

נובמבר 2018 | מחקר מספר 118

# הערכת התמורות הישירות והעקיפות במבני תעסוקה ירוקים בישראל

רון גובזנסקי

עמית מחקר מרכז מילקן לחדשנות, מכון ירושלים למחקרי מדיניות

מנחה המחקר: ד"ר דני בן-שחר, ראש אלרוב לחקר הנדל"ן  
באוניברסיטת תל אביב



מכון ירושלים למחקרי מדיניות Jerusalem Institute for Policy Research  
מרכז מילקן לחדשנות Milken Innovation Center

ברצוני להודות, ראשית כול, לאדריכל רן אברהם, אחראי תחום בנייה ירוקה במשרד להגנת הסביבה, על פתיחת צוהר לעולם ידע, על שעות של הכוונה ועל דוגמה למקצועיות חסרת פשרות. תודה לחברים מאשכול תכנון ומדיניות, ובפרט לשחר סולר, לדורון קול, לרפאל ערוסי וליתר צוות האגף. תודה לכל המרואיינים שסיפקו לי רקע חשוב על עולם הבנייה בכלל והבנייה הירוקה בפרט, ובהם משה צור, אבישי קימלדורף, אביעד שר שלום ושלמה שרף. תודה מיוחדת לעומרי כרמון על הליווי הרב במשך כל השנה. תודה רבה לדני בן-שחר על ההנחיה האקדמית והמקצועית לאורך כתיבת המחקר. תודה רבה לגלית כהן, סמנכ"לית אשכול תכנון ומדיניות במשרד להגנת הסביבה, על מתן האמון וההזדמנות לעסוק בתחום מרתק זה. לבסוף, תודתי הרבה נתונה לצוות מרכז מילקן לחדשנות, לסטיבן זכר על הליווי המקצועי, לפרופ' גלן יאגו על ההעשרה, לליאורה שוהם-פיטרס על העבודה מאחורי הקלעים, וכמובן לאורלי מובשוביץ-לנדסקרונר על הניהול המקצועי, ההכוונה, ההכלה ועל היותה הכתובת הראשונה לכול.

## על אודות תוכנית עמיתי מרכז מילקן לחדשנות

תוכנית עמיתי מרכז מילקן לחדשנות מקדמת את הצמיחה הכלכלית בישראל באמצעות התמקדות בפתרונות חדשניים, מבוססי שוק, לבעיות מתמשכות בתחומים חברתיים, כלכליים וסביבתיים. התוכנית מתמקדת באיתור פתרונות גלובליים והתאמתם למציאות הישראלית ובבניית ממשקים חיוניים המחברים בין משאבים ממשלתיים, פילנתרופיים ועסקיים, לטובת צמיחה ופיתוח לאומי בר-קיימא.

התוכנית מעניקה מלגות שנתיות לישראלים מצטיינים, בוגרי מוסדות להשכלה גבוהה בארץ ובעולם, המתמחים במוקדי קבלת ההחלטות הלאומיים ומסייעים בפיתוח פתרונות באמצעות מחקר והתמחות. היקף הפעילות של עמיתי התוכנית הוא מקסימלי – התמחות, הכשרה ומחקר במשך חמישה ימים בשבוע.

במשך שנת התמחותם עוסקים עמיתי מכון מילקן במחקר המדיניות במשרדי הממשלה וברשויות שלטוניות אחרות, ומסייעים למקבלי ההחלטות ולמעצבי המדיניות בחקר ההיבטים השונים של סוגיות כלכליות, סביבתיות וחברתיות.

בנוסף עורכים העמיתים מחקר מדיניות עצמאי, שמטרתו לזהות חסמים לתעסוקה ולצמיחה בישראל ולאתר פתרונות אפשריים. מחקרי העמיתים מתבצעים בהדרכת צוות אקדמאי ומקצועי מנוסה ותומכים במחוקקים וברגולטורים, המעצבים את המציאות הכלכלית, חברתית והסביבתית בישראל.

במהלך השנה מוענקת לעמיתים הכשרה אינטנסיבית במדיניות כלכלית, ממשל ושיטות מחקר. במסגרת מפגשי ההכשרה השבועיים, העמיתים רוכשים כלים מקצועיים לכתבת תזכירים, מצגות וניירות מדיניות, וכן כלי ניהול, שיווק ותקשורת. בנוסף, נפגשים העמיתים עם בכירים במשק ובממשל ועם אנשי אקדמיה מהשורה הראשונה בישראל ובעולם. בסמסטר הראשון, העמיתים משתתפים בקורס המתמקד בחידושים פיננסיים, במסגרת בית הספר למנהל עסקים באוניברסיטה העברית בירושלים. הקורס מקנה 3 נקודות זכות אקדמיות, ומלמד אותו פרופ' גלן יאגו, מנהל בכיר, ומייסד, המעבדות לחידושים פיננסיים<sup>™</sup> במכון מילקן.

את בוגרי התוכנית ניתן למצוא במגוון תפקידים בכירים במגזר הפרטי, כמרצים באקדמיה, במגזר הציבורי וכיועצים לשרים ולמשרדי הממשלה. ישנם בוגרים שנקלטו במשרדי הממשלה, ואחרים המשיכו ללימודים גבוהים באוניברסיטאות מובילות בישראל, ארצות הברית ובריטניה.

תוכנית עמיתי מרכז מילקן לחדשנות היא לא פוליטית ובלתי מפלגתית, ואינה מקדמת קו פוליטי או אידאולוגי.

# תוכן עניינים

5	תקציר מנהלים.....
7	1. מבוא.....
8	2. רקע כללי – בנייה ירוקה.....
8	2.1 מהי בנייה ירוקה.....
9	2.2 צמיחת גודל שוק הבנייה הירוקה בעולם.....
10	2.3 צמיחת שוק הבנייה הירוקה בישראל.....
12	3. בריאות ובנייה ירוקה.....
12	3.1 איכות סביבה פנים-מבנית.....
13	3.2 איכות אוויר פנימית (Indoor Air Quality, IAQ).....
16	3.3 מרכיבים נוספים של IEQ.....
17	3.4 תסמונת הבניין החולה.....
17	3.5 בריאות ובנייה ירוקה בישראל.....
18	4. כדאיות כלכלית של מבני תעסוקה ירוקים.....
19	4.1 עלויות בנייה ירוקה.....
21	4.2 תועלת ישירה בזכות בנייה ירוקה.....
22	5. תועלת עקיפה בזכות בנייה ירוקה – בריאות ותפוקה בקרב המשתמשים במבנה הירוק.....
23	5.1 מדידת בריאות ותפוקה של המשתמשים במבנה הירוק.....
24	5.2 השפעת תועלת עקיפה על החזר ההשקעה בבנייה ירוקה.....
26	5.3 מחקרי כימות תועלת עקיפה של הקמת מבני תעסוקה ירוקים.....
35	6. מודל כלכלי.....
36	6.1 מיקרו כלכלה – כדאיות ברמת המבנה הבודד.....
41	6.2 מיקרו כלכלה – כדאיות ברמת המשק.....
43	7. דיון.....
43	7.1 נתונים על המשק הישראלי שלא הובאו בחשבון במודל.....
44	7.2 השלכות אפשריות על הפריון הישראלי.....

46	7.3. מיפוי שרשרת הערך של בעלי עניין כלכלי בבנייה ירוקה
48	7.4. כדאיות לבנייה ירוקה על בסיס שוק המשרדים הישראלי
53	8. מסקנות והמלצות המחקר
53	8.1. המלצות למדיניות
54	8.2. המלצה למחקרי המשך
54	9. סיכום
55	נספחים
55	1. ממצאים נבחרים ממחקרי תועלת עקיפה מבנייה ירוקה
64	2. הרחבה על מחקרים נבחרים
66	3. ביבליוגרפיה המופיעה בנספח ובטבלת ממצאי מחקרים
68	4. ביבליוגרפיה לקריאה נוספת
76	ביבליוגרפיה
80	ראיונות ותכתובות

## תקציר מנהלים

מחקר זה מעריך את כדאיות ההשקעה בהקמת מבני תעסוקה ירוקים בישראל, תוך כימות כלל סוגי התועלת – הישירה והעקיפה – הנובעים משיפור איכות הסביבה הפנימית של המבנה (Indoor Environmental Quality). בין סוגי התועלת הישירה ניתן למנות בעיקר חיסכון בעלויות התפעול והתחזוקה. התועלת העקיפה באה לידי ביטוי בשיפור מצבם הבריאותי והתעסוקתי של המשתמשים במבנה, בין היתר על ידי הקטנת תחלואה והגברת תפוקה. כך, תועלת זו מביאה גם לערך נכס גבוה יותר, לשיעורי תפוסה גבוהים יותר ולתוצאות חיוביות רבות אחרות. אומנם קיים קושי בכימות התועלת העקיפה, אך לפי מחקרים רבים שנערכו בעולם, שמספקים אומדנים להשפעתה הכלכלית, עיקר הכדאיות הכלכלית בבנייה ירוקה טמון דווקא בה, ולא בחיסכון הישיר.

**שאלת המחקר היא:** כיצד ניתן להעריך את התועלת העקיפה הטמונה בבניית מבני תעסוקה ירוקים כדי לחשב את החזר ההשקעה? שאלת מחקר נוספת, הנגזרת משאלת המחקר העיקרית, היא: מה התועלת העקיפה הגלומה בשימוש במבני תעסוקה ירוקים בהשוואה למבני תעסוקה מסורתיים?

מבנה המחקר: בפרק הראשון מופיעה **סקירת הספרות**, שמבססת את הידע התיאורטי הקיים באשר להשפעת בנייה ירוקה על המשתמשים במבנה בעקבות איכות סביבה פנים-מבנית גבוהה. בפרק השני מופיע **המודל הכלכלי**, שמכמת את התועלת מול העלות, ומעריך את שיעור ההיוון הנוכחי במבני תעסוקה ירוקים בישראל, וגם את החזר ההשקעה הנוספת שבנייה ירוקה מצריכה. כמו כן, בעזרת המודל אפשר להעריך את ההשפעה הכלכלית של בנייה ירוקה על הפריזון במשק הישראלי ברמה מקרו כלכלית. בפרק **הדיון** מוצגים בין היתר נתונים לגבי ירידה תיאורטית בהוצאות המשק על ידי תחלואה בעקבות בנייה ירוקה, השלכות אפשריות של עלייה בפריזון עקב בנייה ירוקה על המשק הישראלי, מיפוי שרשרת הערך של בעלי עניין כלכלי בבנייה ירוקה, מספר חסמים וכשלי שוק הקיימים בעולם להטמעת בנייה ירוקה וכדאיות למבני תעסוקה ירוקים על בסיס נתונים על היקפי שוק המשרדים בישראל. בפרק **מסקנות המחקר** מוצגות המלצות לצעדי מדיניות שעשויים לגבור על חסמים קיימים ולמחקר המשך.

בעזרת המודל הכלכלי ניתן ערך של תפוקה, רווחה ובריאות על סמך מחקרים קודמים, שמובאים בסקירת הספרות (באמצעות שיטת העברת תועלת – benefit transfer), וכך ניתן לשער את שיעור ההיוון הנוכחי (Net Present Value, NPV), וגם את החזר ההשקעה. לפי הממצאים העולים מן המודל נראה כי הערכת עלייה שמרנית של 3% בתפוקה בזכות בנייה ירוקה, יחד עם הנחת פריזון חודשי ממוצע לענפים משרדיים של 37.1 אלף ₪ (445.7 אלף ₪ בשנה), מביאה לעלייה בייצור השנתי של כ-13,400 ₪ לעובד, או 669 ₪ למ"ר, ומעל 12.5 מיליון ₪ לכלל המבנה המוצג במחקר הייחוס. עליית ייצור זו מוסיפה כ-11.5 מיליארד ₪ בשנה לכלל המשק הישראלי. הענפים עתירי הפריזון בישראל (כגון פיננסים, ביטוח, נדל"ן ושירותים עסקיים) גדולים באופן יחסי, ומהווים כשליש מכלל הפריזון במשק, בעוד מגזרים המתאפיינים בפריזון נמוך (כגון מסחר סיטונאי וקמעונאי) קטנים יחסית. מפאת חלקם היחסי הגדול במשק, לעלייה בפריזון בענפים הרלוונטיים למחקר משמעות וכדאיות רבה לכלל המשק הישראלי. עלייה זו עשויה לצמצם משמעותית את הפער בפריזון בין ישראל לבין יתר המדינות המפותחות בארגון לשיתוף פעולה ולפיתוח כלכליים (OECD).

אתגר שיש להכיר בו במודלים הכלכליים השונים הוא מיפוי שרשרת הערך של בעלי העניין בכלל ובישראל בפרט, כדי להתמודד עם "כשל השוק". במקרים רבים, הערכות של ניתוח עלות-תועלת של בנייה ירוקה אינן מבחינות בין אלה

הנושאים בעלויות לבין אלה הנהנים מהתועלת. העלייה בתפוקה שהמודל הכלכלי מציע, אומנם כדאית לדייר השוכר, אך בעל המבנה אינו נהנה ממנה, אלא במקרה שהוא גם דייר המבנה (מצב לא נפוץ בישראל). כאשר בעל המבנה אינו הדייר, יש להניח כי התפוקה המוגברת תגולם באמצעות שכר דירה וערך נכס גבוהים יותר, זמן שיווק מועט יותר ועוד, כך שהרווח יהיה הן לשוכר הן לבעל המבנה. קיימים לכשל השוק בישראל כמה מקורות. ראשית, מבנה שוק הנדל"ן הישראלי מאופיין בחברות השקעה הבונות נדל"ן מניב להשקעה (מכירה והשכרה). מעט מהבנייה היא לשימוש עצמי של היזם. שנית, ישנו מחסור במידע בכמה רבדים:

1. השוק המשקיע (היזמים) אינו מסוגל כיום לגלם את כלל סוגי התועלת במחיר השכירות של הנכסים ולקצור תשואה גבוהה יותר.

2. שוק השוכרים אינו מסוגל כיום לבחור מוצר משופר, מכיוון שחסר לו הידע על המשמעות והערך של כלל סוגי התועלת של מבני תעסוקה ירוקים.

3. השוק אינו משוכלל מספיק כדי לכמת את העלות והתועלת שבבנייה ירוקה.

במקרה של כשל שוק בבנייה ירוקה, על המדינה להתערב ולעודד השקעה בבנייה זו כדי לשפר את הבריאות והפריון של התושבים. משום שחסם מרכזי כיום הוא היעדר ידע, מוצע שההתערבות תהיה באמצעות השקעת משאבים בהנגשת הידע והמידע בנושא ובמחקרים שיאוששו את הכדאיות הכלכלית לכל סוגי הבנייה הירוקה. כמו כן, חשוב לציין כי הכדאיות הכלכלית משתנה לא רק בהתאם לבעלי העניין, אלא גם לפי סוג המבנה. כפי שמחקר זה מראה, יש כדאיות כלכלית במשרד ירוק בזכות תפוקת עובדים משופרת. בית ספר ירוק, לעומת זאת, לא בהכרח יקבל החזר כלכלי על שיפור בביצועים של תלמידיו. לפיכך, סוגים שונים של תמיכה ממשלתית נחוצים כדי לקדם אימוץ של בנייה ירוקה במגזרים שונים. הבנה הן של העלות וסוגי התועלת הן של חלוקתם בין בעלי העניין השונים, חיונית להבנת התמריצים שכל בעל עניין יבחן, ולגיבוש מדיניות ציבורית אפקטיבית ויעילה (קוט וכ"ץ, 2013).

המלצת מחקר נוספת היא שיפוץ והסבת מבנים קיימים לירוקים. כפי שעולה מנתוני ההיקפים של השטחים לתעסוקה בישראל, ניתן ללמוד כי קיים עודף היצע (בעיקר בגוש דן). הזדמנות זו עשויה לשחק לידי המעוניינים לקדם בנייה ירוקה איכותית. שיווק משרדים בכמות כה גדולה עשוי להימשך זמן רב, ומחסור בשטחים איכותיים גורם כבר כיום לעליית מחירים. נראה כי עודפי היצע בשנים הקרובות יאלצו יזמים להתחרות על כל שוכר. על כן, מוצע להסב מבנים קיימים ישנים, בייחוד מדיורגים נמוכים, למבנים ירוקים. כאשר עלות ההסבה נמוכה וטומנת בחובה סוגים רבים של תועלת, מדובר בכדאיות משמעותית.

## 1. מבוא

מבנים אחראים לכשליש מכלל צריכת האנרגיה ברחבי העולם, וכן לכרבע מסך כל פליטות גזי החממה. בישראל המצב אף חמור מכך – מבנים אחראים לכ-60% מכלל צריכת האנרגיה, וכן לכשליש מסך פליטות גזי החממה. בד בבד, מחירי האנרגיה והמדיניות העולמית להפחתת גזי חממה הפכו מבנים ירוקים, המאופיינים בעילות סביבתית ובהפחתת נזקים סביבתיים, למגמה חמה בתחום הנדל"ן המסחרי. העלייה המתמדת במספר המבנים הירוקים ברחבי העולם אפשרה בשנים האחרונות לבצע מספר ניתוחים כלכליים, תיאורטיים ואמפיריים, של יחסי עלות-תועלת בבנייה ירוקה לעומת בנייה מסורתית. ניתוחים אלה מראים שהכדאיות הכלכלית של מבנה עולה כאשר הוא ירוק, וזאת הודות לתועלת ישירה מסוגים שונים, בעיקר חיסכון בעלויות התפעול והתחזוקה שנובע מהתייעלות בשימוש באנרגיה ומחיסכון במים. התועלת הזו ניתנת לגילום בניתוח כלכלי שיצביע כיצד וכמה זמן לוקח למבנה ירוק להחזיר את ההשקעה הראשונית הגבוהה יותר ביחס למבנה מסורתי.<sup>1</sup> עם זאת, המודלים הכלכליים הקיימים, המבוססים רק על חיסכון בעלויות התפעול של המבנים הירוקים, אינם מציגים את התמונה המלאה, ולא מתחשבים בסוגים הרבים של התועלת העקיפה.

תחום חדש יחסית שמחקרים רבים בחו"ל מתמקדים בו כיום, הוא כימות השפעה החיובית של מבני תעסוקה ירוקים, המאופיינים באיכות סביבה פנים-מבנית (Indoor Environmental Quality) טובה, על השוהים במבנה – בין היתר על ידי הקטנת תחלואה וימי היעדרות, הגברת תפוקה אישית וארגונית, ירידה בתחלופת עובדים ועלייה בשביעות הרצון הכללית. במחקר זה בוצעה הערכה של כדאיות ההשקעה בהקמת מבני תעסוקה ירוקים בישראל תוך כימות כלל סוגי התועלת הללו. אומנם קיים קושי בכימות תועלת עקיפה, אך מחקרים שנערכו בעולם מראים כי מבני תעסוקה ירוקים אכן מביאים לתועלת מסוג זה, ומספקים אומדנים להשפעתה הכלכלית.

שאלת המחקר היא: כיצד ניתן להעריך את התועלת העקיפה לבניית מבני תעסוקה ירוקים כדי לחשב את החזר ההשקעה? שאלת מחקר נוספת, הנגזרת משאלת המחקר העיקרית, היא: מה התועלת העקיפה לשימוש במבני תעסוקה ירוקים ביחס למבני תעסוקה מסורתיים?

מתודולוגיית המחקר כוללת סקירת הספרות הקיימת בעולם, המכמתת את כלל סוגי התועלת במבני תעסוקה ירוקים, ויצירת מודל כלכלי לניתוח החזר ההשקעה, שמתבסס על נתונים מהמשק הישראלי וממצאי ניסויים ומחקרים אמפיריים שנעשו בעולם.

תרומת המחקר עשויה להיות משמעותית, אם החיסכון הישיר בעלויות התפעול והתחזוקה של מבני תעסוקה ירוקים הוא רק חלק קטן מכלל סוגי התועלת הכלכלית הטמונה בבנייה מסוג זה. כמו כן, נכון להיום, טרם נעשו מחקרים הבוחנים את הקשר בין בריאות, רווחה ופרייון לבין סביבת העבודה במבנים ירוקים בישראל. מחקר זה אומנם אינו בוחן את כלל הקשרים בין גורמים אלה, אך הוא מבצע אומדן ראשוני של התועלת מפרייון ומבריאות בבניינים ירוקים במונחי שוק הבנייה הישראלי. על כן, תרומתו העיקרית של המחקר היא בכך שזו ההערכה הראשונה שנעשתה לכלל סוגי התועלת במבני תעסוקה ירוקים בישראל. המחקר מיועד בראש ובראשונה למקבלי החלטות במגזר הציבורי – משרדי הממשלה, ובפרט במשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה, משרד הבינוי והשיכון ומשרד האוצר. כמו כן, המחקר יכול לשמש בכירים במגזר הפרטי – בעיקר מנהלים בחברות נדל"ן מניב ונדל"ן מסחרי.

<sup>1</sup> יש לציין כי עלויות הקמת מבנים ירוקים אינן בהכרח גבוהות יותר מהקמת מבנים מסורתיים, כפי שיוצג בהמשך מחקר זה.

**מבנה המחקר:** בפתחה מופיעה **סקירת הספרות**, שמבססת את הידע התיאורטי הקיים באשר להשפעת בנייה ירוקה על המשתמשים במבנה בעקבות איכות סביבה פנים-מבנית גבוהה. בהמשך מופיע המודל הכלכלי, שמכמת את התועלת מול העלות, ומעריך את שיעור ההיוון הנוכחי במבני תעסוקה ירוקים בישראל, וגם את החזר ההשקעה הנוספת שבנייה ירוקה מצריכה. כמו כן, בעזרת המודל אפשר להעריך את ההשפעה הכלכלית של בנייה ירוקה על הפריץ במשק הישראלי ברמה מקרו כלכלית. בפרק **הדיון** מוצגים בין היתר נתונים לגבי ירידה תיאורטית בהוצאות המשק על ימי תחלואה בעקבות בנייה ירוקה, השלכות אפשריות של עלייה בפריץ עקב בנייה ירוקה על המשק הישראלי, מיפוי שרשרת הערך של בעלי עניין כלכלי בבנייה ירוקה, מספר חסמים וכשלי שוק הקיימים בעולם להטמעת בנייה ירוקה וכדאיות למבני תעסוקה ירוקים על בסיס נתונים על היקפי שוק המשרדים בישראל. **בפרק מסקנות המחקר** מוצגות המלצות לצעדי מדיניות שעשויים לגבור על חסמים קיימים, ולמחקר המשך.

## 2. רקע כללי – בנייה ירוקה

### 2.1 מהי בנייה ירוקה

#### 2.1.1 הגדרות לבנייה ירוקה

בעולם ישנן מגוון הגדרות לבנייה ירוקה. באופן כללי, מטרת בנייה זו היא לצמצם את השפעת המבנים על הסביבה, וההגדרות מתייחסות בעיקר לשיקולים סביבתיים ובריאותיים ולחיסכון במשאבים (קרקע, מים, אנרגיה ואגרטים) בתהליך הבנייה ובתפעול המבנה ועד סוף מחזור החיים שלו. אחת ממטרותיה של הבנייה הירוקה היא לשפר את רווחת המשתמשים וסביבתם. ניתן לומר שהתחום הוא רב-תחומי מיסודו; הוא מבוסס על עקרונות אדריכליים ואקלימיים לצד פיתוח מערכות חדשניות, הכוללות היבטי בנייה, תכנון ופיתוח. הבנייה הירוקה מתייחסת לכלל סוגי המבנים, ובהם מבני ציבור, מגורים, מלונאות, תעשייה, מסחר, תעסוקה ומבנים משולבים. מבנה תעסוקה ירוק הוא מבנה המשמש למשרדים או כמבנה קולט קהל המספק שירותים, שנבנה בהתאם לתקן הישראלי לבנייה בת-קיימא (ת"י 5281) או לפי כלי מדידה בין-לאומיים דומים, כדוגמת LEED האמריקאי, שיפורט להלן, ו-BREEAM הבריטי. במבנה מובטח תכנון וביצוע הכולל מאפיינים, רכיבים וטכנולוגיות המביאים לשיפור סביבתי פנים-מבני, שמצמצם את חשיפת המשתמשים למטרדים סביבתיים פנים-מבניים.

