



## על הפרויקט

;

מסך הטלביזיה והחולצה שאנחנו קונים; איפה ההיגיון בפנייה לאדריכל(ית) שיתפרו לנו את הבית שהחלטנו לבנות, לפי מידה? בסופו של יום, יש ארכיטקטורה טובה ויש ארכיטקטורה פחות טובה. תכנון חכם, הדוק וגם מלהיב. ישנם פתרונות אדריכליים טובים וישנם פחות טובים. ועוד סיבה: מדוע בתים מוכנים: לא הכל בידי האדריכל; ישנם לקוחות "טובים" ויש לקוחות "פחות טובים". למה אני מתכוון? לא כל אחד יש את הכלים לפסול תכנון שאינו נותן פתרונות הולמים ולאמץ כזה שכן. והניסיון מלמד שלאילו גם אלו יש חלק רב באיכות ה"מוצר" הסופי. אם אינכם נמנים על הסוג הראשון, סיבה לחשוש מתכנון בית בשיטה של תפירה אישית ועדיף לרכוש "מוצר" מוכן. חשוב מאד להבין: בית מוכן איננו בהכרח פשרה. פעמים רבות הוא מבטיח לכם בית יותר טוב!

הגו בנפשכם, כמה כסף היה עליכם לשלם ברכישת חולצה שרק אחת ממנה מיוצרת, עבורכם, כמה זמן היה עליכם לחכות עד השלמת החולצה, המדידות וכו'? כמה פעמים היה עליכם להקדיש מזמנכם לרוץ למעצב (ת) למדידות ובסופו של יום אינכם באמת יודעים אם החולצה תהיה לטעמכם. אז איך אנו מסבירים שכך בדיוק אתם עושים בתכנון ובניית ביתכם? מה הסיבה שמתחוויר לנו, מאוחר מידי, שחדרי הילדים הם כוכים? שיש בזבז שטחים משווע? שיש יותר מידי מסדרונות ארוכים, שהבית חשוך (וזה בד"כ לא בגלל שאין מספיק חלונות – זה בגלל תכנון בעייתי) ושיש חללים משולשים אבל קשה יהיה לכם למצוא רהיטים משולשים עבורם.

בתים מוכנים אמורים לפתור את מרבית הבעיות דלעיל ולנטוש את הרעיון הלא ברור של ייצור כל בית לפי מידה ((Custom Made) ואת מה שנגזר ממנו: משך הזמן הכרוך בתכנון ובהקמה, העלויות הגבוהות הנובעות מכך, כשלים גם בתכנון וגם בביצוע....

ומה עם האינדיבידואליות? "אנחנו לא רוצים בית כמו של השכנים"... את כל אחד מששת הדגמים הבסיסיים (בשטח 100 מ"ר כ"א), אפשר יהיה להזמין בגרסת גגות משופעים, גגות שטוחים או גגות קמורים. מאחר והקירות והגגות מורכבים מקרומים דקים בחיבורים יבשים, את כל אחד מהבתים ניתן לקבל בכל גימור או צבע אפשרי: טיח, קסטות אלומיניום, אריחים,



עץ או שילוב בין חומרים וצבעים שונים. אותו דבר בקירות פנים. את כל אחד מהבתים אפשר להזמין את כל אחד מהבתים אפשר להזמין בסטנדרטים שונים ובאבזור שונה ( 4 כריות אוויר, 6 כריות אוויר, מנוע 1400 סמ"ק, 1600 סמ"ק או 2000 סמ"ק, עם/ בלי חישוקי מגנזיום ו/או גג שמש ); מטבחים בגודל שונה, צורה צבעים וסטנדרטים שונים. חדרי רחצה, אח פחמים או ג'קוזי ועוד אופציות רבות.

ין בסטנדרטים שונים ובאבזור שונה ( 4 כריות אוויר, 6 כריות אוויר, מנוע 1400 סמ"ק, 1600 סמ"ק או 2000 סמ"ק, עם/ בלי חישוקי מגנזיום ו/או גג שמש ); מטבחים בגודל שונה, צורה צבעים וסטנדרטים שונים. חדרי רחצה, אח פחמים או ג'קוזי ועוד אופציות רבות.

הבנייה הקונבנציונאלית שייכת לתקופות שבהן לא היו בנמצא שיטות בנייה או חומרים אחרים: אבל היום? הרכבת תבניות יציקה, יציקת בטונים, פרוק התבניות ובניית קירות בלוקים בעובי 20 ס"מ שיכולת הבידוד שלהם נושקת ל-0, אבל המשקל שלהם מחייב קונסטרוקציה מסורבלת וכבדה. קירות שאחרי שניבנו, חוצבים בהם תעלות עמ"נ לטמון בהם צנרת חשמל, מים ביוב תקשורת וכד'. וכל זאת טרם טיוח, ריצוף על חול ים.....וכל הגדלה או שינויי משמעותם להתחיל הכל מחדש.

בבנייה יבשה בחומרים מתקדמים, ייצור החלקים הוא סימולטני-במקביל, משמעותו משך בנייה קצר.

