

אלי הראל | מהנדס

בונים על הפרטים הקטנים

כרך ב | שלד, מערכות ופיתוח

מדריך לבונים בית צמוד קרקע

(גם אם אתם לא ממש מבינים בבנייה)



Eng. Eli Harel
Bonim Al Hapratim Haktanim

אלי הראל | מהנדס
בונים על הפרטים הקטנים
כרך ב | שלד, מערכות ופיתוח
מדריך לבונים בית צמוד קרקע
(גם אם אתם לא ממש מבינים בבנייה)



לרכישת הספר: WWW.Shop.Eliharel.co.il
דוא"ל להערות: Eliharelhouse@gmail.com
טל': 050-6298351

עריכת לשונית: רותי מגידס
עיצוב ועריכה גרפית, תרשימים ועטיפה: לאה מרמורשטיין-ירחי | אמנות גרפית
צילום: אלי הראל, פנחס בר חי, מתן לבנוני, מאגרי תמונות

טעות לעולם חוזרת. כלל ידוע הוא כי ספר אינו נקי מטעויות או שגיאות. על אף המאמצים בכתיבת הספר, עלולות להשתרבב טעויות מפאת ריבוי מידע, חוקים, תקנות, תקנים וכד'. על כן לא יראו את המחבר כאחראי למקרי טעות או אי התאמה. תוכני הספר נכתבו למיטב ידיעת המחבר, הבנתו וניסיונו המעשי, אשר אינם גוברים על חוק, תקנה או תקן הקיימים או שיהיו קיימים בעתיד, לרבות נהלים והוראות גופים מוסמכים אחרים. לאור האמור לעיל, הנכתב בספר אינו בגדר ייעוץ מחייב, ועל כן אינו פותר את המשתמש מייעוץ. חובה להיעזר במתכננים ויועצים בכל מקרה לגופו. כל הזכויות שמורות.

© אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך שהיא או בכל אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר חלק כלשהו מן החומר שבספר זה. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בספר זה אסור בהחלט, אלא ברשות מפורשת בכתב מהמחבר.

דאנאקוד 800-13402

מהדורה ראשונה, נדפס בישראל תשפ"ג 2022 Printed in Israel



מוקדש לאימי היקרה, שכבר מילדות,
זרעה בי את האהבה להתבוננות בבתים,
בתכניות אדריכליות,
ובפתרונות התכנון האופטימליים.



שלמי תודה

הללויה אודה ה' בכל לבב תהילים קיא | א

תודה לה' שזיכני להוציא את כרך ב' לאור.

תודה לכל חבריי למקצוע, מהנדסים, יועצים, מפקחים וקבלנים שסייעו לי בעצותיהם הטובות בנושאים השונים:

לידידי ורעי, מאיר סולומון, על ההערות והעצות בנושאי חשמל;

למהנדס חשמל, ברק נחשון, על הערותיו למערכות פוטוולטאיות (פנלים סולאריים);

למהנדס רוני בלאוט ולינון צוברי, על הערותיהם בנושא מערכות מתח נמוך;

לשלומי רוזנברג, חבר במכון התקנים בוועדה הטכנית לבידוד תרמי, על הערותיו בנושא בידוד תרמי;

לשכני וחברי הטוב, מהנדס אלעד בן עזרי, סמנכ"ל חברת ש.י.א. עינב, על הערותיו ועצותיו המועילות;

למתן לבנוני, "מתן פתרונות חימום", ולגיא ברייטבורד על הערותיהם והארותיהם בנושא חימום תת רצפתי;

לליאור דרור על עצותיו בנושא בנייה קלה;

לידידי המהנדס, יונתן קובלב, על הערותיו הנבונות;

לגיסי היקר, ד"ר גדי כהן, על ההגהה, ההערות והעצות הטובות;

ליראון רופין על הסיוע בהגהה ועל הערותיו הטובות;

לעדינה רוזנפלד על ההערות החשובות בנושא העריכה;

לחבריי הקרובים על התמיכה לאורך כל הדרך.

תודה מיוחדת לקוראים שקראו את כרך א' ופרגנו, ולכל אלו שטרחו, כתבו ושלחו לי הערות לשיפור והצעות בנושאים שונים. חלק מההערות הוטמעו כבר בכרך זה.

ותודה אחרונה חביבה לאשתי רונה על כל התמיכה, הליווי, הפרגון והעצות החכמות לאורך כתיבת כרך זה.

לכולכם - ה' ישלם כגמולכם הטוב.



למי מיועד הספר?

ספר זה, שני בסדרת הספרים "בונים על הפרטים הקטנים" - מדריך לבונים בית צמוד קרקע, מיועד לאנשים המתכננים את הבית שלהם באופן פרטי או בתקציב מוגבל ולאנשי מקצוע - במיוחד אדריכלים, מנהלי פרויקטים ומפקחים.

בספר תמצאו הצעות והכוונות לבונים, כגון מה כדאי לבקש מהמתכנן, מה לכלול בחוזה עם הקבלן וכדומה.

על הספר

ספר זה הוא המשכו של הכרך הראשון ורובו עוסק בשלד ובעבודות התשתית - הכנות למערכות שונות, כגון חשמל, תאורה, מיזוג אוויר וגז - שהצנרת שלהן מוטמנת בקירות, ברצפה ובתקרות, ולא תִּירָאָה לבסוף. היא תכוסה בטיח, ריצוף או חיפוי (אריחים) ו"לא נודע כי באו אל קִרְבָּנָה".

