



הוזלת מחירי הדיור בישראל על-ידי הטמעת טכנולוגיות עגורנים מתקדמת

מסמך זה מבוסס על סקירת ספרות מחקרית ומידע בתחום ועריכתם.

לכל שאלה ובירור ניתן לפנות אל:

מיכאל תבור michael@tavor.biz 054-7718000 09-7776800

3.11.2022



תוכן עניינים

1.תקציר מנהלים.....	3
2. רקע לבעיה.....	4
3. פערי ביקוש והיצע בשוק הדיור.....	6
4. גורמים מרכזיים בהאטת קצב הבנייה.....	8
5. פתרונות אפשריים לבעיית כוח אדם.....	8
5.1 העלאת כמות כוח האדם בענף.....	8
5.2 הקטנת הצורך בכוח אדם גדול.....	9
5.3 בנייה מודולרית.....	9
5.4 מערכת שליטה מרחוק למנופים.....	10
6. פתרון ריאלי קיים ומבוקש.....	11
7. אומדן החיסכון.....	12
8. תמ"א 35 הנחיות ותיקונים להגדלת הצפיפות.....	13
9. השפעות מאקרו כלכליות.....	15
10. המצב כיום.....	17
11. לסיכום.....	17
12.רשימת מקורות.....	18

1. תקציר מנהלים

יש עליה עקבית ומשמעותית בהתמשכות הבנייה בישראל. בעוד שהממשלה מגדילה היצע דירות מתוכננות, מנסה להקטין צווארי בקבוק באישורי בניה (בהצלחה חלקית), מנסה לפשט הליכי רישוי (טופס אכלוס), יוזמת בעלויות תקציביות גבוהות, תוכניות מחיר מופחת, היא אינה עוסקת בקיצור זמן הבנייה ובהכנסת טכנולוגיות המפחיתות שימוש בגורמי ייצור יקרים, גורמים שמשקלם בעלות הבניה הכוללת עשוי להיות בין 10% ל-20% מעלות הדירות.

ההימנעות מפעולות אלה גורמות לייקור הדירות במספר דרכים:

- ❖ עלויות המימון ליזם (אשראי ריבית) הן בגין הפער שבין רכישת הקרקע לתקבולי המכירה והן בשל תקופות ארוכות יותר של הפעלת גורמי ייצור באתר (בפרט פועלים יקרים, אך גם עגורנים). התוצאה כמובן מדד עלויות בניה גבוה יותר.
- ❖ שימוש יתר בפועלים הנמצאים במחסור תמידי בענף ולכן עלות העסקתם גבוהה מהנדרש ובשל משך העסקתם מרכיב העבודה גדל בעשרות אחוזים שלא לצורך ובמקביל עיכובים בבנייה ולכן ייקור נוסף מבחינת עלויות המימון
- ❖ הקטנת ההיצע הפוטנציאלי של מיזמי הבנייה. ככל שעלויות הבניה הכוללות מימון גבוהות יותר, כך גדל הסיכון היזמי ולכן היצע הבנייה האפשרי לא מגיע למיצוי.

המנוף בטכנולוגיה מתקדמת ויעילה הינו מרכיב חיוני והכרחי ליישום בנייה מודולרית – בנייה מודולרית תעשייתית מקטינה את משך הבנייה, אך ללא מענה יישומי באתר הבנייה עצמו, היא מאבדת את מרבית יתרונה והאפקטיביות בהיבט החיסכון, קצב הבנייה והוזלת מחירי הדירה, נמוכה מאוד ביחס לפוטנציאל.

תמ"א 35 תיקון 2 נתנה את הדעת על נושא שימוש ברזרבות קרקע והרצון להשאיר שטחים ירוקי במסגרת התרחבות הבניה ולכן ההנחיות שם נוגעות לנושא הרחבת הבניה במגדלים, כולל אזורי פריפריה.

✓ מעבר לבניה מודולרית והכנסת טכנולוגיות ניהול עגורנים בעזרת קוקפיט, עשוי לתרום **באופן מידי** להוזלה של 44,000 ₪ ליחידת דיור רק מגורם הפעלת המנוף, בלי לקחת בחשבון את ההוזלה בגין הבניה המודולרית עצמה, כאשר הגידול בהיצע והקטנת סיכוני היזמים והקבלנים עשוי להוריד את המחיר, בסופו של דבר גם בכ- 200,000 – 300,000 ₪ לדירה ממוצעת. ככל שהטכנולוגיה תוטמע והיעילות תגדל, החסכון יהיה גדול יותר.

✓ משך הבניה באתר עשוי לרדת בין 35% ל-44%. קיצור דרמטי הגורר לא רק את קיצור העלויות, כי אם גם את הקטנת הפסולת והבאת דירות לשוק במהירות גבוהה יותר מרגע האישור, עניין מרכזי בהורדת מחירים

✓ לשינוי כזה תהיה השפעה גם על פרוץ העובדים בישראל, הנמצא בפיגור מתמשך וגורם לכאב ראש לקברניטי המדינה בצד עלייה טבעית בתוצר העסקי בפרט ובתמ"ג בכלל.

2. רקע לבעיה

מדינת ישראל מתמודדת עם אתגר משמעותי בתחום הדיור. בשל ריבוי טבעי מהגבוהים בעולם המפותח וגידול מוערך של כ-60,000 יחידות משקי בית בשנה. בצד ממוצע גמר הבנייה בעשור האחרון העומד על 45.7 אלף יח"ד בלבד, נוצר מחסור משמעותי בהיצע הדיור וממילא לזינוק במחירים שנמשך מ-2008 עד עתה.

הפיגור המשמעותי בקצב הבנייה הנדרש לשוק מתחיל בהליך מתן היתרי בנייה מסורבל ואיטי שנמשך כ-3 שנים בממוצע וממשיך בקצב בנייה איטי משמעותית בהשוואה לממוצע במדינות המפותחות. לדוגמא, בישראל משך זמן הבנייה הממוצע לדירה בישראל עומד על כ-32 חודשים, לעומת ארה"ב בה הממוצע עומד על 17.2 חודשים בלבד¹.

על מנת להתמודד עם בעיה זו על המדינה לייעל את שני הגורמים המעכבים העיקריים להליך הבנייה בישראל, הוצאת היתר ותהליך הבנייה בפועל. במסמך זה עסקנו במרכיב השני בלבד.

קצב הבנייה האיטי בישראל נובע ממספר סיבות שהעיקרית שבהן היא מחסור בכוח אדם². המדינה פעלה להגדלת מספר העובדים בענף דרך ייבוא עובדים ממדינות זרות אך מהלך זה כשל.