#### 2.1.2 תקני בנייה ירוקה

לצורך קביעת תקנון (סטנדרטיזציה) לעולם הרב-תחומי של בנייה ירוקה, נקבעו תקנים המשקללים גורמים רבים לכדי תקן אחד. להלן מוצגים מספר תקנים רלוונטיים למחקר זה, כולם מרצון ואינם מחייבים:

- התקן הישראלי לבנייה ירוקה, ת"י 5281, הוא מקור ההסמכה הישראלי הבלעדי לבנייה ירוקה. את התקן הציע לראשונה מכון התקנים הישראלי בשנת 2005, והוא עודכן פעמיים, בשנים 2011 ו-2016, בשאיפה לשפר ולהתאימו לשוק המקומי, בעיקר לנוכח הניסיון שנרכש ביישומו בפועל. מדובר למעשה בסדרת תקנים המגדירים מהי בנייה ירוקה בישראל, ונכללים בה תשעה תחומים: אנרגיה, קרקע, מים, חומרים, בריאות ורווחה, פסולת, תחבורה, ניהול אתר הבנייה וחדשנות, בהתייחס לסוגים שונים של מבנים: מגורים, משרדים, מוסדות חינוך,



תיירות, מוסדות בריאות, מסחר ומבני התקהלות ציבורית. התייחסות התקן הינה לבניינים חדשים ולבניינים קיימים כאחד. קבלת תו התקן מותנית בשיטת ניקוד; על המבנה "לזכות" במינימום נקודות. הנקודות ניתנות על ידי מעריך מוסמך, ונבדקות על ידי מכון התקנים. בתקן קיימים סעיפים ודרישות שהם בגדר חובה, ואחרים שהם רשות. המינימום הנדרש כדי לקבל הסמכה הוא 55 נקודות לבניין חדש ו-40 נקודות לשיפוץ מבנה קיים (מכון התקנים הישראלי, 2011, שוץ, 2014). התקן מבוסס במידה רבה על התקנים המובילים בעולם, דוגמת האמריקאי שיפורט מיד (LEED) והבריטי (BREEAM). יש לציין כי בין התקנים LEED ו-5281 קיימים כמה הבדלים, ואף נעשה מחקר המשווה ביניהם (בן חור, 2016). בהקשר של משרדים ירוקים, השוני העיקרי הוא שתקן LEED מתייחס לנושא האנרגיה בצורה הוליסטית יותר ומציע התייחסות הכוללת חיסכון ותכנון סביל לצד תפקוד המערכות, בהסתכלות כוללת. בתקן הישראלי ההתייחסות לנושאים הללו שונה. תקן 5282 מתייחס בעיקר לאלמנטים הסבילים הקשורים לבידוד, להצללה, לפתחים ועוד, ולא כולל את המערכות.<sup>2</sup> יצוין, כי בישראל כמה תקנים נוספים קשורים בבנייה ירוקה, בהם ת"י 5282 (דירוג בניינים לפי צריכת האנרגיה) ות"י 1045 (בידוד תרמי של מבנים).

- תקן הבנייה הירוקה האמריקאי LEED — Leadership in Energy and Environmental Design: את התקן, שנחשב לאחד המובילים בעולם, קבעה המועצה האמריקאית לבנייה ירוקה, והוא נכנס לתוקף בשנת 1998. התקן הנפוץ התקבל ביותר מ-160 מדינות (מקיף כמעט 90,000 מבנים מסחריים, 85 מהם בישראל בשלבים שונים) והוא מגדיר את הבנייה הירוקה לפי סטנדרטים בין-לאומיים. לתקן 4 רמות סיווג (מגבוה לנמוך: פלטינה, זהב, כסף, מוסמך), והציון המינימלי להסמכה עומד על 40.
- WELL Building Standard: התקן הראשון שמתמקד באופן בלעדי בבריאות וברוחה במקומות עבודה, בניגוד לשיקולי סביבה בלבד. התקן אינו תחליפי לבנייה ירוקה, אלא משלים, והוא מעיד על עלייה במודעות לנושא זה ברחבי העולם. הוא פורסם בשנת 2014, לאחר 7 שנות פיתוח, ומאושר על ידי התאגדות העסקים הירוקים הבין-לאומית (GBCI), שמנהלת את LEED. הממדד בוחן השפעות של כמה מרכיבים פנים-מבניים, חלקם מדידים וחלקם כאסטרטגיות תכנון ומדיניות: אוויר, מים, תזונה, אור, כושר, נוחות ונפש. התוצאה היא שילוב של בריאות סביבתית, עיצוב מבנים, בריאות אנושית וגורמים התנהגותיים. לתקן שלוש רמות הסמכה.
- NABERS: מערכת דירוג אוסטרלית המודדת את הביצועים הסביבתיים של מבנים. הדירוג מודד את יעילות השימוש באנרגיה, השימוש במים, ניהול פסולת ואיכות סביבת הפנים של בניין או של שוכרים. הוא עושה זאת באמצעות נתוני ביצועים נמדדים ומאומתים, כגון חשבונות השירות, והמרתם לדירוג 1–6 כוכבים. למערכת יש תת-תקן לדירוג משרדים.

## 2.2 צמיחת גודל שוק הבנייה הירוקה בעולם

תחום הבנייה הירוקה, שהחל להתפתח בשנות ה-90 של המאה הקודמת, נחשב עדיין לתחום צעיר בשוק הבנייה. עם זאת, מסתבר כי במהלך 7 השנים 2007–2014 הגיע ערך השוק של הבנייה הירוקה לסך מצטבר של כ-640 מיליארד דולר בהשקעות ובהתחייבויות, וצפי צמיחת השוק בין השנים 2015–2020 עומד על כ-13% בשנה (Research and Markets, 2015).

<sup>2</sup> תכתובת עם הילה בייניש, 2018.

מחקר משנת 2013, שהקיף יותר מ-60 מדינות בעולם, מראה שההשקעות בבנייה ירוקה נתפסות בקרב בעלי עניין כהזדמנות עסקית לטווח ארוך. זו אינה מגמה מקומית בחלק מסוים של העולם; המחקר צפה שמיזמים של בנייה ירוקה יצמחו פי שלושה בדרום אפריקה, יוכפלו בגרמניה, בברזיל ובנורווגיה, ויגדלו בין שליש לשני שלישים בארה"ב, בסינגפור, בבריטניה, באיחוד האמירויות ובאוסטרליה (McGraw-Hill Construction, 2013). השוק גם מייצר מקומות עבודה חדשים. בארה"ב בלבד ישנם 611,000 קווי תעסוקה הקשורים לבנייה ירוקה, כ-12% מכלל מקומות העבודה בענף הבנייה (Chegut, Eichholtz, and Kok, 2015).

יש לציין כי ענף הבנייה בכלל, והבנייה ירוקה בפרט, מתחלקים לשתי קטגוריות: בנייה חדשה (ובתוכה גם תכנון בנייה עתידית), ושיפוצים תוך הסבת מבנה מסורתי למבנה ירוק.

### 2.3 צמיחת שוק הבנייה הירוקה בישראל

נכון לסוף שנת 2017, קיימים בישראל כ-450 מבנים ירוקים (מכל הסוגים), וזאת לעומת 32 בלבד בשנת 2012. סקירת המגמה העתידית מצביעה אף היא על גידול – מתחילת שנת 2014 ועד סוף שנת 2017 אושרו מעל 430 תוכניות בניין עיר (תב"ע) שקבעו תנאים להוצאת היתרי בנייה הכוללים תכנון המבנה תוך עמידה בתקן הישראלי לבנייה ירוקה 5281 (כ-650 בניינים בסך הכול נמצאים בתהליכי בדיקה להתאמה לתקן). תוכניות אלה כוללות הוראות לבניית 70,000 יחידות דיור, ולפיתוח מעל ל-5 מיליון מ"ר למטרות למגורים ומעל ל-7 מיליון מ"ר לתעסוקה, למסחר ולמלונאות.<sup>3</sup> מגמה זו התאפשרה בין היתר בשל פעילות המשרד להגנת הסביבה לקידום הבנייה הירוקה, ולחיוב אימוץ התקן לבנייה ירוקה 5281 על ידי פורום ה-15 (המאגד את 15 הערים הגדולות בארץ) בשנת 2013.

עם זאת, קצב הקמת המבנים הירוקים בישראל נמוך ביחס למדינות רבות בעולם. נכון לשנת 2018, פחות מעשירית מסך יחידות הדיור בגמר הבנייה הן מוסמכות בנייה ירוקה, בעוד שבארה"ב מדובר בשליש (כנסת ישראל, 2017). כמו כן, כמעט שלא קיימים בישראל כלי מדיניות ייעודיים לקידום שיפוצים ירוקים במגזר המסחרי, וזאת לעומת מדינות שונות בעולם המקדמות שיפוצים ירוקים במגזר המסחרי באמצעות כלי מדיניות ייעודיים כגון תקינה ואסדרה (רגולציה) מחייבת, תמריצים מימוניים, העלאת מודעות ופיתוח הידע (לב-ציון נדן וקוט, 2016).

#### 2.3.1 מבני תעסוקה ירוקים בישראל

מגמת הבנייה הירוקה יוצרת שוק חדש של מבנים ירוקים בעולם, בענפים שאינם רק למגורים. ענפים אלה כוללים בין היתר מבני תעשייה, חינוך, מסחר ותעסוקה. לכל ענף קיימים ניתוחי עלות-תועלת שונים ושרשרת ערך שונה (למשל בגלל בעלי עניין שונים או אינטרס כלכלי אחר).

שוק מבני התעסוקה הירוקים טרם הגיע לפריצה משמעותית בישראל, אף על פי שהוא מראה סימנים לכך, וההיקפים הולכים וגדלים. 45% משטח המשרדים שנבנו בין השנים 2008–2012 היו ירוקים, וצפי המשרד להגנת הסביבה הוא כי בשנת 2020 70% ממבני התעסוקה שייבנו באותה שנה יהיו ירוקים, ושמשפר זה יעלה ל-95% בשנת 2022. בשנת 2010 הוסמך בניין חברת אינטל בחיפה בתקן LEED זהב, והיה לבניין הראשון בישראל בהסמכה זו. הבניין הוקם בהשקעה של

<sup>3</sup> אתר המשרד להגנת הסביבה, תחום בנייה ירוקה: <http://www.sviva.gov.il/subjectsEnv/GreenBuilding/Pages/greenconstructionisrael.aspx#GovXParagraphTitle1>

כ-450 מיליון ₪. מאפייניו כוללים, בין היתר, צריכת חשמל פחותה ב-20% מבניינים דומים ואספקת אוויר צח. בשנת 2011 נבנה אקו טאוואר בדרום תל-אביב – הבניין הירוק הראשון בישראל המשווק משרדים להשכרה. כיום כ-54 מבני תעסוקה הם ירוקים לפי תקן 5281 או LEED. מתוכם, במבנים המוסמכים לפי תקן 5281, נכללים, בין היתר, 25 מבני משרדים (רובם נבנו עד שנת 2015), 8 בנקים ו-4 בתי משפט, והם מגיעים להיקף של מעל חצי מיליון מ"ר. חלק ממגדלי המשרדים החדשים המובילים במשק הם מוסמכי תקן LEED ברמות החמרה שונות. דוגמאות לכך הן מגדל עזריאלי שרונה בתל-אביב (זהב) ומגדל אמות אטריום ברמת גן (פלטינה). מבנים אלה מצויים בתפוסה מלאה, והחזירו במהרה את תוספת ההשקעה.

ישנן מספר סיבות לעליית היקפי מבני התעסוקה הירוקים בישראל בשנים הבאות. סיבה אחת לכך, מעבר לפעילויות המשרד להגנת הסביבה ופורום ה-15 שצוינו לעיל, היא אימוץ קוד סביבתי-אתי של בנייה ירוקה בקרב תאגידים בין-לאומיים מובילים. כמו כן יש מקום לציין כי מנהל הדיור הממשלתי (הגוף האחראי על ניהול מבנים ונכסים שבשימוש או בבעלות משרדי הממשלה ויחידות הסמך) החליט בשנת 2012, כי כל מבנה חדש הנכלל במכרזי המנהל ונמצא בבעלות המדינה או המושכר למדינה לטווח העולה על חמש שנים יעמוד בת"י 5281 (ארן, בן-עזרא וצ'אפל, 2014). החלטה זו מבטאת מודעות גוברת לחשיבות הבנייה הירוקה בקרב ממשלת ישראל, ולא רק במגזר הפרטי.

### 2.3.2 חסמים לצמיחת שוק הבנייה הירוקה בישראל

חשוב להדגיש כי היקפי הבנייה הירוקה בישראל נמוכים. קיימות לכך מספר סיבות. החסם המרכזי כיום להטמעת בנייה ירוקה באופן נרחב ברחבי שוק הנדל"ן בכלל ובשוק המשרדים בפרט הוא היעדר ידע ומודעות. ביקוש נמוך בקרב הציבור הוא תוצר של חוסר מודעות ציבורית ומקצועית לגבי התועלת שבבנייה ירוקה. מידע מהותי בכל הנוגע לכימות כלל סוגי התועלת – הישירה והעקיפה – של מבני תעסוקה ירוקים לוקה בחסר אצל אנשי המקצוע. גם המידע לגבי עלויות בנייה ירוקה הוא מוטעה. היות שכך, כלל סוגי התועלת אינם מופנמים במערכת השיקולים של היזם, הרוכש והמשתמש מחד גיסא, ושל המשק וקובעי המדיניות מאידך גיסא. בגלל כשל השוק הזה נדרשת תוספת השקעה של כ-2% לבנייה הירוקה לעומת הבנייה המסורתית, אולם אין מינוף של התועלת. לכן, השוק אינו נמצא בשיווי משקל יעיל פְּאָרְטוֹ (כרמון, 2015). כשל השוק ניתן לפתרון על ידי הגברת מעורבות ממשלתית (על כך בהרחבה בפרק מסקנות המחקר).

סיבה נוספת היא שבנייה ירוקה היא מעין מוצר חדשני בענף הבנייה הישראלי, המאופיין בהיותו ענף מסורתי. בשני העשורים האחרונים הכפיל המשק את רמות הפריון והיעילות שלו, אך ענף הבנייה נשאר שמרני ברובו, ואינו ניזון ממגמות חדשנות המשפיעות על מגזרים אחרים במשק, כגון מהפכת הדיגיטציה (כרמון, 2015). בשל כך, מתכננים ומבצעים נמנעים מלגשת למכרזים המוגדרים כירוקים. 4 מרביתם תופסים את הבנייה הירוקה כתוספת, וכך היא מתוקצבת. **זוהי התנהגות של שוק חדש ולא מיומן, החושש מפגיעה כלכלית הנובעת מחדשנות, ולכן מבטח את עקומת הלימוד שלו בערך כלכלי גבוה.** ניסיון בבנייה ירוקה יכול להופיע בעקבות דרישת שוק, אסדרה ותמריצים כלכליים. יש לזכור כי התקן הישראלי לבנייה ירוקה אינו מחייב, כך שהטמעתו בפועל תלויה, בין השאר, במודעות הציבור הרחב לקיומו של התקן ולתועלת שבו, ובמוכנות המגזר הפרטי לאמצו. סקרים עולמיים מראים כי יזמים מוכנים לבנות ירוק. מיפוי המניעים להחלטה זו מעלה כי אחד המניעים המרכזיים הוא כדאיות כלכלית (ובעיקר חיסכון הודות ליעול השימוש באנרגיה). ככל שיגדל הניסיון

<sup>4</sup> יש לציין כי מגבלה זו חלה באופן כללי על כלל הגורמים המעורבים. הידע של בעלי העניין (הממשלה, יזמים וצרכנים) בנושא המשמעות של אימוץ תקן הבנייה הירוקה, עלויותיו והתועלת שביישומו – מוגבל.

בתחום בישראל, יתרחב גם היצע המתכננים והמבצעים, ובעקבות זאת יִרדו מחירי הבנייה הירוקה (המועצה הישראלית לבנייה ירוקה, 2010).

סיבה שלישית היא אסדרה מגבילה. חוסר תמיכה מערכתית מגביל את התרחבות יישום הבנייה הירוקה בדרכים רבות, כגון הגבלת החדשנות בתהליכי בנייה, בחומרים ובטכנולוגיות, והטלת מגבלות בירוקרטיות רבות. כמו כן, היעדר תמריצי בנייה לא מאפשר לפרוץ את ההנחה שלפיה הבנייה הירוקה יקרה יותר, ומוותר את מחירה גבוה בגלל תחרות מצומצמת, סיכונים גבוהים והיעדר פיקוח. יתר על כן, יש קושי בהטמעת תקני בנייה ירוקה, משום שניתנת עדיפות לתקנים הנדסיים ובטיחותיים (ספקטור ובן-ארי, 2017).

יש לציין כי כן היו התקדמויות בנושא התמיכה המערכתית. בדצמבר 2013 עודכנו תקנות התכנון והבנייה (חישוב שטחים ואחוזי בנייה בתוכניות ובהיתרים), ומאז הן קובעות כי באשר למעטפת כפולה – לא יבוא השטח הנוצר ממנה במניין השטח לבנייה, כל עוד המרווח הפנימי קטן מ-0.9 מטר. במגדל אמות אטריום, למשל, אִפשר הדבר בניית קומה שלמה נוספת בזכויות הבנייה, כך שמדובר בכדאיות כלכלית משמעותית.<sup>5</sup> כמו כן, ביולי 2014 התקבלה החלטת ממשלה מספר 1806 לקידום בנייה ירוקה בישראל, ובמסגרתה הוקצו 32 מיליון ₪ לקידום הבנייה הירוקה במשך שלוש שנים (המשרד להגנת הסביבה, 2013).

## 3. בריאות ובנייה ירוקה

### 3.1 איכות סביבה פנים-מבנית

מרכיב חשוב, הניתן למדידה, בהצלחתו של איכות המבנה הירוק הוא איכות הסביבה הפנים-מבנית שבו (Indoor Environmental Quality). תועלת לדיירים (בכל סוגי המבנים) מושגת בעיקר בעקבות שיפור איכות הסביבה הזו. מקובל לבחון בעיקר ארבעה מאפיינים בסיסיים של איכות סביבה פנים-מבנית (Almeida, de Freitas, and Delgado, 2015):<sup>6</sup>

1. איכות האוויר הפנים-מבנית (ריכוז מזהמים, אוורור, ריח ולחות).
2. נוחות תרמית.
3. תאורה טבעית ותאורה מלאכותית.
4. איכות אקוסטית ומטרדי רעש.

מרכיבים מרכזיים אלה מאפשרים לבנות משרדים בריאים וירוקים יותר, שמשפיעים על תפוקת העובדים. במחקר שלפניכם ההתמקדות היא במרכיב איכות האוויר – שכל הנראה השפעתו על תפוקה ובריאות היא הרבה ביותר. מרכיבים מרכזיים פחות הם, למשל, פריסה פנימית ועיצוב פעיל, קרבה לשירותים ולתשתיות, ביופיליה (נוף הנשקף מהחלון, חיבור לאלמנטים טבעיים) ועוד (Allen et al., 2016).

<sup>5</sup> ריאיון עם נתן חץ, 2018.

<sup>6</sup> [https://www.springer.com/cda/content/document/cda\\_downloaddocument/9783319153582-c2.pdf?SGWID=0-0-45-1509075-p177230538](https://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloaddocument/9783319153582-c2.pdf?SGWID=0-0-45-1509075-p177230538)

לאיכות פנים-המבנה חשיבות מכרעת על בריאות השוהים בו, אף על פי שלעיתים רבות היא אינה נתפסת כך על ידי הציבור וקובעי המדיניות ברחבי העולם (OECD, 2003). כבר כיום למעלה ממחצית מאוכלוסיית העולם חיה בערים, והיקף זה צפוי להמשיך לעלות בעשורים הבאים. כמו כן, תושבי המדינות המפותחות מבלים כיום מעל ל-90% מחייהם במבנים, ותושבי המדינות המתפתחות צפויים ללכת בעקבותיהם. למרות זאת, אין מספיק מידע על השלכות השהייה המרובה במבנים. בטבלה 1 שלהלן ניתן לראות את סיכום כלל המרכיבים של איכות סביבה פנים-מבנית, הבאים לידי ביטוי בסביבה הפיזית של המשרד, כמו גם פירוט לגבי כל מרכיב:

טבלה 1: סיכום המרכיבים הפיזיים של סביבת המשרד		
<p><b>1. איכות אוויר פנים-מבנית</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ זיהום, כולל תרכובות אורגניות</li> <li>▪ פחמן דו-חמצני</li> <li>▪ ריח</li> <li>▪ אוורור ותחלופת אוויר</li> <li>▪ לחות (moisture) ועובש</li> </ul> <p><b>2. נוחות תרמית</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ טמפרטורת אוויר פנימי</li> <li>▪ שינויי טמפרטורה</li> <li>▪ מהירות אוויר</li> <li>▪ לחות יחסית (humidity)</li> </ul>	<p><b>3. תאורה ותאורת יום</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ איכות</li> <li>▪ כמות</li> <li>▪ סנוור</li> <li>▪ חשיפה לתאורת יום</li> </ul> <p><b>4. רעש ואקוסטיקה</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ רעשי רקע</li> <li>▪ רטט</li> <li>▪ פרטיות והפרעות</li> </ul>	<p><b>5. מרכיבים נוספים</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ עיצוב פעיל (מידת הצפיפות, קשרי עין חברתיים, עיצוב חלל העבודה)</li> <li>▪ ביופיליה (נוף הנשקף מהחלון, חיבור לאלמנטים טבעיים)</li> <li>▪ קרבה לתשתיות (הגעה באופניים, חיבור לעיר ולרחוב)</li> </ul>

מקור: World Green Building Council, 2014.

### 3.2 איכות אוויר פנימית (Indoor Air Quality, IAQ)

הגורם המשמעותי ביותר בעליית תפוקה במשרדים ירוקים הוא היעדר "האויב השקוף" – זיהום אוויר פנים-מבני. אף על פי שנדמה כי פנים המבנה הוא מקום בטוח ובריא, מחקרים מראים שאיכות האוויר הפנימי יורדת לעיתים עד פי 100 מאיכותו של אוויר חיצוני עקב רעלים הנפלטים ממקורות פנים-מבניים ואוורור לקוי במבנים בעלי תחלופת אוויר נמוכה<sup>7</sup> (Kats, 2003). לכן, עבור רבים, הסיכונים הבריאותיים מחשיפה לזיהום אוויר פנים-מבני עשויים להיות גדולים יותר מאלה הנשקפים מזיהום אוויר סביבתי (Kamaruzzaman and Sabrani, 2011). ההשלכה הבריאותית של זיהום אוויר פנים-מבני כה משמעותית, עד כי הסוכנות להגנת הסביבה בארה"ב (EPA – Environmental Protection Agency) דירגה אותה בין חמשת גורמי הסיכון הסביבתיים העיקריים לבריאות הציבור הרחב.<sup>8</sup> בעוד שלגבי איכות אוויר חוץ-מבני קיים כיום קונצנזוס מקצועי בארץ ובעולם על חשיבותו הגבוהה לבריאות האדם (ואי לכך קיימות מערכות ניטור ואסדרה), הרבה

<sup>7</sup> ריאיון עם רענן רז, 2018; [www.epa.gov/iaq](http://www.epa.gov/iaq).

<sup>8</sup> [www.epa.gov/iaq](http://www.epa.gov/iaq).

פחות ידוע על הרכב האוויר בסביבות פנים-מבניות ועל השפעתו על בריאות האדם. הסיבה לכך אינה מכיוון שהשפעה שלו פחותה, אלא משום שקשה הרבה יותר להשיג נתונים טובים הדרושים לצורך מחקרים אפידמיולוגיים בנושא.<sup>9</sup> מנגד, היתרונות בבריאות ובתפוקה הודות לאיכות אוויר פנימית טובה מבוססים היטב. איכות טובה מושגת בזכות ריכוזים נמוכים של פחמן דו-חמצני, של לחות ושל מזהמים, ובאמצעות שיעורי אוורור גבוהים. לאחר מחקר מקיף ניתן להסיק בזהירות כי שיפורים בתפוקה של 8%–11% בעקבות איכות אוויר טובה יותר הם נפוצים (World Green Building Council, 2014). לפי סקירת מספר מחקרים (Kats, 2014), הממוצע הכולל עומד על ירידה של 41.5% בתסמונות של המחלות הנשימתיות השונות או בתסמונת הבניין החולה (Sick Building Syndrome, SBS), וזאת הודות להחדרת אוויר חיצוני ולשליטה בפליטות מזהמים ואחוזי לחות.