רוב הציבור אינו מודע מספיק לתשתיות ואינו חושב עליהן מראש, אולי משום שהן סמויות מן העין. הן אינן דומות לריצוף, חלונות או דלתות.

הספר עוסק בקצרה גם בבידוד תרמי, גג רעפים וגג שטוח, קירות בלוקים, פיתוח ועוד.

השתדלתי להסב את תשומת ליבכם, הבונים, לנקודות ולפרטים הקטנים שצריך להוסיף בשלב התכנון. כדאי וגם חשוב לוודא שהתוכניות, הפרטים והמסמכים המלאים יצורפו לחוזה עם הקבלן לצורך קבלת הצעת המחיר. כך תוודאו שהתמחור של הקבלן יכלול את העבודה במלואה, והתשלום עבור עבודות חריגות יצטמצם באופן משמעותי.

תשומת הלב לפרטים הקטנים תאפשר חיסכון של עשרות אלפי שקלים של "עלויות חריגות".

נושאים הקשורים לעבודות הגמר, כגון טיח, ריצוף, אלומיניום, דלתות, חלונות וכו' יופיעו בע"ה בכרך ג'.

תוכן העניינים

4.....	שלמי תודה
5.....	למי מיועד הספר?
5.....	על הספר
11.....	הקדמה
13.....	חלק א - שלד ובידוד
14.....	בידוד תרמי
15.....	למה צריך בידוד תרמי במבנה?
16.....	האם בידוד תרמי הוא תחליף לחימום או קירור?
17.....	התנגדות תרמית
18.....	מסה תרמית
20.....	אזורי האקלים בארץ
22.....	מה לבודד?
22.....	שלושה גורמים נוספים המשפיעים על הטמפרטורה בבית
22.....	הגוון החיצוני של הבית
25.....	בידוד החלונות
27.....	חלונות עם כיסי גרירה
31.....	קירות חוץ
31.....	האם בלוק "שחור" מבודד?
33.....	ארבע שיטות לבידוד תרמי של קירות חיצוניים
34.....	איך לבודד עמודים וקורות מבטון?
35.....	מה צריך להיות עובי הקלקר?
37.....	בידוד באמצעות טיח תרמי
38.....	בלוקים מבודדים או טיח תרמי?
44.....	קירות מבטון
44.....	קירות בטון מבודדים - ICF-Insulated Concrete Forms
45.....	איפה בארץ כדאי שהקירות יהיו מבטון?
47.....	ממ"ד אחד או שניים
48.....	גגות שטוחים
48.....	בידוד תרמי לגג שטוח
50.....	איך למנוע עובש בתקרה
57.....	איך עולים לגג שטוח?
65.....	גגות רעפים
67.....	איך לבודד גג רעפים?
71.....	רעף שטוח או רעף גלי?
74.....	רעפי בטון או רעפי חרס?
75.....	רעפים מיוחדים
76.....	אורור גג רעפים
77.....	אורור באמצעות מפוח חשמלי

79.....	איטום - איך מונעים ממי גשמים לחדור דרך גג הרעפים?
80.....	קיבוע רעפים בגג
81.....	איך להוזיל עלות של גג רעפים?
85.....	הגנה על הצד הגלוי של קורות העץ
87.....	איך עולים לחלל שמתחת לרעפים?
89.....	איפה לא למקם את פתח העלייה לגג?
90.....	מה צריך להיות גודל פתח העלייה לגג?
91.....	פתח בתקרת הבטון
92.....	מה גובה הסולם הנשלף?
95.....	בנייה קלה
96.....	יתרונות וחסרונות
98.....	מהו ערך ההתנגדות התרמית הנדרש בבנייה קלה?
100.....	שש הערות חשובות נוספות לבנייה קלה
105.....	האם כדאי לבנות בית מעץ?
107.....	השלכות נוספות לבניה מעץ שכדאי לדעת מראש
109.....	חלק ב - מערכות
110.....	מיזוג אוויר
110.....	מזגן מיני-מרכזי לכל הבית, מזגנים מפוצלים, או גם וגם?
115.....	מזגן מפוצל
116.....	ארבע ההכנות הנדרשות להתקנת מזגן מפוצל
123.....	איכות הביצוע של ההכנות
128.....	האם כדאי להתקין מזגן לאחר יציאת הקבלן מן השטח?
129.....	מזגן מיני-מרכזי
129.....	חלקי מערכת מזגן מיני-מרכזי
134.....	איפה למקם תריס אוויר חוזר?
136.....	איך לתקן מזגן מיני-מרכזי שהתקלקל בלי לפרק את כל תקרת הגבס?
139.....	גודל המזגן הנדרש
141.....	מזגן אינוורטר או "רגיל"?
144.....	🔧 איך להפעיל מזגנים בשבת וחג.
149.....	מערכת VRF
154.....	קמין
154.....	רוצים לרכוש קמין עץ? חכו רגע
155.....	האם קמין עץ אסור לפי חוק?
157.....	חימום תת רצפתי
160.....	איך בנויה מערכת החימום התת רצפתי?
166.....	ההכנות הנדרשות לפני התקנת חימום תת רצפתי
170.....	עלות המערכת
170.....	שילוב המתקין כבר בשלב התכנון