דרך פשוטה לפתרון הבעיה הינה ייעול טכנולוגי שמיתר את הצורך בכוח אדם גבוה. ישנם שני מוקדים אפשריים לייעול טכנולוגי מזורז שיקטין את מספר העובדים הנצרכים ויזרז את קצב הבנייה ובכך יביא להגדלת ההיצע ולהפחתת עלויות אשראי.

מוקד ראשון: מעבר לבנייה מודולרית תלת ממדית בה יחידות הבינוי מוכנות במפעל ייעודי ומורכבות באתר הבנייה. שיטת הבנייה המודולרית מסוגלת לחסוך 30-50 אחוז מזמן הבנייה לצד יתרונות נוספים באיכות, בנייה ירוקה, הפחתת עלויות אחזקה ועוד.

מוקד שני: שימוש בטכנולוגיית קוקפיט לעגורנים מבית סקיליין. במצב הקיים מפעיל העגורן יושב בצריח המגיע לגובה שכיום עשוי להיות גם **מאות מטרים** מעל פני הקרקע. במצב זה חסרונות רבים של בטיחות, יעילות עבודה, ניצול זמן חסר בשל זמני הטיפול והירידה נוסף לימי סערה בהם לא ניתן לתפעל את העגורן, כל זאת לצד תנאי עבודה גרועים שמרתיעים עובדים ומצמצמים את ההיצע

בטכנולוגיית קוקפיט מפעיל העגורן יושב במוקד בקרקע ונעזר במערכת מצלמות וחיישנים לשליטה בעגורן. אם במצב הקיים ישנם כ-20-30 ימי סערה בשנה שאינם מאפשרים עבודה יעילה בעגורן, הרי שטכנולוגיית קוקפיט מאפשרת עבודה גם בתנאי מזג אוויר קשים.

מערכת הקוקפיט מאפשרת מפעיל אחד לשלוט בשני עגורנים, מה שחוסך כוח אדם מחד לצד הגדלת היצע העובדים המצומצם כיום בשל תנאי העבודה הקשים.

¹ להלן פרק 2.

² ראה למשל פנייתו של אלדד ניצן, יו"ר התאחדות תאגידי כוח אדם זר בענף הבנייה באיגוד לשכות המסחר אל שר האוצר <https://www.ynet.co.il/economy/article/HJ6XyG5Fu>

הקוקפיט משפר את בטיחות, יעילות ואיכות העבודה באופן משמעותי, מקצר את זמן העבודה דרך חסכון זמן הטיפול ויכולת עבודה בתנאי מזג אוויר קשים, ומשפר את תנאי העובדים באופן משמעותי.

נכון להיום השימוש במערכת מוקפא מכוח צו מנהל בטיחות מטעם משרד העבודה, למרות שיש אישור של יצרני העגורנים, **חברות ענק העומדות בסטנדרטים אירופיים ואמריקניים ובעלי מסורת של ייצור איכותי ורמת בדיקות מעל זו הקיימת במדינת ישראל.**

טעם ההקפאה – סוגיית בטיחות, ללא דרישה מוגדרת לתיקון גורמי בטיחות קונקרטיים. לא מובן כיצד מערכת הפעלה מרחוק בה המפעיל יושב בתנאי משרד עם מערכות צילום ובקרה העולות על הראייה האנושית, נתפסת בעיני גורם מקצועי כפחות טובה מאשר הפעלה ידנית אנושית עם כל מגבלות הראייה הידועות והורך של המפעיל לטפס לגובה עשרות מטרים ולשהות שעות ארוכות בצריח זעיר וזאת לאחר ששתי מערכות עברו ביחד ארבע שנות ניסיון במצטבר³ ללא תקלות.

חסימת יישום הטכנולוגיה בשטח ניתן ללא הצבעה מפורשת על ליקויים ספציפיים אותם תוכל החברה לתקן במסגרת זמנים נתונה מונעת אפשרות לתיקון ובעצם מהווה בפועל חסימה מוחלטת של המערכת.

אתגר הדיור בפניו עומדת מדינת ישראל אינו מתיר לה להישאר במצב הקיים בכל הנוגע ליעילות העבודה בענף הבניין. במצב זה מצופה מקובעי המדיניות להימנע מחסימות רגולטיביות חסרות פשר ולפעול לשפר ולייעל את הליך הבנייה בישראל כחלק מהמאבק במחירי הדיור.

³ אתר ניסוי בעלי זהב ואתר בניה באור ים.

3. פערי ביקוש והיצע בשוק הדיור

הביקוש לדיור בישראל הולך וגובר, בעת שקצב התחלות הבנייה נמצא בפיגור ביחס לגידול האוכלוסייה. בנוסף, ענף הבנייה סובל מזמני ביצוע ארוכים, מחסור בכוח אדם ובעיות איכות וגימור. התוצאה: פער, הן בהיצע הדיור דבר התורם לעלייה במחירים, והן באיכות הבנייה.

נתוני הבסיס מצביעים על עלייה עקבית בביקוש לדיור בישראל. אם ניקח גידול אוכלוסייה כאומדן לגידול בביקוש לדירות, בעשרים השנים האחרונות בממוצע⁴, חל גידול שנתי של 1.9% באוכלוסייה מריבוי טבעי ועלייה. מול מצבת דירות ובתים למגורים העומדת על כ- 2.8 מיליון יחידות⁵, מעמידה את הגידול הנדרש השנתי על כ- 53 אלף יחידות דיור, אולם על פי אומדנים שנעשו במשרד האוצר, בשל מחסור מצטבר בשנים האחרונות, הרי נדרשים בחמש השנים הקרובות, קרוב יותר ל- 70,000 יחידות בשנה⁶ על מנת לענות הן על הפער והן על הגידול השנתי. בפועל ממוצע גמר הבנייה בעשור האחרון (2011-2021) עומד על 45.7 אלף דירות בממוצע לשנה⁷.

הצעד הראשון שיש לעשות על מנת להתמודד עם בעיה זו יהיה מן הסתם הגדלת התחלות הבנייה בישראל – מגמה שאכן החלה בשנה האחרונה (2021-2022) עם נתינת היתרי בנייה ל- 80,670 יח"ד, המהווה עלייה של 30.1% ביחס לשנה שלפניה והתחלת בנייה של 72,540 יח"ד, עלייה של 24.3% ביחס לאותה תקופה אשתקד⁸.