### 3.2.1 אסדרת איכות אוויר פנים-מבנית בישראל

קיימת אי-בהירות בקביעת אסדרה לבטיחות ולסביבה בקרב עובדים בסביבות עבודה לא-תעשייתיות, כגון עובדי משרדים. לאי-בהירות זו השלכות לגבי הגדרת מעמדם בסביבה הפנים-מבנית שהם נמצאים בה, והתייחסות המאסדר אליהם מבחינת תקינת עבודה וחובות המעסיק. לא מומלץ לאמץ תקני חשיפה תעסוקתיים ורמות מרביות מותרות כדי שניתן יהיה לטפל בסביבה פנים-מבנית לא תעשייתית, מכיוון שתקנים אלה מיועדים למניעת תחלואה מקצועית בעקבות חשיפה מוגדרת, ואינם מכוונים למשרדים ולמצבים ולתנאים הנכללים בהגדרה של "נוחות" (פרדו, 2013). בישראל מכסות פקודת הבטיחות בעבודה והתקנות שלה בעיקר את קטגוריית סביבת העבודה התעשייתית, תחת ההכוונה שהמעסיק חייב לספק לעובד סביבת עבודה בטוחה ובריאה. קיימים כמה היבטים המתייחסים לגורמי סיכון האופייניים לסביבה הפנים-מבנית של סביבת העבודה הלא-תעשייתית, אולם ההתייחסות דלה מאוד, וחסרים תקנות ותקנים לחשיפה מרבית מותרת לגורמי הסיכון. אחד הכלים להתמודדות עם גורמי הסיכון הוא חוק אוויר נקי. החוק, שנכנס לתוקפו בשנת 2011, נועד להגן על הציבור הרחב. על פיו, המשרד להגנת הסביבה הוא הגורם המוביל הן מבחינת האחריות הן מבחינת הסמכויות במניעת מפגעי זיהום אוויר. אף על פי כן, מכיוון שהחוק לא נועד לסביבות עבודה, והמשרד להגנת הסביבה אינו אחראי על עובדים – תקני איכות האוויר בבסיסו של חוק זה אינם חלים על איכות סביבה פנים-מבנית במקומות עבודה לא תעשייתיים (פרדו, 2013). יש לציין כי תקינה שמסדירה את זיהום האוויר החיצוני (כגון חוק זה) משפיעה בעקיפין גם על זיהום האוויר הפנים-מבני, אולם היקפי השפעה לא ידועים כיום.

### 3.2.2 תקנים רלוונטיים לאיכות אוויר פנים-מבני

התקן הרלוונטי לסביבת העבודה הוא התקן לבנייה ירוקה 5281 חלק 1 – בניינים שאינם בנייני מגורים, פרק 2 – משרדים. בתקן יש התייחסות לאיכות אוויר פנים-מבנית בפרק 5: בריאות ורווחה. התקן מדרג את איכות האוויר, מגביל פליטות תרכובות אורגניות נדיפות ומחייב אוורור. בטבלה 2 שלהלן ניתן לראות את מרכיבי הסעיף "איכות אוויר הפנים בבניין" בתקן. מרכיבים אלה מתייחסים בעיקר בקביעת שיעור האוויר הצח:

<sup>9</sup> ריאיון עם רענן רז, 2018.

טבלה 2: מרכיבי הסעיף "איכות אוויר הפנים בבניין" בתקן 5281	
מספר	תיאור הסעיף
1.1	שיעור האוויר הצח במערכות מאולצות
1.2	שיעור האוויר הצח במערכות לא מאולצות
2.1	שיפור שיעור האוויר הצח
2.2	בקרה על האוויר הצח
2.3	מיקום פתחי יניקת אוויר
2.4	סינון האוויר הצח
2.5	הגנה על מובילי הולכת האוויר
3	מיקום פתחי יציאת האוויר של חנייה תת-קרקעית

**נתונים:** מכון התקנים הישראלי, 2011.

**מקור:** מרכז מילקן לחדשנות, 2018.

תקנים נוספים הראויים לציון הם:

- תקן ישראלי 6210 משנת 2011, "אוורור לשמירת איכות אוויר נאותה בתוך בניינים", המבוסס על תקן אמריקאי משנת 2010, מגדיר ערכים מותרים למזהמים מסוימים באוויר הפנים. התקן אומץ על ידי המועצה הארצית לתכנון ולבנייה כחלק מתקנות התכנון והבנייה המחייבות, והוא ממתין לאישור משרד המשפטים.
- תקן נוסף של מכון התקנים הישראלי הוא תקן 5098 – "תכולת יסודות רדיואקטיביים בחומרי בנייה". זהו למעשה התקן היחיד שעוסק בהסדרת איכות האוויר בתוך מבנים. התקן מתייחס למכלול הפליטות מחומרי הבנייה, וקובע רמה מרבית לריכוז קָדון.
- מספר תקנות בחוק התכנון והבנייה מחייבות איכות אוויר פנים-מבנית מינימלית. התקנות קובעות, בין היתר, מספר החלפות אוויר לשעה לפי סוג המבנה (מבנה משרדי מחויב ב-3 החלפות לפחות בשעה), גודל מינימלי של פתחי אוורור והגנה עליהם.

### 3.3 מרכיבים נוספים של IEQ

#### 3.3.1 נוחות תרמית

נוחות תרמית היא גורם משלים לאיכות אוויר פנימית, וההפרדה בין השתיים לעיתים קשה. עם זאת, מחקרים מוכיחים כי למרכיב זה השפעה משמעותית על שביעות רצון בעבודה, המביאה לתפוקה גבוהה יותר. מחקרים מראים באופן קבוע כי שליטה אישית על נוחות תרמית, אף ברמה בסיסית מאוד של מספר מעלות צלזיוס, יכולה להביא לשיפורים משמעותיים בתפוקת העובדים (World Green Building Council, 2014).

תקן רלוונטי למרכיב זה בישראל הוא ת"י 1045 (חלק 3) בשם "בידוד תרמי של בניינים: בנייני משרדים". תקן זה קובע דרישות מינימליות לבידוד תרמי של בנייני משרדים ומפעלי טכנולוגיות עילית (היי-טק). על אף עלותו הזניחה, היישום בפועל של התקן חלקי ביותר, כך שעד היום ממשיכים להיבנות מבנים ברמת בידוד תרמי נמוכה. בעקבות זאת, המשתמשים מבזבזים אנרגיה מיותרת למיזוג המשרד בקיץ ולחימומו בחורף.

#### 3.3.2 תאורה ותאורת יום

תאורה טובה הכרחית לשביעות רצון. ההבנה לגבי היתרונות של בריאות ורווחה שנובעים מתאורה, גדלה עם הזמן. קשה להפריד בין היתרונות של תאורת יום כשלעצמה לבין יתרונות חזותיים ונופיים. מספר מחקרים בעשור האחרון העריכו עליות בתפוקה בגלל קרבה לחלונות, ומומחים חושבים כעת כי האפשרות להשקיף מהחלון אל נוף היא כנראה הגורם המשמעותי יותר, בייחוד כאשר היא מציעה קשר חזותי למאפייני טבע (World Green Building Council, 2014).

בתקן הישראלי לבנייה ירוקה במשרדים יש התייחסות לתאורה ולתאורת יום. התקן מספק ניקוד אפשרי למספר רכיבים, ובהם השליטה האישית בבוהק התאורה ובעוצמתה, ובתאורת יום בשטחים פנימיים ציבוריים.

#### 3.3.3 רעש ומטרדי אקוסטיקה

כפי שעולה מהמוסד לבטיחות וגיהות (2009), רעש ומטרדי אקוסטיקה, גם ברמה שאינה מוגדרת כמטרדה על פי חוק, משפיעים לרעה על הבריאות ועל התפוקה של עובדי משרדים. פגיעה זו נעשית בעקבות ירידה ביכולת הריכוז, בקצב ובדיוק בביצוע המטלות, ובגלל תרומת הרעש לתגובת לחץ ולהפרעה לתקשורת. לאורך זמן מצב זה עלול להביא לפגיעה בריאותית. הרעש במשרד נובע הן ממקורות פנימיים – טלפונים, פקסים, מכונת צילום ועוד, הן ממקורות חיצוניים – שדה תעופה סמוך, קו מסילת רכבת, כביש סואן ועוד. מחקרים מראים כי כאשר עובדים מתלוננים על רעש, מספר ההיעדרויות עקב מחלה גדול יותר, ומשך ההחלמה ארוך יותר.

תקנות שונות בנושא רעש הותקנו מכוחו של החוק למניעת מפגעים משנת 1961, והן נועדו לצמצם את מפגעי הרעש באזורי מגורים. קיימות תקנות רעש במקומות עבודה המגדירות מפלסי רעש מזיק, אך התקנות אינן מחייבות במשרדים שלא קיים בהם רעש מזיק לפי הגדרתו בחוק, ולכן ההנחיה למפלסי רעש במשרדים היא בגדר המלצה בלבד. לעומת זאת, בתקן 5281 יש התייחסות לצמצום מפגעי רעש, כמו גם לבידוד אקוסטי ממפגעי רעש חיצוניים, למשל על ידי זיגוג כפול בחלונות.



### 3.4 תסמונת הבניין החולה

התפיסה הרווחת כיום היא כי המבנים המסורתיים לא רק מבזבזים אנרגיה, אלא מספקים איכות סביבה פנימית מפוקפקת. תנאים ירודים אלה מובילים לירידה בתפקוד ולעלייה בתחלואה בקרב המשתמשים במבנה, ובכך לתופעת תסמונת הבניין החולה. התסמונת נגרמת עקב אוורור לקוי והיעדר אוויר צח, נוכחות של אדי תרכובות אורגניות נדיפות ומוזהמי אוויר אחרים, היעדר אור טבעי, סנוור, תנאים תרמיים לא נוחים, היעדר תחושת זמן הנובעת מהיעדר אפשרות למבט לנוף שבחוץ ועוד (EPA, 1991).

מחקרים מראים שב-30% מבנייני המשרדים החדשים בישראל מתלוננים העובדים על תסמינים שונים, החל בתחושת מחנק או "חוסר באוויר", דרך כאבי ראש, מיגרנה כרונית, בחילה, עייפות, קשיי ריכוז, מתח, סחרחורות, גירויים בעיניים, באף, בגרון ובעור, וכלה בתגובות נשימתיות ובעלייה ברגישות לזיהומים. כאשר תסמינים כאלה מופיעים בעת ובעונה אחת אצל יותר מ-20% מהאנשים באותו מבנה, ונעלמים, או שחלה בהם הקלה ניכרת כאשר העובדים עוזבים את מקום העבודה, מקובל לכנות את התופעה בשם תסמונת הבניין החולה (פרדו, 2013).

יש לציין כי בישראל אין חקיקה ייעודית למניעת תסמונת זו ולשיפור איכות הסביבה בבניינים בכלל ובבנייני משרדים בפרט (בס ספקטור, 2011). התסמונת מביאה להוצאות בריאותיות בסכומים גבוהים במיוחד ברחבי העולם, חלק מהם מפורטים בטבלת סיכום ממצאי מחקרים על תועלת עקיפה בהמשך המחקר. קשה להעריך באופן מדויק, או להשוות, בין עלויות של בריאות, משום שהן משתנות לפי המגזר והמדינה, אבל עדיין השפעתן הרבה ברורה.

### 3.5 בריאות ובנייה ירוקה בישראל

היבטים בריאותיים מובאים בחשבון בתקן הישראלי לבנייה ירוקה בכמה אופנים, ומביאים לכך שמבנים ירוקים הם בריאים יותר. פרק "בריאות ורווחה", המרכיב 11% ממשקל הניקוד למבני משרדים, מכיל 22 סעיפים במגוון נושאים, כגון: אוורור ונוחות, אספקת אוויר צח ממקור נקי, איכות האוויר בתוך בניין בעל מערכות אוורור מאולצות, תאורה טבעית, טמפרטורה והגבלת תרכובות אורגניות נדיפות וקרינה רדיואקטיבית. נושאי התאורה והאוורור מקבלים התייחסות משמעותית בהשוואה לאחרים. כמו כן, קיים בתקן פרק ייחודי המתייחס לאיכות הסביבה הפנים-מבנית בהיבטים הללו של תחלופות אוויר, נוחות למשתמש ואקוסטיקה. נושא נוסף הוא שימוש בחומרים ירוקים בעת הבנייה – חומרים ירוקים הם חומרים שיש בהם פחות רעלים (צבעים, דבקים, חומרי איטום וחומרים נוספים), ולכן הם בריאים יותר מחומרים אחרים, והשימוש בהם עדיף.<sup>10</sup>

#### 3.5.1 קוד הבנייה הישראלי

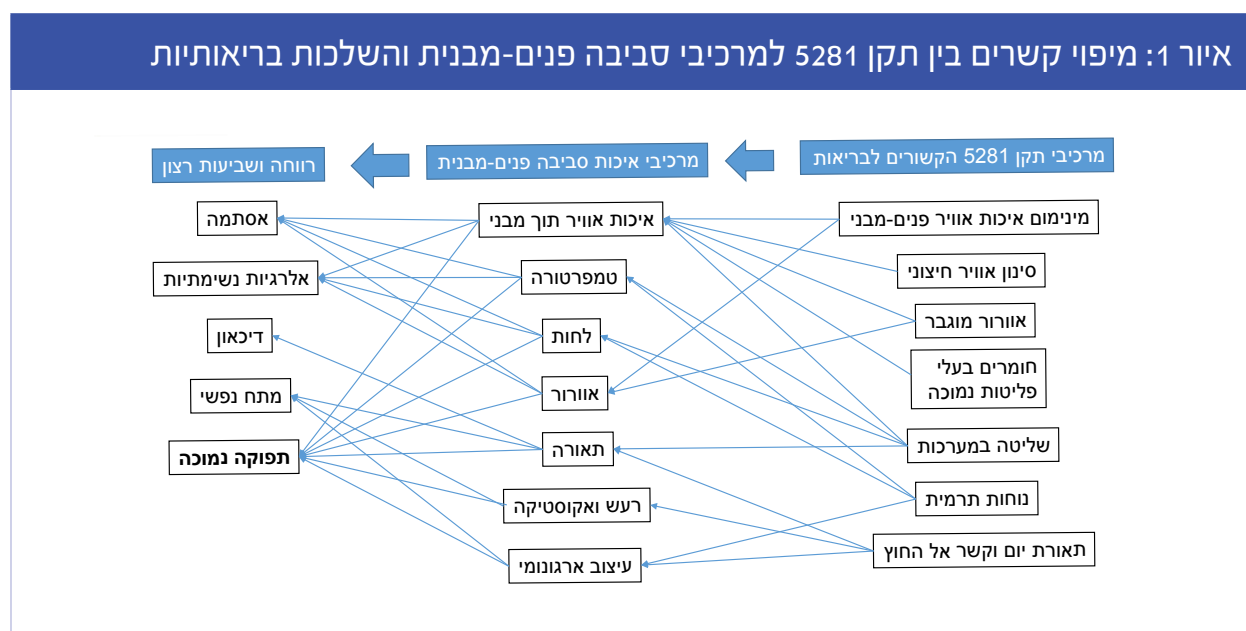
ניסיון נוסף להבטחת בריאות במבנים ומקומות ציבוריים הוא קוד הבנייה שניסח משרד הבינוי והשיכון. קוד בנייה הוא מערכת הוראות הכוללת את הסף המינימלי הנחוץ כדי להבטיח את האיכות ואת הבטיחות הנדרשות לתכנון ולביצוע של מבנים ומקומות ציבוריים מנקודת המבט של החברה והמדינה. הקוד צפוי להחליף את תקנות התכנון והבנייה הקיימות כיום, ויחייב כפי שהן מחייבות. הקוד נועד בין היתר להבטיח את בריאותם של המשתמשים במתקנים ובמבנים ושל

<sup>10</sup> תכתובת עם הילה בייניש, 2018.

הציבור, ואף ניסה לטפל בחלק ממרכיבי איכות הסביבה הפנים-מבנית. עם זאת, קוד הבנייה, שנוסח לפני למעלה מעשור, לא הושלם וגם אינו בתוקף כיום.

### תיאור סכמטי של גורמי ההשפעות של תקן 5281 על בריאות

באיור 1 שלהלן, ניתן לראות מיפוי מספר קשרים שזוהו במהלך המחקר בין תקן 5281 לבין מרכיבי סביבה פנים-מבנית, עם השלכות שליליות אפשריות על הבריאות והתפוקה של המשתמשים במבנה, שהתקן עשוי למנוע. רמות התפוקה והבריאות של העובדים מושפעות באופן משמעותי, לחיוב ולשלילה, ממרכיבים רבים שתקן 5281 מתייחס אליהם. יש לציין כי תסמינים ומחלות רבים, דוגמת תסמונת הבניין החולה, אינם מופיעים באיור לצורך הפשטה.



נתונים: Singh et al., 2010.  
מקור: מרכז מילקן לחדשנות, 2018.

## 4. כדאיות כלכלית של מבני תעסוקה ירוקים

בשנים האחרונות נראה כי קיים שינוי פרדיגמה באשר להנחיית הקמת מבנים ירוקים, מגישה שמנחה מראש מה הן הפרקטיקות הסביבתיות הרצויות ביותר, לטובת גישה שמותירה חופש פעולה יחסי ליזמים, ולאחר הקמת המבנה מעריכה את הביצועים בפועל באמצעות הערכת מחזור החיים של המבנה (LCA – Life Cycle Analysis). הגישה האחרונה מאפשרת ביטוי למבנים בעלי ביצועים גבוהים, המתמקדים בביצועי אנרגיה, יעילות, בריאות, נוחות ועמידות.

הכדאיות הכלכלית של מבני תעסוקה ירוקים נידונה במחקרי עלות-תועלת רבים, שהעריכו כי השקעה זניחה ביחס לכלל עלות הקמת המבנה (או לחילופין בעת הסבת מבנה קיים למבנה ירוק) עשויה להיות כדאית לכלל סוגי המבנים הירוקים. כדאיות זו נוצרת בזכות סוגים רבים של תועלת ישירה ועקיפה שיפורטו בהמשך, ובאה לידי ביטוי באופן משמעותי במדדים

רבים, ובהם הערכת מחזור החיים של המבנה, חישוב החזר עלות ההשקעה הראשונית ומדדי שכירות ומכירה של מבנים ירוקים.

## 4.1 עלויות בנייה ירוקה

הסמכת מבנים לירוקים כוללת עלויות נוספות, שאינן קיימות במבנים מסורתיים. ניתן להכליל בפרמיה הירוקה את עלות השימוש בחומרים יקרים יותר (מחיר הנובע מצורך ביבוא, במחקר, בייצור מיוחד, בעלות תקינה) ובמערכות מכניות יעילות ויקרות יותר, ואת תהליך התכנון המורכב והממושך הכולל שימוש במודלים של אנרגיה, במודלים כלכליים ובהדמיות. יש לציין כי עם הגידול במיזמים של בנייה ירוקה, העלויות המשויכות לבנייה זו הולכות ויורדות.<sup>11</sup>

### 4.1.1 ממצאים נבחרים ממחקרי עלות כלכלית של מבנים ירוקים

קיימת ספרות נרחבת העוסקת בעלויות ההשקעה הנוספת לצורך בנייה ירוקה. טבלה 3 להלן מציגה סקירת ממצאי מחקרים נבחרים מתוך הספרות. הסקירה מציינת אם מדובר בבנייה ירוקה ככלל או במבני משרדים ירוקים בלבד.

טבלה 3: ממצאי מחקרים נבחרים באשר לכימות עלויות של בניית משרדים ירוקים				
שם מחקר	שם חוקר	שנה	עלות	פירוט
The Costs and Financial Benefits of Green Buildings	Kats	2003	תוספת עלות לפי רמות הסמכת LEED: א. עד 1% ב-8 בניינים ברמת מוסמך ב. עד 2.1% ב-18 בניינים ברמת כסף ג. עד 1.8% ב-6 בניינים ברמת זהב ד. עד 6.5% בבניין ברמת פלטינה	אחד המחקרים המוקדמים והמצוטטים ביותר המתייחס לכימות עלויות ותועלת של בנייה ירוקה בכללה. הרחבה על מחקר זה בהמשך
The Green Quotient	Lockwood	2007	עלות ממוצעת להקמת מבני משרדים מוסמכי LEED היא 6% פחות ממשרדים מסורתיים	סימוכין נוספים: רשת בנקים אמריקאית חסכה \$80,000 בעלויות הבנייה של כל סניף באמצעות בנייה לפי תקנים של LEED
The Cost of LEED	Mapp, Nobe, and Dunbar	2011	2%-3% מעלויות הבנייה. מתחת ל-2% מסך עלויות המיזם	מדגם של 2 סניפי בנק ירוקים ו-8 סניפים מסורתיים במערב מדינת קולורדו, ארה"ב

<sup>11</sup> אתר המועצה הישראלית לבנייה ירוקה: [ilgbc.org](http://ilgbc.org).

<b>(טבלה 3: ממצאי מחקרים נבחרים באשר לכימות עלויות של בניית משרדים ירוקים (המשך)</b>				
<b>שם מחקר</b>	<b>שם חוקר</b>	<b>שנה</b>	<b>עלות</b>	<b>פירוט</b>
<b>The Business Case for Green Building</b>	World Green Building Council	2013	בניין ירוק עשוי להיות זול יותר מבניין מסורתי. טווח בין 0.42% פחות ועד 12.5% יותר מעלות הקמת מבנה מסורתי. לרוב, מתחת ל-0% ועד 4% יותר להסמכות הבסיסיות, ועד 10% להסמכות המחמירות ביותר	התוצאות ממחקרים אלה, שפורסמו בין השנים 2000 ל-2012, מבוססות על מגוון רחב של סוגי מבנים ונתונים קיימים מארה"ב, מבריטניה, מאוסטרליה, מסינגפור ומישראל
<b>The Operating Expense Puzzle US Green Office Buildings</b>	Szumilo and Fuerst	2013	עלות שכירות מבני משרדים הממוצעת גבוהה יותר ב-4.41% ומגלמת את שיעור החיסכון באנרגיה	בחינת השינוי בשכר הדירה בעקבות חיסכון באנרגיה במדגם של 251 מבני משרדים ירוקים מול 2,509 מבנים מסורתיים ב-4 שוקי המשרדים הגדולים בארה"ב
<b>עלות בניית משרדים בבנייה ירוקה</b>	לב-ציון נדן	2014	1.06% עלות התוספת לבנייה ירוקה מסך כל עלות המיזם	עבור הקמת מבנה המכון הגיאולוגי בירושלים (המחקר מצוטט אצל המועצה הישראלית לבנייה ירוקה, 2014)
<b>עלויות וחיסכון של בנייה ירוקה במבני משרדים בישראל</b>	קוט ונתניאן	2014	1.1%—1.3% עלות ההשקעה הנוספת ביחס לבניין הייחוס	פירוט על מחקר זה בפרק המודל הכלכלי

(טבלה 3: ממצאי מחקרים נבחרים באשר לכימות עלויות של בניית משרדים ירוקים (המשך)				
שם מחקר	שם חוקר	שנה	עלות	פירוט
Cost-benefit analysis of green buildings: An Israeli office buildings case study	Gabay et al.	2014	עלויות נוספות להסמכת בניין לירוק הן עד 10%. לפחות 75% מהן מיועדות לחיסכון באנרגיה	תרגום שם המחקר: ניתוח עלות-תועלת של מבנים ירוקים: חקר מקרה של בנייני משרדים ישראלים
The Price of Innovation: An Analysis of the Marginal Cost of Green Buildings	Chegut, Eichholtz, and Kok	2015	ממוצע עלויות נוספות להסמכת בניין מסחרי לירוק — 6.5% (טווח רחב, לפי רמת הסמכה)	ממצאים חריגים בגובהם. המחקר מבוסס על נתונים מתקופה של 10 שנים וממדגם של 336 מבנים ירוקים בהשוואה ל-2,060 מבנים מסורתיים

כפי שעולה מהטבלה שלעיל, ומסקירות של נתוני עלויות בנייה ירוקה בישראל ובעולם בשנים האחרונות שבחנה המועצה הישראלית לבנייה ירוקה (2014), נראה כי בישראל עלות ההשקעה היא 1%–5% מהעלות הכוללת של הבנייה (כולל מבני משרדים, מגורים ומלונאות), והיא משתנה בהתאם לרמת ההסמכה של התקן. נתונים אלה תואמים את הנתונים שנמצאו בחו"ל, המציינים טווח של עד 10%, בעוד שעל פי רוב הפרמיה הירוקה להסמכה בסיסית היא מתחת ל-2% (המועצה הישראלית לבנייה ירוקה, 2015ב'). על אף אחוזה השקעה נמוכים אלה, נראה כי עדיין קיים פער תפיסתי בקרב קובעי מדיניות בישראל באשר לעלויות ההשקעה הנוספת בבנייה ירוקה, הנובע לרוב מחוסר מודעות. כדי להפיג את האי-ודאות הקיימת בשוק בישראל יזמה המועצה הישראלית לבנייה ירוקה סדרת מחקרים שמטרתם לבחון את עלויות הבנייה הירוקה ביחס לבנייה רגילה. יש לציין את המחקר הראשון בסדרה זו (קוט ונתניאן, 2014), משום שעסק בעלויות הנוספות ובתועלת הכלכלית הישירה של בנייה ירוקה במבני משרדים בישראל. מחקר זה משמש בסיס תיאורטי לכימות תועלת עקיפה של בנייה ירוקה בפרק המודל הכלכלי במחקר הנוכחי.

## 4.2 תועלת ישירה בזכות בנייה ירוקה

את הביטוי לעיקר התועלת הכלכלית הישירה במיזמים של בנייה ירוקה ניתן לראות בעלויות תפעול מופחתות באופן משמעותי בזכות צריכת אנרגיה מופחתת של המבנה. בבדיקה שנעשתה בארה"ב נמצא כי בניינים ירוקים שהוסמכו על פי תקן ה-LEED חסכוניים באנרגיה בשיעור של 25%–30% בהשוואה לבניינים מסורתיים. בבדיקה דומה שנערכה בניו זילנד מצאה שיעור חיסכון גבוה יותר, הנע בטווח בין 35%–50%. עוד נמצא כי ככל שרמת ההסמכה גבוהה יותר, כך גם שיעור

החיסכון באנרגיה גבוה יותר (World Green Building Council, 2013). תועלת ישירה נוספת כוללת חיסכון במים, הפחתה בכמות פסולת הבניין ועודפי העפר ועוד.