171	שילוב התקנת חימום תת רצפתי בעבודות הקבלן
171	מה עוד להוסיף להסכם עם הקבלן הראשי?
172	האם אפשר להתקין פרקט על רצפה עם חימום תת רצפתי?
172	חימום תת רצפתי מתחת לריצוף באבן טבעית
174	גז בישול: מה חשוב לדעת?
174	מיקום מכלי הגז
174	גומחה למכלי גז
176	מכלי גז ובטיחות
177	צנרת הגז
177	איפה להכין נקודות גז נוספות?
179	🕯️ לדתיים ולשומרי מסורת: מהן ההכנות הדרושות לשימוש בגז בחג?
183	אוהבים "על האש"? אילו הכנות כדאי לעשות?
183	האם אתם בכלל צריכים מנגל?
184	שש הכנות למטבח חוץ
187	🕯️ לדתיים ולשומרי מסורת: שימוש במנגל בחג
188	חימום מים באמצעות גז
188	איפה למקם את מחמם המים בגז?
191	איזה מכשיר לרכוש?
192	🕯️ לדתיים ולשומרי מסורת
193	מערכת פנלים סולאריים על הגג
194	מהם המרכיבים העיקריים של המערכת?
200	רכישת מערכת סולארית או החכרת הגג?
201	איך להשוות בין ההצעות השונות?
202	קרינה
202	שבע הכנות הנדרשות להתקנת פנלים סולאריים
208	האם להגביל את גודל המערכת?
210	מערכות חשמל - מתח נמוך מאוד (מנ"מ)
210	איך למנוע את מראה החוטים המשתלשלים על הקירות?
212	אזעקה
212	האם כדאי להתקין מערכת אזעקה בבית?
212	ממה מורכבת מערכת האזעקה, ומה חשוב לדעת?
213	גלאים
215	מה עדיף: מערכת אזעקה קווית או אלחוטית?
223	צופרים
225	לוח מקשים (Keyboard)
227	הרכזת ומיקומה
228	ההכנות הנדרשות למיקום הרכזת

- 230..... אזעקה - מה חשוב לסכם עם קבלן החשמל?
- 232..... ממתי כדאי להתחיל להפעיל את האזעקה?
- 233..... אזעקה - לדתיים ולשומרי מסורת 
- 237..... **מצלמות אבטחה**
- 237..... מה זה NVR ו-DVR?
- 238..... מה עדיף: מצלמות קוויות או אלחוטיות?
- 238..... מיקום מערכת ההקלטה (ה-NVR) והכנות נוספות
- 240..... **אינטרקום בבית**
- 240..... האם כדאי שיהיה לכם אינטרקום?
- 240..... כמה שלוחות נדרשות לאינטרקום?
- 241..... מנעול חשמלי
- 242..... קודן, טביעת אצבע, כרטיס קרבה
- 243..... ההכנות הנדרשות מראש לפתיחת דלת באמצעות אינטרקום
- 244..... **טלוויזיה**
- 244..... חיבור לנקודת תקשורת
- 245..... צפייה באמצעות מקרן
- 247..... **רמקולים ומערכת הגברה**
- 247..... מקרן קול
- 248..... מערכת הגברה
- 249..... סאב וואפר (Subwoofer)
- 249..... רמקולים סמויים
- 251..... **חלק ג - פיתוח חוץ**
- 252..... **ניקוז מי הגשמים**
- 252..... מה לעשות כדי שהבית לא יוצף בעקבות הגשמים?
- 253..... שיפוע הקרקע
- 255..... בורות חלחול
- 260..... מה חשוב לבדוק בבור חלחול?
- 266..... **איך למנוע שקיעה של ורדים בגינה ב-40 ס"מ?**
- 267..... איך מהדקים את הקרקע?
- 268..... מבואה ושביל היקפי מסביב לבית - איך למנוע שקיעה?
- 269..... מבואת כניסה ושבילים על גבי חרסית שמנה
- 274..... **עוד מחוץ לבית**
- 274..... שער בחנייה: מהן ההכנות הנדרשות?
- 280..... פחי אשפה: הכנות
- 282..... האם כדאי להתקין שער לפחים?
- 285..... מחסן בגינה: מיקום והכנות נדרשות
- 287..... לדתיים ולשומרי מסורת - הכנות לחנוכייה בגדר ההיקפית 

289	חלק ד - הרחבות ותוספות
290	למה הצינור המים הראשי "מתפוצץ?"
292	נקודות תאורה, חשמל ושקעים נשכחים
292	מהן נקודות התאורה הנשכחות?
294	מהם השקעים ונקודות החשמל הנשכחים?
299	מה צריך להיות גובה שקעי החשמל?
300	מה יהיה גובה השקעים בחדר השינה?
302	יחידת דיור - מהן ההכנות הנדרשות?
303	מה כלול בדמי השכירות?
303	מהן חמש מערכות ביחידת דיור שכדאי להפרידן מהבית?
308	גישה ליחידת הדיור
309	יחידת דיור במרתף
314	צילום ותיעוד
314	למה כדאי לשמור סט תוכניות לעתיד?
316	מהן התוכניות שהכי חשוב לשמור?
316	למה כדאי לצלם במהלך הבנייה?
319	מתי לצלם?
320	מה לצלם?
321	אני לא מבין בתשתיות, האם בכל זאת לצלם?
323	דברים שחשוב לי לזכור בנושאים הבאים
326	אחרית דבר
327	מקורות