אכן, הגדלת היתרי הבנייה והתחלות בנייה חדשה אינן מספיקות לכשעצמן בשל בעיה נוספת הבנייה בישראל – משך הזמן הממוצע לגמר דירה. משך הבנייה הממוצע בישראל גבוה משמעותית מהממוצע המקביל במדינות המפותחות ויתר על כן, נמצא בעלייה עקבית במהלך העשור האחרון.

⁴ נתוני למ"ס לשיעורי גידול שנתי באוכלוסייה.

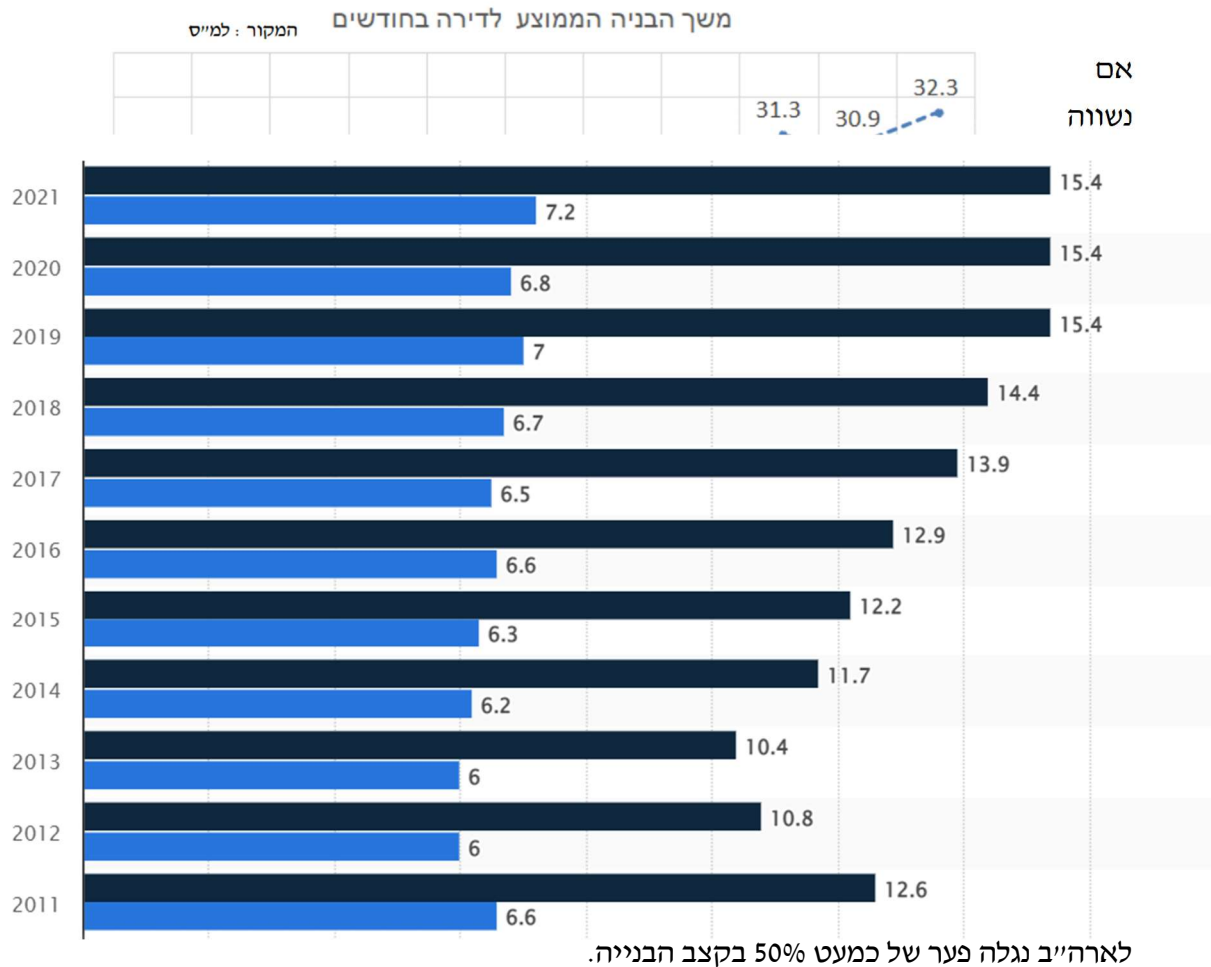
⁵ הלמ"ס, דירות ומבנים בישראל 2021.

⁶ 300 אלף דירות מאושרות, רק 18 אלף זמינות לבנייה, אמיתי גזית, כלכליסט, 2021.

⁷ Nadlan Master דו"ח 2022.

⁸ על בסיס מחולל נתוני בינוי הלמ"ס.

שם.



המדד הבהיר מייצג בנייה של יחידה בודדת מול המדד הכהה שמייצג בניית מבנה בעל 2 יח"ד ויותר.
בבניינים בעלי 20 יח"ד ויותר נמדד משך בנייה ממוצע של 17.2 חודשים בלבד⁹

מובן שעל מנת לסגור את הפער בין הביקוש להיצע בשוק הדירות בישראל, וממילא להביא לירידה במחירי הדירות, אין די בהגדלת התחלות הבנייה ויש צורך משמעותי בקיצור משך הבנייה בישראל, עניין המשליך ישירות על עלויות הבניה דרך הפחתת עלויות כוח האדם והמימון בעיקר.

Statista Research Department, May 18, 2022⁹

4. גורמים מרכזיים בהאטת קצב הבנייה

ישנם מספר גורמים לזמן הבנייה הארוך כאשר ביניהם ניתן למנות תהליך אישורים איטי במהלך הבנייה עצמה המתווסף לתהליך האיטי בהוצאת היתר בנייה¹⁰, אולם גורם מרכזי לעיכוב הינו מחסור כרוני בעובדים מקצועיים בעבודות הרטובות ובמנהלי עבודה¹¹ וכן עיכוב בהכנסת טכנולוגיות חוסכות כוח אדם באתרים.

ההצעות שלהלן עוסקות בחלק התפעולי של הקטנת זמני בניה ועלויותיהן. נושא הבירוקרטיה והרגולציה, לא נדונים כאן, למעט התייחסות לסוגיית אישורי הטכנולוגיות.

5. פתרונות אפשריים לבעיית כוח אדם

כאשר ישנה בעיית מחסור בכוח אדם ניתן לפתור אותה באחת משתי דרכים.

5.1 העלאת כמות כוח האדם בענף.

אפשרות זו ניתנת ליישום דרך הענקת תמריצים שונים בתחומים השכר ותנאים נלווים או לחלופין ייבוא כוח עבודה זר.

