציפית עבור בניית בניין ירוק. מדיניות התמריצים של סין שמטרתה לקדם פיתוח של בנייה ירוקה אינה מספיקה.

צרפת

במסגרת תיקון נרחב של חוקי התכנון והבנייה, הייתה הצעת חוק המחייב הקמה של גגות ירוקים. החוק נדחה על ידי הפרלמנט הצרפתי בשל שיקולים הנוגעים לחוסר הבהירות סביב יעילות ההקמה של הגגות הירוקים והשפעתם על היבטים כלכליים, סביבתיים וחברתיים במשק הצרפתי. עם זאת, במחוזות מסוימים התקבלו החלטות מקומיות. למשל, בחבל איל דה פראנס יינתן סיוע למקומי גגות ירוקים, אשר כולל גם מענק של €45 לכל מ"ר של גג ירוק. במחוז רמות הסן הוחלט שתינתן גם סובסידיה של עד €48 על עלויות ההקמה לכל מ"ר של גג ירוק.^[22]

בנייה ירוקה בישראל

 ערך מורחב – [בנייה ירוקה בישראל](#)

תקן ישראלי לבנייה ירוקה

התקן הישראלי לבנייה ירוקה שמספרו 5281 הושק לראשונה בשנת 2005 וכלל התייחסות לבנייה חדשה במגורים ומשרדים בלבד.^[23] בשנת 2011 תקן זה עודכן ביוזמת המשרד להגנת הסביבה ומכון התקנים על למנת לייצר תקן לבחינה מהו מבנה ירוק באמצעות אמות מידה מדויקות. התקן החדש מורכב מסדרת תקנים החלים על מגוון סוגי בניינים, לרבות מבנים קיימים לשיפוץ.^[24] ישנם שמונה חלקים שונים לגרסת 2011 הכוללים דרישות כלליות, התייחסות למבני מגורים, התייחסות לבנייני משרדים, מוסדות בריאות ועוד.

בשנת 2016 התקן עודכן בשנית וכלל התייחסות חדשה למבני תעשייה חדשים וקיימים וכן התייחסות לבניינים שאינם מבני מגורים (כגון מוסדות חינוך ואחסון תיירותי).^[25] בנייני מגורים, ובנייני גרעין ומעטפת – בנייני משרדים (ששטחם גדול מ-500 מ"ר). האחרונים הם בניינים רבי קומות אשר בנייתם אושרה, אף שלא הושלמו בהכרח כל עבודות הגמר הפנימיות, חלוקות המשנה הקומתיות והתקנת המערכות הנדרשות לצורך אכלוסו הסופי, אך הושלמו בו אלמנטים שונים כגון לנועה אנכית (פירי מעליות וגרמי מדרגות); מרחבים מוגנים; חניות; שלד ומעטפת חיצונית.^[26] השינוי העיקרי בעדכון משנת 2016 לעומת 2011 מתבטא בהתייחסות למבני תעשייה.

לפי ת"י 5821 חלק 0 משנת 2016 ישנם מסלולי הערכה שונים לפי סוג הבניין: חדש, משופץ, ותוספת לבניין. בכל מסלול יש תנאי סף שונים, ניקוד מינימלי שונה, השטח המוערך שונה ולכן האישור שיינתן יהיה עבור השטח המוערך. חלק 2 לת"י 5281 מתייחס לבנייה ירוקה במבני מגורים.

מדיניות בנייה ירוקה בישראל

במסגרת ההתחייבויות של ממשלת ישראל בהצטרפותה לארגון ה-OECD, הממשלה הודיעה כי "תפעל לקידום אסטרטגיה מקיפה להפחתת פליטות, לרבות מדיניות לניהול אנרגיה, וכן קביעת יעדים וצעדים נדרשים לעניין הפחתת פליטות גזי חממה". על מנת לקדם את מטרות אלו, הוחלט על קידום הבנייה הירוקה בישראל. החלטה זו כללה ביצוע צעדים מפורטים כדוגמת:^[27]

- קידום הקמת מרכז ידע ישראלי לבנייה ירוקה אשר יעסוק בין היתר בקידום הידע האקדמי ובריכוז מידע בתחום זה.
 - קידום מסגרת הכשרת כוח אדם מקצועי בתחום זה לקהלי יעד שונים (כגון מתכננים, מהנדסי בניין, קבלנים ובודקי התקן).
 - קידום כתיבת ועדכון תקנים על ידי [מכון התקנים הישראלי](#).
 - קידום מסגרת לעריכת הכשרות בנושא עמידת מבנים בדרישות התקנים השונים הנוגעים בדבר.
- למעט החלטת ממשלה זו, אין בישראל התייחסות לבנייה ירוקה, לרבות חוקים או תקנות מחייבים.