"...בנוהג שבעולם מלך בשר ודם בונה פלטין [ארמון], אינו בונה אותה מדעת עצמו אלא מדעת אומן. והאומן אינו בונה אותה מדעת עצמו, אלא דיפתראות [דפי שרטוט] ופנקסאות. יש לו לדעת היאך הוא עושה חדרים, היאך הוא עושה פשפשים [פתחים, חלונות ושערים]". בראשית רבה א | א

המדרש היפה הזה, שנכתב לפני כ-1,700 שנה, הוא עדות לכך שכבר בעת העתיקה בוצעו עבודות הבנייה באמצעות תכנון מפורט ומדוקדק מראש. כמו אז, גם היום חשוב לתכנן את הבנייה לפרטי פרטים ככל שניתן.

בבנייה פרטית, התשלום עבור עבודות חריגות שלא תוכננו ולא סוכם עליהן מראש עומד על 20%-30% מערך הבנייה כולה. כל פרט שלא יופיע בחוזה עם הקבלן ייחשב חריג, ולכן יתומחר במחיר מלא.

המסר המרכזי בספר הוא שככל שנתכנן טוב יותר, בסבלנות ובפירוט, התוצאות שנקבל יהיו בהתאם, מספר "ההפתעות" יהיה קטן יותר, והתשלום הנוסף עבור עבודות חריגות יהיה נמוך יותר.

על מה צריך לחשוב בשלב הבנייה של השלד? מהם מרכיבי התשתית הטמונים בקירות, "מאחורי הקלעים"? מהן ההכנות הנדרשות בשלב זה?

שלב התשתיות הוא חשוב מאוד, ולא תמיד מקבל את תשומת הלב הראויה לו. אם תשכחו לתכנן תשתית כלשהי (חשמל, תקשורת, מים, ביוב, ניקוז, גז וכד') ותגלו זאת באיחור, נראה שתיאלצו לחצוב בקיר ו"לפצוע" את שכבת הטיח, כדי להוסיף את אותו המרכיב. זה אפשרי ולא נורא, אבל לא נעים, ובמקרים רבים הקבלן עשוי לדרוש מכם תשלום נוסף עבור התיקון בהתאם לשלב בבנייה.

בנוסף, בזמן הביצוע, אתם והמפקח שלכם צריכים לבדוק שכל התשתיות יבוצעו בהתאם לתוכניות.

שָׁן שלי, למשל, שכח שיש להניח צינור גז בשלב בניית השלד. הוא בנה את ביתו באמצעות קבלני משנה ומפקח שניצח על המלאכה. גם המפקח וגם השכן להזמין את טכנאי הגז כדי שיניח את הצנרת בזמן.

הם נזכרו רק כשעבודת הריצוף בבית כמעט הסתיימה, וכבר היה מאוחר מדי להניח צינור מתחת לריצוף. מיותר לציין שהם נאלצו להזמין שוב את הרצף והטיח, פירקו את הריצוף, התקינו את צנרת הגז ריצפו וטייחו מחדש. לא נעים וגם מיותר.

חשוב לוודא היטב שלא שכחתם או פספסתם בשלב התוכנית או במהלך הביצוע אף מרכיב בתשתית, קווי חשמל, תקשורת, דלוחין, גז וכו'.

בכרך זה יפורטו אילו תשתיות ותוספות כדאי לדרוש בשלב התכנון.





שלד ובידוד

חלק זה עוסק בחומרים ובבנייה של מעטפת הבית:

- בידוד תרמי
- קירות חוץ
- גגות שטוחים
- גגות רעפים
- בנייה קלה

בידוד תרמי

שכן שלי פנה אליי לפני כמה שנים ואמר: "חדר השינה שלנו קפוא בחורף. אני מרגיש שהקירות והחלונות ממש פולטים קור. לא נעים לי להיכנס אליו".

לא מדובר בבית בהרי ירושלים או הגליל העליון אלא בבית פשוט ורגיל במישור החוף, בשרון, ובחורף ישראלי.

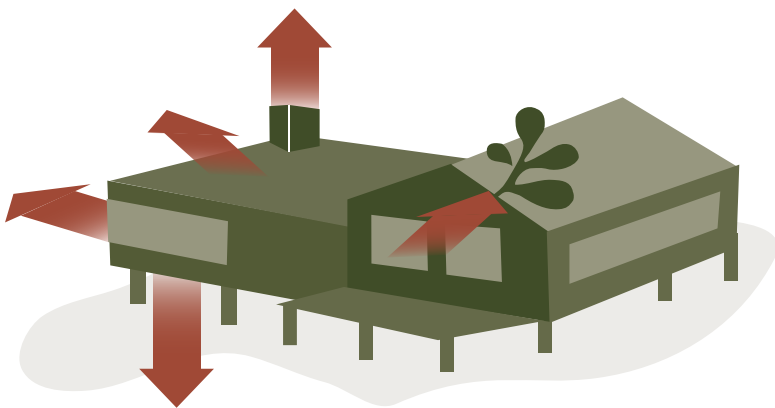
כששאלתי אותו, האם בתוכניות של הבית קיימת התייחסות לבידוד התרמי, הוא חיך והסתכל עליי כאילו נחתתי הרגע מהירח:

"אנחנו לא הבנו שום דבר בבנייה. נושא הבידוד התרמי לא רק שלא עלה בדעתנו, אלא גם לא הוזכר בכלל על ידי האדריכל. אף אחד לא אמר לנו ולא ידענו שצריך להתייחס לנושא הזה. לא ידענו שיש "זכוכית כפולה", לא ידענו שאם בחדר השינה שלנו יהיו שלושה חלונות גדולים עם כיס גרירה (חלון שנכנס לתוך חלל בקיר), החדר יהיה קפוא בחורף".