חיבורים יבשים וגמישים; אין בלאי ואין סדקים.

הצמצום ל - 6 דגמים שמורכבים ממודולים זהים שבנויים מחלקים זהים, מתועשים, המיוצרים בבתי חרושת מאפשרים ייצור סידרתי. ייצור סידרתי משמעותו קיצוץ רב בזמן הבנייה ובעלויות. וזאת רק על קצה המזלג.

"המגרשים המוקצים לבניית דירות בערים ובפרברים יהיו נרחבים ומלבניים ולא עוד מעוקלים עד ייאוש: הם יאפשרו את השימוש במרכיבים סדרתיים ואת תעושו של האתרץ אולי יפסיקו סוף סוף לבנות "לפי מידה" \* "



\*לקראת ארכיטקטורה/לה קורבוזייה 1923 . מצרפתית : עידו בסוק. הוצאת  
בבל 1998



## טכניקת בנייה:

אין עבודות באתר. דייקנות, מהירות.  
כל אחד מהמודולים מורכב בהרכבה יבשה מחומרים חכמים.  
הרכבה במקביל.  
כוח עבודה לא מיומן ייצור סידרתי אין פחת.  
אתה קונה בית מוכן לרבות 2 ההגדלות שתבחר לבנות בעתיד.  
להרכבת המודולים נעשית מחוץ לאתר בתנאי מעבדה. אין עבודה.

לא ברורה לי היום הבנייה הקונבנציונאלית: זאת בניה הגיונית לזמנים שלא היו קיימות או שלא היה כלכלי לבנות אלא כך. אבל היום? לא ברור לי. הכנת תבניות היציקה, יציקת בטונים, פרוק תבניות. בלוק בעובי 20 ס"מ שיכולת הבידוד שלו קרובה לאפס, שאחרי שנבנה חוצבים בו לטמון צנרת חשמל ואחרי זה בא הטייח והרצף בנייה יבשה ייצור החלקים הוא סימולטני – במקביל חיבורים יבשים **וגמישים** אין בלאי ואין סדקים. הצמצום ל-6 דגמים שמורכבים ממודולים זהים שבנויים מחלקים זהים שמיוצרים בבתי חרושת מאפשרים ייצור סידרתי. ייצור סידרתי משמעותו קיצוץ רב בזמן הבנייה. קיצוץ בזמן הבנייה הוא קיצוץ בעלויות.



## מודולריות - אדריכלות של צרוף (Additive Architecture) מול אדריכלות של קומפוזיציה

### 1. בנייה מודולארית

מבוא

1-א. תפירה אישית מול ייצור סידרתי וסטנדרטיזציה

1-ב. אסתטיקה: אחדות מגוונת

1-ג. שינויים והרחבות

1-ד. גריד

1-ה. עלויות נחסכות

1-ו. העדר פחת

### 2. שיטות בנייה וחומרים

#### 2-א. בנייה קונבנציונאלית

2-א-1. עבודה לינארית

2-א-2. תפר רטוב

2-א-3. בלאי

2-א-4. הגורם האנושי

2-א-5. עלויות נחסכות

2-א-6. שינויים והרחבות

2-א-7. הגורם האנושי-טעויות

#### 2-ב. בנייה מתועשת

2-ב-1. חיבורים גמישים ויבשים

2-ב-2. קירות גגות ורצפות חלולות

2-ב-3. עבודה לא מיומנת

2-ב-4. ייצור במקביל

2-ב-5. שינויים והרחבות

2-ב-6. בלאי: אנטי-אייג'ינג חיבורים יבשים

2-ב-7. בידוד טרמי ואקוסטי עלויות חימום וקירור

2-ב-8. איכות בנייה

עלויות נחסכות



### 3. השוואה: בניה מודולרית בשיטה קונבנציונאלית מול בניה מודולארית בשיטה מתועשת

## 1. בנייה מודולרית

### מבוא

#### גריד ומודולריזציה

פעמים רבות מבוססת המערכת הקונסטרוקטיבית של הבניין על גריד תלת מימדי, מודולרי, שממפה את מיקומם של העמודים והקורות. החללים שבתוך מסגרות הגריד יכולים לעמוד כל אחד בפני עצמם כ"ארועים" נפרדים (בחדרים), או שהם מתפקדים כ"אירועים" בחלל פתוח בתוך מסגרות הקונסטרוקציה. המערכת הקונסטרוקטיבית יוצרת קצב קבוע תודות לחזרתיות הבלתי מתפשרת של העמודים והקורות המגדירים מודולים זהים.

מאחר וגריד תלת ממדי מורכב מיחידות נפחיות החוזרות על עצמן, ניתן תמיד להוסיף למבנה כולו יחידות נפחיות לפי הצורך. במילים אחרות, תכנון מודולרי מאפשר צמיחה והרחבה של מבנה לאורך השנים בהתאם לצרכים משתנים הרחבה אופקית והרחבה אנכית הערמה (תוספת קומות) - של יחידות מודולריות בשכבות וכל אלה מבלי לפגוע בזהות הכללית של הבניין.