ההנחה המקובלת על המועצה הישראלית לבנייה ירוקה היא כי 90% מהחיסכון הישיר מקורו בחיסכון בחשמל ו-10% מקורו בחיסכון במים (קוט וכ"ץ, 2013). כמו כן, הערכה (Kats, 2003) לגבי שיעור ההיוון הנוכחי במבנים מוסמכי LEED לפי חיסכון בעלויות תפעוליות בלבד, מראה כי בנייה ירוקה מעלה ערך מבנה ב-11–13 דולר לרגל רבוע (sq ft, כ-435–051 ₪ למ"ר).

## 5. תועלת עקיפה בזכות בנייה ירוקה – בריאות ותפוקה בקרב המשתמשים במבנה הירוק

מחקרים רבים, שבוצעו בעיקר בארה"ב, מצביעים כי עיקר הכדאיות הכלכלית הגלומה באימוץ בנייה ירוקה טמון דווקא בתועלת העקיפה למשתמשים במבנה, כלומר בהשפעות המיטיבות על בריאותם ועל פריונם של המשתמשים המבנים הירוקים. תחום זה טרם נחקר באופן משמעותי במבנים בישראל. עיקר התועלת היא עלייה ביכולת התפקוד במטלות משרדיות, ירידה במספר ימי המחלה ובתחלופת העובדים ועלייה ברווחה, בנוחות ובשביעות הרצון הכללית מתנאי סביבת המבנה. במחקר זה ההנחה היא כי המונח "תפוקה" – בין אם ארגונית או אישית – מורכב מכלל מרכיבים אלה. עיקר הסיבות להגדלת תפוקה, בריאות ורווחה כללית של המשתמשים במבנה הירוק הן איכות סביבה פנים-מבנית טובה, ובאופן ספציפי שיפור איכות האוויר הפנימי ושפע תאורה טבעית בפנים החלל. סיבה נוספת אך נפוצה פחות היא יכולת השליטה של העובדים במערכות החשמל (תאורה, קירור/חימום) מעמדות העבודה האישיות. יש לציין, כי קיימים סוגים רבים של תועלת עקיפה שניתן לייחס לבנייה ירוקה, המשפיעים על כלל המשק, ושאינם מפורטים במחקר זה, וחלק מהם טרם כומתו במחקרים. הנה כמה סוגי תועלת כאלה לדוגמה: תועלת עסקית: גיוס עובדים חדשים בקלות רבה יותר וזמן שיווק מקוצר יותר למבנה (בשל תנאי הדיור המשופרים), צמצום החשש מסכסוכי עבודה בעת המעבר למבנה החדש (למשל הפחתת העיכוב במעבר או חיסכון בפיצויים לעובדים שנקבעים כפתרונות למצבי משבר), שיפור בשביעות רצון הלקוחות של חברות הממוקמות במבנים ירוקים, שיפור בתדמית החברות המחויבות לבנייה ירוקה ועוד.

תועלת חברתית או סביבתית: הקטנת עלויות סביבתיות חיצוניות של זיהום אוויר ופליטת גזי חממה בעקבות חיסכון בחשמל ומים וכריית אגרגטים, הקטנת השקעה בתשתיות הפקה והולכה של חשמל ומים הודות לחיסכון בתשומות הללו, הקטנת פגיעה בשטחים פתוחים עקב צמצום תשתיות חשמל ומים, הגדלת החוסן והעצמאות האנרגטית של ישראל ועוד. היות שהחברה כולה נהנית מתועלת מסוג זה ולא רק המשתמשים במבנה, סביר שערכה הכלכלי יהיה גדול לאין שיעור מערך התועלת של המשתמשים במבנה.

על כן, ניתן לסכם כי החיסכון הישיר בצפוי בחשמל ובמים הוא רק חלק קטן מהחיסכון ומהתועלת הכלכלית הטמונים בבנייה ירוקה (קוט ונתניאן, 2014).

## 5.1. מדידת בריאות ותפוקה של המשתמשים במבנה הירוק

קיימות מספר אפשרויות לבחינת הבריאות והתפוקה של המשתמשים במבנה (ירוק ומסורתי כאחד) בעקבות גורמים אלה. להלן שלוש דרכים:

ראשית, ישנם מספר מדדים מקובלים לבחינת בריאות עובדים. המובן מאליו הוא מספר ימי היעדרות בעקבות מחלה. שני מדדים משלימים למדד זה הם ימי היעדרות שאינם עקב מחלה (Absenteeism) וימי הגעה למשרד על אף חולי (Presenteeism). להלן הרחבה על שני המונחים:

**Absenteeism** – נהוג להבחין בין ימי היעדרות מתוכננים ושאינם מתוכננים. Absenteeism היא תופעה של דפוס היעדרות, שלרוב אינה מתוכננת, מהעבודה, וזאת שלא בעקבות מחלה מסוימת. ניתן עם זאת, לייחס את כמה גורמים לתופעה זו, ובהם תסמונת הבניין החולה ושביעות רצון העובדים. תופעה זו גורמת נזקים כלכליים לא מבוטלים לארגונים ולמדינות, משבשת את פעילותו השוטפת של הארגון, יוצרת עומס על עובדים אחרים שנאלצים במידה מסוימת לעבוד באופן שיכסה על היעדר תרומת הנעדרים, וגוררת הוצאות כספיות לארגון באופן ישיר ועקיף.

**Presenteeism** – בשנים האחרונות מתייחסים לא רק להיעדרויות עובדים בגין מחלה, אלא גם למשמעות המזיקה של נוכחות עובדים הנמצאים בחוסר תפקוד בשל מחלה פיזית או נפשית. תופעה זו קשה יותר למעקב בניגוד להיעדרות עובדים. יש לציין כי מחקרים מראים שעלות מניעת תופעה זו זולה מעלות הטיפול בהשלכות – סיוע בתגמול ימי מחלה מהיום הראשון ודאגה לכוח עבודה משלים יעלו למדינה בסופו של דבר פחות מאשר המשך עידוד חולים לבוא לעבודה. מדד שלישי, מרכזי פחות, הוא הגעה למשרד באיחור באופן מגמתי (Tardiness). שלושת המדדים האלה ניתנים לבחינה ברמת הארגון או ברמת הפרט, וברמת הארגון ניתן לתרגם לערך כלכלי (Loftness et al., 2003).

דרך שנייה למדידת היקפי ההשלכות של בנייה ירוקה על הבריאות ותפוקת עובדים היא מדידה בביצוע המטלות עצמן. תפוקה מודדת היקף (כמה עבודה מתבצעת) ורמת יעילות (כמה זמן נדרש לביצוע העבודה). איכות העבודה גם חשובה, ובמקרים מסוימים ניתן לאמוד תוצאות מעקב, כגון טעויות, מספר פעולות לביצוע, ואם העבודה הושלמה בזמן. דרכים אחרות להערכת ביצוע מטלות כוללות אמצעים של משימות קוגניטיביות סטנדרטיות (זיכרון, תשומת לב, משימות מתמטיות וערנות) ומדידת איכויות, כגון מהירות הדפסה ועריכה, הבנת הנקרא, חשיבה יצירתית, נוכחות, קבלת החלטות ועוד (Heerwagen 2002; McGrawHill, 2012).

דרך שלישית למדידת היקפי ההשלכות של בנייה ירוקה על הבריאות והתפוקה של העובדים היא בחינת צמצום עלויות הטיפול בתסמונת הבניין החולה (עלות טיפול בתסמיני אסתמה ומחלות חורף, עלות ימי היעדרות מעבודה, צמצום עלויות ביטוח).

### 5.1.1. קושי במדידת תועלת עקיפה

כיום עדיין אין שיטה מוסכמת לחישוב כלל סוגי התועלת במבני תעסוקה ירוקים בגלל כמה סיבות. סיבה אחת היא הקושי לכמת השפעות כלכליות הקשורות במדדים איכותיים, כגון שביעות רצון המשתמשים במבנה, שיפור בבריאות ועלייה בתפוקה. מדידת איכות העבודה קשה יותר בענפי תעסוקה העוסקים בידע, מכיוון שתוצאות העבודה אינן ניתנות לבחינה בקלות או בזמן אמת. כמו כן, קשה להעריך כמה ענפי התעסוקה מושפעים מסביבת העבודה הפיזית לעומת גורמים חיצוניים או ניהול לקוי. יתר על כן, העלויות הכרוכות באיכות הסביבה ובאיכות האוויר הירודות – כגון היעדרות גבוהה

יותר ועלייה במחלות נשימתיות, באלרגיות ובאסתמה – קשות למדידה, ובדרך כלל הן "מוסתרות" בימי מחלה, בירידה בפריון, באבטלה ובעלויות רפואיות (Kats, 2003). סיבה שנייה היא שאין מסד נתונים רחב מספיק. מיעוט המחקרים והנתונים בעולם בכלל ובישראל בפרט, מקשה מהותית בכימות התועלת מאימוץ התקן. בישראל, כאמור, קיימים רק כמה עשרות מבני תעסוקה מוסמכי תקן בנייה ירוקה 5281, בהיקף של כחצי מיליון מ"ר בלבד. המחקרים מתבססים כיום על ניתוח תחזיות של עלויות עתידיות ולא על ניתוח נתונים מתועדים של עלויות עבר או עלויות נוכחיות. לכן, קיים בפועל קושי לאמת את הממצאים (Issa et al., 2011). יש לציין כי חסם זה מאפיין לא פעם כניסה של טכנולוגיות חדשות לשווקים ברחבי העולם, וניתן עדיין לקבל אינדיקציה גם ללא מסד נתונים רחב (World Green Building Council, 2013).

סיבה שלישית היא הקושי לבודד את התועלת. למרות התוצאות הרבות המיטיבות עם עליית ערך במבנה הירוק לעומת המסורתי, קיימות הטיות אפשריות, המקשות על ההשוואה בין השניים. דוגמאות: בניינים בעלי תקן ירוק הם מטבעם חדשים יותר, ומאחר שהם יוקרתיים ויקרים יותר, הם נבנים בדרך כלל במיקומים יוקרתיים ממילא. הדבר מעלה את הביקוש, ומכאן את מחיר השכירות והמכירה ואת ואחוזי התפוסה.

## 5.2. השפעת תועלת עקיפה על החזר ההשקעה בבנייה ירוקה

רוב המחקרים בנושא מצאו שבנייה ירוקה מחזירה את ההשקעה הנוספת תוך פרק זמן קצר יחסית של שנים בודדות, גם כאשר הניתוח מוגבל לתועלת הישירה – ההיבטים הפיזיים של הבניין בלבד. כך למשל, נמצא שמחצית מהבניינים הירוקים (משרדים ומגורים) מחזירים את ההשקעה הנוספת על ידי חיסכון ישיר באנרגיה ובמים תוך 5 שנים, אך אם מפנימים גם את התועלת משיפורים בבריאות ובתפוקת העובדים, אזי 90% מהבניינים מחזירים את ההשקעה בתקופה זו (Kats et al., 2008). הרכיבים העקיפים האלה יכולים להוות עד 77% מהערך הכלכלי הנוסף של בנייה ירוקה בהשוואה לבנייה מסורתית (כתלות ברמת ההסמכה של תקן LEED) (המועצה הישראלית לבנייה ירוקה, 2015 א'). ברוב ממצאי המחקרים עולה כי שיעור התשואה על ההשקעה במבנה משרדים נובע בעיקר מעלייה בפריון העבודה (כ-60%) ובחיסכון בחשמל (כ-40%) (Gabay et al., 2014).

### 5.2.1. השפעת התועלת על מחירי שכירות וקנייה של מבני תעסוקה ירוקים

כמה מחקרים ניסו לבדוק מהי הפרמיה, אם קיימת, שמשלמים שוכרים או קונים של בנייני משרדים ירוקים לעומת בניינים מסורתיים. יש לציין כי סקירת הספרות מראה כי באשר למחירי שכירות, במספר מצומצם יחסית של מחקרים נבדקו ההבדלים בין בניינים ירוקים לעומת מסורתיים. בטבלה 4 שלהלן ניתן לראות ממצאים ממספר מחקרים לגבי מחירי המכירה וההשכרה.



טבלה 4: ממצאי מחקרים באשר למחירי השכרה ומכירה של משרדים ירוקים				
שם מחקר	שם חוקר	שנה	עלייה במחירי השכרה ומכירה	פירוט
<p><b>Doing Well By Doing Good?</b></p> <p><b>The Economics of Green Buildings</b></p>	Eichholtz, Kok, and Quigley	2009, 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ דמי השכירות במבנה ירוק גבוהים ב-2%—6% ממבנה מסורתי. דמי השכירות האפקטיביים<sup>12</sup> גבוהים יותר במבנים ירוקים בכ-6.3%, בממוצע</li> <li>▪ מחיר המכירה של מבנים ירוקים גבוה ב-11%—16% מזה של מבנים מסורתיים</li> </ul>	שני מחקרים שבדקו בכלים אקונומטריים כ-21,000 בנייני משרדים שמושכרים, ו-6,000 בנייני משרדים שנמכרו בתקופה 2007—2009 בארה"ב.
<p><b>The Value of Green Buildings</b></p>	Chegut, Eichholtz, and Kok	2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ דמי השכירות במבנה ירוק גבוהים ב-21% מזה של מבנה מסורתי.</li> <li>▪ מחיר המכירה של מבנים ירוקים גבוה ב-26% מזה של מבנים מסורתיים</li> </ul>	מחקר שבדק מבני משרדים מוסמכי BREEAM בבריטניה בתקופה 2000—2009.
<p><b>כדאיות כלכלית של בנייה ירוקה: בחינת עלויות ותועלת בבנייה ירוקה</b></p>	ליאור	2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ עלות ההשכרה גבוהה יותר בממוצע של 11.24 דולר לרגל רבוע (sq ft)</li> <li>▪ אחוז השטחים המושכרים גבוה ב-3.8%</li> <li>▪ מחירי המכירה גבוהים ב-171 דולר לרגל רבוע</li> </ul>	על פי סקר שנערך באפריל 2008 בקרב 1,300 בניינים בעלי תקן LEED. שני דו"חות עיקריים שהמחקר מתבסס עליהם הם מחקריו של Langdon מהשנים 2004 ו-2007.

מקור: מרכז מילקן לחדשנות, 2018.

אף על פי שקשה לשייך כדאיות כלכלית זו לתועלת עקיפה בלבד, או לקבוע אם המחירים מגלמים את התועלת כראוי, הממצאים העולים בין היתר בטבלה מביאים למסקנה חד-משמעית: מבנים ירוקים כדאיים יותר מבניינים מסורתיים. יש לציין את מחקרם של בן-שחר, ארבל וורסנו (2017), שאומנם עסק במבני מגורים ולא בתעסוקה, אך הוצג בו אומדן למוכנות לשלם עבור יחידות של דיור ירוק בקרב הצרכן בשוק הישראלי. ממצאי המחקר עולה שממוצע משך הזמן הצפוי עד למכירה של יחידות דיור במבנים הירוקים קצר באופן מובהק מזה שבמבנים המסורתיים – 4–13 חודשים, פער ששקול

<sup>12</sup> דמי השכירות האפקטיביים מחושבים כמכפלת דמי השכירות באחוז התפוסה.

לפרמיה ירוקה עקיפה בשיעור של 1.8% – 5.3%. כאשר מביאים בחשבון הן את המחיר הן את משך הזמן עד למכירה, אנו אומדים פרמיית מחיר ירוקה כוללת של 5.3% – 6.3%.

### 5.3 מחקרי כימות תועלת עקיפה של הקמת מבני תעסוקה ירוקים

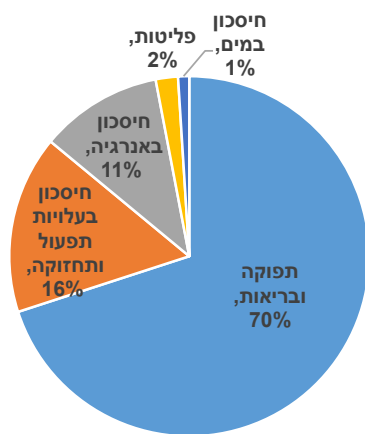
לפי עשרות מחקרים שנעשו ברחבי העולם, ערכה הכלכלי של הפעילות העסקית גדול בהרבה מעלויות הבנייה, התפעול והתחזוקה. כך גם לגבי התועלת – המועצה לעסקים ירוקים בארה"ב דיווחה שעלויות עובדים הן 90% מהממוצע השנתי של הוצאות החברה, ומכאן החשיבות הכלכלית לבריאותו ולתפוקתו של עובד (קוט וכ"ץ, 2013).

אחד המחקרים המוקדמים והמצוטטים ביותר המתייחס לעלויות ולתועלת של בנייה ירוקה, הוא מחקר מקיף בשם Green Building Costs and Financial Benefits תחת ניהולו של Gregory Kats. במחקר, שבוצע בקליפורניה בשנת 2003, נסקרו 33 מבנים ירוקים, ובין היתר גם הוערכו תועלת בריאותית ושיפור בתפוקה האישית הנגרמים בזכות בנייה ירוקה.

לפי ממצאי המחקר, התועלת הבריאותית מבנייה ירוקה משקפת הגדלת תפוקה של כ-1% – 1.5% לכל הפחות (אחוז בודד שווה ל-40 מיליארד דולר בשנה בארה"ב). בהינתן שטח ממוצע של 225 רגל רבוע לעובד במבנה (כ-21 מ"ר), מדובר על תועלת בהיקף של כ-3–5 דולר לרגל רבוע לשנה (125–190 ש"ל למ"ר לשנה). המחקר מעריך כי במבנים שהוסמכו באמצעות LEED בשתי רמות ההסמכה הבסיסיות (מוסמך וכסף), עלייה של 1% בתפוקה של עובד (שווה ל-5 דקות עבודה ביום) מתורגמת לתוספת של 665 דולר לעובד בשנה. רמות ההסמכה המחמירות (זהב ופלטינה) מביאות לעלייה של 1.5% (מעל 7 דקות עבודה ביום), המתורגמת לתוספת של 1,000 דולר לעובד בשנה. בחישוב ערך נקי נוכחי (Net Present Value – NPV) ל-20 שנים, התועלת מגולמת לשער היוון של 36.89 דולר לרגל רבוע עבור ההסמכות הבסיסיות, ו-55.33 דולר עבור ההסמכות המחמירות (ביחידות המותאמות לשוק הישראלי: 1,475 ו-2,215 ש"ל למ"ר לשנה בהתאמה). מכיוון שאיכותם של מבני המשרדים בישראל אינה גבוהה מאיכותם של מבני המשרדים בארה"ב, ובייחוד בקליפורניה, ניתן להניח כי אימוץ בנייה ירוקה בישראל יביא לעלייה דומה (אם לא גבוהה יותר) בפרייון העובדים גם בארץ (ישראל, 2011). כמו כן, שער היוון זה מכוון למבנים שאינם בבעלות היזם – מקרה נפוץ בישראל, שמעלה את ערך ההיוון באופן משמעותי.

מחקר אחר (Kats, 2003) מעלה גם כי חלק הארי בהוצאות מדינת קליפורניה על מבני משרדים מיוחס לעובדים, ואילו האנרגיה היא רק 1% מסך ההוצאות. כמו כן, ההוצאה על כוח אדם גבוהה פי 10.25 מההוצאה על השטח הדרוש לעובד. מכאן, שהעלאת הפרייון באחוז בודד שווה ערך לצמצום הוצאות הקשורות למבנה ב-10%. התרשים שמוצג באיור שלהלן משקף את התפלגות התועלת הכלכלית של הבנייה הירוקה לפי המחקר במבנים שקיבלו תו תקן מוסמך וכסף.

**איור 2: התפלגות אחוזי התועלת הכלכלית במבנה מוסמך LEED**



מקור: Kats, 2003.

יש לציין כי במסגרת סקירת הספרות במחקר זה לא נמצאו מחקרים שעסקו בבחינת הקשר בין עקרונות הבנייה הירוקה לבין הבריאות והתפוקה של המשתמשים במבנים בישראל, או שהתבססו על נתונים מהשוק הישראלי. למעשה, לא נמצאו כלל מחקרים שנעשו בישראל הבוחנים את הקשר בין בריאות, רווחה ופריור לבין סביבת העבודה, למעט מספר סקירות ספרות, הסוקרות מחקרים מחו"ל. סקירת ספרות אחת כזו נעשתה על ידי המועצה הישראלית לבנייה ירוקה (2015א'), וממצאיה מוצגים בהמשך.

באיור 3 מוצג תרשים סיכום הקשר בין מבנה תעסוקה ירוק לתועלת כלכלית למשתמש במבנה, כפי שנמצא במחקר זה.

**איור 3: הליך ייצור תועלת כלכלית בעקבות בנייה ירוקה**



מקור: מרכז מילקן לחדשנות, 2018.

### 5.3.1 ממצאים נבחרים ממחקרים על תועלת עקיפה בבנייה ירוקה

הטבלה שלהלן מציגה ממצאי מחקרים נבחרים באשר לתועלת הנובעת משיפור בבריאות, ברווחה או בתפוקת העובדים במשרדים ירוקים. הטבלה מפרטת את אומדן התועלת בכל מחקר. יש לציין כי מדובר במחקרים ובממצאים נבחרים בלבד, וכי טבלה מפורטת יותר מצורפת לנספח של מחקר זה.