תקנות התכנון והבנייה מחייבות לתכנן בידוד תרמי לבית, לפי תקן ישראלי 1045 חלק 1 - "בידוד תרמי של בניינים - בנייני מגורים".

כשמסתכלים על בתים פרטיים בשלב הבנייה, אפשר לראות שיש בתים שאין בהם בידוד תרמי. מן הסתם הסיבה לכך היא חוסר מודעות של המתכנן, של הבונה או של שניהם יחד, וחבל.

כדאי לדרוש מהאדריכל שיתייחס בתכנון גם לבידוד התרמי, לפחות לבידוד בסיסי.



איור מס' 2 - החום נפלט מהבית בדרכים שונות: דרך הגגות, הרצפות, הקירות והחלונות.

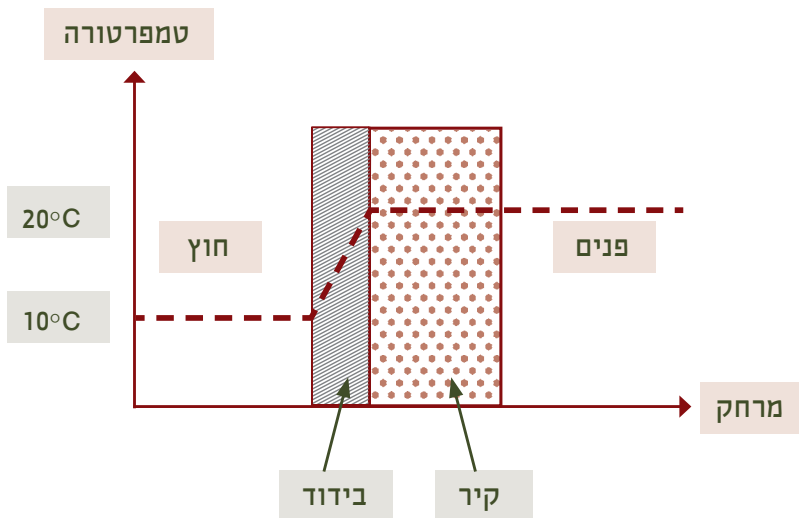
למה צריך בידוד תרמי במבנה?

שתי סיבות עיקריות לבידוד תרמי של הבית:

א. חיסכון באנרגיה: כאשר הבית שלנו מבודד היטב, קצב שינויי הטמפרטורה בתוך הבית ביחס לשינויי מזג האוויר שמתרחשים מחוץ לו הוא קטן. כלומר, החום או הקור שייפלטו מהבית דרך הקירות, הגגות והחלונות יהיה בקצב איטי יותר.

הבידוד יאפשר לנו לצמצם את משך זמן הפעולה של המזגן לקירור או את תנור החימום, והם יוכלו לפעול לסירוגין ולא באופן רציף. בכך נקטין את צריכת האנרגיה הנדרשת למיזוג הבית.

ב. מניעת היווצרות עובש על גבי הקירות החיצוניים: כשאוויר רווי באדים פוגש רכיב מבנה קר (קיר, קורה, תקרה, עמוד, חגורה) הוא מתעבה עליו ונוצרות טיפות קטנות. בידוד חיצוני של הקירות גורם לכך שמפל הטמפרטורה (השינוי בטמפרטורה) יהיה על שכבת הבידוד ולא על הרכיב במבנה, שהטמפרטורה שלו תהיה גבוהה או נמוכה יותר.



איור מס' 3 - גרף סכמטי המתאר את הטמפרטורה בחורף מחוץ לבית ובתוך הבית על פני הקיר. עיקר מפל הטמפרטורה יהיה על הבידוד

האם בידוד תרמי הוא תחליף לחימום או קירור?

ממש לא!

הבית דומה לצידנית: אם ניקח צידנית עם בידוד מעולה ונניח בתוכה קר-חום כדי לשמור על הטמפרטורה הנמוכה של המצרכים בה, לאחר זמן מסוים טמפרטורת הקר-חום תשתווה לטמפרטורת הסביבה והמצרכים עלולים להתקלקל.

אם נרצה לשמור עליהם, נצטרך להניח קר-חום חדש וקפוא כל כמה שעות.

באותו אופן הבית: הבידוד אינו מונע את הצורך להשתמש במיזוג, אלא מצמצם את תכיפות השימוש בו.

בקיץ - גם אם יש לנו בבית בידוד תרמי מעולה, ללא מיזוג - הבית לא יהיה קריר. צריך להפעיל מזגן כדי לצנן את האוויר. במישור החוף נפעיל את המזגן גם כדי לייבש את הלחות שבו.

באזור ההר, במקום בו הרוחות נושבות, ייתכן שאין צורך במיזוג כי האוויר יבש ונעים.