פעמים רבות בבתי מגורים מתאים לקבוע חדר שינה טיפוסי כמודול בסיסי. יחד עם זאת מאחר ובית מגורים פרטי כולל בין השאר גם חדרי שרות, מסדרונות, חדרי רחצה, חדרי ארונות, מזווים וכו', שגודלם כמחצית או רבע מגודלו של חדר שינה טיפוסי, אין זה יוצא דופן לשלב שניים או שלושה מערכות שונות של גרידים תלת ממדיים (מודולים בשניים או שלושה גדלים שונים) במסגרת אותו בנין.

בבניה מודולרית מורכב הבית מיחידות נפח זהות, להלן: "המודול". המתכנן קובע את גודל המודול בהתאם.....לחלל שחוזר על עצמו; אם נקבע את גודלו של מודול טיפוסי לפי גודל חדר שינה לדוגמא: תיבה שמידותיה: 4.40 מ' אורך, 4.40 מ' רוחב ו- 3.00 מ' גובה. במידה ויש צורך ליצור חלל גדול יותר מגודלו של מודול בסיסי, כגון חלל חדר מגורים, ניתן כמובן להצמיד מספר מודולים ככל שנדרש האחד לשני תוך וויתור על מחיצות הפנים, באופן שמאפשר ליצור חלל פנים פתוח, רציף והמשכי.



## מכלולים

כל אחת מיחידות הנפח (המודולים) מורכבת ממספר מכלולים: קונסטרוקציה, קירות חוץ, ריצפה, גג, קירות זכוכית, קירות פנים, (ר' תרשים ).  
בבית שמורכב מ- 10 מודולים יהיה צורך לייצר 10 מכלולי רצפה זהים שכל אחד מהם בתורו מורכב מאותם חלקים, 10 מכלולי קירות חוץ 10 מכלולי קירות זכוכית וכן הלאה.

כל אחד מהמכלולים מגיע לאתר הבניה כשהוא כולל בתוכו את כל החיווט והצנרת הנדרשת לבית Built in (חשמל, אינטרנט, מים דלוחים, צנרת ביוב ותעלות מיזוג אוויר וחימום).

## חלקים

כל אחד מהמכלולים מורכב מאותם חלקים. לדוגמא מכלול הרצפה מורכב מקורות משנה, בידוד טרמי, לוחות עץ דחוס ולוחות עץ תלת שכבתי (ר' תרשים.....). אם בכל מכלול ריצפה נזקקים ל-20 קורות משנה מאלומיניום באורך זהה, בבניין שבו 10 מודולים הרי שבסה"כ נזדקק ל-200 קורות משנה מאלומיניום באותו זהה.

## מאפיינים של השיטה המודולרית

### 1-א. תפירה אישית (Custom Made)) מול ייצור סידרתי – לוחות זמנים ועלויות

מהי המשמעות של בנית בית בתפירה אישית (Custom Made)?  
בית שנבנה בתפירה אישית הוא בית שנבנה מחדש, בצורה שונה, בגודל שונה ומחומרים אחרים מאשר כל בית אחר. בכל בית בתורו, ישנם לדוגמא 20 חלונות כל אחד במידות אחרות אחד מהשני ו/או בצורות שונות (ישר, מקושת וכו'), ישלם הצרכן על כל חלון את המחיר המלא שלו. מחיר זה מגלם את מחיר החומרים, העבודה לבנות את החלון, וכמובן את הרווח לקבלן.

---

בשיטת הבנייה המודולרית מיוצרים כל חלקי המבנה ביצור סידרתי בבתי חרושת ומגיעים לאתר כשהם מוכנים להרכבה.

העיקרון שעומד מאחורי יצור סדרתי הוא, שאם ניצר מוצר מסוים באופן זהה באותן מידות, באותו עיבוד ובאותו צבע, מספר רב של פעמים בצורה בגודל זהים, במקום ליצר מספר מוצרים שונים, נוכל להוזיל את מחירו של המוצר.



לדוגמא, בבית המורכב מ-6 מודולים ובכל אחד מהמודולים מכלול קיר אחד ובאותו קיר יש חלון שמידותיו: 1.4 מ' X 1.4 מ', יהיה צורך ליצר 6 חלונות זהים (אותן מידות, אותו חומר מסגרת, עם אותו סוג זכוכית), הרי שהמחיר לצרכן לא יהיה 6 פעמים כפול עלות חלון בודד; היצרן יכול להרשות לעצמו להרוויח פחות על כל חלון ועדיין בסה"כ הכללי להרוויח יותר.