טבלה 5: ממצאי מחקרים נבחרים המכמתים תועלת בעקבות בניית משרדים ירוקים				
שם המחקר	שם החוקר	שנה	תועלת (% שיפור בתפוקה או ירידה בימי מחלה)	פירוט
Health and Productivity Gains from Better Indoor Environments	Fisk	2000	שיפור איכות הסביבה הפנים-מבנית בארה"ב הביא לרווח שנתי של 43- 235 מיליארד דולר עקב עלייה ביעילות העובדים והחיסכון בהוצאות בריאות	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 7-16 מיליארד דולר בשל ירידה בשיעורן של מחלות נשימתיות.</li> <li>▪ 1-5 מיליארד דולר בשל ירידה בשיעור תגובות אלרגיות ואסתמה</li> <li>▪ 10-35 מיליארד דולר בשל ירידה בתסמונת הבניין החולה</li> <li>▪ 25-180 מיליארד דולר בשל שיפור ישיר בתפקוד העובד ללא קשר לתחום הבריאות. לפי ההערכה הנמוכה של 25 מיליארד דולר, מדובר ב-385 דולר לכל אחד מ-65 מיליון העובדים במשרדים בארה"ב. בהינתן שטח ממוצע של 225 רגל רבוע לעובד (כ-21 מ"ר), מדובר על תועלת בהיקף של כ-1.45 דולר לרגל רבוע לשנה</li> </ul>

## טבלה 5: ממצאי מחקרים נבחרים המכמתים תועלת בעקבות בניית משרדים ירוקים (המשך)

שם המחקר	שם החוקר	שנה	תועלת (% שיפור בתפוקה או ירידה בימי מחלה)	פירוט
Linking Energy to Health and Productivity in the Built Environment	Loftness	2003	עלייה בתפוקה לפי סקירת מחקרים: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ עד 3% בזכות בקרת טמפרטורה אישית, לפי 8 מחקרים</li> <li>▪ עד 11% בזכות אוורור, לפי 15 מחקרים</li> <li>▪ עד 23% בזכות שליטה בתאורה, לפי 12 מחקרים</li> <li>▪ עד 18% בזכות תאורת יום, לפי 13 מחקרים</li> </ul>	סקירה מקיפה, הכוללת 1,000 תקצירי מאמרים, 100 מאמרים ו-140 חקרי מקרה, שערך מרכז המחקר לביצועי מבנים באוניברסיטת קרנגי מלון (או CBPD – The Center for Building Performance and Diagnostics)
The Costs and Financial Benefits of Green Buildings	Kats	2003	עלייה כוללת של בין 0.5% ל-34% בתפוקה. עיקר העלייה בתפוקה מיוחסת לשליטה בתאורה, לאוורור ולאקלום	פירוט העלייה בתפוקה לפי אחוזים וייחוס של המרכיב בסביבה פנים-מבנית: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 7.1% לבקרת תאורה</li> <li>▪ 1.8% לבקרת אוורור</li> <li>▪ 1.2% לשליטה תרמית</li> <li>▪ 2%-6% לאור טבעי</li> <li>▪ 1%-1.5% לפחות מתועלת בריאותית</li> <li>▪ 2%-20% בביצוע מטלות. כמו כן, שיעורי חיסכון (תועלת ישירה) ברמות ההסמכה השונות של LEED:  <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 17% ברמת מוסמך</li> <li>▪ 30% ברמת כסף</li> <li>▪ 36% ברמת זהב</li> </ul> </li> </ul>

## טבלה 5: ממצאי מחקרים נבחרים המכמתים תועלת בעקבות בניית משרדים ירוקים (המשך)

שם המחקר	שם החוקר	שנה	תועלת (% שיפור בתפוקה או ירידה בימי מחלה)	פירוט
הטמעת עקרונות לבנייה ירוקה ולתכנון בר-קיימא במרכזי הדיור הממשלתי	פארטו הנדסה (ברמן ואחרים)	2008	שיפור בתפוקת עובדים כללית בין 6%–10% ברוב המוחלט של המיזמים שנחקרו. מתוך רצון להימנע מהערכת יתר, הניחו שיפור מינורי של 3%	מחקר עבור מנהל נכסי הדיור הממשלתי כמו כן, חישוב תזרים התועלת הישירה מצא שיעור תשואה פנימי (IRR) של 63% לשנה, ערך נקי נוכחי (NPV) של 369,000 שם ותקופת החזר על ההשקעה הנוספת של 1.7 שנים בלבד
Green Buildings and Productivity	Miller et al.	2009	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ירידה של 2.88 ימי מחלה בשנה (מתוך 250 ימי עבודה)</li> <li>▪ עלייה בפריזון בשווי של 1,228 דולר בשנה</li> </ul>	מחקר על 154 מבני משרדים ירוקים המשמשים מעל 2,000 עובדים
כדאיות כלכלית של בנייה ירוקה: בחינת עלויות ותועלות בבנייה ירוקה במיזמים שהוסמכו לפי LEED	ליאור	2011	<p>13.5%–87% – רמת ההשפעה החיובית של מבנה ירוק על תחושת הבריאות והרווחה</p> <p>כדאיות ההשקעה: פרמיה ירוקה של 2% בממוצע היא בעלת החזר של פי 4 ברמת המבנה הבודד ועד פי 20 ברמה מערכתית</p>	ההשפעה נמדדת בתפוקתם של המשתמשים במבנה (מהירות הדפסה ועריכה, הבנת נקרא, חשיבה יצירתית, נוכחות) לצד צמצום עלויות טיפול בתסמונת הבניין החולה (עלות טיפול בתסמיני אסתמה ומחלות חורף, עלות ימי היעדרות מעבודה, צמצום עלויות ביטוח)

טבלה 5: ממצאי מחקרים נבחרים המכמתים תועלת בעקבות בניית משרדים ירוקים (המשך)				
שם המחקר	שם החוקר	שנה	תועלת (% שיפור בתפוקה או ירידה בימי מחלה)	פירוט
Changes in Productivity and Wellbeing from Working in a Green Building	Thatcher and Milner	2012	הגדלת תפוקה ב-15%, צמצום היעדרות ושיפור רמת שביעות רצון של המשתמשים במבנה	סקירת עשרות מחקרים, בהם: הגדלת תפוקה (למשל: Romm, 1994; Heerwagen, 2002) ושביעות רצון (למשל: Sustainability Victoria, 2011)
How to Measure the ROI of LEED	Studney	2012	עלייה כוללת של 5% בתפוקת העובדים	פירוט לפי אחוזים וייחוס של המרכיב בסביבה פנים-מבנית: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 18% בזכות תאורת יום (נוסף על 13% בתפקוד מנטלי ובזיכרון)</li> <li>▪ 1%-9% בזכות אוורור מוגבר</li> <li>▪ 3%-11% בזכות שליטה אישית בבקרה תרמית</li> </ul> המחקר מציין כי עלות מחלות הקשורות במבנים היא 60 מיליארד דולר בשנה
The Business Case for Green Building	World Green Building Council	2013	פירוט עלייה בתפוקת עובדים כללית: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 18% בזכות תאורת יום טבעית</li> <li>▪ 23% בזכות שליטה בתאורה</li> <li>▪ 11% בזכות אוורור</li> <li>▪ 3% בזכות בקרת שליטה אישית בטמפרטורה</li> <li>▪ הפחתת תסמונת הבניין החולה בטווח שבין 70%-85%</li> </ul>	כמו כן, תועלת ישירה בזכות בנייה ירוקה: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ מחיר מכירה עד 30% יותר למבנה ירוק על פני מסורתי</li> <li>▪ שכר דירה גבוה בעד 25% יותר.</li> <li>▪ שיעור תפוסה של עד 23.1% יותר</li> <li>▪ חיסכון בעלויות אנרגיה של 25%-30% בארה"ב ו-35%-50% בניו זילנד</li> <li>▪ חיסכון מייעול השימוש באנרגיה מובהק פחות במבנים קיימים שהוסבו לירוק, אך עדיין משמעותי. יש לציין כי רמות גבוהות יותר של הסמכה מביאות לאחוזים גבוהים יותר מהמצוין בכל היבט</li> </ul>

## טבלה 5: ממצאי מחקרים נבחרים המכמתים תועלת בעקבות בניית משרדים ירוקים (המשך)

שם המחקר	שם החוקר	שנה	תועלת (% שיפור בתפוקה או ירידה בימי מחלה)	פירוט
Health, Wellbeing and Productivity in Offices	World Green Building Council	2014	פירוט עלייה בתפוקת עובדים כללית: <ul style="list-style-type: none"> <li>101% בזכות אוורור</li> <li>5% בזכות בקרת שליטה אישית בטמפרטורה</li> <li>עלייה ב-46 דקות שינה בלילה לעובדים במשרדים עם תאורת יום טבעית</li> <li>7%-12% בזכות קשר אל החוץ</li> <li>ירידה בתפוקה של 66% עקב רעשים מטרידים</li> </ul>	מחקר המשך ל-The Business Case for Green Building. הדו"ח סקר עשרות מחקרים שבחנו היבטים שונים של איכות סביבה פנים-מבנית והקשר שלה למידת הבריאות והתפוקה של העובדים פירוט עלויות קיימות שבנייה ירוקה יכולה לצמצם משמעותית: <ul style="list-style-type: none"> <li>בארה"ב, שיעור היעדרות של 3% לעובד במגזר הפרטי ו-4% בציבורי. עלות למעסיקים: 2,074 ו-2,502 דולר לעובד לשנה בהתאמה</li> <li>בבריטניה, בריאות נפשית ירודה עולה למעסיקים 30 מיליארד ליש"ט בשנה בעקבות אובדן ייצור וגיוס וימי היעדרות</li> <li>באוסטרליה, עלות לעסקים בשל מצב בריאותי והיעדרות – 7 מיליארד דולר בשנה. עלות Presenteeism – 26 מיליארד דולר בשנה</li> </ul>
Cost-Benefit Analysis of Green Buildings: An Israeli Office Buildings Case Study	Gabay et al.	2014	עלייה בתפוקה בטווח שבין 2% ל-20%	במחקר הונח גידול צנוע של 3%. אפילו בהנחה שמרנית זו, העלייה בפיריון עדיין תרמה ליותר מ-50% מהיתרונות הכלכליים של הבנייה הירוקה



## טבלה 5: ממצאי מחקרים נבחרים המכמתים תועלת בעקבות בניית משרדים ירוקים (המשך)

שם המחקר	שם החוקר	שנה	תועלת (% שיפור בתפוקה או ירידה בימי מחלה)	פירוט
בחינת ההשפעה של בנייה ירוקה על הבריאות והתפוקה של משתמשים במבנה	המועצה הישראלית לבנייה ירוקה	2015 א'	שיפור בתפוקה של עד 39 שעות לעובד בשנה (לפי Singh et al., 2010)	תועלת זו היא דוגמה אחת העולה מסקירת מחקרים רבים, המופיעים בטבלה שבנספח
Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers	Allen et al.	2016	השפעת אוורור מוגבר על תפוקה: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ רמות גבוהות פי 2 בתפקוד קוגניטיבי</li> <li>▪ 26% יותר במבחני תפקוד קוגניטיבי</li> <li>▪ 30% פחות סימפטומים של תסמונת בניין חולה</li> </ul>	הערכה כי עלות הכפלת שיעור האוורור היא עד 40 דולר לאדם בשנה, והיא מביאה לתפוקה של 6,000–7,000 דולר לאדם בשנה  הרחבה על מחקר זה מופיעה בנספח
סקר שביעות רצון לחברת Autodesk	אלפא פרויקטים ירוקים <sup>13</sup>	2016	שביעות רצון גבוהה בקרב 95% מהעובדים. 76% מהעובדים העידו כי יש השפעה חיובית על בריאות ושביעות רצון כללית	סקר שביעות רצון לחברת Autodesk לאחר מעבר למשרד מוסמך LEED פלטינה בבניין רוטשילד 22 בתל-אביב. יש לציין כי רק קומות החברה הזו הן ירוקות, וכי יתר המבנה אינו מוסמך לבנייה ירוקה

<sup>13</sup> ריאיון עם חן שליטא, 2017.

טבלה 5: ממצאי מחקרים נבחרים המכמתים תועלת בעקבות בניית משרדים ירוקים (המשך)				
שם המחקר	שם החוקר	שנה	תועלת (% שיפור בתפוקה או ירידה בימי מחלה)	פירוט
Energy Savings, Emission Reductions, and Health co-Benefits of Green Building	MacNaughton et al.	2018	תועלת בנייה ירוקה על אוכלוסיית ארה"ב: הימנעות מ-172–405 מקרי מוות בטרם עת, 171 ימי אשפוז, 11,000 מקרי אסתמה, 54,000 תסמיני מחלות נשימתיות ו-21,000 ימי עבודה	בחינת תועלת של מבנים ירוקים במשך 16 שנים בשש מדינות: ארה"ב, סין, הודו, ברזיל, גרמניה וטורקיה. במדינות המתפתחות, התועלת הרפואית גדולה יותר מפי 10 מתועלת החיסכון באנרגיה
סקר שביעות רצון במגדל אמות אטריום	אלפא פרויקטים ירוקים <sup>14</sup>	2018	שביעות רצון של גבוהה בקרב 87% מהעובדים	סקר שביעות רצון כשלוש שנים לאחר הקמת המבנה. הסקר עדיין בהליכי ביצוע
אמידת השפעת בנייה ירוקה על שביעות רצון העובדים מסביבת העבודה הפיזית	קול	2018	שביעות רצון גבוהה ב-21% במשרד ירוק לעומת רגיל	מסד הנתונים של מחקר זה מבוסס על "סקר עמדות עובדים" של הלמ"ס. נבחנו 675 עובדים ב-11 בניינים שונים (5 ירוקים ו-6 מסורתיים) מתוך הסקר המלא, שמילאו מעל 40 אלף עובדי מדינה

### 5.3.2 שיטות המחקר השונות

המחקרים הרבים נבדלים בין שיטות המחקר שלהם. כמה מהם חישבו את היתרונות הבריאותיים התיאורטיים בעקבות בנייה ירוקה באמצעות הערכת אחוז ההפחתה בתסמינים בריאותיים שליליים והכפלתו בגודלה של האוכלוסייה הפגועה, לקבלת מספר מקרים בריאותיים בשנה. לאחר מכן, נעשו הערכות כלכליות למקרים הרפואיים באמצעות הכפלת אחוז ההפחתות בהוצאות השנתיות על בריאות. עלויות מחלות נשימתיות, אלרגיות ואסתמה התבססו על אומדנים, הכוללים עלויות טיפול ישירות ועקיפות (כגון עבודה שאבדה).

הערכת התסמינים השונים של תסמונת הבניין החולה הייתה קשה יותר, משום שעצם ההגדרה לתסמונת אינה ברורה, וכוללת תסמינים רבים. כמה מחקרים גם שילבו סקר שביעות רצון שעובדים מילאו באופן עצמאי לפני אכלוס מבנה ירוק קיים, במהלכו או לאחריו.

<sup>14</sup> ש.ם.

באופן כללי, ישנם שני זרמים נרחבים של מחקר על מדידת תועלת בריאות, רווחה ותפוקה – מחקרים מבוססי מעבדה ומחקרים מבוססי משרד. ככל שהתפתח חקר הנושא בשנים האחרונות, נעשה אגור (סינרגיה) ביניהם ונוצר זרם שלישי, המשלב בין השניים.

מחקרים מבוססי מעבדה: יתרון מובהק שלהם הוא זיהוי קשרים סיבתיים ישירים בין תכונות בנייה לביצועים אנושיים, עקב יכולת להתמקד בהשפעה של גורם אחד.

מחקרים מבוססי משרד: קרובים יותר למציאות, אך יש קושי בבידוד של גורמים סיבתיים. מחקרים על אותם עובדים לפני העבודה במבנה הירוק ואחריה הם כנראה השימושיים ביותר. עם זאת, רק במעקב על פני תקופה ארוכה ניתן להוכיח ששיפורים בפרייון אינם תוצאה של גורם חדש שעשוי לדעוך.

המעבדה פוגשת את המשרד: אחת ההתפתחויות האחרונות בתחום היא טכנולוגיה ניידת לבישה. כך, ניתן למדוד ולנטר את התנאים הפיזיים ואת ההשפעות האנושיות בזמן אמת, ולקבל אומדן משמעותי לבריאות, לרווחה ולתפוקה במקום העבודה (World Green Building Council, 2014).

### 5.3.3 דיון על השלכות הממצאים

ממצאי המחקרים שימשו במחקר זה באמצעות שיטת השלכת תועלת. השיטה מניחה כי אחוזי השיפור בסוגי התועלת השונים שנצפו במחקרים, דומים למה שמצופה למצוא בישראל. כאמור, המחקרים נבדלים ביניהם בנושאי המחקר, בהיקפים ובשיטות המחקר, ולכן קשה להעריך אחוזים מדויקים של תועלת עקיפה בעקבות בנייה ירוקה. עם זאת, ניתן להעריך כי מדובר לכל הפחות בעלייה בתפוקה של מספר אחוזים בודדים בעקבות הסמכה בסיסית, בעיקר בזכות שיפור באיכות האוויר ובתאורה הפנים-מבניות. כפי שעלה בסקירת המחקרים, ניתן להסיק כי ככל שרמת ההסמכה מחמירה יותר, כך עולה רמת השיפור בתפוקה (וכך גם עלות ההשקעה הראשונית).

## 6. מודל כלכלי

המודל הכלכלי שואף לכמת את ההשפעה לחיוב של מבני תעסוקה ירוקים בישראל על השוהים במבנה, ומתמקד בעיקר בהגברת תפוקה אישית וארגונית, ובהקטנת תחלואה וימי היעדרות.

**שיטה:** לאחר כימות התועלת מול עלויות, אפשר להעריך בעזרת המודל את החזר ההשקעה הראשונית. קיימות מספר שיטות לחישוב זה, והשיטה במודל היא העברת תועלת (Benefit Transfer). בשיטה זו מנסים להעריך את תועלת התפוקה והבריאות באמצעות התבססות על מחקרים קודמים, שנסקרו בסקירת הספרות. באמצעות העברת התועלת למקרה הישראלי ניתן לשער את שיעור ההיוון הנוכחי (NPV) במבנה תעסוקה ירוק תיאורטי ואת החזר ההשקעה.

**שלבים:** שלבי המודל מחולקים לשני קני מידה כלכליים – מיקרו ומקרו. ראשית, המודל מתבסס בקנה מידה מיקרו כלכלי ברמת המבנה הבודד. בשלב השני הממצאים מושלכים לקנה מידה מקרו כלכלי לרמת המשק הישראלי כולו. עקב השוני בקני המידה השלב הראשון מתמקד בתפוקתו האישית של העובד, והשלב השני מתמקד בפרייון העבודה של כלל המשק. על כן, ההבחנה בין המונחים "תפוקה" (employee productivity, output) ל"פרייון" (workforce productivity).

## 6.1. מיקרו כלכלה – כדאיות ברמת המבנה הבודד

בחלק זה מבוצעת הערכה ריאלי של סך התמורות להקמת מבנה משרדים ירוק. חלק זה מתבסס על מחקר משנת 2014 של קוט ונתניאן (מעתה: מחקר הייחוס), שהשווה כלכלית בין בניין משרדים מסורתי תיאורטי, המשקף סטנדרט בנייה של בנייני משרדים בישראל, לבין אותו בניין תיאורטי בעל אלמנטים ירוקים שיסמיכו אותו בכוכב אחד של תקן 5281. בחינת החיסכון הצפוי בחשמל ובמים בבניין הירוק מאפשרת ניתוח של הכדאיות הכלכלית של בנייה ירוקה, כמו גם ניתוח זמן החזר של ההשקעה. התוספת של מחקר זה למחקר הייחוס היא בחישוב ערך כלכלי לתפוקת העובדים שתעלה בזכות הבנייה הירוקה במבנה.

**תיאור הבניין:** בניין המשרדים הוא בצורת קובייה בת 20 קומות, 18 מתוכן משמשות למשרדים, וישנה קומת קרקע כפולה וקומת מערכות טכניות על הגג. סך שטחו 18,900 מ"ר ברוטו לשימוש העובדים. בבניין המסורתי יושמו מאפיינים המייצגים את המצב הקיים (Common Practice) בתכנון מבני משרדים מסורתיים באופן הרחב ביותר.

**חיסכון ישיר:** כפי שעולה במחקר הייחוס, סך כל החיסכון השנתי בחשמל ובמים נאמד בכ-305,000 ₪ לשנה. כך, ההשקעה הנוספת הכוללת בבניין הירוק תחזיר את עצמה בתוך 4–5 שנים בלבד, עם תשואה שנתית ממוצעת (לתקופה של 10 שנים) של 18%–24%.

### 6.1.1. חישוב תועלת עקיפה אצל המשתמשים במבנה

כדי לבצע חישוב של התועלת העקיפה העולה במבנה הנבדק במחקר הייחוס, יש לבנות משוואה המורכבת ממשנתה מוסבר וממשתנים מסבירים כפי שעולים במחקר. להלן משוואת מרכיבי תפוקת עובדים כפי שנמצא במחקר זה:

**משוואה 1: מרכיבי השיפור בתפוקת עובדים**

$$P = O + S + W + U$$

המשנתה המוסבר הוא אחוזי השיפור בתפוקת העובדים הכללית בהשוואה לתפוקתם במבנה מסורתי (P - productivity). משנתה זה תלוי בכמה משתנים מסבירים: אחוז השיפור בביצוע מטלות (O - output), אחוזי ירידה בימי תחלואה (S - sickness) ושביעות רצון כללית או רווחה (W - wellbeing). משנתה המייצג את כל יתר המשתנים שעשויים להסביר ואינם מצוינים הוא U (unknown). לכל משנתה מסביר משקל יחסי שונה במודל – משקל משנתה ביצוע המטלות הוא 0.7, ומשקל כל אחד מיתר המשתנים הוא 0.1, והם משלימים ל-1.

כמו כן, באשר לחישוב תפוקה, רמת התפוקה של העובד היחיד או הארגון מחושבת לפי כמות המטלות שהעובדים מבצעים על פני זמן מוגדר. צורת חישוב עיקרית לביטוי תפוקה ברמת מיקרו במודל היא לפי הפירון המשקי כפי שמפורסם בלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (למ"ס). לגבי ענפים שלא מפורסמים הפירון שלהם, דוגמת המנהל הציבורי, ניתן לבצע הערכה כנגזרת של שכר, בהנחה כי התפוקה הממוצעת לעובד כנגזרת מתוך שכרו עשויה לשמש מדד מציאותי ליעילותו. במודל מניחים כמה הנחות המתבססות על תוצאות ניסויים ומחקרים אמפיריים שנעשו בישראל ובעולם, והוצגו בסקירת הספרות. כמו כן, מובאים בחשבון גם נתונים על המשק המקומי.

להלן הנחות המודל (השמרניות) לחישוב תועלת ברמת מיקרו, על בסיס מחקרים:

- עלות ההשקעה הנוספת בבניית משרד ירוק ביחס לבנייה מסורתית היא 1.06% – 1.3% מעלות המיזם, או 48–58 ₪ למ"ר (קוט ונתניאן, 2014).
  - בנייה ירוקה מביאה לירידה במספר ימי המחלה ב-10% (1% עלייה בתפוקה כללית).
  - בנייה ירוקה מביאה לעלייה בשביעות הרצון ב-10% (1% עלייה בתפוקה כללית).
  - בנייה ירוקה מביאה לעלייה ביכולת ביצוע המטלות ב-2% (1.4% עלייה בתפוקה כללית).
  - על כן, בנייה ירוקה מביאה לעלייה בתפוקת עובדים כללית ב-3.4%, או 3% לאחר עיגול כלפי מטה.
- להלן הנחות המודל על בסיס נתונים במשק הישראלי:
- צפיפות ממוצעת במבנה – מקובל לחשב בין 15–20 מ"ר ברוטו לעובד בישראל. מתוך רצון להימנע מהערכת יתר, מודל זה מניח 20 מ"ר (שכן ככל שהצפיפות תעלה, כך תעלה התפוקה לארגון). על כן, מבנה הייחוס במחקר, שעומד על היקף של 18,900 מ"ר, יאייש 945 עובדים.
  - מספר ימי עבודה בשנה – מודל זה מניח 250 ימי עבודה בשנה. מחקר הייחוס מניח איוש של 365 ימים בשנה (דבר שקיים בחברות גלובליות).
  - פריון ממוצע – לפי חישוב נתוני הלמ"ס לשנת 2018, הפריון החודשי הממוצע לענפים הנבחנים במחקר זה הוא 37,100 ₪ (445,700 ₪ בשנה).
  - שכר בענפים ללא פריון – ענף המנהל המקומי אינו נמדד לפי פריון, על כן חושב לפי השכר הממוצע בענף זה, העומד על 15,779 ₪ בחודש, או 189,349 ₪ בשנה.

### 6.1.2. ממצאי חישוב תועלת עקיפה ברמת מיקרו

הערכת עלייה של 3% בתפוקה מביאה לעלייה בייצור השנתי של כ-13,400 ₪ לעובד, 669 ₪ למ"ר ומעל 12.5 מיליון ₪ לכלל המבנה המוצג במחקר הייחוס.

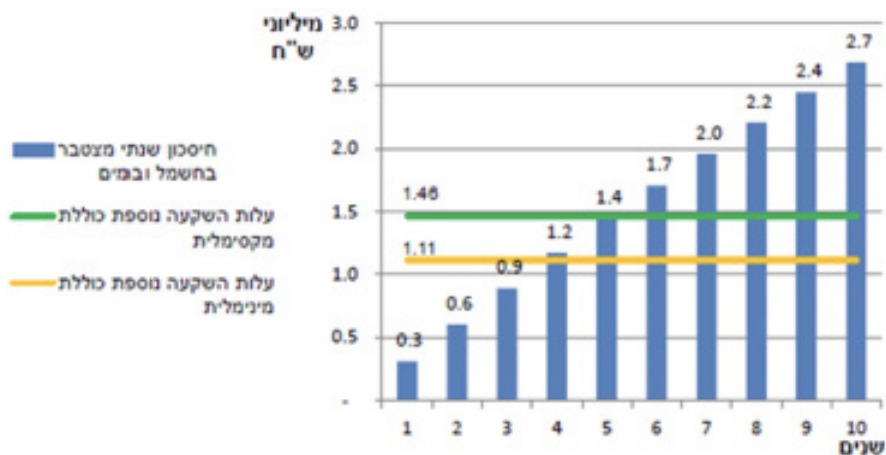
בטבלה שלהלן ניתן לראות הערכת רגישויות לפי עלייה באחוזים שונים במבנה שבמחקר הייחוס. מהטבלה עולה, למשל, כי עלייה פחותה יותר בתפוקה, של אחוז בודד, עדיין מניבה כ-4.2 מיליון ₪ בשנה לכלל המשתמשים במבנה, או 223 ₪ למ"ר בשנה.

טבלה 6: טבלת רגישויות לפי שיעורי עלייה בתפוקה בעקבות בנייה ירוקה			
שיעור עלייה בתפוקה	תופסת תפוקה שנתית לעובד	תוספת תפוקה שנתית לכלל המבנה	תוספת תפוקה שנתית למ"ר
1.0%	4,458 ₪	4,212,491 ₪	223 ₪
1.5%	6,686 ₪	6,318,737 ₪	334 ₪
2.0%	8,915 ₪	8,424,983 ₪	446 ₪
2.5%	11,144 ₪	10,531,228 ₪	557 ₪
3.0%	13,373 ₪	12,637,474 ₪	669 ₪
3.5%	15,602 ₪	14,743,719 ₪	780 ₪
4.0%	17,831 ₪	16,849,965 ₪	892 ₪
4.5%	20,059 ₪	18,956,211 ₪	1,003 ₪
5.0%	22,288 ₪	21,062,456 ₪	1,114 ₪

מקור: מרכז מילקן לחדשנות, 2018.