ב-13 בפברואר 2013 הערים החברות בפורום ה-15 חתמו על אמנת הפורום ה-15 להפחתת זיהום אוויר ולהגנת אקלים. במסגרת אמנה זו הערים התחייבו להציב יעדי הפחתה כמותיים ברורים של פליטות גזי חממה [זיהום אוויר](#) בעיר ולהכין תוכנית פעולה עירונית שתוביל להגשמת יעדים אלו. התחייבויות אלו כללו

הפחתת פליטת גזי חממה ב-20% עד 2020 ויחס לפליטות בשנת 2000. אמנת אקלים זו כוללת צעדים ממשליים לפי השלבים הבאים.^[28]

- שלב מקדמי – הקמת פורום מוביל בעירייה (ועדת היגוי עירונית), סדנת הכשרה לוועדת ההיגוי, אישור תקציב ועדת ההיגוי, בחירת חברת ייעוץ או צוות ייעוץ מקצועי לתכנון והכנת התוכנית.
 - תהליך התכנון – סקר עירוני למיפוי ואפיון הפליטות, הגדרת חזון ומדיניות, הגדרת יעדי הפחתה כמותיים שלא יפחתו מההתחייבות הכללית להפחתת 20% מהפליטות עד 2020, פירוט התוכנית והתחלת פרויקטים שזמינותם מידית.
 - הטמעה ויישום – הטמעת דפוסי ארגון וניהול, תקצוב והתחלת תכנון, תקצוב יישום וביצוע פרויקטים פיזיים, חינוך, הסברה, שיווק והנחיה, חקיקה ואכיפה, עמידה ביעדים שנתיים, ניטור ובקרה.
- מאחר שאין מנגנונים ממשלתיים מחייבים ליישום בנייה ירוקה, החליטו ראשי עיריות הפורום ה-15 כצעד ראשון לקידום הנושא על אימוץ כלים מידיים להטמעת בנייה ירוקה בערי הפורום ה-15. החלטה זו כוללת מחויבות להכללת עקרונות בנייה ירוקה בכל בקשה שתוגש לאישור הוועדה המקומית לתכנון ובנייה. הצעד השני היה החלטה על קידום המלצה לאימוץ התקן הישראלי לבנייה ירוקה שהתקבלה ביוני 2013.^[28] בנוסף, הפורום ה-15 הקים את הפורום העירוני לתכנון ובנייה בנייה ירוקה אשר חברים בו נציגי מהנדסי הערים של העיריות החברות באמנת האקלים נציגי ממשלה ונציגי גופים מקצועיים ומטרתו גיבוש מדיניות בנייה ירוקה ותכנון בר קיימא בערים. החלטת הפורום ה-15 כללה מתווה הדרגתי לאימוץ ת"י 5281. המתווה כולל מבני מגורים, מבני עירייה, משרדים, מבני תירות ועוד. בהתכנסות הפורום העירוני בפברואר 2017 עלה כי מתוך 15 הערים החזקות כלכלית בישראל, רק 6 הגיעו ליעד היישום הסופי שהוא תכנון או הקמה של מוסד חינוכי אחד לפחות על פי התקן.^[29]

החלטת פורום ה-15 מוסיפה למודעות לנושא הבנייה הירוקה בישראל, שבאה לידי ביטוי בעלייה במבנים שרשומים לבדיקה האם הם עומדים בדרישות התקן.^[30] עוד התקדמות בנושא חלה ב-2015 כשהממשלה הכריזה על סיוע בהקמת העיר חריש על מנת להבטיח שתיבנה תוך שמירה על עקרונות הבנייה הירוקה.^[31]