### 1-ב אסתטיקה - אחידות מגוונת

"ראית בית מודולרי אחד ראית את כולם" – האומנם?  
התפיסה הגורסת שתכנון שמבוסס על צירוף של מודולים היא סוג של משמעת וויזואלית ותכנונית שלכאורה אינה מאפשרת "יצירתיות" תיראה מונוטונית, ושפוגעת בגמישות התכנון, איננה אלא מיתוס.  
בניה מודולרית איננה מגבילה יצירתיות או כופה "שטנציות"; נהפוך הוא; מספר ההסתברויות (הצירופים), שלא בשונה ממשחק לגו, אינו מוגבל. אותו הדבר בכל מה שנוגע לגודל הבית, מספר הקומות, חומרים, צבע, אופי ו"אישיות" הבניין (אופי מסורתי, מודרני, אורבאני, כפרי, אופקי או אנכי וכיו"ב). ובאותו זמן המודולאריות מעניקה לבניין אחידות צורנית; בבניין שמורכב מאוסף של יחידות זהות אפשר להמנע מ"סלט" של צורות שאינן מתחברות, מאוסף של מסות שגודלן וצורתן שונה, ממסות "כבדות" ואטומות לצד מסות "קלילות" ושקופות, דלתות יציאה מהסלון בגודל אחד, חלונות חדרי שינה בגודל אחר וחלונות חדרי רחצה קטנטנים שמפרקות את האחד במקום לאחד ולגבש אותו. מקירות עגולים, לצד פינות קטומות וקירות אנכיים לצד קירות משופעים, מפתחים מקושטים לצד פתחים שמעליהם קורות אופקיות. ובמילים אחרות: "סלט" אדריכלי נוצר על ידי אלמנטים שמתנגשים אחד בשני במקום להתחבר.  
(בניגוד אולי למה שנהוג לחשוב, המילה "אקלקטי" לא הופכת את הסלט לסגנון). איננה הופכת את הבניין למגוון אלא לכאותי.

רמות שונות של יוקרה;

כפי שאת דגם המכונית שרכשתם אפשר לקבל עם מושבים סטנדרטיים מחופים בחומר סינטטי, אך בתוספת תשלום כמובן אפשר לשדרגם למושבי עור, ניתן לקבל את אותו הדגם עם מספר גדול יותר של כריות אוויר, חישוקים פלסטיים או חישוקי





מגנזיום ועוד). רעפים, גגות פח, אבץ או נחושת. גגות שטוחים, משופעים או הקירות, הגגות והרצפות מורכבים משכבות דקות משני הצדדים (פנים וחוף) וחלל ריק באמצע בצורה של "סנדוויץ".

את השכבות החיצוניות (פנים וחוף), ניתן לבחור בכל חומר בניין שקיים בכל צבע ובכל טקסטורה:

מספר השכבות וסוג החומרים מהם הן מורכבות יכול להשתנות מפרויקט לפרויקט; אין מניעה לגוון ולייצר עבור אותו בית מכלולים שונים כגון רצפה שונה עבור חללים שונים (לדוגמה אריחים בחדר המגורים וחיפוי עץ בחדרי שינה). אלא שכל שמייצרים את אותה יחידה מספר גדול יותר של פעמים כך יהיה מחירה זול יותר. ואם מתוך ה- 9 נזמין 5 יחידות מסוג אחד ו-4 יחידות מסוג אחר יש להניח שאלה גם אלה יעלו יותר מאשר 10 יחידות זהות לחלוטין ..... שעלותם תהיה גבוהה יותר.

### 1-ג. שינויים והרחבות:

בסיטואציות שבהן יש צורך במהלך השנים להגדיל את הבית, כמו במקרה של התרחבות המשפחה, הרכבת הבית מיחידות מודולריות, בצורה שמזכירה הרכבת חלקי לגו, מאפשרת להוסיף מודולים נוספים לפי הצורך למבנה הקיים, מבלי שתוספת הבנייה תראה כספחת זרה ש איננה חלק אינטגרלי מהקיים. במשחק לגו אפשר להוסיף או לגרוע חלקים מבלי שהם ייראו לא שייכים או זרים למקור ועדיין יישאר הקשר בין המודול הבודד לבין שאר המודולים היוצרים את השלם<sup>1</sup>.

### 1-ו. ללא פחת ללא בזבז

בבנייה מודולרית כל החלקים המרכיבים את כל אחד מהמודולים הם בעלי מידה קבועה וזוהי ( לדוגמא, מאחר וכל ניצבי האלומיניום זהים לחלוטין, הרי שכל אחד מהניצבים משוכפל כמספר הניצבים הנדרשים כדי להקים X מודולים;

<sup>1</sup>....."הרעיון התוספתי /צירופי (Additive Architecture)), בצורה הכי נקייה שלו, יתבטא בצורה אדריכלית חדשה אך עם אותו ביטוי של צורה/רושם שהיה לו קודם; כמו להוסיף עצים ליער, שוורים לעדר או עוד אבנים על החוף; זה הכל תלוי בכמה רכיבים מצורפים למשחק/כמו כפפה שמתאימה ליד. זה המשחק שמתאים לדרישות של תקופתנו, ליותר חופש בתכנון ולצורך שלנו להתרחק מהבית כקופסה. התפישה האדריכלית של תכנון כצירוף של יחידות זהות, תואם את הצורך באדריכלות ביחס לזמן – addressing) אפשרויות הסבה לנוכח שינוי צרכים התאמה, שינויים והרחבה). אחרי הכל, האישיות והאופי של הבניין הם השלם ( Sum Total ) והשלם נולד מחיבור כל החלקים יחדיו ולא מקומפוזיציה של חלקים או מהכתבה של חזיתות."