באשר לייבוא כוח עבודה זר. הרי יש שני מקורות עיקריים: האחד עובדים פלסטיניים והשני יבוא ממדינות איתם אין לישראל גבול משותף.

לאורך השנים נחתמו הסכמים בילטרליים להבאת עובדים זרים לענף הבנייה עם: מולדובה, בולגריה, רומניה, סין ואוקראינה. הסכמים אלו נועדו לאפשר למדינת ישראל לגייס עובדים זרים מיומנים לעבודה בענף הבניין. עם זאת, מהלך זה נכשל: במהלך השנים 2017-2018 במקום 20 אלף פועלים סינים הגיעו בקושי 5,000, ומתוך 1,000 פועלים אוקראינים שהמדינה אישרה את הבאתם לישראל. הגיעו 150 בלבד.

באשר למרכיב העבודה הפלסטיני, הרי לפי אלדד ניצן, יו"ר התאחדות כוח אדם בענף הבנייה, גם הגדלת כוח העבודה הפלסטינאי מוגבל. העובדים הפלסטינים עובדים מספר מופחת של שעות, כיוון שיש שעות מסוימות בהן נסגרים המחסומים בגבולות. בנוסף, הם לא מיומנים בבנייה לגובה¹². לכל אלה נוספים סגרים ומגבלות מעת לעת בשל סיבות ביטחוניות.

¹⁰ דוגמת אישורי חברת החשמל (נקודות חשמל, בדיקת פחת וארקה), ביוב, חוזק בטון קונסטרוקטיבי, מידות בנייה ועוד.

¹¹ התאחדות הקבלנים בוני הארץ, סקירה כלכלית ספטמבר 2022

¹² בתום שנת 2016 הועסקו בענף הבנייה כ-244 אלף עובדים, כאשר מתוכם כ-187 אלף מועסקים ישראלים (77%) כ-48 אלף עובדים פלסטיניים (20%) וכ-9 אלף עובדים זרים (3%) העובדים הזרים והפלסטיניים מועסקים בעיקר בעבודות הרטובות של הענף.

¹³ יעקבי הנדלסמן היאלי, מכתב חריף לכהלון: "מחסור בעובדי בנייה גורם לתאונות", 19.2.29, ישראל היום.

בניית מערכת תמריצים בשכר ובתנאים למעשה מעוותת את השוק, כרוכה באישורים תקציביים חוזרים ובפועל מעלה את עלות הבנייה עצמה¹⁴. סוגיית התמריצים עצמה לא מביאה לתוצאות משמעותיות שכן העיסוק בבנייה אינו פופולרי בקרב מחפשי עבודה בגלל המוניטין שיש לענף ושינוי דפוסים בתחום, עלול להיות כרוך בהוצאות גבוהות מדי ולא ריאליות. רמת התמריצים הניתנת לענף כענף מועדף ליוצאי צה"ל, לא גרמה לשינוי בדפוס העסקה.

כל זאת מביא אותנו לאפשרות הנוספת.

5.2 הקטנת הצורך בכוח אדם גדול

אפשרות זו ניתנת ליישום דרך ייעול טכנולוגי בענף הבנייה, ענף שהטכנולוגיה הבסיסית הנמצאת בשימוש בדרך הבנייה הקונבנציונלית לא זוכה להתקדמות רבה, בוודאי בהשוואה לענפים אחרים ובמקרים רבים, אותן טכנולוגיות מיושנות משמשות את הענף מזה מאה שנים ויותר.

במסגרת מסמך זה נתייחס לשני פיתוחים טכנולוגיים שמסוגלים לקצר את משך הבנייה באופן משמעותי וכן להשלים את החוסר בכוח האדם בענף על ידי הקטנת מספר העובדים הנצרכים בו מלכתחילה.

5.3 בנייה מודולרית

בנייה מודולרית בשונה מבנייה קונבנציונלית באתר בנייה, כפי שאנו מכירים בדרך כלל – חלקי המבנה של בנייה מודולרית מיוצרים בנפרד במפעל ייעודי, ומורכבים לאחר מכן יחדיו באתר הבנייה עצמו.

רבות עסקו ביתרונותיה השונים של צורת בנייה זו¹⁵. מדובר בבנייה זולה יותר למ"ר שלצידה יתרונות נוספים ברמת האיכות והגימור, עובדה שתורמת גם בהורדת עלויות אחזקה, בנייה ירוקה¹⁶, פחות הפסולת בכלל ובאתר הבנייה בפרט, והחשוב לענייננו – קיצור משך זמן הבנייה.

בנייה מודולרית מסוגלת לחסוך 30-50% ממשך זמן הבנייה ביחס לבנייה קונבנציונלית¹⁷.

בנייה מודולרית אפשרית גם בשטח עירוני עמוס (לצד קשיים מובנים) אך יש לה יתרונות מובהקים בשטח פתוח. אם תשכיל המדינה לפתח אזורים נרחבים במיקום קרוב לאזורי הביקוש והנמצאים בקרבה לצירים מרכזיים, תהיה שיטת הבניה המודולרית אידיאלית לפיתוח **נרחב ומהיר** שיוכל להגדיל את ההיצע באופן משמעותי ולהשפיע על הורדה משמעותית של רמת המחירים הקיימים¹⁸.

¹⁴ גם אם יצליח צעד זה לקצר את משך הבנייה וכך להגדיל את היצע הדירות בשוק ולהפחית עלויות אשראי, הרי שקשה לאמוד את השפעת שני הגורמים ההפכיים קרי: הגדלת ההיצע מחד והגדלת עלויות הבנייה מנגד על המחיר הסופי.

¹⁵ תבור, ניתוח כלכלי – בנייה מודולרית תלת ממדית, 2019

¹⁶ Prefab revolution? Factory houses are the secret to green building, 2015.

¹⁷ "Developments in pre-fabricated systems in light steel and modular construction" (Lawson & Ogden, 2005)

¹⁸ ראה "הורדת מחירי דיור באזור המרכז על ידי בניה בשומרון המערבי", סמקאי אסטרטגיה בע"מ, 2022.

5.4 מערכת שליטה מרחוק למנופים

בנייה מודולרית עשויה בתכנון נכון לייתר מעל מחצית מכוח האדם באתר העבודה הנצרך בבנייה קונבנציונלית¹⁹ - ולכן לפתור את בעיית המחסור בכוח אדם בענף הבנייה. מאידך, חלק מהביקוש לעובדים יעבור לתחום התעשייה, שם נדרשת מיומנות נמוכה יותר וקיימת נכונות רבה יותר של עובדים לעבוד בקווי ייצור בהן ניתן לייצר יחידות מודולריות בקו ייצור טכנולוגי מתקדם.