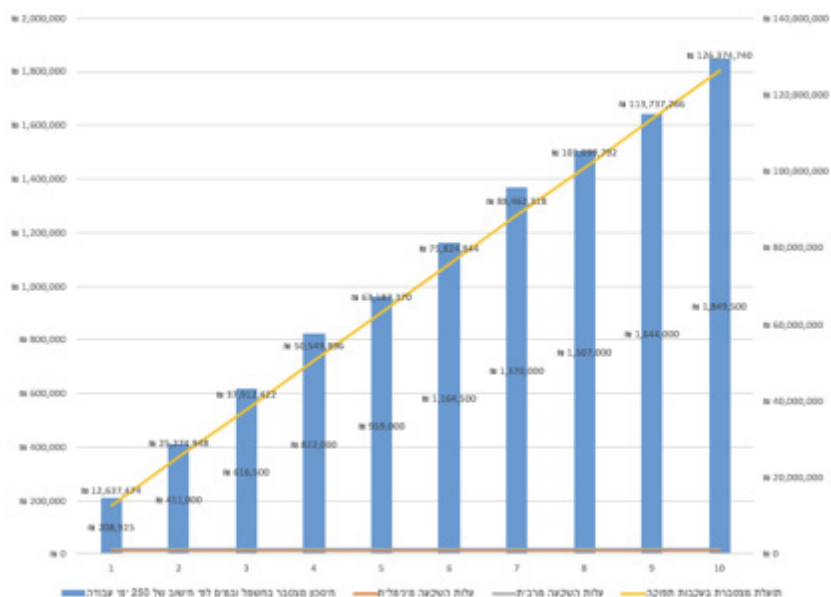
באירוסים 4 ו-5 ניתן לראות השוואה של החיסכון המצטבר לפי מחקרם של קוט ונתניאן לעומת כלל סוגי התועלת (כולל עלייה בתפוקה) שנמצאו במחקר. כפי שעולה מההשוואה, שיעור כלל התועלת משמעותי בסדר גודל ביחס לשיעור החיסכון בחשמל ובמים בלבד. בעוד החיסכון באנרגיה הוא 2.7 מיליון ₪ על פני תקופה של עשר שנים, תוספת התפוקה מייצרת 126 מיליון ₪ באותה תקופה.

איור 4: חיסכון מצטבר בחשמל ועלות השקעה נוספת בבניין הירוק (לפי חישוב של 365 ימי עבודה)



מקור: קוט ונתניאן, 2014.

איור 5: הוספת רכיב התפוקה המצטבר לבניין הירוק במחקר הייחוס (לפי חישוב של 250 ימי עבודה)



מקור: מרכז מילקן לחדשנות, 2018.

### 6.1.3 חישוב שיעור ההיוון הנוכחי של המבנה התיאורטי ממחקרם של קוט ונתניאן

שיעור ההיוון מייצג את הערך הנוכחי הנקי של תועלת כלכלית עתידית שהשקעה ראשונית מניבה, בניכוי ערך ההשקעה. חישוב הערך הנוכחי של המבנה הירוק במודל זה משקף עלויות ותועלת עקיפות שוטפות ועתידיות, ומעריך במונחים שקליים נוכחיים את ערך המבנה (כאמור בניכוי ההשקעה הראשונית). להלן נוסחת חישוב שיעור היוון נוכחי:

**משוואה 2: נוסחת חישוב שיעור היוון נוכחי (ערך נוכחי נקי)**

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{values_t}{(1 + rate)^t}$$

**המשתנים בנוסחה זו הם:**

n מייצג את מספר תזרימי המזומנים ו-i מייצג את מספר התשלום.

שיעור היוון – rate: הפחתת הוצאות הצפויות כדי לתת שווי הוגן ל-ש של היום. הניתוח מניח שיעור היוון של 5%. טווח: במבנים, מערכות אנרגיה משודרגות אחת ל-8-15 שנים, בעוד שחלק ממערכות האנרגיה עשויות להישמר לאורך כל חיי הבניין. כממוצע בין השניים, ניתוח זה מניח אורך חיים שמרני של 20 שנים.

חישוב שיעור ההיוון במודל זה נעשה על בסיס נתוני העלויות והתועלת הישירות העולים ממחקרם של קוט ונתניאן. עלות ההשקעה הנוספת בבנייה ירוקה לעומת בניין הייחוס מפורטת בטבלה הבאה. הרכיבים שההשקעה הנוספת בבנייה ירוקה היא משמעותית בהם הם רכיבי האנרגיה, פרופילי הצללה, הקטנת חשיפה לשמש ופיתוח נופי. יש לציין כי העלויות המוערכות הן ב-ש במחירי יוני 2014, ללא מע"מ, והן עלויות ליזם, הכוללות חומרים, שכר עבודה, רווח קבלני וכן הלאה.

#### טבלה 7: עלות ההשקעה הנוספת בבניין הירוק לעומת בניין הייחוס

השקעה נוספת בבניין הירוק לעומת בניין הייחוס	
השקעה נוספת כוללת	1.1-1.5 מיליון ש"ח
השקעה נוספת ללא פיתוח נופי	0.9-1.1 מיליון ש"ח
השקעה נוספת למ"ר בנוי	48-58 ש"ח
עלות ההשקעה הנוספת ביחד לעלות בנייה קונבנציונלית	1.1%-1.3%

מקור: קוט ונתניאן, 2014.

**התוצאה המתקבלת על סמך הנחות אלה היא:**

לפי הנחה של השקעה מרבית של 1.5 מיליון ש מצד היזם, שיעור ההיוון הנוכחי של תוספת ההשקעה בניין על פני תקופה של 20 שנים הוא כ-158 מיליון ש, או 8,380 ש למ"ר.



## 6.2 מְקָרו כלכלה – כדאיות ברמת המשק

פריון העבודה (workforce productivity) מבטא את כושר הייצור של המשק בהתחשב בסך התשומות שברשותו. מכיוון שאת תפוקת המשק ביחס לתשומה נוטים למדוד בעזרת התוצר הלאומי הגולמי (תל"ג), את פריון העבודה נוטים למדוד בעזרת חילוק התוצר במספר העובדים במשק, ולכנותו בשם "פריון העבודה ביחס לעובד". בצורה דומה ניתן להשיג את "פריון העבודה ביחס לשעת העבודה" על ידי חילוק "פריון העבודה ביחס לעובד" במספר שעות העבודה הממוצע במשק. לכן, לצורך חישוב פריון עבודה ברמת מְקָרו, יש לשקלל מספר משתנים, כגון כמות העובדים במשק (או לפי ענף) ומספר שעות העבודה הממוצע לעובד.

### 6.2.1 חישוב תועלת עקיפה בפריון הישראלי

כפי שנעשה בסעיף מיקרו כלכלה, גם סעיף המְקָרו מבצע חישוב של התועלת העקיפה על הפריון הישראלי (ברמת המשק) לפי משוואה, המורכבת ממשנתנה מוסבר וממשתנים מסבירים. להלן משוואת מרכיבי פריון ברמת המשק כפי שנמצא במחקר זה:

**משוואה 3: מרכיבי השיפור בפריון המשק**

$$Wp_{new} = Wp_{old} + P + U$$

המשנתנה המוסבר הוא אחוזי השיפור בפריון המשק ( $Wp_{new} - \text{workforce productivity}$ ).

משנתנה זה תלוי בכמה משתנים מסבירים: הפריון הנתון כיום במשק בענפים רלוונטיים ( $Wp_{old} - \text{workforce productivity}$ ), אחוזי העלייה בתפוקת עובדים כפי שעולה בסעיף המיקרו כלכלה (P), ומשתנה U המייצג את כל יתר המשתנים שעשויים להסביר ואינם מצוינים (unknown).

כמו כן, באשר לחישוב פריון ברמת מְקָרו, מובאים בחשבון שני נתונים – 1. העלייה בפריון לפי נתוני הלמ"ס באשר לפריון בענפי הכלכלה הנבחרים. 2. לגבי ענפים ללא מדדי פריון, העלייה בפריון לפי נגזרת של רמת השכר כפי שהוצגה בשלב הראשון של המודל.

להלן הנחות המודל לחישוב תועלת ברמת מְקָרו, לפי חלוקה למשתנים:

- $Wp_{old}$  – החישוב לענפי כלכלה נבחרים: לצורך דיוק בחישוב הפריון, נבחנו ענפי כלכלה נבחרים, המאופיינים בסביבה משרדית ונתמכים במבני תעסוקה. ענפים אלה לפי הגדרתם בסיווג האחיד בלמ"ס הם: 1. מידע ותקשורת. 2. שירותים פיננסיים ושירותי ביטוח. 3. פעילויות בנדל"ן. 4. שירותים מקצועיים, מדעיים וטכניים. 5. שירותי ניהול ותמיכה. 6. מְנַהל מקומי, ציבורי וביטחון וביטוח לאומי וארגונים חוץ-מדינתיים (ענף שלא למטרות רווח, אך עדיין ניתן להניח כי שיפור בתנאי המשרד בענף זה יביא לעלייה בפריון העבודה). ענפי השירותים העסקיים הללו הם בעלי פריון העבודה הגבוה ביותר. ראשית, כפי שעולה מנתוני הלמ"ס, השכר החודשי הממוצע לענפים אלה גבוה, ועומד על כ-14,700 ₪. הפריון הממוצע לעובד הוא כ-37,100 ₪ לחודש, או 445,700 ₪ בשנה. פריון זה מגיע לפריון שנתי של 382.2 מיליארד ₪ לכלל הענפים הנבחרים. שנית, כפי שמצא בן דוד (2013), התוצר המקומי הגולמי (תמ"ג) לשעת עבודה לענפים אלו הוא 55 דולר לשעה (נכון לשנת 2008, בדולרים קבועים של שנת 2005). לפי חישוב של 1,928 שעות שנתיים (37.1 שעות שבועיות), תוצר זה מתורגם ל-106,040 דולר לעובד בשנה. פריון זה גבוה משמעותית מהפריון בכלל ענפי המשק. בשנת 2013 עמד התוצר המשקי לשעת עבודה על 36.6 דולר (במונחי כוח קנייה PPP). תוצר זה מתורגם לפריון שנתי של 69,800 דולר (גבע, 2015; שורץ וצדיק, 2015).

- Wp old – מספר המועסקים בישראל: לפי נתוני הלמ"ס, נכון לחודש מאי בשנת 2018 ישנם 3.9 מיליון מועסקים בישראל. מתוכם כמיליון עובדים בענפים רלוונטיים למחקר המצויים בסביבות משרדיות כפי שיוצג בטבלה שלהלן. לצורך החישוב, נקבעה הצבת מיליון עובדים, אף על פי שניתן להניח כי עובדים רבים נוספים משתמשים במבני תעסוקה באופן יום-יומי.

## 6.2.2 ממצאי חישוב תועלת עקיפה ברמת מקרו

כפי שניתן לראות בטבלה 8 להלן, תחת הנחה שמרנית של עלייה של 3% בפריון של ענפי הכלכלה הנבחרים, המשק הישראלי נהנה מתוספת שנתית של כ-11.5 מיליארד ₪ בשנה, בזכות עלייה בפריון הממוצע לעובד של כ-13,400 ₪.

טבלה 8: מדדי תפוקה ושכר בענפים רלוונטיים למחקר							
לאחר עלייה של 3%			פריון שנתי ממוצע לעובד (אלפי ₪, לא כולל מנהל מקומי)	פריון שנתי	מספר מועסקים (לפי למ"ס, באלפים)	שכר שנתי ממוצע (למ"ס)	ענף
פריון שנתי ממוצע לעובד כנגזרת של שכר (אלפי ₪)	פריון שנתי ממוצע לעובד (אלפי ₪)	פריון שנתי (מיליארדי ₪)					
-	578.4	106.6	561.6	103.5	184.3	280,103	מידע ותקשורת
-	804.5	87.2	781.1	84.6	108.3	258,501	שירותים פיננסיים ושירותי ביטוח
-	1,328.2	36.9	1,289.5	35.8	27.8	163,036	פעילויות בנדל"ן
-	460.0	112	446.6	108.7	243.4	182,478	שירותים מקצועיים, מדעיים וטכניים
-	173.6	51	168.5	49.5	293.7	72,169	שירותי ניהול ותמיכה
195.0	-	-	-	-	140.8	189,349	מנהל מקומי, ציבורי וביטחון וביטוח לאומי וארגונים חוץ- מדינתיים
	459.1	393.7	445.7	382.2	998.2	176,725	סך הכול (ממוצע משוקלל)

נתונים: למ"ס, 2014.  
מקור: מרכז מילקן לחדשנות, 2018.

בטבלה 9 שלהלן ניתן לראות הערכת רגישויות לפי עלייה באחוזים שונים בפריון במשק, המבוססת על חישובים ועל הנחות המודל כפי שהוצגו. מהטבלה עולה למשל, כי עלייה פחותה יותר בפריון בענפים הנבחרים, למשל של אחוז בודד, עדיין מניבה מעל 3.8 מיליארד ₪ בשנה לכלל המשק. כמו כן, עלייה זהה בפריון של עובד בשנה, תניב מעל 1,000 דולר.

טבלה 9: טבלת רגישויות לפי שיעורי עלייה בפריון בעקבות בנייה ירוקה בענפים רלוונטיים				
עלייה בפריון עובד/שנה (דולרים קבועים)	עלייה בתוצר לשעת עבודה (דולרים קבועים)	עלייה בפריון משקי (מיליארד ₪)	שיעור עלייה בתפוקה	
1,060	0.55	3.82	1.0%	
1,591	0.83	5.73	1.5%	
2,121	1.10	7.64	2.0%	
2,651	1.38	9.56	2.5%	
3,181	1.65	11.47	3.0%	
3,711	1.93	13.38	3.5%	
4,242	2.20	15.29	4.0%	
4,772	2.48	17.20	4.5%	
5,302	2.75	19.11	5.0%	

מקור: מרכז מילקן לחדשנות, 2018.

## 7. דיון

### 7.1 נתונים על המשק הישראלי שלא הובאו בחשבון במודל

קיימים נתונים נוספים ששופכים אור על המצב הנוכחי של המשק הישראלי, ועל הפוטנציאל הגלום באימוץ בנייה ירוקה במבני תעסוקה. ניתן להניח כי נתונים אלה ישפיעו על חישוב החזר ההשקעה, אך מפאת קוצר היריעה ומשום שאינם ממקורות מהימנים מספיק, הם לא חושבו במודל.

- נתוני היעדרויות בישראל: נכון לנתונים משנת 2013, מבין למעלה מ-3 מיליון מועסקים בישראל, כ-550,000 מועסקים נעדרים בחלק משעות העבודה או בכל שעות העבודה מדי שבוע. 12% במוצע מהמועסקים (363,000) נעדרים מהעבודה בחלק מהשבוע ו-6.3% מהמועסקים (191,000) נעדרים במוצע במהלך כל השבוע. כ-80% מבין המועסקים, שנעדרים מעבודתם, נעדרים בשל סיבות הנעוצות בפרט או במשפחתו, אך פחות מ-0.5% מהם –

כ-14,000 מועסקים בלבד – נעדרים בשל מחלת ילד או בן משפחה אחר. כלומר, בניגוד לתפיסה הרווחת, השיעור הממוצע של היעדרויות שבועיות בשל מחלת ילד או בן משפחה הוא שולי (משרד התמ"ת, 2013). הנחת המודל היא כי בנייה ירוקה מפחיתה היעדרויות עובדים בשיעור של 10% ביחס למבנה מסורתי.

- עלות בישראל של אובדן ימי עבודה עקב מחלה: נכון לזמן כתיבת מחקר זה לא קיימים נתונים מדויקים על עלות למשק של ימי מחלה או תסמונת הבניין החולה. עם זאת, ניתן לבסס הנחות זהירות על פי פרסום בערוצי התקשורת. כתבה אחת מציינת כי העלות הכוללת למשק לכל ימי המחלה שאפשר לייחס למחלות החורף בלבד היא 750 מיליון ₪. לפי מחקר נוסף, שערכה חברת דן אנד ברדסטריט, ושהתפרסם ב-6 בינואר 2011, היקף הנזקים למשק הישראלי רק בעונת השפעת – מחלה הניתנת לצמצום על ידי אוורור – הסתכם בכ-550 מיליון ₪ בגלל אובדן של כ-1.27 מיליון ימי עבודה. על כן, ניתן להניח כי המשק הישראלי מאבד מיליארד ₪ בשנה עקב אובדן ימי עבודה ממחלה. יש לציין כי היעדרויות עובדים גורמות גם להפסדים עקיפים שקשה לתמחר אותם, כגון תלונות וחוסר שביעות רצון של לקוחות, עומס עבודה על עובדים אחרים, התיישנות מטלות שלא טופלו, זמן לחלק מחדש משימות ותחומי אחריות, ידע, ניסיון וקשרים הנמצאים בידי העובד והפגיעה באיכות השירות בהיעדר כוח אדם באופן כללי.

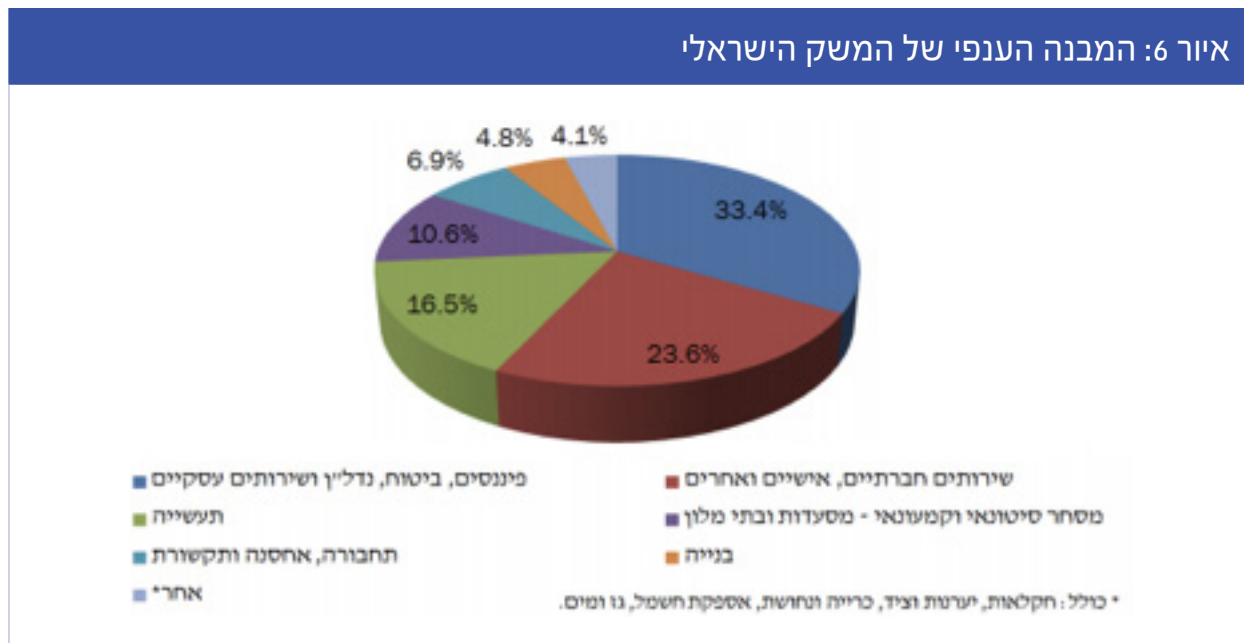
## 7.2. השלכות אפשריות על הפריון הישראלי

עלייה בפריון העבודה המשקי פירושה עלייה בתמ"ג שאינה כרוכה בירידה באיכות חייהם של העובדים. סוג בנייה המשפר את איכות הסביבה של מקום העבודה, ללא השקעה משמעותית ועם תועלת רבה, עונה על קריטריונים אלה. משום ששביעות רצון של העובד היא גורם עיקרי ומרכזי המשפיע על שיעור ההיעדרויות של עובדים (נציבות שירות המדינה, 2015), לבנייה ירוקה המעלה שביעות רצון ישנה חשיבות רבה לכלל המשק.

### 7.2.1. מבנה ענפי הכלכלה במשק הישראלי

בישראל הענפים עתירי הפריון (כגון פיננסים, ביטוח, נדל"ן ושירותים עסקיים) גדולים באופן יחסי ומהווים כשליש מכלל הפריון במשק, בעוד מגזרים המתאפיינים בפריון נמוך, כגון מסחר סיטונאי וקמעונאי, קטנים יחסית. סך הפריון בענפים אלה גבוה ב-76% מהפריון הממוצע של כלל המשק. ניתן לראות באיור שלהלן את המבנה הענפי של המשק הישראלי.

איור 6: המבנה הענפי של המשק הישראלי



מקור: גבע, 2015.

כפי העולה מהאיור שלעיל, לעלייה בפריון בענפים הרלוונטיים למחקר משמעות רבה לכלל המשק הישראלי מפאת חלקם היחסי הגדול במשק.

בישראל קיימים פערים גדולים בין הפריון בתעשייה העילית ובהיי-טק, שצמח בקצב מהיר והוא גבוה גם בהשוואה בין-לאומית, לבין הפריון בענפים המייצרים למשק המקומי. לענפים אלה, הכוללים את התעשייה המסורתית, הבינוי, המסחר והשירותים, ומעסיקים את רוב העובדים במשק, פריון נמוך מאוד, שאינו גדל. מאחר שהפריון תואם את השכר, הרי גם השכר בענפים אלה נמוך, וכך תורם לאי-שוויון הגבוה בישראל. כמו כן, לסוגיה זו חשיבות מְקוּרָה כלכלית רבה, היות שהפריון לעובד משפיע באופן ישיר ומשמעותי על רמת החיים הממוצעת, אם דרך השכר נטו ואם דרך השירותים הציבוריים המוצעים לציבור הרחב.

## 7.2.2. פערי פריון בין ישראל והארגון לשיתוף פעולה ולפיתוח כלכליים (OECD)

הפריון בכלל המשק הישראלי נמוך בכ-24% ממוצע הארגון לשיתוף פעולה ולפיתוח כלכליים (Organization for Economic Co-operation and Development – OECD). התוצר לשעת עבודה בישראל עומד על 36.6 דולר לשעה ועל 69,800 דולר לעובד בשנה, לעומת מעל 48 דולר לשעת עבודה ו-80,100 דולר בשנה ב-OECD. עם זאת, הפער האמיתי בין מדינות ה-OECD לישראל גדול אף יותר, מכיוון שמספר שעות העבודה השנתית של המועסק הישראלי גדול משל המועסקים במדינות המפותחות. מספר שעות העבודה השנתית במדינות ה-OECD הוא כ-1,770 בממוצע (או 33.6 שעות שבועיות), לעומת כ-1,928 בישראל (37.1 שעות שבועיות) – גבוה בכ-9% (גבע, 2015). מכאן עולה כי בשל רמת הפריון הנמוכה, העובד הישראלי הממוצע זקוק לזמן רב יותר כדי להפיק תוצר שבמדינות ה-OECD האחרות לוקח זמן מועט יותר לייצורו. במלים אחרות, על אף שעות עבודה רבות יותר, המשק הישראלי מייצר פחות ממדינות ה-OECD! נתונים אלה

אומנם מתייחסים לכלל המשק, ולא לענפים הנבחרים במודל, אך בהחלט ניתן ללמוד מהם על הפערים בין ישראל ויתר המדינות המפותחות.

ראוי לציין ששיעור ההשתתפות בשוק העבודה בישראל נמוך במידה ניכרת משיעורה במדינות המפותחות, וניתן לייחס עלייה בפריון בכלל המשק בזכות עלייה בשיעור ההשתתפות, בעיקר של החברות הערביות והחרדיות, ולא בעקבות יעילות של המועסקים עצמם. מכאן ששיפור בתנאי הסביבה הפיזית של העובדים יביא לשיפור נוסף בפריון, שטרם נבדק בישראל. לסיכום, מעמדו של הפריון הישראלי עומד במקום ביחס לכלל המדינות המפותחות, ועליה למצוא דרכים חדשות לצמיחה. לשיפורים הצפויים מהטבת איכות הסביבה במבנים, פוטנציאל משמעותי, ברמת המשק הישראלי כולו. היות שענפים עתירי ידע הם חוד החנית של המשק הישראלי, ישנה חשיבות רבה בהעלאת פריון העבודה בעקבות אימוץ תקני בנייה ירוקה במבני תעסוקה (ישראלי, 2011).

### 7.3. מיפוי שרשרת הערך של בעלי עניין כלכלי בבנייה ירוקה

במקרים רבים, הערכות של ניתוח עלות-תועלת של בנייה ירוקה אינן מבחינות בין מי שנושא בעלויות לבין מי שנהנה מהתועלת. אתגר שיש להכיר בו במודלים הכלכליים השונים הוא מיפוי שרשרת הערך של בעלי העניין בכלל ובישראל בפרט, כדי להתמודד עם "כשל השוק" הנוצר בשוק הישראלי. קיימים לכשל השוק בישראל כמה מקורות. ראשית, מבנה שוק הנדל"ן הישראלי מאופיין בחברות השקעה הבונות נדל"ן מניב להשקעה (מכירה והשכרה). מעט מהבנייה היא לשימוש עצמי של היזם. שנית, ישנו מחסור במידע בכמה רבדים:

1. השוק המשקיע (היזמים) אינו מסוגל כיום לגלם את כלל סוגי התועלת במחיר השכירות של הנכסים, ובכך לקצור תשואה גבוהה יותר.
2. שוק השוכרים אינו מסוגל כיום לבחור מוצר משופר, מכיוון שאין לו ידע על המשמעות והערך כלל סוגי התועלת של מבני תעסוקה ירוקים.
3. השוק אינו משוכלל מספיק כדי לכמת את כלל העלויות והתועלת.