האדריכל הדני ז'ורן אוטזון (Jorn Utzon) בראיון למגזין האדריכלות הדנית Arkitektur, כפי שהוא מובא בספרו של Kenneth Frampton "Studies in Tectonic Culture" The M.I.T Press



אם לצורך הקמת מודול אחד יש צורך ב- 25 ניצבים, הרי שלצורך הקמת 11 מודולים, יש צורך להזמין 11 X 25+11 סה"כ ניצבים זהים שלא כמו בבנייה לפי מידה שבה יש לחתוך למידה הנכונה את הקרשים (שנרכשים בגודלם הסטנדרטי), המשמשים לבניית תבניות עץ שלתוכם ייצקו את הבטון. החומר העודף מושלך ללא שיש לו שימוש. גם הזמן הנדרש לחיתוך כל רכיב ורכיב שמגיע לאתר בגודל סטנדרטי וצריך להתאימו למידה הנדרשת נחסך.



## גודל ועלות

קיים קשר בין גודל הבית (מספר המודולים שיש לצרף), לבין העלויות: ככל שהבית גדול יותר יש לצרף יותר מודולים ומאחר וכל מודול מורכב מאותו מספר של מכלולים (זהים) וכל מכלול מורכב מאותו מספר של חלקים (זהים), באותן מידות ובאותה צורת גימור ומאחר וכל החלקים מיוצרים בבתי חרושת, המחיר היחסי של כל רכיב יורד. משמע, בבית גדול יותר יהיה המחיר היחסי של כל חלק נמוך מזה של מחירו בבית קטן יותר.

## 2. הסיכויים לטעויות

כאמור אחד ההבדלים המשמעותיים בין בנייה מודולרית וקונבנציונאלית היא לא בדיוק ההבדל בין שיטות הבנייה אלא הפועל היוצא מכך: האחת מתבצעת כולה תחת כיפת השמיים ואילו השנייה מתבצעת כל כולה בבתי חרושת ור ההרכב בנייה באתר תחת כיפת השמיים היא ההשפעה שיש לכוחות הטבע על איכות הבנייה ומשך הבנייה... כמובן שתנאי מזג אוויר קיצוניים אינם מאפשרים לעבוד כלל ו/או עלולים לפגוע ביכולת העובדים ולגרום לשגיאות ולטעות בקריאת התוכניות הגורם האנושי שמש חום קור.

---

## 2. שיטות בנייה וחומרים

### 2-א בנייה קונבנציונאלית

מאפיינים ושיטת בנייה: שלד בטון, יציקות בטון, בלוקים, חול ריצוף, טיח. בבניית בית יש להקים תבניות שלתוכן ייצקו את הבטון. (עבור יסודות, ריצפת וקירות מרתף, תקרת קומת מרתף שהיא ריצפת קומת קרקע, עמודים, ריצפת קומה א', ריצפה וכן הלאה). לאחר התקשות הבטון, אותה תבנית מפורקת ומוקמת מחדש עבור המלאכה הבאה (ר' להלן עבודה לינארית).

---

### 2-א-1 עבודה לינארית (עוקבת)

בבנייה קונבנציונאלית תהליך העבודה הוא תהליך לינארי - עוקב. אין אפשרות להתחיל אף אחד מהשלבים בעבודה לפני סיום המלאכה שקדמה לו; כל אחד מהשלבים מהווה למעשה את התשתית למלאכה שאחריו. תחילת מלאכה אחת מותנית בסיום העבודה שלפניה.

אחת המשמעויות לכך היא שאין אפשרות לקצר את משך הבניה באמצעות ביצוע שתי עבודות או יותר, במקביל.

עבודה במקביל מקצרת את משך הבנייה ובמשתמע מכך מנמיכה עלויות. הדוגמאות לכך רבות: לא ניתן לצקת עמודים וקורות בטון לפני שמקימים את תבניות העץ שלתוכם יוצקים את הבטון. אין אפשרות להקים את תבניות העץ ליציקת העמודים לפני שהטפסן מסדר ומחשק את מוטות ברזלי הזיון שתפקידם להגדיל את כושר הנשיאה של קונסטרוקציית הבטון, בהתאם להנחיות הקונסטרוקטור. את קורות הבטון אי אפשר לצקת לפני שנוצקו עמודי הבטון וגם אחרי שאלה נוצקו אי אפשר יהיה לצקת את קורות הבטון טרם שהבטון התקשה (אשפרה) וצבר את החוזק שמאפשר לעמודים לשאת את הקורות, הרצפה והתקרות.

תהליך ההתייבשות/התחזקות של הבטון אורך מספר ימים ואז יש כמובן לפרק את תבניות העץ שסיימו את תפקידן לכשהבטון הפך מעיסה למוצק. לפני סיום שלב זה לא ניתן להתחיל לבנות את קירות הבלוקים.