אחד הכלים שלא מתייתר בשיטת בנייה מודולרית, ואף נעשה למרכזי עוד יותר בשל הצורך לנשיאת יחידות גמורות כבדות, הינו העגורן.

העגורן הוא כלי מחויב בכל אתר בנייה משמעותי ומאפשר נשיאת משקלים כבדים ובנייה לגובה רב.

במצב הקיים כל עגורן מופעל בידי מפעיל בודד היושב בתוך צריח הנמצא בראש המנוף.

למצב זה מספר רב של חסרונות:

1. לכל עגורן מפעיל ספציפי מה שמהווה שימוש לא יעיל בכוח אדם.
2. הצריח יכול להיות בגובה עשרות מטרים מעל פני הקרקע. הטיפוס אליו ארוך ומשך הזמן הנדרש לעלייה וירידה מבוזבז.
3. יכולת הפעלת העגורן מתוך נקודת התצפית העליונה בהשוואה לישיבה בקוקפיט קרקעי עם מצלמות וחיישנים הנותנים תמונה תלת ממדית מדויקת בפרטים, מאפשרת תפעול מהיר ויעיל יותר של העגורן.
4. המצב בו המפעיל יושב בתא זעיר בגובה עשרות מטרים מצמצם באופן משמעותי את היצע העובדים המסכימים לעבוד בתנאים אלו.
5. הטיפוס ותפעול המנוף מהגובה מסוכנים. בשנים 2020-2021 נהרגו בישראל 32 איש, בהתאמה, בתאונות עבודה בענף הבנייה, חלקן בתאונות בעגורנים או בקשר להפעלה של עגורן שגרמה בעקיפין לתאונה.

לסיכום. במצב הקיים חסרונות הן ברמת הבטיחות, הן בתנאי העבודה והן באיכות העבודה וניצול שעות העבודה.

בעידן שבו מערכות רבות עוברות מהלך אוטומציה ושליטה מרחוק, אך טבעי שתחום הבנייה ילך בכיוון זה גם הוא.

¹⁹ דו"ח MODCON של הוועדה האירופאית בנושא בניית מבנים מודולריים רבי קומות, 2015.

6. פתרון ריאלי קיים ומבוקש

בחלל זה נכנס פיתוח חדש מחברת סקייליין קוקפיט שמאפשר שליטה מרחוק במערך המנופים דרך מרכז שליטה קרקעי הלווה במערך מצלמות וחיישנים.

הקוקפיט בא לענות על חסרונות המצב הקיים בהתאמה:

1. ניתן להפעיל יותר מעגורן יחיד מאותו קוקפיט.
2. חוסך את זמן הטיפוס והירידה וכן מעת לעת ירידה במהלך היום.
3. בעל מערכת מצלמות וחיישנים המעניקים ראות אופטימלית ומשפרים את יעילות המנוף ב-27%-2023.²⁰
4. מנטרל את האיום הבטיחותי לחלוטין.
5. משפר את תנאי העבודה ומרחיב את היצע העובדים האופציונלי.

טכנולוגיית קוקפיט כבר נבחנה בידי חברת סקייליין-קוקפיט המפתחת של הטכנולוגיה באתר ייעודי בעלי זהב, וכבר יושמה בפועל בידי אלקטרה בנייה בע"מ – מחברות הבניה הגדולות בישראל, באתר החברה באור ים²¹.

יישום המערכת החדשה באתר אלקטרה באור ים בוצע בהצלחה שהביאו חברות בנייה רבות לבצע הזמנות בחברה, עד אשר התברר כי החלטה רגולטורית המתוארת להלן עוצרת את הכנסת הטכנולוגיה מזה מעל לשנה, ללא תאריך יעד וללא הגדרת דרישות כלשהן²².

בירור שנעשה בעקבות הפעלת המתקנים המצליחה (הן באתר הניסויים והן באתר שבו התבצע פרויקט בנייה על ידי חברת אלקטרה באור ים), לגבי מידת הרצון של חברות להפעיל את המערכת החדשה העלה כי בין החברות שפנו לחברת סקייליין, לאחר שבחנו את הפעלת המערכת בפועל, וביקשו להפעיל את הקוקפיט אצלם, מצויות החברות הבולטות במשק בענף הבניה, ביניהן: אשטרום, אלקטרה (לפרויקטים נוספים), תדהר, סולל בונה, פרשקובסקי, דורון לוי ועוד.

²⁰ - Research by the Institute for Construction Research at the Technion

²¹ TheMarker ראיון עם מנכ"ל אלקטרה בנייה בע"מ, ירון שורק, נובמבר 2021.

²² ראה פרק 7 להלן.

7. אומדן החיסכון

הפעלת העגורן על ידי המערכת של חיישנים ומצלמות מקטינה את זמן העבודה לעגורן יחיד בין 23%-27%

הקטנת הצורך בטיפול וירידה ובנוסף ירידה מעת לעת במהלך היום, מוסיפה 10%-15% זמן עבודה. היכולת לפעול עם המצלמות גם בתנאי ראות לא טובים במהלך כ- 20-30 ימי סערה בשנה וירידת חשכה מוקדמת, שקולה לעוד כ- 2% חסכון. בסך הכל שקלול החיסכון המצטבר למשך הקמת פרויקט בניה, בשל הסיבות המנויות לעיל, מגיע לקיצור של כ- 35%-44% מהזמן.

חסכון נוסף יושג כאשר יתאפשר²⁴ הפעלת שני עגורנים על ידי מפעיל יחיד.²⁵

החיסכון בשל קיצור זמן העבודה באתר עשוי לעלות על 20%.²⁶ והמשמעות היא חיסכון בשכר עבודה של צוותי עבודה, הקטנת צווארי בקבוק בהשגת עובדים בתחום והקטנה משמעותית של הוצאות המימון הרובצות על כתפי היזם/המבצע.

חסכון אחר לטווח ארוך ושיפור באיכות מפעילי העגורנים נובע מהגדלת היצע כוח האדם, שכן אם כיום נדרשים כישורים גופניים ונפשיים מסוימים על מנת לעלות לתא במרומי העגורן, הרי במצב בו העגורן מופעל כמו מחשב במשרד, היצע המפעילים יהיה גדול באלפי אחוזים. יש לכך משמעות ביכולת להשיג מפעילים והשלכות על עלות שכרם, לפחות לטווח הבינוני והארוך.