באיור 7 שלהלן מוצג תיאור של 7 קבוצות שונות של בעלי עניין, בעלות עניין כלכלי שונה בבנייה ירוקה, וחלוקת סוגי התועלת בהתאם.

איור 7: חלוקת סוגי תועלת נבחרים מבנייה ירוקה

↑ תועלת עולה	ברייר	השקן	הגולש	היום	החמון	השקיל/השקן	הששלה
כלכלית	■		■	■	■	■	■
בריאות הדייר/העובד	■		■	■	■	■	■
הפחתת סיכונים	■		■	■	■	■	■
נחות הדייר/העובד	■		■	■	■	■	■

נתונים: קוט וכ"ץ, 2013, עיבוד ל- Lucuik et al., 2005.  
 מקור: מרכז מילקן לחדשנות, 2018.

ביטוי לפער בין בעלי העניין ניתן לראות בממצאי המודל. השלב הראשון של המודל הצביע על עליית ייצור של כ-13,400 ₪ לעובד בשנה. עם זאת, מדובר בתפוקה לשוכר, שבעל המבנה נהנה ממנה רק אם הוא גם אחד המשתמשים במבנה שנהנה מעליית תפוקה (אומנם לא מצב נפוץ בישראל, אך קיים). במקרה שהיזם אינו משתמש במבנה, יש להניח כי התפוקה המוגברת תגולם באמצעות דמי שכירות וערך נכס גבוהים יותר, זמן שיווק מועט יותר ועוד, כך שהרווח יהיה הן לשוכר הן לבעל המבנה.

יש לציין כי לעיתים מזומנות בישראל, יזם הבונה מבני משרדים להשכרה, מסתפק בבניית הגרעין והמעטפת של הבניין בלבד, ועל כן החשיבות בתקן לבנייה ירוקה של גרעין ומעטפת במבני משרדים, שפורסם באוגוסט 2016, כדי להסדיר את מצב זה. כך, כל שוכר מתכנן את שטח הפנים שהוא מתכוון לשכור לפי צרכיו ותפיסתו. אם המשתמשים במבנה מעוניינים בתקן ירוק לפנים המשרד, עליהם לבנות לפי תקן 5281 פנים משרדים ומסחר, הנמצא בחלק 3.4. בארה"ב קיים מצב דומה, שם חלק הפנים של תקן LEED הוא Commercial interior.

כמו כן, חשוב לציין כי הכדאיות הכלכלית משתנה לא רק בהתאם לבעלי העניין, אלא גם לפי סוג המבנה. כפי שעולה ממחקר זה, משרד ירוק הוא כדאי כלכלית בזכות תפוקת עובדים משופרת. בית ספר ירוק, לעומת זאת, לא בהכרח יקבל החזר כלכלי על שיפור בביצועים של תלמידיו. לפיכך, סוגים שונים של תמיכה ממשלתית נחוצים כדי לקדם אימוץ בנייה ירוקה במגזרים שונים. הבנה הן של סוגי העלויות והתועלת הן של חלוקתם בין בעלי העניין השונים, חיונית להבנת התמריצים שכל בעל עניין יבחן, ולגיבוש מדיניות ציבורית אפקטיבית ויעילה (קוט וכ"ץ, 2013).

באיור 8 ניתן לראות מיפוי של תפיסות בעלי עניין העיקריים המשפיעים על הערך שמבני תעסוקה ירוקים יוצרים. כפי שעולה מהאיור, אכן ישנו מכנה משותף בין בעלי העניין העיקריים.



מקור: World Green Building Council, 2013.

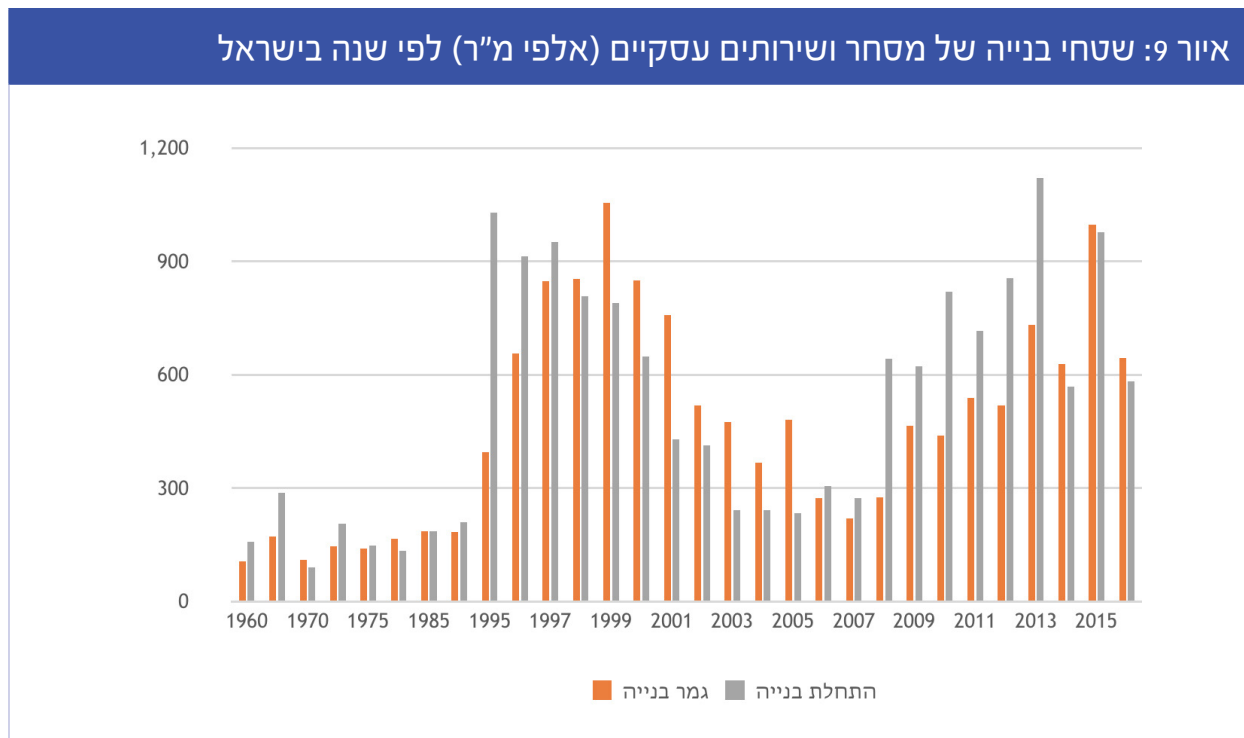
## 7.4 כדאיות לבנייה ירוקה על בסיס שוק המשרדים הישראלי

### 7.4.1 היקפי שטחי משרדים ברחבי ישראל

כיום מיועדים כ-6% מתוך כלל השטח הבנוי בישראל לשטחי משרדים. מדובר ב-4% מכלל המבנים בישראל (המשרד להגנת הסביבה, 2014). ניתן להניח כי קיים מצאי של למעלה מ-16 מיליון מ"ר של שטחי משרדים שאינם עומדים בתקן 5281. כ-6 מיליון מ"ר לשירותים עסקיים (משרדים במבנים ייעודיים מכל התחומים, לא כולל תעשיית היי-טק שנספרת כתעשייה) נבנו בין השנים 1995–2012, בממוצע של כ-350,000 מ"ר בשנה (צוקר, 2013). מאז, היקפי הבנייה למשרדים עלו משמעותית להיקף של 1.4 מיליון מ"ר בשנה (מתוכם 1.1 מיליון מ"ר נבנו בין חדרה לגדרה). בשל כך, שנת 2017 ראתה עודף מלאי של כ-150,000 מ"ר משרדים.

באיור 9 שלהלן ניתן לראות סקירת שטחי התחלת בנייה וגמר בנייה של מסחר ושירותים עסקיים לפי שנה. מהאיור עולה שקיימת תנודתיות בקצב בניית משרדים ומקומות מסחר.



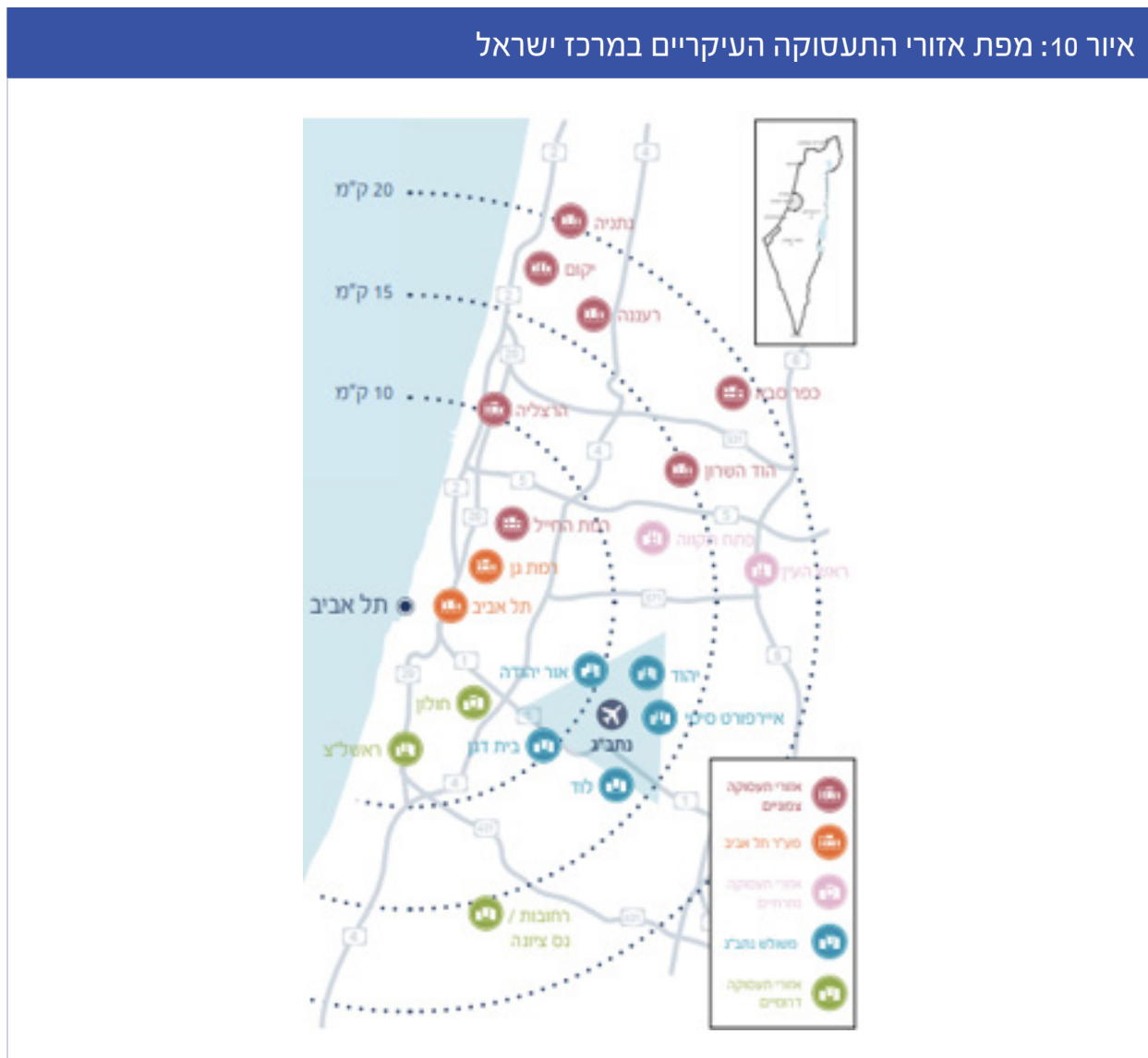


מקור: למ"ס, 2017.

### 7.4.2. היקפי שטחי משרדים בגוש דן

באיור 10 שלהלן ניתן לראות את מפת אזורי התעסוקה המרכזיים בישראל.

איור 10: מפת אזורי התעסוקה העיקריים במרכז ישראל



מקור: אינטר, 2018.

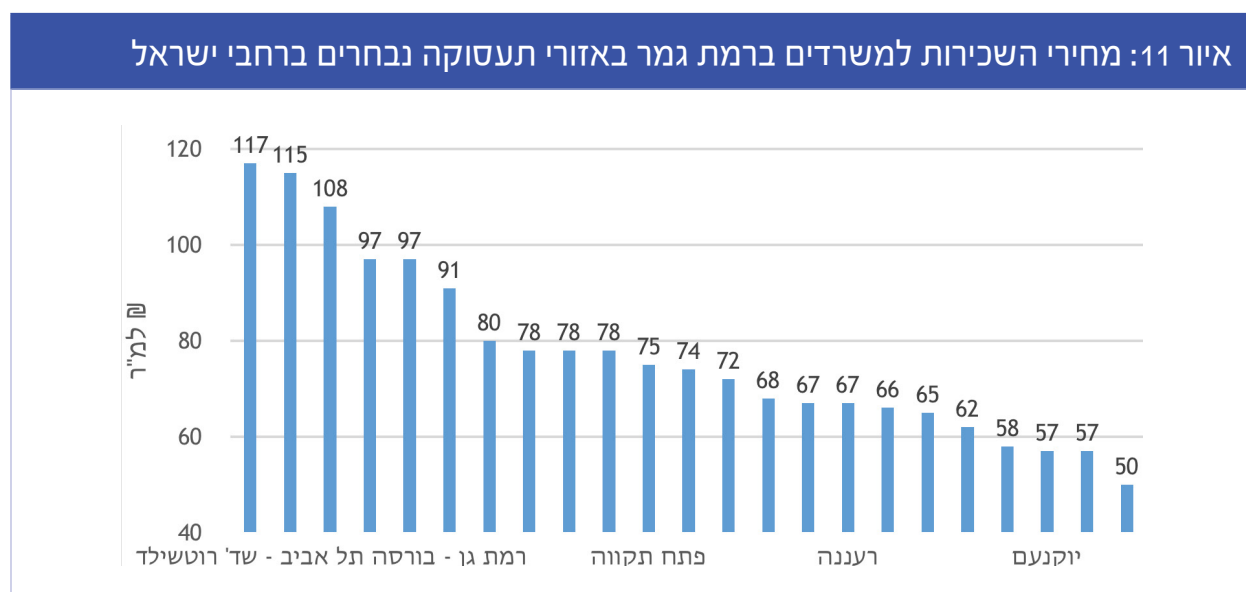
בשנים 2013 ו-2014 נוספו לשוק המשרדים בגוש דן כ-104,000 מ"ר לשנה במוצע. ב-2015 נוספו לשוק 100,000 מ"ר נוספים, וב-2016 התווספו כ-200,000 מ"ר משרדים רק בערים תל-אביב, רמת גן ובני ברק, רובם המכריע בתוך תל-אביב. במרכז העסקים הראשי בתל-אביב צפויים להתווסף ב-4 השנים 2017–2020 כ-1.3 מיליון מ"ר משרדים (מעל 320,000 מ"ר בשנה), שצפויים להיות גבוהים מהביקוש, העומד על כ-110,000 מ"ר בשנה. כמחצית מהמבנים שיתווספו הם בבעלות יחידה, ומחצית מרובי בעלים, וכולם ברמת Class A – רמת הגמר הגבוהה ביותר. יש לציין כי הביקוש בתל-אביב עמד בחציון השני לשנת 2017 על כ-320,000 מ"ר – שטח השקול לחמישה מגדלים, וגבוה משמעותית מהציפיות (אינטר, 2018). נכון לשנת 2014 קיימים ברחבי מטרופולין תל-אביב כ-5.5 מיליון מ"ר של שטחי מסחר ושירותים עסקיים, המשתרעים על פני כ-800 מבנים.

### 7.4.3. הבדלי שכר דירה בין מבנה ירוק למבנה מסורתי בישראל

במחקר זה לא נמצאו סקירות המשוות בין משרדים מסורתיים ומשרדים ירוקים בישראל. עם זאת, כפי שצוין בסקירת הספרות, דמי השכירות במבנה ירוק בארה"ב גבוהים ב-2%–6% ממבנה מסורתי, ודמי השכירות האפקטיביים גבוהים יותר במבנים ירוקים בכ-6.3%, בממוצע.

מהמחקר עולה כי קיים כיום כשל שוק מבחינת שכר דירה למבנים ירוקים. השכירות הממוצעת למבנים אלה אומנם גבוהה מהשכירות הממוצעת בשוק, אך אינה מגלמת בתוכה את כלל התמורות שעלו במחקר.

בדיקה פרטנית במסגרת המחקר העלתה מספר ממצאים לגבי מגמות שוק המשרדים בישראל. באיור שלהלן ניתן לראות את מחירי השכירות למשרדים ברמת גמר באזורי תעסוקה נבחרים ברחבי ישראל במחירים עדכניים לחציון השני של שנת 2017.



מקור: אינטר ישראל, 2018.

בטבלה 10 שלהלן ניתן לראות השוואה בין הערכת השכירות הממוצעת של מספר מבני תעסוקה ירוקים לבין השכירות הממוצעת לכלל האזור שהם ממוקמים בו, כפי שעולה מהסקירה שלעיל. לפי מדגם קטן זה ניתן ללמוד כי השכירות ממבנה ירוק צפויה להיות גבוהה מהשכירות הממוצעת בסביבת המבנה.

טבלה 10: השוואת שכירות של מבנים ירוקים נבחרים ושכירות ממוצעת באזור						
הערות	אחוזים ביחס לשכר דירה ממוצע באזור	שכר דירה ברמת גמר (ש"ל מ"ר, לא כולל דמי ניהול)	עיר/אזור	נקודות 5281	רמת הסמכה	מגדל ירוק
	100	115	תל-אביב – מנחם בגין	-	LEED זהב	עזריאלי שרונה
שכר דירה של חברת גוגל (הסמכת פלטניה)	113	110	תל-אביב – יגאל אלון	58	LEED + 5281	אלקטרה
לפי חוזה שכירות מוזל במיוחד של חברת כלל ביטוח משנת 2013	90	70	תל-אביב – רמת החייל	56.5	5281	קריית עתידים, מגדל 8
שכר דירה משנת 2011. נחשב גבוה משמעותית מסביבת המבנה	-	85	תל-אביב – המסגר	-	LEED זהב	אקו טאוואר

מקור: מרכז מילקן לחדשנות, 2018.

## 8. מסקנות והמלצות המחקר

### 8.1. המלצות למדיניות

#### 8.1.1. הגברת מעורבות המדינה בהנגשת ידע

השקעה בשוק הבנייה הירוקה עשויה לעודד צמיחה כלכלית ולשפר את כושר התחרותיות של המשק. שוק המשרדים הירוקים הוא שוק חדש במשק הישראלי, והשקעה בו עשויה להביא לשיפור ההון האנושי ולתרום לצמיחת המשק, כמו גם להעלות את מספר המשתתפים בכוח העבודה (כגון מתכננים ויועצי בנייה ירוקה). יש לציין, כי השקעה בהגדלת פריון העובדים נדרשת אף יותר במשקים קטנים עם מטבע מקומי חזק, דוגמת ישראל.

ללא שיפור משמעותי בתפוקה ובפריון, שיקרב את ישראל למדינות המפותחות, המגזר העסקי לא יוכל לספק משרות איכותיות יותר ובשכר גבוה יותר לעובדים רבים במשק. מכלול העדויות לכך שמשרדים ירוקים עשויים לתרום להעלאת תפוקת עובדים, ובכך לחיזוק הפריון הנמוך יחסית בישראל, קורא לפעולה ממשלתית שתסיר מחסומים קיימים להטמעת בנייה ירוקה.

מעורבות הממשלה בשוק העבודה נועדה בין היתר לפתור כשלי שוק, להגדיל את שיעור התעסוקה, לצמצם את הפער החברתי ולהעלות את הפריון. תפקיד חשוב נוסף הוא לדאוג לבריאות כלל אזרחי המדינה. מאכן עולה כי במקרה זה התערבות ממשלתית נחוצה כדי לשפר את הבריאות והפריון של תושביה. משום שהחסם המרכזי הוא היעדר ידע, על ההתערבות הממשלתית לבוא לידי ביטוי באמצעות השקעת משאבים בהנגשת הידע והמידע בנושא, ובמחקרים שיאוששו את הכדאיות הכלכלית לכל סוגי הבנייה הירוקה וכך יסירו את האי-ודאות בנושא. על הממשלה לפעול גם להעלאת המודעות בקרב הקהל הרחב ואנשי המקצוע בתחום הבנייה. מוצע כי בקרב אנשי המקצוע תהיה הכשרה מקצועית על ידי שילוב הנושא בתוכניות הלימוד במוסדות להשכלה גבוהה, וקיום פעילות ייעודית להכשרת אנשי מקצוע ותיקים (ילינק, שוץ וביילר, 2015). בקרב הקהל הרחב מוצע להעלות את המודעות ליתרונות הבריאותיים והכלכליים של שימוש במוצרים ירוקים ושהייה במרחבים ירוקים (הן בבית הן במקום העבודה).

אמצעי מימון משמעותי הקיים כיום בעולם, ומגלה אותותיו בישראל, הוא אגרות חוב ירוקות. בעבודה משותפת עם המשרד להגנת הסביבה בונים אנשי מרכז מילקן לחדשנות קרן אג"ח ירוקה שמטרתה עידוד השקעות ופעילות להפחתת פליטות גזי חממה ברחבי הארץ. מוצע כי הקרן וקרנות דומות נוספות יאפשרו גם מימון מיזמים בתחומי הבנייה הירוקה.

#### 8.1.2. שיפוץ והסבת מבנים קיימים לירוקים

מנתוני ההיקפים של השטחים לתעסוקה בישראל בכלל ובגוש דן בפרט, ניתן ללמוד כי קיים עודף היצע (בעיקר בגוש דן). הזדמנות זו עשויה לשחק לידי המעוניינים בקידום בנייה ירוקה איכותית. שיווק משרדים בכמות כה גדולה עשוי להימשך זמן רב, ומחסור בשטחים איכותיים גורם כבר כיום לעליית מחירים. נראה כי עודפי ההיצע בשנים הקרובות יאלצו יזמים להתחרות על כל שוכר. נתוני התנהגות השוכרים בשנים האחרונות מלמדים כי עודפי השטחים יבואו לידי ביטוי בשיעורי התפוסה נמוכים יותר במבנים קיימים. על כן, מוצע להסב מבנים קיימים ישנים, בייחוד מדירוגים נמוכים, למבנים ירוקים כאשר עלות ההסבה נמוכה וטומנת בחובה סוגים רבים של תועלת, מדובר בכדאיות משמעותית. מוצע כי הממשלה תפעל

לקידום תקן מחייב לבנייה ירוקה כאשר מדובר בשיפוץ מבנים ישנים, או לכל הפחות תחייב שימוש במוצרים שסומנו כירוקים. כמו כן, מוצע להתמקד בהנגשת מידע מקצועי בקרב אנשי מקצוע המבצעים שיפוצים.

## 8.2. המלצה למחקרי המשך

במחקר זה נפתח צוהר למחקר מקיף שיש לבצע כדי לבחון את כלל ההיבטים הכלכליים של בנייה ירוקה, בשאיפה ליצור מודל שיבחן את החזר ההשקעה הכוללת של בנייה מסוג זה בישראל. היבטים אלה עשויים להיות, בין היתר, תנודתיות נמוכה יותר בערך המבנה בעת משבר, איכות דיירים טובה יותר, פרמיית ביטוח נמוכה יותר וגורמים רבים נוספים. במסגרת סקירת הספרות, לא נמצאו נתונים משוק התעסוקה בישראל באשר להשפעות מרכיביה השונים של איכות סביבה פנימית על בריאות ותפוקת עובדים. על כן, מוצע לבצע מחקר שיכמת את סוגי התועלת של כל מרכיביה, ובעיקר איכות אוויר, אקוסטיקה, נוחות תרמית ותאורה. יש להעריך את השפעתה על העלייה בפריון העבודה והשיפור בבריאות העובדים, שבתורם משפיעים על החזר ההשקעה של הקמת מבנה תעסוקה ירוק. מחקר חשוב נוסף הוא הכנת תבנית לחקר החזר ההשקעה בכלל סוגי המבנים הירוקים השונים (כולל מיפוי בעלי עניין לפי סוג המבנה) וגילום כלל סוגי התועלת העקיפה שנובעים מבנייה ירוקה.