לאחר שבונים את קירות הבלוקים יש להקים מחוץ לבניין מערכת פיגומים שימשו את הטייחים. את הפיגומים על הקבלן להשכיר וככל שהבניה תימשך יותר זמן, כך תגדל עלות השכרתם שבה יישא בסופו של דבר מזמין העבודה. חלונות ודלתות. אין אפשרות להתקין לפני בניית הקירות. ייתר על כן בגלל חוסר הדיוק שבבנייה קונבנציונאלית יצרן החלונות לא יתחיל אפילו לבנות את המשקופים חלונות ודלתות טרם שיגיע לאתר הבנייה וימדוד את גודל הפתחים. חלונות ודלתות אלומיניום גם יצריכו הרכבה של "משקופים עיוורים" בפתחים שנעשו בקירות שמהווים הכנה למשקופי האלומיניום.

---

## **2-א-2. תפר רטוב**

כל מוצר קם או נופל על איכות התפרים בחיבורים בין חלקיו; (תפירה, הדבקה, מסמרים, פינים, ברגים); כל בלוק מחובר לבלוק שלידי, קורות מחוברות לעמודים, הגגות השטוחים ומשטחי כל קומה מחוברים לעמודים ולקורות הנושאים אותם וכן הלאה. בשיטת הבנייה הקונבנציונלית, הצמדת החלקים אחד לשני מתבססת על תהליך של הדבקה. הצמדה באמצעות דבק היא חיבור קשיח.

## **2-א-3. בלאי**

רטיבות הקרקע (גשמים, השקיה) ושינויי טמפ', עומדים מאחורי שקיעות ותזוזות של כל מבנה; חיבורים קשיחים בין רכיב לרכיב אינם מאפשרים לרכיבים הבודדים תנועה גמישה ועצמאית משל עצמם. כל אחד מהרכיבים נע בכיוונים שונים ובהתאם למקדם התפשטות שונה; כתוצאה מכך נוצרים בבניין קרעים, סדקים והתקלפויות; בנין שבנוי בשיטה קונבנציונאלית הוא בנין שיחייב עבודות תחזוקה ושיפוצים למשך כל חיי הבניין.

---

## **2-א-4 הגורם האנושי**

בבניה קונבנציונאלית יש משקל רב לגורם האנושי; הסיבה העיקרית לכך היא שבבנייה קונבנציונאלית נעשות כל העבודות באתר הבנייה, דבר שמחייב תיאום בין בעלי מלאכה שונים והתמודדות עם עיכובים ורצף בנייה לקוי. בנוסף לכך העבודה בחוץ תחת כיפת השמיים מושפעת מתנאי מזג אוויר משתנים, וכתוצאה מכך גם עם איכות עבודה שאינה אחידה.

---



## 6-א-6 שינויים והרחבות

הרחבה תוספות ושינויים בבניין הבנוי ב שיטה קונבנציונאלית הם בנייה חדשה לכל דבר. כאשר הבניין הקיים הוא בן מספר שנים והספיק כבר לזוז ולשקוע דדקים.....

## 2-ב. בנייה מתועשת

במונח "בניה מתועשת" אנחנו מתכוונים לא לבנייה כי אם ליצור והרכבה. המשמעות של בנייה מתועשת היא שינוע כל חלקי הבית לאתר הבנייה כשהם מוכנים להרכבה, דומה להרכבת חלקי לגו שמגיעים בקופסה כשהם חתוכים, צבועים ומוכנים להרכבה.

## 2-ב-1. חיבורים יבשים וגמישים

כל המשטחים במבנה מתועש (רצפות, גגות וקירות), מורכבים משכבות דקות המחוברות לשלד קל (מעץ או אלומיניום) בחיבורים יבשים וגמישים (ברגים, פינים ומסמרים), המקבעים את כל הרכיבים האחד לשני אך לנוע באופן עצמאי בהתאם למקדמי ההתפשטות הספציפיים של כל חומר וחומר באופן שמונע קריעה של חומר אחד ממשנהו.

---

## 2-ב-2. סנדביץ - קירות, גגות ורצפות חלולים (Cavity Walls)

החלל הריק, שבין ניצב לניצב או בין קורת משנה אחת לשנייה, הוא חלל ריק שמאפשר התקנת בידוד טרמי/ אקוסטי לפי בחירה: צמר זכוכית בצורה של מזרונים או משטחי קל קר קשיחים. בנוסף משמשים החללים הריקים להכלת כל צנרת הבניין מים חשמל דלוחין ביוב מיזוג אוויר אינטרנט. נגישות קלה למטרת תיקונים, שינויים והוספת צנרת.

---

## 2-ב-3. עבודה לא מיומנת

בבנייה ובייצור סדרתי נדרש העובד לחזור ולבצע את אותה המלאכה בדיוק והוא אינו צריך ללמוד כל פעם מחדש לבצע עבודה חדשה שאינה מוכרת לו. המשמעות היא קיצור בזמן העבודה שמתבטא כמובן בהפחתת עלויות. בנוסף לכך, ביצוע אותה עבודה בדיוק (חזרתיות Repetition) בא לידי ביטוי בשיפור איכות העבודה בדייקנות ובמהירות ייצור.