בנתוני ריבית של 5% ליזם, כל קיצור של חודש באתר בניה של 40 יחידות דיור במרכז הארץ, שווה ערך לכ- 340,000 ₪ ובהנחה של קיצור של שלושה חודשים במשך הבניה (כ-10% לעומת עלייה של 30% בעשרים השנים האחרונות במשך הבניה) משמעותם חיסכון של כ- 1.5 מיליון ₪ לאתר או כולל מע"מ לרוכש הדירה הסופי כ- 44,000 ₪ ליחידת דיור ממוצעת.²⁷

החשיבות בהורדת עלויות הבניה היא על מנת להקטין סיכונים ליזם, שכן העלאת ההיצע עשויה כאמור לגרום להורדת מחירים משמעותית יותר²⁸ עד כדי 20% ויותר, אולם על מנת שהתהליך לא יתקל בקשיים מצד גורמי העלות, למהלך שתכליתו להוריד עלויות לקבלן/היזם, יש משמעות בהורדת סיכונים והעלאת נכונות לבנות ולשווק.

²³ ראה לעיל הערות 15 ו-17 המפנים למחקרים הרלבנטיים.

²⁴ מבחינה טכנולוגית הדבר אפשרי מוכח.

²⁵ יש לזכור כי העגורן לא מופעל באופן רציף ולכן מפעיל יכול להפעיל 2 עגורנים במקביל.

²⁶ לא כל הזמן הנחסך מתורגם לקיצור זמן העבודה באתר

²⁷ ירידת מחירי הדירור עשויה להיות במידה רבה יותר ועשוי לקרות בשל גורמים רבים ונוספים, ביניהם בעיקר עצם הגדלת ההיצע שתאפשר על ידי קיצור משך הבניה והוצאת יחידות נוספות לשוק וכן גורמי התייעלות נוספים, כגון הקטנת פסולת בנייה, הוזלת הרכיבים המודולריים לעומת בנייה רטובה באתר וכיו"ב.

²⁸ ראה מחקר "הורדת מחירי דיור באזור המרכז על ידי בניה ביהודה ושומרון", סמקאי אסטרטגיה בע"מ, 2022.

8. תמ"א 35 הנחיות ותיקונים להגדלת הצפיפות

עיקרו של שינוי 4 לתמ"א 35 הנו יצירת מתווה תכנוני המאפשר צפיפות עירונית גבוהה הנשענת על יתרונותיו של מרחב עירוני צפוף. השינוי מתמקד באיכות סביבת המגורים ובצפיפות המגורים בכל סביבת המגורים (הברוטו), ולא בשטחי המגורים לבדם (הנטו), כפי שהיה נהוג עד כה. הגדלת הצפיפות בברוטו ולא בנטו, מאפשרת התייחסות לסביבת המגורים כמכלול ותוספת משמעותית של יח"ד במרחב התוכנית, ללא העלאה משמעותית של הצפיפות במגרשי המגורים עצמם ואף הנחיות שמטרתם לצוף בנייה לגובה ומנגד להותיר שטחי גינון ומרחב פנויים.

הנחיות אלה למעשה מלמדות על כיוון התכנון של סביבות מגורים שיתבססו על בניה לגובה, לרבות באזורי פריפריה.

השינוי מבקש לייצר סביבות מגורים קומפקטיות, אינטנסיביות, מרובות שימושים והמשכיות, הנשענות על מרחב ציבורי מרושת ורציף, עשיר בהזדמנויות ושירותים בקרבת הבית. על פי תפיסה זו, המדיניות קובעת הנחיות ליצירת צפיפות מרחבית גבוהה, המהווה סף כניסה לתחבורה ציבורית איכותית, שירותים ותשתיות הנדרשים בסביבת הבית, וצפיפות נמוכה יחסית בסביבת המגורים המיידית, המאפשרת גיוון בטיפולוגיות בנייה וערוב שימושים. זאת בהתאם לעקרונות הבאים:

- צפיפות מרחבית: צפיפות מגורים גבוהה ברוטו, הפרושה באופן מרחבי ולא נקודתי ומאפשרת צפיפות נמוכה יחסית במגרשי המגורים (נטו) לצד התועלות שבצפיפות מגורים גבוהה; מערכת תחבורה ציבורית, ריבוי הזדמנויות ושירותים בקרבת הבית.
- 50-50: פרישה של שטחי המגורים על פני כמחצית משטח התכנון, תוך צמצום שטחים שאינם כוללים מגורים, באמצעות ייעול השימוש בקרקע הציבורית ושילוב שימושים ציבוריים בסחירים.
- ריבוי ומגוון: אפשרות למגוון טיפולוגיות מגורים, ובתוך כך תמהיל חברתי, ערוב שימושים ציבוריים וסחירים במגרשי המגורים באופן המאפשר נגישות לשטחי מסחר, מקומות עבודה ושירותים בקרבת הבית.
- מרחב ציבורי נגיש וזמין כתשתית לציפוף: מרחב ציבורי המשכי, רציף, נגיש, פעיל ומרובה הזדמנויות המהווה את מרכזה של סביבת המגורים ואת התשתית לציפוף המרחב העירוני, זאת באופן המספק את מלוא היקף השירותים הנדרשים.

עיקרי השינויים בלוח 1 שבתמ"א 35, הנם הוספת נתון הצפיפות ברוטו, תוספת דגם של עיר גדולה, בעלת צפי אוכלוסייה מעל 500,000 (כולל יישובי גלעין מטרופוליני), ביטול החלוקה למחוזות ונפות, וחלוקת המרחב העירוני לשלשה סוגי מתחמים: רגיל, אינטנסיבי וחריג, המאפשרים תכנון גמיש, מתאים למרקם העירוני הקיים והמתוכנן.

השינוי מציג גם מושגים חדשים משמעותיים לדיון בצפיפות המגורים: שיעור פרישת שטחי המגורים בתכנית, והדירור המכליל. הראשון מבקש לקבוע שיעור מינימאלי של שטחים הכוללים מגורים בתחום התכנית, באופן המייצר רציפות של שטחי מגורים בעיר ומפחית את צפיפות המגורים בתוך מגרשי המגורים, והשני מבקש לוודא הכללתן של אוכלוסיות מגוונות במרחב העירוני ולייצר עבורן שטחי מגורים מסוגים שונים, בהם דירות קטנות, מגורי סטודנטים, דיור מוגן וכד'.