חשוב להבין את ההבדל בין קיץ לחורף:

כל אחד מאיתנו מהווה גוף חימום לטמפרטורה של 36°C לפחות, התורם לחימום החלל. ככל שמספר האנשים בחלל יהיה גדול יותר, יהיו יותר גופי חימום "טבעיים", ולכן בחורף, כשיש הרבה אנשים בחדר, ייתכן שלא יהיה צורך להשתמש בחימום.

בנוסף לכך, כשאנו עושים פעילות גופנית, היא מחממת אותנו ואנחנו מחממים את החלל אף יותר.

בקיץ המצב הפוך: ככל שיהיו יותר אנשים, ובוודאי כשעושים פעילות פיזית, המזגן צריך להתגבר על גופי חימום (אנשים) יותר.

לסיכום: העובדה שהמבנה מבודד - אינה הופכת אותו למבנה חם או קר, אלא שומרת על יציבות הטמפרטורה שבתוכו ובתנאי שממזגים אותו. אם נמזג אותו ונפסיק את המיזוג, לאחר זמן תשתווה הטמפרטורה בתוך המבנה לטמפרטורה שמחוץ לו. ככל שהוא מבודד יותר, הטמפרטורה שבו תישמר לאורך זמן רב יותר ללא מיזוג.

הערה: הפעלת חימום או קירור תלוייה לא רק בטמפרטורה החיצונית או בבידוד הבית אלא גם בנוחות התרמית של כל אחד ואחד.

נוחות תרמית משמעה טווח הטמפרטורה וטווח הלחות היחסית שבהם אדם מרגיש נוח בלבוש שלו. מעבר לטווחים אלה, אדם ירצה להפעיל את המזגן לצורך קירור או חימום.

הנוחות התרמית של כל משתמש היא כמובן יחסית: יש אנשים שתמיד מזיעים וחם להם,

יש אנשים שתמיד קר להם, יש אנשים שלא אוהבים מיזוג בכלל, ויש אנשים שצריכים קירור כמו באנטרטיקה.

הנחות התרמית הממוצעת של רוב בני האדם היא $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ בלחות יחסית של $50\% \pm 5\%$, והיא משתנה לפי עונות השנה, הלבוש ומצב הפעילות (מנוחה, ישיבה וכד').

את מה אנחנו ממצים?

אנחנו ממצים בעיקר את האוויר שבחלל המבנה.

אם נמזג את האוויר שבחלל לאורך זמן, **עודפי האנרגיה** של המיזוג יאגרו **במעטפת המבנה: בקירות, בתקרה וברצפה**, כלומר **במסה התרמית** של המבנה.

התנגדות תרמית

ההתנגדות תרמית היא ההתנגדות של חומר מסוים למעבר חום.

ערך (x) ההתנגדות התרמית שונה בין החומרים **השונים** ולכל חומר יש ערך התנגדות משלו.

ככל שערך ההתנגדות של החומר גבוה יותר, הוא מבודד טוב יותר.

התקן הישראלי לבידוד תרמי (1045) אינו קובע את סוג החומר המבודד שצריך לבנות בו וגם לא את עובי הקיר.

התקן קובע את ערך ההתנגדות התרמית הנדרש בכל רכיב במבנה (קיר חיצוני, תקרה וכד'), בהתאם למסה התרמית של המבנה ולאזור הבנייה.

המושג הזה (x) חשוב וילווה אותנו בכל הקשור לבידוד התרמי של הבית.

מסה תרמית

"עַד כָּל יְמֵי הָאָרֶץ זָרַע וְקָצִיר וְקָר וְחֹם וְקִיץ וְחֹרֶף וַיּוֹם וְלַיְלָה לֹא יִשְׁבְּתוּ". בראשית ח | כב

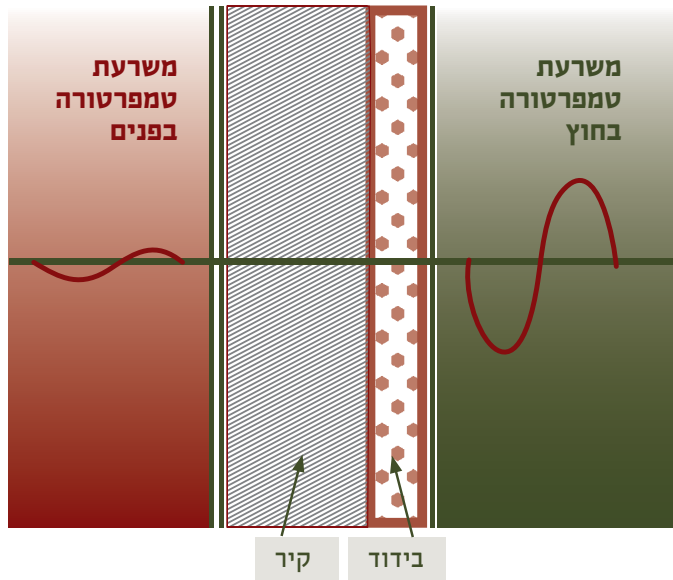
רש"י: "קור - קשה מחורף. חום - סוף ימות החמה... שהעולם חם ביותר, כמו ששנינו... - שְׁלֵהי הַקִּיץ קָשִׁים מֵהַקִּיץ.