## **2-ב-4 יצור במקביל (סימולטני)**

יצור במקביל של כל חלקי הבניין בבתי חרושת שונים, מקצר את משך העבודה בעוד בנייה לינארית מאריכה אותה. כל חלקי הבניין מיוצרים באותה עת בבתי חרושת שונים ומגיעים לאתר מוכנים להרכבה. כאמור, ההרכבה עצמה של כל אחת מקבוצות החלקים מתבצעת באתר הבניה. משך הרכבת כל אחד מהמכלולים אינה עולה על מספר ימים מאחר והחלקים המרכיבים את כל אחד מהם מגיעים כאמור לאתר כשהם מוכנים להרכבה וממוספרים. אין צורך להקים פיגומים מאחר וחלקי הקירות מגיעים כשהם מוכנים להרכבה ואין צורך בטיוח הקירות מבחוץ. הקשר שבין משך הבניה ועלויות כמעט שאיננו טעון הסבר; החל מהחזר משכנתאות לאורך ארוכה ו/או קיצור הזמן שיש לשכור מקום מגורים זמני.

## **2-ב-5. הרחבות, שינויים וביצוע תיקונים**

מכלולי הקירות (קירות חוץ אטומים וקירות פנים), הגגות והרצפות בכל אחד מהמודולים הם פנלים דקים שממלאים מסגרות פלדה שרוחבן וגובהן זהה ומוצמדים בצורה יבשה לפרופילי אלומיניום בתוך מסגרות הפלדה. קל להחליף קירות אטומים בקירות זכוכית, להחליף חיפוי פח בחיפוי עץ, טיח באריחים, קיר פח בחיפוי עץ; כל שנדרש הוא לפרק את הברגים שמחזיקים במקומם את הפנלים הקיימים ולהרכיב מחדש את הפנלים החדשים ללא כל צורך בהריסה, חציבה או קילוף.

---

## **2-ב-6. תחזוקה / אנטי אייג'ינג – הדבקה מול חיבורים יבשים**

"הזדקנות" בניין משמע הבלאי שלו וכשלים טכניים מתרחשים בחיבורים ובתפרים שבין רכיב אחד לשני; סדקים, פיצוצי והתקלפות טיח וצבע, נובעים משיטת החיבור של רכיב אחד למשנהו (במקרה של בניה קונבנציונאלית כאמור - הדבקת חלקי הבניין אחד לשני). על כל מבנה מופעלים לחצים וכוחות שמקורם בשקיעות קרקע, ברטיבות של האדמה כתוצאה מגשמים, השקיה מרובה לחות באוויר וכן שינויי טמפרטורה מעונה לעונה ובשעות היום יחסית ללילה. כתוצאה מכך כל בניין נמצא בתזוזה. לרכיבים העשויים מחומרים שונים המרכיבים כל מבנה, יש מקדמי התפשטות והתרחבות שונים. כתוצאה מכל אלו



לחלקי הבניין יש נטייה להיקרע ולהתנתק אחד מהשני. שום דבק אינו חזק דיו כדי למנוע זאת ואז אנו עדים לסדקים, היפרדויות, פיצוצים והתקלפויות. ועוד: שלא בשונה מאפיית עוגה, עיסת העוגה שנאפתה בחום גבוה מאד מהר מאד, תגרום למעטפת העוגה להתפוצץ כתוצאה מהתייבשות מהירה מידי; לא בשונה מכך בטמפרטורות הגבוהות באזורים מסוימים וכתוצאה מכך שהיציקה מתבצעת מתחת כיפת השמיים, לעיתים קרובות מתייבשת עיסת הבטון מהר מידי בטמפרטורות גבוהות מידי והתוצאה היא גרימת פיצוצים.

## 2-ב-7. בידוד טרמי - עלויות חימום וקירור

כאמור בסעיף 2-ב-3 למעלה, שיטת הבניה המתועשת מאפשרת לבנות את כל המשטחים האנכיים והאופקיים משכבות דקות המותירות את מרבית עובי המשטחים (קירות גגות רצפות) חלל ריק חלול. החללים נותנים מרחב להתקנת מזרוני בידוד טרמי ואקוסטי צמר זכוכית. כל משטח שמבודד במזרון טרמי או בבידוד קשיח מספק בערך פי 3 בידוד טרמי מזה שמספק בלוק הבטון או כל בלוק אחר.

המשמעות היא מניעת חדירת חום לחלל הבית בקיץ, מחד ומאידך בריחת אוויר שקורר, דרך הקירות והגגות החוצה. בחורף לעומת זאת נמנעת חדירת אוויר קר מהחוץ פנימה ובריחת אוויר שחומם מתוך הבית החוצה. בידוד טרמי משמעותו חיסכון רב בעלויות קירור וחימום.

## השוואה - האם יש קשר בין מודולריות לבין צורת בנייה וחומרים?

האם בנייה לפי מידה מחייבת לבנות בבנייה קונבנציונאלית והאם בנייה קונבנציונלית יכולה להתרחש רק בבנייה לפי מידה?