הוראות התכנית מקנות למוסד התכנון שיקול דעת רחב בנוגע לשטח החישוב הרלוונטי, ולהתאמות הנדרשות בענינו, בהתייחס לסוגיות של התאמה למאפיינים מקומיים שונים, מגבלות החלות על תחום התכנון, ועוד. זאת, מתוך הכרה בשוני בין הצרכים והאפשרויות בין מרכז לפריפריה ובין אזורים עירוניים בעלי מאפיינים שונים. כך מאפשר השינוי לקבוע, במצבים שהוגדרו, מתחם כחריג באופן המאפשר החלת נתוני צפיפות נמוכים, התייחסות לערך הצפיפות כאל נתון ממוצע והפחתה בערכי הצפיפות במצבים שונים. כן מאפשר השינוי למוסד תכנון לקבוע את היקף ותמהיל הדירור המכליל המתאים לישוב השינוי מחיל את הוראותיו על תכנית מפורטת למגורים המוסיפה יותר ממאה יח"ד או על תכנית מפורטת המוסיפה יחידות דיור בשיעור נמוך יותר ובלבד שהשטח המיועד למגורים הכלול בה הוא 10 דונם לפחות, זאת בין אם מדובר בתוספת שטח לבינוי ובין אם לאו.

לוח 1. שינוי 4

נושא	צפיפות מינימאלית			פרישת שטחי מגורים	דירור מכליל	
	דגם ישוב	צפיפות ברוטו באנשים לקמ"ר	צפיפות נטו ביח"ד לר'			
			מתחם אינטנסיבי			מתחם רגיל
1. מעל 500,000 וישובי גלעין מטרופוליני		30,000	30	20	4 או כפל הצפיפות המאושרת (הנמוך מבניהם)	
2. 200,001-500,000		25,000	20	16		
3. 50,001 200,000		20,000	16	14		
4. 20,001-50,000		15,000	12	10		
תכנית תכלול דירור מכליל בשיעורים הבאים: במתחם אינטנסיבי: לכל הפחות 20% מסך יחידות הדיור. במתחם רגיל: לכל הפחות 15% מסך יחידות הדיור. במתחם חריג: לפי שיקול דעת מוסד תכנון.						
תכנית תכלול דירור מכליל בשיעורים הבאים: במתחם אינטנסיבי: לכל הפחות 15% מסך יחידות הדיור. במתחם רגיל: לכל הפחות 10% מסך יחידות הדיור. במתחם חריג: לשיקול דעת מוסד תכנון.						
לשיקול דעת מוסד תכנון						

9. השפעות מאקרו כלכליות

אחד הנושאים הנדונים בישראל הוא סוגיית הפריזון. לא רק שהפריזון בישראל נמוך ביחס למדינות רבות אחרות, אלא הוא אף נמצא בנסיגה.

פרופסור בני בנטל וגלעד ברנד בעבודה²⁹ במסגרת מרכז טאוב מראים את עצירת קצב הצמיחה של פריזון העבודה במדינת ישראל, החל משנת 1973 ואילך. התוצר בישראל לשעת עבודה מגיע לכ-56% מערכו בארה"ב ול-77% מממוצע ה-OECD.

ההסבר לפיגור בישראל נובע ממספר סיבות: המקובלות שביניהן כוללות את גידול באחוז האוכלוסיות שלא מקבלות מיומנויות גבוהות ולכן עובדות במשרות עתירות עבודה, בה בשעה שמדינות מפותחות מפעילות יותר משרות עתירות הון המאפשר הגדלת הפריזון.³⁰

משרד הכלכלה בעיקר, עשה מאמצים גדולים להגדיל את ההשקעות במיכון מתקדם על מנת להעלות את הפריזון, אולם נוכח הגידול בריבוי האוכלוסייה המתואר, המאמצים כנראה אינם מספיקים. מכל מקום, הכנסת תשתיות מתקדמות לא יכול להיות רק נחלת התעשיינים, אלא חייב להקיף גם את ענפי הבניה, השירותים והרפואה.

כאן אנו נתקלים במעצורים הקיימים בענף הבניה, כאשר הגורם הרגולטורי, במקום לעודד את ההתפתחות הטכנולוגית בענף, גורם לעיכוב מיותר.

במאמר של אקרשטיין ופרלמן עולה בבירור המסקנה הזאת:

להשגת מטרות אלה נמדדה "פונקציית הייצור" של ענף הבניה על ידי ניתוח הקשרים שבין תפוקת ענף הבניה לבין כוח אדם, השקעות בהון (ציוד וכד') ורכישת תשומות (מלט, ברזל, אלמנטים טרומיים וכו'), ב-14 ארצות מפותחות, כדוגמת ארה"ב, גרמניה, הולנד ועוד. לאחר מכן נבדק באיזו מידה מתאימה פונקציית ייצור זו גם לישראל, ואכן הסתבר שישנה התאמה מלאה.

"תיעוש הבניה" הוגדר לצורך העבודה, כמגוון השיטות והאמצעים המקטינים את כמות כוח האדם הדרושה לבניה.

ממצאי עבודה זו הם כדלהלן:

א. השוואת נתוני ענף הבניה בישראל למדינות המתועשות, מביאה למסקנה כי רמת התיעוש של ענף הבניה בישראל כפי שנמדדה בעבודה, היא אכן נמוכה מאד. כתוצאה מכך מייצר המשק הישראלי את תפוקת הבניה באמצעות כוח אדם בהיקף הגדול כפליים מכוח האדם שהיה נחוץ לייצור אותה תפוקה במדינות האחרות.

²⁹ פרק מתוך מחקרם של פרופ' בני בנטל וגלעד ברנד דו"ח מצב המדינה 2018 מטעם מכון טאוב לחקר המדיניות החברתית בישראל <https://www.taubcenter.org.il/wp-content/uploads/2020/12/macro2018overviewheeb.pdf>

³⁰ אקרשטיין צבי ופרלמן מנחם, פונקציית הייצור של ענף הבניה ותיעוש הבניה, אגף ניתוח כלכלי, משרד הבינוי והשיכון, פורסם לראשונה ב-1998 ועודכן באוקטובר 2017

מלאי ההון לעובד בענף הבנייה (ציוד הבנייה) בישראל הוא כ- 8,000 דולר בלבד (נכון ל- 1994) לעומת רמה ממוצעת של הון לעובד במדינות המתועשות של כ- 30,000 דולר, כלומר, גבוהה בכ- 275% ביחס לישראל. יש לזכור שבממוצע הכללי, מלאי ההון בתעשייה המערבית (בארצות המוצגות לעיל) גבוה בכ-30% עד 40% ממלאי ההון למועסק בתעשייה הישראלית.

.....