שפתי חכמים: "..לפי שכל הקיץ הבריות עדיין קרים הם מחמת קור החורף, אלא שבסוף הקיץ נתחממו, ונמצא שסוף הקיץ קשה מעיקרו של קיץ, וכן הקור קשה מחורף גם כן על זה הדרך".

כדי להבין מהי מסה תרמית, אפשר לחשוב על מקרר. אם יש לנו רק מעט מוצרים במקרר, כל הקור "יברח" החוצה ברגע שנפתח אותו. אז תידרש שוב אנרגיה כדי לקרר מחדש את האוויר שבתוכו. לעומת זאת, אם יש לנו הרבה מוצרים בתוך המקרר, הם בעצמם מהווים מסה תרמית האוגרת את הקור (לכן לא כדאי להשאיר את המקרר ריק. כשיש בו רק מעט מוצרים, עדיף לאחסן בו כמה בקבוקים מלאים במים שיאגרו את האנרגיה העודפת. כאשר מישהו יפתח את המקרר, הקור לא "יברח החוצה" והמדחס לא יצטרך לעבוד בהספק גבוה כדי לקרר מחדש את כל האוויר).

כך גם הבית. אם לא תהיה מסה תרמית מספיקה, כל הקור "יברח" החוצה כשנפתח את דלת הבית או חלון לצורך אוורור. אבל אם תהיה לנו מסה תרמית בבית, האוגרת את הקור, המזגן לא יצטרך למזג את כל האוויר שבבית מחדש.

ככל שהמבנה ורכיביו כבדים יותר, הם יוכלו לאגור יותר אנרגיה תרמית - חום או קור. רצפה ותקרה מבטון או קירות העשויים מבלוקים לסוגיהם הם בעלי מסה תרמית גבוהה. ברגע שנפסיק למזג את המבנה, עודפי האנרגיה שנאגרו במסה התרמית ייפלטו מתוך המסה של המבנה אל החלל האוויר, והוא ימשיך להיות נעים בלי להפעיל מיזוג כל הזמן.



איור מס' 4 - חתך צד של הקיר: מבנה בעל מסה תרמית גבוהה, שומר על טמפרטורה יציבה יותר ושינויי הטמפרטורה בו יהיו נמוכים יותר

עוד חשוב לציין שמצד אחד המסה התרמית של מבנה העשוי מבטון בלבד היא גבוהה, אבל מצד שני, הבטון מעביר חום בקלות (ההתנגדות התרמית של הבטון נמוכה והבטון מבודד גרוע), כך שהאפקטיביות של המסה התרמית נפגעת מאוד. לכן חובה לשלב במבנה בטון גם בידוד תרמי.

בנוסף לכך, מסה תרמית גדולה מדי, היא לא בהכרח יתרון. אם המבנה נמצא באזור קר מאוד, בשלב הראשון של החימום, המסה התרמית הקרה של המבנה תספוג את החום, ועד שהאוויר בחלל עצמו יתחמם ונרגיש בנוח יארך זמן רב.

ולהיפך, במקום חם ומדברי, נצטרך להמתין זמן ממושך עד שנרגיש שנעים לנו, כי בשלב ראשון נקרר את המסה התרמית החמה, שבהתחלה עדיין תפלוט חום.

לכן מסה תרמית היא יתרון כל עוד היא ברמה מסוימת ולא גבוהה מדי.

אין בתקנים ערכים מומלצים לרמת המסה התרמית האופטימלית. בתקנים מופיעה התייחסות רק לרמת הבידוד הנדרשת ביחס למסה של רכיבי המבנה.

אזורי האקלים בארץ

התקן הישראלי 1045 - "בידוד תרמי בבניינים" מגדיר דרישות לערכי ההתנגדות התרמית ($=R$) בקירות ובתקרות הבית, בהתאם לאזורי האקלים בארץ וביחס למסה (משקל) של הרכיבים במבנה.

עובי הבידוד הנדרש לפי התקן נגזר מסוג החומר המבודד שבו נשתמש, אזור האקלים והמסה של הקיר למ"ר.

אין דומה רמת הבידוד התרמי הנדרשת בבית מבנייה קלה בטירת צבי שבבקעת הירדן, לבית אבן בתל אביב.

התקן מחלק את הארץ לארבעה אזורי אקלים, כשבאזור א' דרישות הבידוד הן המקילות ביותר ובאזור ד' - המחמירות ביותר.

אזור א' - אזור רצועת החוף. כולל בין היתר את נהריה, חיפה עד לגובה 140 מ' מעל פני הים, חדרה ממערב לכביש 2, נתניה, תל אביב, חולון, רמת גן, גבעתיים, אשדוד, אשקלון ועוד.