מחקרים בנושא בנייה ירוקה

30% מצריכת החשמל הביתית בישראל נועד לשם מיזוג חדרים – קירור או חימום, על כן כל תכנון לצמצום פליטות פחמן דו-חמצני חייב לכלול התייחסות לאנרגיה הנצרכת לחימום וקירור בבניינים. בנוסף, בישראל אחוז הבניינים החדשים הנבנים כל שנה הוא כ-1.5%. כלומר, על מנת לצמצם את צריכת החשמל הביתית יש לשפץ מבנים קיימים, דבר אשר דורש פתרונות אחרים בהשוואה למבנים חדשים. העלות של שיפוץ בניין קיים כבניין ירוק תלויה במצבו של המבנה הקיים, זמינות חומרים וכוח אדם וכן אילוצים משפטיים ורגולטוריים. בגרמניה, עלות חסכון בחשבון החשמל של 80% היא 300 אירו עבור כל מטר מרובע.^[32]

המטרה העיקרית של מחקרים בנושא היא להצדיק את הערך של ה"ירוק" אשר יסייע לקבלת ההחלטות של העשייה.^[3] מחקרים שנעשו בישראל הסיקו כי תוספת העלות של הקמת בניין ירוק נעה בין 2.1% ל-4.1% מעלות הפרויקט הכוללת.^[33] כאשר מדובר בבתי ספר, מחקר שנעשה על ידי המשרד להגנת הסביבה בשיתוף המועצה הישראלית לבנייה ירוקה הראה כי תוספת העלות משתנה בין מרכז הארץ, שם הייתה 2.6% בממוצע מעלות הבנייה הכוללת, לאזורי הפריפריה, שם העלות הייתה 4.5%-6.3% מהעלות הכוללת.

במחקר אחר שנעשה בישראל,^[32] נבחנו היתכנות הקמת בתי ספר ירוקים כפרויקט כלכלי. המחקר כלל בחינת עלות תועלת שהתבטאה בתוספת עלות הקמת הבניין אל מול תועלות משני סוגים – תועלת כלכלית ותועלות התנהגותיות כפי שדווח בשאלונים אנונימיים על ידי המורים המלמדים באותם בתי ספר. תוספת העלות הממוצעת על מנת לקבל כוכב ירוק אחד לפי ת"י 5281 הייתה 5.3% מעלות הפרויקט הכוללת. המאפיינים שתרמו הכי הרבה להשקעה הכלכלית בפרויקט הם מעטפת הבניין לרבות הזגוגיות וכן מערכת האקלים (מערכות האוורור ומערכות המיזוג). התועלות הכלכליות כללו חסכון של 23% בצריכת החשמל בהשוואה לבית ספר קונבנציונלי וצריכת המים בבית ספר ירוק נמוכה ב-24% מבתי ספר קונבנציונליים. התועלות ההתנהגותיות היו שביעות רצון כללית של המורים הגבוהה ב-20% בהשוואה למלמדים בבתי ספר קונבנציונליים, שביעות רצון כתוצאה מאור טבעי גבוהה ב-30%, שביעות רצון כתוצאה מהאקוסטיקה הגבוהה ב-15-20% ועוד. החוקרים הסיקו כי תקופת ההחזר על ההשקעה היא כ-45 שנים עבור הבניין כולו וכי על פניו השקעה בפרויקט מסוג זה אינה מוצדקת. עם זאת, החוקרים לא לקחו בחשבון תועלות כלכליות נוספות כגון שיפור הישגי התלמידים, שיפור המצב הבריאותי וכתוצאה מכך פחות ימי מחלה של העובדים, צמצום פליטת גזי חממה ועוד.^[33]