רמת השכר הנמוכה מעודדת העסקת עובדים על חשבון שימוש בהון ורכישת תשומות. התיעוש בישראל, בנתוני המשק כיום, אינו כדאי כלכלית עד שלא תעלינה רמות השכר בארץ, במקביל לעלית התוצר לנפש, שהינו רחוק עדיין מזה של המדינות המפותחות. בעתיד, סביר שעם המשך העלייה בתוצר לנפש בארץ, יעלה גם השכר הממוצע במשק ובמקביל כדאיות התיעוש תגדל.

...

כתוצאה מהאמור לעיל, העלות השנתית לקבלנים של הקטנת כח העבודה בענף בכ - 10,000 עובדים, למשל, והחלפתו ב"תיעוש", מסתכמת בכ - 300 מליון ש"ח³¹.

התמ"ג בישראל יסתכם השנה - 2022 סביב 1,600 מיליארד ₪ ואילו התוצר העסקי בכ- 1,050 מיליארד ₪. חלקו של ענף הבניה בתמ"ג במשק הוא כ- 6%. כלומר, קרוב ל-100 מיליארד ₪. היכולת לשפר את הפרייון ולתרום בכך להגדלת התמ"ג נמצא בידי מקבלי ההחלטות. כלומר החלטה שתאפשר לייצר יותר דירות ולהקים אותם מהר יותר ביעילות גבוהה יותר, עשויים לתרום לתוספת משמעותית לתוצר של ענף הבניה ולהסתכם בעליה בפרייון ושיפור כולל ברמת החיים, הן בשל זמינות דירות במחירים טובים יותר והן בשל יכולת ענף הבניה לשלם משכורות טובות יותר לעובדים מקומיים ולהזדקק פחות ליבוא עובדים זרים.

10. המצב כיום

נכון להיום השימוש במערכת מוקפא מכוח צו מנהל בטיחות מטעם משרד העבודה. טעם ההקפאה – סוגיית בטיחות, ללא דרישה מוגדרת לתיקון גורמי בטיחות קונקרטיים. לא מובן כיצד מערכת הפעלה מרחוק בה המפעיל יושב בתנאי משרד לוקה במרכיב הבטיחות מעבר למצב הקיים בו על המפעיל לטפס לגובה עשרות מטרים ולשהות שעות ארוכות בצריח זעיר ולאחר ששתי מערכות עברו ביחד ארבע שנות ניסיון במצטבר³² ללא תקלות. זאת ועוד, חסימת יישום הטכנולוגיה בשטח ניתן ללא הצבעה מפורשת על ליקויים ספציפיים אותם תוכל החברה לתקן במסגרת זמנים נתונה מונעת אפשרות לתיקון ובעצם מהווה בפועל חסימה מוחלטת של המערכת. במצב הקיים בישראל בו שוק הדיור נתון בשבר עליו משלמים אזרחי המדינה, בו חסמי רגולציה אחראיים על משך בנייה לא פרופורציונלי, היה מצופה שלכל הפחות גורמי רגולציה ימנעו מהעמסת עיכובים נוספים שאינם נגזרים מצורך אמיתי.

11. לסיכום

שוק הדיור בישראל מתמודד עם קשיים משמעותיים בתחום התכנון, הניהול והבנייה המביאים לעליית מחירים גדולה ועקבית. הרגולציה כיום בענף הבנייה, הן במישור האישורים המקדימים והן במישור שחרור בנייה לאחר הסיום וביחד איתן במישור התפעולי המונע התייעלות המסוגלת לקצר את זמן הבניה, חוברות יחד לגרימת התייקרויות. כתוצר לוואי בעל השפעה פסיכולוגית גדולה, ישנו נושא התאונות בענף הבניה המעיק על כניסת עובדים לענף, מייקר פרמיות ביטוח, משבית עבודה לימים ארוכים ובעיקר גורם צער וסבל לנפגעים ומשפחותיהם. שימוש בטכנולוגיה כמתואר, עשוי להפחית את פוטנציאל התאונות. רק שחרור חסמים רגולטוריים אלה, עשוי להוביל לגידול בהיצע והורדת מחירים לתחום המתאים יותר לכיסם של אזרחי ישראל. כל יום שעובר במצב הנוכחי, הוא יום שבו אזרחים נאלצים לשלם מחירים מופרזים, אם ברכישה ואם בהשכרת דירות והיכולת לשנות זאת, נתונה בידי קובעי המדיניות.

³² אתר ניסוי בעלי זהב ואתר בניה באור ים.

12. רשימת מקורות

1. אקרשטיין צבי ופרלמן מנחם, פונקציית הייצור של ענף הבנייה ותיעוש הבנייה, אגף ניתוח כלכלי, משרד הבינוי והשיכון, פורסם לראשונה ב-1998 ועודכן באוקטובר 2017
2. בנטל בני וברנד גלעד, מכון טאוב לחקר המדיניות החברתית בישראל
<https://www.taubcenter.org.il/wp-content/uploads/2020/12/macro2018overviewheb.pdf>
3. דרישת איגוד לשכת המסחר להבאת 30,000 פועלי בניין,
<https://www.ynet.co.il/economy/article/HJ6XyG5Fu>
4. התאחדות הקבלנים בוני הארץ, סקירה כלכלית ספטמבר 2022
5. יעקביהנדלסמן היאלי, מכתב חריף לכחלון: "מחסור בעובדי בנייה גורם לתאונות", 19.2.29, ישראל היום.
6. למ"ס שיעורי גידול שנתי באוכלוסייה.
7. למ"ס, דירות ומבנים בישראל 2021.
8. למ"ס מחולל נתוני בינוי.
9. סמקאי אמציה ותבור מיכאל "הורדת מחירי דיור באזור המרכז על ידי בניה במערב השומרון", מחקר של סמקאי אסטרטגיה בע"מ, 2022.
10. תבור, ניתוח כלכלי – בנייה מודולרית תלת ממדית, 2019
11. דו"ח MODCON של הוועדה האירופאית בנושא בניית מבנים מודולריים רבי קומות, 2015.
12. "Developments in prefabricated systems in light steel and modular construction" (Lawson & Ogden, 2005)
13. TheMarker ראיון עם מנכ"ל אלקטרה בנייה בע"מ, ירון שורק, נובמבר 2021.
14. 300 אלף דירות מאושרות, רק 18 אלף זמינות לבנייה, אמיתי גזית, כלכליסט, 2021.
15. Nadlan Master דו"ח 2022.
16. Statista Research Department, May 18, 2022
17. Prefab revolution? Factory houses are the secret to green building, 2015
18. Research by the Institute for Construction Research at the Technion -