חשוב להבין את המשמעויות וההשלכות של בניה מודולרית בשיטת בנייה קונבנציונאלית לעומת בנייה מודולרית בשיטת בניה מתועשת; אכן, לכשעצמה, בניה מודולרית איננה קשורה בהכרח לבנייה קונבנציונאלית או לבניה בשיטה מתועשת. אפשר לבנות בניין מודולארי בשיטה קונבנציונאלית ואפשר לבנות בניין מודולארי בשיטה מתועשת.

---

## מודולריות ובניה קונבנציונלית





בבניה קונבנציונאלית מתבצעת העבודה כולה תחת כיפת השמיים, באתר הבנייה; יציקת בטונים מחוזקים בברזל, בניית תקרות צלעות, בניית קירות בלוקים, ריצוף והרכבת דלתות וחלונות.

הבה נראה מה הן המשמעויות של בניה מודולרית בשיטה הקונבנציונאלית; ניקח לדוגמה בנין שמתוכנן בצורה מודולרית שנבנה בבנייה סטנדרטית: נניח שבבנין 11 מודולים זהים שמידות כ"א מהם: 4.40 מ' אורך, 4.40 מ' רוחב ו- 3.00 מ' גובה; הבה גם נניח שבבנין ישנם 16 קירות אטומים זהים. מידות כל קיר: 4.4 מ' אורך, 4.4 מ' רוחב  $3.0 \times 4.4$  מ'; השטח הכולל של כל 16 הקירות יהיה:  $211.2 \text{ מ"ר} = 4.4 \text{ מ'} \times 3.0 \text{ מ'} \times 16$  בבנייה קונבנציונאלית יש משמעות אך ורק **לשטח** הכולל של **הקירות** שיש לבנות; אין שום יתרון לבניית 16 קירות זהים ששטחם הכולל הוא  $212.20 \text{ מ"ר}$  על פני בניית 12 קירות שמידות כל אחד מהם שונות, אך ששטחם הכולל הוא  $212.20 \text{ מ"ר}$ .

---

### מודולריות ובנייה מתועשת

בבנייה מחומרים מתועשים, מיוצרים כל רכיבי הבניין במכונות בבתי חרושת. הרכיבים מגיעים לאתר כשהם מוכנים להרכבה, משמע, חתוכים למידה הרצויה צבועים, מגולוונים ומטופלים כנדרש.

---

### היתרונות של ייצור סידרתי

בבנייה מודולרית הבניין מורכב מיחידות מודולריות זהות. כל אחד מהמודולים מורכב מספר זהה של רכיבים שהם עצמם זהים. כל אחד מהרכיבים מורכב מחלקים שגם הם זהים. מאחר וכל החלקים מהם מורכב כל רכיב הם תמיד בדיוק אותם חלקים באותה מידה, והם חלקים המיוצרים בבית חרושת – בבנייה מודולרית ניתן לייצר את הבתים בייצור סדרתי Mass Production.

אם, לדוגמה, במודול בודד ישנם 2 קירות אטומים (מכלול קירות חוץ) וצריך עבורם 20 ניצבי אלומיניום הרי שב-2 מודולים צריך יהיה לייצר 40 ניצבי אלומיניום וב-3 מודולים יהיה צורך להזמין 60 ניצבי אלומיניום. אם בכל אחד מהמודולים ישנן 2 יחידות קיר שהחיפוי החיצוני שלהן הוא לוחות עץ ומאחר וגודל כל יחידת קיר הוא זהה (נניח  $4.00 \text{ מ'}$   $\times$   $3.00 \text{ מ'}$ ), הרי שלהרכבת כל מודול צריך יהיה להזמין כמות עץ שתחפה שטח קיר בגודל  $23.00 \text{ מ"ר}$ . להרכבת 2 מודולים יהיה צורך בכמות עץ בסך  $46.00 \text{ מ"ר}$ .



---

מיותרות פיגומים: ראה עלות פיגומים בשיטת בניה יבשה מגיעים כאמור כל החלקים מורמים כל אחד בתורו למקומו. בשיטת בנייה זאת ניתן להימנע כמעט לחלוטין משימוש בפיגומים מאחר ומלאכת הרכבת כל המכלולים הקירות מתבצעת רובה ככולה מתוך הבית. במקרים מסוימים ניתן להשתמש בפיגום נייד לביצוע עבודות מקומיות.

בתוך הבית קירות הפנים הן עשויות מחיצות גבס או כל חומר קל אחר לפי בחירה. בקירות החוץ מדובר בסגירה מבפנים של קירות "סנדביץ" בחומר שניבחר ע"י המתכנן (גבס, עץ, מתכת, אריחים וכיו"ב).

מאחר וכל הייצור נעשה בבתי חרושת, אין עיכובים שמקורם במזג אוויר קשה ולכן העבודה מתבצעת מהר יותר בצורה מדויקת יותר ובסיכוי קטן לשגיאות והצורך וכל זאת משפיע מאד על עלות הייצור.

היתרון שבשימוש שברכיבים מתועשים המיוצרים בבתי חרושת איננו יתרון לכשעצמו; הוא בא לידי ביטוי רק בהתקיימות תנאים מסוימים 1. כמות - ייצור סידרתי. שימוש ברכיבים זהים מבלי שצריך יהיה להתאים לחתוך אותם למידות מסוימות.