מחקר משנת 2014 ניסה לאמוד האם שיפוץ של מעטפת בתים בישראל מבחינה תרמית, היא בעלת יתרונות כלכליים ישירים לבעלי הבתים (כתוצאה צמצום צריכת האנרגיה בלבד). המחקר השווה את דרישות האנרגיה למיזוג אוויר של דירות טיפוסיות לפני ולאחר שיפוץ באמצעות סימולציה במחשב. עלות השיפוץ נלקחה ממספר חברות בנייה והשוותה ליתרון הכלכלי הישיר כתוצאה משימור האנרגיה בכל אחת מאפשרויות השיפוץ. על מנת לבחון את השפעת האקלים על אסטרטגיות השיפוץ, נבחנו מבנים ב-4 ערים בכל אחד מאזורי האקלים (תל אביב, באר שבע, ירושלים ואילת). החוקרים מצאו כי יחס התועלת לעלות השיפוץ עבור כל המבנים וכל אסטרטגיות השיפוץ למעט הוספת בידוד תרמי לגג בבניין דירות, היה נמוך מ-1, כלומר, החיסכון בחשמל אינו מצדיק את השיפוץ. בבנייני מגורים ישנה חשיבות למיקום הדירה בבניין מבחינת הקומה ומיקומה בקומה (חיצוני או פנימי). בקומה האחרונה, ב-2 סוגי הדירות (פנימית וחיצונית) ועבור כל סוגי האסטרטגיות, הייתה ירידה בצריכת האנרגיה השנתית לחימום וקירור בהשוואה לתקופה שלפני השיפוץ.

בניתוח עלות תועלת ביישום של בידוד תרמי בגג בלבד, שכן מדובר היה באסטרטגית השיפוץ האפקטיבית ביותר, בשני סוגי המבנים בערים השונות נמצא שככל שהאקלים קיצוני יותר (קור עבור ירושלים וחום עבור אילת) התועלת עולה עבור בעל דירה אינדיבידואלי. באקלים מתון יותר התועלת קטנה יותר או אף שלילית. מניתוח התוצאות החוקרים הסיקו כי שיפור המאפיינים התרמיים של מעטפת בניין אינו מוצדק.

ראו גם

- [הנדסה סביבתית](#)
- [בניין מאופס אנרגיה](#)
- [התקן האמריקאי לבנייה ירוקה LEED](#)
- ת"י 5281 – התקן הישראלי לבניה בת קיימה (בניה ירוקה), חלקים 1–9

לקריאה נוספת

- פיטר מילר, **השינוי מתחיל בבית, חוסכים אנרגיה, בשינוי ג'אוגרפיק ישראל**, גיליון 130, מארס 2009

קישורים חיצוניים

 מדיה וקבצים בנושא **בנייה ירוקה** בוויקישיתוף

- [בנייה ירוקה](#), באתר [המשרד להגנת הסביבה](#)
- [המועצה הישראלית לבנייה ירוקה](#)
- [בניה ירוקה/ אקולוגית](#), באתר אדריכלות ובניה בישראל
- נועם דביר, [למה אדריכלות ירוקה היא חובה מוסרית, לא מותרות](#), באתר [הארץ](#), 19 ביוני 2012
- שירלי ששון-עזר, [אדמה-שיק](#), באתר [כלכליסט](#), 21 באוקטובר 2015
- [הדרך לבנייה ירוקה דור 4.0 – סביבות יצרניות ואיפוס פליטות פחמן](#), באתר מגזין "אקולוגיה וסביבה", 15 נובמבר 2022
- אמנון דירקטור, זווית, [לראשונה אי פעם, האו"ם משיק אמנה לבנייה ירוקה. האם די בכך לגרום לשינוי?](#), באתר [ynet](#), 5 בדצמבר 2022
- [בנייה ירוקה](#), באתר [אנציקלופדיה בריטניקה](#) (באנגלית)

הערות שוליים

- ↑ המדריך לתכנון סביבתי, המשרד להגנת הסביבה 2015
- ↑ Nejat, Payam; Jomehzadeh, Fatemeh; Taheri, Mohammad Mahdi; Gohari, Mohammad; Majid, Muhd Zaimi Abd, A global review of energy consumption, CO2 emissions and policy in the residential sector (with an overview of the top ten CO2 emitting countries), **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2015, 843-862 עמ'
- ↑ Zuo, Jian; Zhao, Zhen-Yu, Green building research- current status and future agenda: A review, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2014, עמ' 271-281
- ↑ [Green buildings can reduce city temperatures by up to 2°C.](#), Sazan Rahman, *study shows*, World Economic Forum, 17 בפברואר 2022