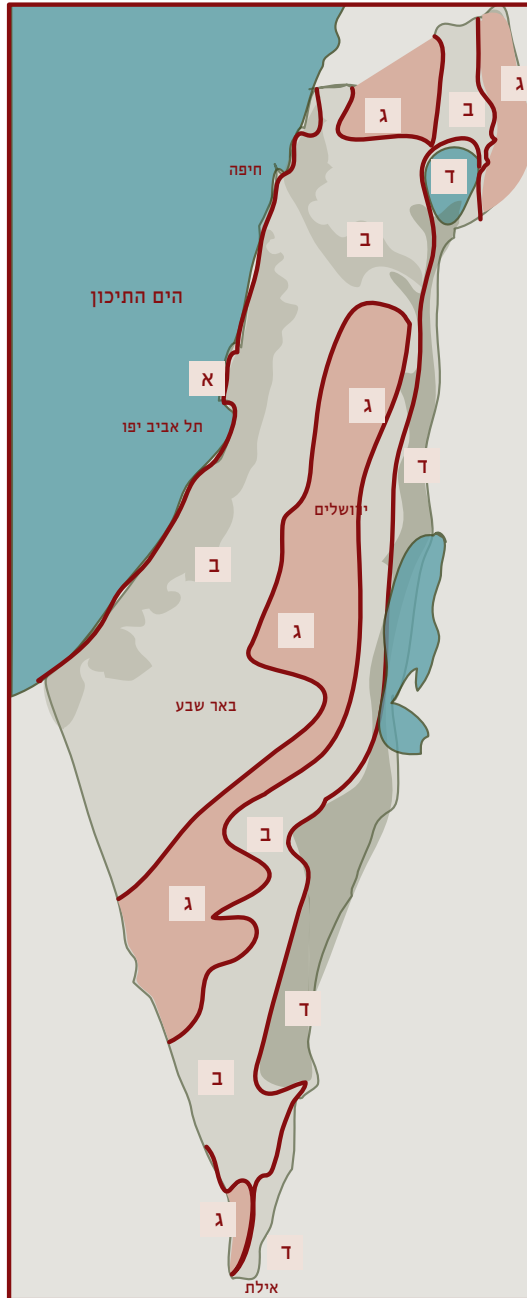
אזור ב' - אזור מישור החוף והשפלה, הנגב (למעט הר הנגב), העמקים הצפוניים ומקומות אחרים. זהו האזור הגדול ביותר מבין ארבעת האזורים וכולל את מספר היישובים הגדול ביותר.

אזור ג' - אזור ההר, הכולל בין היתר את נצרת, נוף הגליל (נצרת עילית) מגובה 430 מ' מעל פני הים, צפת, מירון, אריאל, ירושלים, חברון, ערד, דימונה, ירוחם, שדה בוקר, מצפה רמון ועוד.

אזור ד' - אזור בקעת הירדן והערבה, לרבות טבריה וסביבתה עד לגובה 30 מ' מעל פני הים (המפלס התחתון של העיר טבריה - האזור התיירותי והעיר העתיקה הם בגובה של כ-200 מטר מתחת לפני הים), טירת צבי, שלוחות, יישובי בקעת הירדן לאורך השבר הסורי-אפריקאי, עד אילת.

בתקן 1045 (חלק 10) - "בידוד תרמי בבניינים" - מופיעה רשימה של כל הערים והיישובים בארץ, ולפיה ניתן לדעת מהו אזור אקלים שבו נמצא הבית שלכם.

המשמעות מבחינתכם היא שאם אתם עומדים לבנות באזור ג' או ד', כדאי להקפיד יותר על רמת הבידוד התרמי לעומת מי שגר באזור א' או ב'.



איור מס' 5 - על פי תקן ישראלי 1045 חלק 10 - חלוקת הארץ לארבעה אזורים אקלימיים. אזורים א' - הדרישות הכי מקילות. אזורים ד' הדרישות הכי מחמירות

מה לבודד?

כדי לשמור על תנאי אקלים נעימים בתוך הבית ככל האפשר חשוב להקפיד על בידוד תרמי של המעטפת החיצונית של הבית:

בידוד הגג

הגגות, בין גגות שטוחים ובין גגות רעפים, הם אלו שחשופים לשמש ישירה ו"חוטפים" הרבה מאוד שעות שמש ביחס לקירות.

בשיא הקיץ, כשהשמש בזווית גבוהה, הגגות מקבלים מנות אנרגיה גבוהות מאוד. השמש מקרינה ישירות לגג, ומשם נספג החום לתוך הבית. 70% - 80% מהחום שנספג אל תוך הבית הוא מהגג. היתר נספג דרך הקירות והחלונות, ולכן כדאי מאוד להשקיע בבידוד הגג. ראו פרקים "גגות רעפים" ו"גגות שטוחים".

בידוד קירות חוץ

שטח הגג אמנם סופג קרינה ישירה של השמש, אבל ברוב המקרים, שטח הפנים של הקירות יהיה גדול יותר מאשר שטח הפנים של הגג.

בלילה, הרוח מקררת את הגג ואת הקירות, והחום שנוצר בבית נפלט דרכם. לכן חשוב להשקיע גם בבידוד הקירות. ראו פרקים "קירות בטון" ו"קירות חוץ".

שלושה גורמים נוספים המשפיעים על הטמפרטורה בבית

א. הגוון החיצוני של הבית

גוון המשטח החיצוני של הקיר או התקרה משפיע על מעבר החום.

תקן 1045 - "בידוד תרמי של בניינים" מתייחס גם לגוונים: כאשר גוון חומרי הגמר כהה והבית חשוף לקרינת השמש, הקירות והתקרה בולעים אנרגיה גבוהה יותר ביחס לחומרים שהם בעלי גוון בהיר, ופני השטח חמים יותר מטמפרטורת האוויר.

זו הסיבה שנהגו תמיד לסייד את הגגות בתחילת הקיץ לאחר חידוש הזפת, כדי שהגוון הבהיר יחזיר את קרינת השמש.