5. אלעזר, יהונתן; פלצור, גלית, בנייה ירוקה- דיור בר השגה ובר קיימא, [אקולוגיה וסביבה](#), 2013, עמ' 257-259
6. המועצה הישראלית לבנייה ירוקה, [עלויות בנייה ירוקה בבנייני מגורים בישראל](#), 2013
7. Gabay, Hadas; Meir, Isaac A.; Schwartz, Moshe; Werzberger, Elia, Cost-benefit analysis of green buildings: An Israeli office buildings case study, **Energy and Buildings**, 2014, 558-564 עמ'
8. Zhang, Fangzhu ; Cooke , Philip, Green Buildings and Energy Efficiency, **Centre for Advanced Studies, Cardiff University**, 2010, 1-28 עמ'
9. רמת הנדיב, [רמת הנדיב הירוקה](#), 2013
10. WaterFurnace, [Green Building Report](#), **WaterFurnace International**, 2011
11. Sfakianaki, Aikaterini; Pagalou, Elli; Pavlou, Konstantinos; Santamouris, Mat; Assimakopoulos, M N, Theoretical and experimental analysis of the thermal behaviour of a green roof system installed in two residential buildings in Athens, Greece, **INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH (33)**, 2009, 1059-1069 עמ'
12. Castletona, H F; Stovinb, V; Beckc, S B.M; Davisonb, J B, Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit, **Energy and Buildings** 42, 2010, 1582-1591 עמ'
13. Rowe, D. Bradley, Green roofs as a means of pollution abatement, **Environmental Pollution** 159, 2011, 2100-2110 עמ'
14. Kolokotsa, Dionysia Denia; Giannariakis, Gerassimos ; Gobakis, Kostas; Giannarakis, Giannis; Synnefa, Afroditi; Santamouris, Mat, Cool roofs and cool pavements application in Acharnes, Greece, **Sustainable Cities and Society** 37, 2018, 466-474 עמ'
15. Li, Yanan; Yang, Li; He, Baojie; Zhao, Doudou, Green building in China: Needs great promotion, **Sustainable Cities and Society** 11, 2014, 1-6 עמ'
16. U.S Green Building Council, [LEED is green building](#), <https://new.usgbc.org/leed>, 2018
17. אוניברסיטת תל אביב, [תקן האמריקאי לבנייה ירוקה \(LEED\)](#), 2010
18. Hue, Xiaosen; Yu, Ann T.W; Wu, Zezhou, A comparative analysis of site planning and design among green building rating tools, **Journal of Cleaner Production**, 2017, 352-359 עמ'
19. [Sustainable Building Alliance](#), 2018 (ארכיון)
20. U.S. General Services Administration, [Office of Federal High-Performance Buildings](#), 2017
21. State of California, [GREENING STATE BUILDINGS FOR A BRIGHTER FUTURE](#), 2016
22. אונגר, עו"ד ירון, [חקיקה לעידוד הקמתם של גגות ירוקים, הכנסת- סקירה משפטית](#), 2016
23. המשרד להגנת הסביבה, [תקן ישראלי 5281: התקן הישראלי לבנייה ירוקה](#), 2017
24. מכון התקנים, [ת"י 5281, בנייה בת קיימא \(בניה ירוקה\)](#), 2016 (ארכיון)
25. מכון התקנים, [בנייה בת קיימא \(בנייה ירוקה\): דרישות לבניינים שאינם בנייני מגורים](#), 2020
26. מכון התקנים, [תקן ישראלי ת"י 5281 חלק 0](#), 2016
27. מזכירות הממשלה, [קידום בנייה ירוקה בישראל](#), 2014
28. פורום ה-15, [בנייה ירוקה](#), 2017
29. קרבטרי, מאיה, [מפגש הפורום העירוני בנושא הריבזיה לת"י 5281](#), 2017
30. [מבנים ירוקים בישראל](#), באתר [המשרד להגנת הסביבה](#)
31. [הכרזת הממשלה על הסיוע בהקמת העיר חריש](#), באתר [המשרד להגנת הסביבה](#)
32. Friedman, Chanoch; Becker, Nir; Erell, Evyatar, Energy retrofit of residential building envelopes in Israel: A costbenefit, **ENERGY**, 2014, 183-193 עמ'
33. Meron, Nurit; Meir, Isaac A., Building green schools in Israel. Costs, economic benefits and teacher satisfaction, **Energy and Buildings**, 2017, 12-18 עמ'