חשוב להדגיש כי למרות ההתעניינות בבנייה ירוקה והצורך בה למבני תעסוקה, ולמרות התועלת הרבה שבנייה זו מספקת (החל במשתמשי המבנה ועד לכלל המשק), היקפה עדיין נמוך בשוק הנדל"ן המסחרי בישראל. כל עוד לא ייחקר תרחיש עסקי מקיף, יהיה קשה להעלות את ההיקפים הנמוכים של מבני תעסוקה ירוקים בישראל.

## 9. סיכום

בנייה ירוקה איננה מותרות או אידיאולוגיה ערכית. היא קודם כל בריאה, כלכלית ובעלת היגיון עסקי. מחקרים רבים הראו כי מבנים ירוקים משתלמים בטווח הארוך בזכות ביצועים משופרים, הוצאות אנרגיה נמוכות יותר, עלייה בערך הנדל"ן, שיעורי תפוסה גבוהים יותר ותוצאות חיוביות אחרות.

במחקר זה נמצא כי נוסף על תוצאות אלה, כדאיות ההשקעה בהקמת מבני תעסוקה ירוקים בישראל באה לידי ביטוי בשיפור מצבם הבריאותי והתעסוקתי של המשתמשים במבנה בזכות שיפור איכות הסביבה הפנימית שבו. לפי אומדנים ראשוניים שמספק המחקר, ניתן ללמוד כי עיקר הכדאיות הכלכלית בבנייה ירוקה טמונה דווקא בתועלת העקיפה, ולא בחיסכון הישיר בחשמל ובמים. הממצאים מעלים כי הערכת עלייה שמרנית של 3% בתפוקת עובדי משרדים בזכות בנייה ירוקה, מוסיפה כ-11.5 מיליארד ₪ בשנה לכלל המשק הישראלי. עלייה זו עשויה לצמצם משמעותית את הפער בפריון בין ישראל לבין יתר המדינות המפותחות ב-OECD. אף על פי כן, כיום, בנייה ירוקה בכלל, ואיכות סביבה פנים-משרדית בפרט, אינן מקבלות התייחסות ראויה בקרב מקבלי החלטות בישראל. המחקרים הרבים בנושא טרם השפיעו רבות על ענף הנדל"ן המרכזי, ועדיין אינם מתורגמים בקנה מידה רחב בישראל. לאור חשיבות ההשקעה בשוהים במבנים, על כלל סוגי התועלת לעמוד לנגד עיני קובעי המדיניות. כך תתאפשר הגדלת השפעתן, הן במגזר העסקי הן במגזר הציבורי, בין היתר על ידי הבנת התמריצים של הגורמים השונים בשרשרת הערך, הסרת מגבלות מערכתיות והנגשת מידע וידע.

## נספחים

## 1. ממצאים נבחרים ממחקרי תועלת עקיפה מבנייה ירוקה

הטבלה להלן מציגה ממצאי מחקרים נבחרים באשר לתועלת הנובעת משיפור בבריאות, ברווחה או בתפוקת העובדים במשרדים ירוקים. הטבלה מפרטת את אומדן התועלת בכל מחקר. יש להדגיש כי טבלה זו מכילה פירוט רב יותר מאשר טבלה 5 המופיעה במחקר, ויש בה מחקרים נוספים.

טבלה 11: ממצאי מחקרים נבחרים המכמתים תועלת בעקבות בניית משרדים ירוקים				
שם מחקר	שם חוקר	שנה	תועלת (% שיפור בתפוקה/ ירידה בימי מחלה)	פירוט
Health and Productivity Gains from Better Indoor Environments	Fisk	2000	רווח שנתי בארה"ב עקב עלייה ביעילות העובדים והחיסכון בהוצאות בריאות בשל שיפור איכות הסביבה הפנים-מבנית של 43–235 מיליארד דולר לפי הפירוט הבא: 7–16 מיליארד דולר בשל ירידה בשיעורן של מחלות נשימתיות 1–5 מיליארד דולר בשל ירידה בשיעור תגובות אלרגיות ואסתמה 10–35 מיליארד דולר בשל ירידה בתסמונת הבניין החולה 25–180 מיליארד דולר בשל שיפור ישיר בתפקוד העובד ללא קשר לתחום הבריאות לפי ההערכה הנמוכה של 25 מיליארד דולר, מדובר ב-385 דולר לכל אחד מ-65 מיליון העובדים במשרדים בארה"ב. בהינתן שטח ממוצע של 225 רגל רבוע לעובד (כ-21 מ"ר), מדובר על תועלת בהיקף של כ-1.45 דולר לרגל רבוע לשנה	פיסק מחלק את היתרונות הבריאותיים לארבעה תחומים עיקריים: 1. מחלות נשימה חריפות; 2. אלרגיות ואסתמה; 3. תסמונת הבניין החולה; 4. תועלת ישירה מעלייה בתפוקה שיטת המחקר כללה סקירת ספרות אפידמיולוגית ועדויות. העלויות הכלכליות של ההשפעות הבריאותיות השליליות נאמדו, בעיקר על ידי סינתזה ועדכון תוצאות של הערכות עלות שפורסמו בעבר. מסקנת החוקר היא שפוטנציאל הרווח הכלכלי עקב השיפור באיכות הסביבה הפנים-מבנית גבוה פי 18–47 מההוצאות הנדרשות לשם כך מחקרים נוספים של Fisk מהשנים 2004 ו-2011 הציגו הערכות דומות. פירוט על החוקר בהמשך

## טבלה 11: ממצאי מחקרים נבחרים המכמתים תועלת בעקבות בניית משרדים ירוקים (המשך)

שם מחקר	שם חוקר	שנה	תועלת (% שיפור בתפוקה/ ירידה בימי מחלה)	פירוט
<b>Linking Energy to Health and Productivity in the Built Environment</b>	Loftness	2003	עלייה בתפוקה לפי סקירת מחקרים: עד 3% בזכות בקרת טמפרטורה אישית, לפי 8 מחקרים עד 11% בזכות אוורור, לפי 15 מחקרים עד 23% בזכות שליטה בתאורה, לפי 12 מחקרים עד 18% בזכות תאורת יום, לפי 13 מחקרים	סקירה מקיפה, הכוללת 1,000 תקצירי מאמרים, 100 מאמרים ו-140 חקרי מקרה, שערך מרכז המחקר לביצועי מבנים באוניברסיטת קרנגי מלון (או CBPD —The Center for Building Performance and Diagnostics) המחקר מציג כלי עזר להחלטות באשר להערכות מחזור חיים של מבנים, המבוסס על ניתוחי עלות לפי מאגר המידע של מחלקת האנרגיה האמריקאית
<b>The Costs and Financial Benefits of Green Buildings</b>	Kats	2003	עלייה כוללת של בין 0.5% ל-34% בתפוקה. פירוט העלייה בתפוקה לפי אחוזים וייחוס של המרכיב בסביבה פנים-מבנית: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 7.1% לבקרת תאורה</li> <li>▪ 1.8% לבקרת אוורור</li> <li>▪ 1.2% לשליטה תרמית</li> <li>▪ 2%–6% לאור טבעי</li> <li>▪ 1%–1.5% לפחות מתועלת בריאותית</li> <li>▪ 2%–20% בביצוע מטלות</li> </ul>	עיקר העלייה בתפוקה מיוחסת לשליטה בתאורה, לאורור ולאקלום כמו כן, שיעורי חיסכון (תועלת ישירה) ברמות ההסמכה השונות של Leed: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 17% ברמת מוסמך</li> <li>▪ 30% ברמת כסף</li> <li>▪ 36% ברמת זהב</li> </ul>



## טבלה 11: ממצאי מחקרים נבחרים המכמתים תועלת בעקבות בניית משרדים ירוקים (המשך)

שם מחקר	שם חוקר	שנה	תועלת (% שיפור בתפוקה/ ירידה בימי מחלה)	פירוט
<b>A Business Case for Green Buildings in Canada</b>	Lucuik	2005	<p>לפי מחקר לדוגמה מבין המחקרים הנסקרים (Heschong Mahone Group, 2003), הגדלת תפוקה לפי אחוזים ומרכיב:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 13% בזכות אור יום</li> <li>▪ 4%–17% בזכות אוורור מוגבר, שגם מפחית את שיעורי המחלות ב-9%–50%</li> <li>▪ 15%–21% בזכות הפחתת בוהק מסנוור</li> </ul>	<p>סקירת ספרות נרחבת. לפי כמה מחקרים נבחרים: עלייה בפריון העבודה של 1% שוות ערך לכ-21.5 דולר למ"ר בשנה. כמו כן, הפחתת עלויות בטיפול רפואי והפסדי עבודה כדלקמן: א) ממחלות בדרכי הנשימה ב-9%–20% ב) מאלרגיות ומאסתמה ב-18%–25% ג) מהפרעות בריאותיות כלליות ב-20%–50%</p>
<b>Employee Productivity in a Sustainable Building</b>	Sustainability Victoria and the Kador Group	2006	<p>ירידה של 39% במוצק ימי ההיעדרות לעובד, ושל 44% בעלות הממוצעת של חופשת מחלה (הממוצע של הסגל הבכיר ירד אף יותר). כמו כן, שיפור של 9% במהירות ההקלדה הממוצעת ושיפור מובהק ברמת הדיוק</p>	<p>סקר לאחר אכלוס בניין משרדים במלבורן, אוסטרליה כמו כן, עלייה של 1% ביחס החיוב של עורכי הדין, על אף ירידה של 12% בשעות העבודה החודשיות הממוצעות שעבדו. כלומר, אף על פי שעבדו פחות שעות לאחר המעבר, החיוב עבור זמנם עלה. הדבר מעיד על עלייה ביעילות העבודה. כמו כן, שביעות הרצון גבוהה יותר</p>

## טבלה 11: ממצאי מחקרים נבחרים המכמתים תועלת בעקבות בניית משרדים ירוקים (המשך)

שם מחקר	שם חוקר	שנה	תועלת (% שיפור בתפוקה/ ירידה בימי מחלה)	פירוט
<b>Indoor Environment Quality and Occupant Productivity</b>	Paevere & Brown	2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ עלייה של למעלה מ-10% בתפוקה כללית</li> <li>▪ ירידה של 2% בהיקף התסמינים הבריאותיים השליליים</li> <li>▪ 75% מהעובדים שבעי רצון מתפוקתם לאחר המעבר לעומת 39% טרום המעבר</li> </ul>	סקר לאחר אכלוס בבניין מועצת העיר של מלבורן, אוסטרליה
<b>הטמעת עקרונות לבנייה ירוקה ותכנון בר-קיימא במרכזי הדיור הממשלתי</b>	פארטו הנדסה (ברמן ואחרים)	2008	שיפור בתפוקת עובדים כללית בין 6%–10% ברוב המוחלט של המיזמים שנחקרו לצורך עבודה זו. מתוך רצון להימנע מהערכת יתר, נבחר ערך שיפור זניח של 3%	מחקר עבור מנהל נכסי הדיור הממשלתי כמו כן, חישוב תזרים התועלת הישירה מצא שיעור תשואה פנימי (IRR) של 63% לשנה, ערך נקי נוכחי (NPV) של 369,000 ₪ ותקופת החזר על ההשקעה הנוספת של 1.7 שנים בלבד
<b>Green Buildings and Productivity</b>	Miller et al.	2009	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ירידה של 2.88 ימי מחלה בשנה (מתוך 250 ימי עבודה)</li> <li>▪ עלייה בפריון בשווי של 1,228 דולר בשנה (נגזרת של שכר שנתי ממוצע של 106,644 דולר. שווה ערך ל-5 דולר ל-250 רגל רבוע לעובד בשנה)</li> </ul>	מחקר על 154 מבני משרדים ירוקים המשמשים מעל 2,000 עובדים. מצוין כי טמפרטורה אידיאלית היא 22 מעלות צלזיוס. בטמפרטורה של 30 מעלות ישנה ירידה של 9% בתפוקה

## טבלה 11: ממצאי מחקרים נבחרים המכמתים תועלת בעקבות בניית משרדים ירוקים (המשך)

שם מחקר	שם חוקר	שנה	תועלת (% שיפור בתפוקה/ ירידה בימי מחלה)	פירוט
<b>The Business Case for Green Buildings</b>	Yudelson	2009	ירידה בתסמינים בריאותיים של 41.5%. עלייה בתפוקה של 5%-1% מעלויות העובדים (עלייה חציונית של 3.2% על בסיס 11 מחקרים)	מבוסס על הערכת שכר ממוצע של 3,550–5,400 דולר למ"ר (50,000 דולר שכר שנתי ו-100–150 רגל רבוע לאדם) כמו כן, שיפור של 18% בחיסכון באנרגיה
<b>כדאיות כלכלית של בנייה ירוקה: בחינת עלויות ותועלות בבנייה ירוקה במיזמים שהוסמכו לפי LEED</b>	ליאור	2011	13.5%–87% – רמת ההשפעה החיובית של מבנה ירוק על תחושת הבריאות והרווחה  כדאיות ההשקעה: פרמיה ירוקה של 2% בממוצע היא בעלת החזר של פי 4 ברמת המבנה הבודד ועד פי 20 ברמה מערכתית	ההשפעה נמדדת בתפוקתם של המשתמשים במבנה (מהירות הדפסה ועריכה, הבנת הנקרא, חשיבה יצירתית, נוכחות) לצד צמצום עלויות טיפול בתסמונת הבניין החולה (עלות טיפול בתסמיני אסתמה ומחלות חורף, עלות ימי היעדרות מעבודה, צמצום עלויות ביטוח)
<b>The Impact of a Green Building on Employees' Physical and Psychological Wellbeing</b>	Thatcher and Milner	2012	לא היה שיפור מובהק בעקבות המעבר למבנה ירוק	המחקר כלל שני סקרים שנערכו בקרב העובדים: האחד לפני מעבר למבנה ירוק והשני שישה חודשים לאחר המעבר

טבלה 11: ממצאי מחקרים נבחרים המכמתים תועלת בעקבות בניית משרדים ירוקים (המשך)

שם מחקר	שם חוקר	שנה	תועלת (% שיפור בתפוקה/ ירידה בימי מחלה)	פירוט
<b>Changes in Productivity and Wellbeing from Working in a Green Building</b>	Thatcher and Milner	2014	הגדלת תפוקה ב-15%, צמצום היעדרות ושיפור רמת שביעות הרצון של המשתמשים במבנה	סקירת עשרות מחקרים, למשל: Romm, 1994; Heerwagen, 2002 על הגדלת תפוקה, ו- Sustainability Victoria, 2011 על שביעות רצון
<b>How to Measure the ROI of LEED</b>	Studney	2012	פירוט לפי אחוזים ויחוס של המרכיב בסביבה פנים-מבנית: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 18% בזכות תאורת יום (נוסף על 13% בתפקוד מנטלי ובזיכרון)</li> <li>▪ 1%-9% בזכות אוורור מוגבר</li> <li>▪ 3%-11% בזכות שליטה אישית בבקרה תרמית</li> </ul>	עלייה בתפוקה בעקבות שליטה טובה על התאורה, האוורור והאקלום  המחקר מציין כי עלות מחלות הקשורות למבנים היא 60 מיליארד דולר בשנה
<b>The Business Case for Green Building</b>	World Green Building Council	2013	פירוט עלייה בתפוקת עובדים כללית: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 18% בזכות תאורת יום טבעית</li> <li>▪ 23% בזכות שליטה בתאורה</li> <li>▪ 11% בזכות אוורור</li> <li>▪ 3% בזכות בקרת שליטה אישית בטמפרטורה</li> <li>▪ הפחתת תסמונת המבנה החולה בטווח שבין 70%- 85%</li> </ul> <p>כמו כן, אחד המחקרים שנסקרו מציין כי בזכות קשר אל החוץ חלו עלייה של 10%-26% בתפקוד מנטלי וזיכרון והגברת קצב קבלת שיחות במוקדים טלפוניים ב-6%-12%</p>	כמו כן, תועלת ישירה בזכות בנייה ירוקה:  מחיר מכירה עד 30% יותר למבנה ירוק על פני מסורת. שכ"ד גבוה בעד 25% יותר. שיעור תפוסה של עד 23.1% יותר  חיסכון בעלויות אנרגיה של 30%-25% בארה"ב ו-35% 50% בניו זילנד  החיסכון באנרגיה מובהק פחות במבנים קיימים שהוסבו לירוק, אך עדיין משמעותי. יש לציין כי רמות גבוהות יותר של הסמכה מביאות לאחוזים גבוהים יותר מהמצוין בכל היבט

## טבלה 11: ממצאי מחקרים נבחרים המכמתים תועלת בעקבות בניית משרדים ירוקים (המשך)

שם מחקר	שם חוקר	שנה	תועלת (% שיפור בתפוקה/ ירידה בימי מחלה)	פירוט
<b>Health, Wellbeing &amp; Productivity in Offices</b>	World Green Building Council	2014	פירוט עלייה בתפוקת עובדים כללית: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 101% בזכות אורור</li> <li>▪ 5% בזכות בקרת שליטה אישית בטמפרטורה</li> <li>▪ עלייה ב-46 דקות שינה</li> <li>בלילה לעובדים במשרדים עם תאורת יום טבעית</li> <li>▪ 7%–12% בזכות קשר אל החוץ</li> </ul> פירוט ירידה בתפוקת עובדים כללית: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 66% עקב רעשים מטרידים</li> </ul>	מחקר המשך ל-The Business Case for Green Building. הדו"ח סקר עשרות מחקרים שבחנו היבטים שונים של איכות סביבה פנים-מבנית ואת הקשר שלה למידת הבריאות והתפוקה של העובדים פירוט עלויות קיימות שבנייה ירוקה יכולה לצמצם משמעותית: בארה"ב, שיעור היעדרות של 3% לעובד במגזר הפרטי ו-4% בציבורי. עלות למעסיקים: 2,074 ו-2,502 דולר לעובד לשנה בהתאמה בבריטניה, בריאות נפשית ירודה עולה למעסיקים 30 מיליארד ליש"ט בשנה בעקבות אובדן ייצור וגיוס וימי היעדרות באוסטרליה, עלות לעסקים בשל מצב בריאותי והיעדרות – 7 מיליארד דולר בשנה. עלות 26 Presenteeism – מיליארד דולר בשנה

## טבלה 11: ממצאי מחקרים נבחרים המכמתים תועלת בעקבות בניית משרדים ירוקים (המשך)

שם מחקר	שם חוקר	שנה	תועלת (% שיפור בתפוקה/ ירידה בימי מחלה)	פירוט
<b>Cost-Benefit Analysis of Green Buildings: An Israeli Office Buildings Case Study</b>	Gabay et al.	2014	עלייה בתפוקה בטווח שבין 2% ל 20%-	במחקר הונח גידול צנוע של 3%. אפילו בהנחה שמרנית זו, העלייה בפריזון עדיין תרמה ליותר מ-50% מהיתרונות הכלכליים של הבנייה הירוקה
<b>בחינת ההשפעה של בנייה ירוקה על הבריאות והתפוקה של משתמשים במבנה</b>	המועצה הישראלית לבנייה ירוקה	2015	דוגמה לאחד היתרונות שנסקרו: שיפור בתפוקה של עד 39 שעות לעובד בשנה (לפי Singh et al., 2010)	התועלת היא דוגמה אחת העולה מסקירת מחקרים רבים, המופיעים בטבלה זו בנפרד: Thatcher and Milner, 2014; Sustainability Victoria and the Kador Group, 2006; Paevere, 2008 and Brown ועוד
<b>Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers</b>	Allen et al.	2016	השפעת אוורור מוגבר על תפוקה: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ רמות גבוהות פי 2 בתפקוד קוגניטיבי</li> <li>▪ 26% יותר במבחני תפקוד קוגניטיבי</li> <li>▪ 30% פחות סימפטומים של תסמונת הבניין החולה</li> </ul>	הערכה כי עלות הכפלת שיעור האוורור היא עד 40 דולר לאדם בשנה, והיא מביאה לתפוקה של 6,000–7,000 דולר לאדם בשנה

## טבלה 11: ממצאי מחקרים נבחרים המכמתים תועלת בעקבות בניית משרדים ירוקים (המשך)

שם מחקר	שם חוקר	שנה	תועלת (% שיפור בתפוקה/ ירידה בימי מחלה)	פירוט
<b>סקר שביעות רצון לחברת Autodesk</b>	אלפא פרויקטים ירוקים	2016	שביעות רצון גבוהה בקרב 95% מהעובדים. 76% מהעובדים העידו כי יש השפעה חיובית על הבריאות ושביעות הרצון הכללית. פירוט לפי המרכיבים הבאים: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 6.9% בזכות נוחות תרמית</li> <li>▪ 7.3% בזכות בקרת טמפרטורה אישית</li> <li>▪ 0.4% בזכות איכות האוויר</li> <li>▪ 2.7% בזכות תחלופת אוויר</li> <li>▪ 5% בזכות ירידה בלחות</li> <li>▪ 20.8% בזכות תאורה טבעית</li> <li>▪ 18.5% בזכות בקרת תאורה אישית</li> </ul>	סקר שביעות רצון לחברת Autodesk לאחר מעבר למשרד מוסמך LEED פלטינה בבניין רוטשילד 22 בתל-אביב. יש לציין כי רק קומות החברה הזו הן ירוקות, וכי יתר המבנה אינו מוסמך לבנייה ירוקה
<b>Energy Savings, Emission Reductions, and Health co-Benefits of Green Building</b>	MacNaughton .et al	2018	תועלת בנייה ירוקה על אוכלוסיית ארה"ב: הימנעות מ-172–405 מקרי מוות בטרם עת, 171 ימי אשפוז, 11,000 מקרי אסתמה, 54,000 תסמיני מחלות נשימתיות ו-21,000 ימי עבודה	בחינת תועלת של מבנים ירוקים במשך 16 שנים בשש מדינות: ארה"ב, סין, הודו, ברזיל, גרמניה וטורקיה. במדינות המתפתחות, התועלת הרפואית גדולה יותר מפי 10 מתועלת החיסכון באנרגיה
<b>סקר שביעות רצון במגדל אמות אטריום</b>	אלפא פרויקטים ירוקים	2018	שביעות רצון של גבוהה בקרב 87% מהעובדים	סקר שביעות רצון כשלוש שנים לאחר הקמת המבנה. הסקר עדיין בהליכי ביצוע
<b>אמידת השפעת בנייה ירוקה על שביעות רצון העובדים מסביבת העבודה הפיזית</b>	קול	2018	שביעות רצון גבוהה ב-21% במשרד ירוק לעומת רגיל	מסד הנתונים של מחקר זה מבוסס על "סקר עמדות עובדים" של הלמ"ס. נבחנו 675 עובדים ב-11 בניינים שונים (5 ירוקים ו-6 מסורתיים) מתוך הסקר המלא, שמולא על ידי מעל 40 אלף עובדי מדינה

מקור: מרכז מילקן לחדשנות, 2018.

## 2. הרחבה על מחקרים נבחרים

להלן ממצאי מספר מחקרים נבחרים שבחנו את התועלת שעובדים נהנים מהן במבני תעסוקה:

על פי מחקר מקיף בן שלושה שלבים של בית הספר לבריאות הציבור של אוניברסיטת הרווארד בשם "השפעת בנייה ירוקה על תפקוד קוגניטיבי", לסביבת פנים יש משמעות רבות. בשלב הראשון של המחקר, שנעשה בניסוי בתנאי מעבדה, עובדים בתנאי אוורור של משרדים ירוקים הציגו רמות גבוהות פי 2 בתפקוד הקוגניטיבי ביחס לעובדים במשרדים רגילים. הם גם השיגו 26% יותר במבחני תפקוד קוגניטיבי, הציגו 30% פחות סימפטומים של תסמונת הבניין החולה, והיו להם שיעורי ביצוע גבוהים ב-6% בהשוואה לשוהים במבנים מסורתיים. במחקר נבחנה ההשפעה של רמות שונות של אוורור וחשיפה לפחמן דו-חמצני על התפקוד הקוגניטיבי של עובדים בסדרת ניסויים. נבדקו ביצועי קבלת ההחלטות של 24 המשתתפים בעודם עובדים במשרד מבוקר במעבדה למערכות סביבה ואנרגיה. במשך 6 ימים ביצעו המשתתפים את עבודתם הרגילה בעודם נחשפים לתנאים מלאכותיים שונים: תחילה לריכוזים גבוהים באופן מלאכותי של תרכובות אורגניות נדיפות (VOC) ושל פחמן דו-חמצני, ברמות דומות לפליטות הקיימות במשרדים רגילים. בהמשך הורדו הריכוזים לרמות נמוכות, כמו אלו הקיימות במשרדים ירוקים. בסוף כל יום נערכו בדיקות קוגניטיביות למשתתפים, שכללו בדיקת 9 מרכיבים של מדדי תפוקה (בהם תגובה למשבר, קביעת אסטרטגיה, שימוש במידע ועוד). בשלב השני נבדקו 10 מבני תעסוקה קיימים ב-5 ערים בארה"ב (6 ירוקים, כולל בניין Blackstone South המוסמך בתקן LEED פלטינה בדרום הרווארד, ו-4 רגילים). בסקרים שבוצעו נמצא כי לעובדים במבנים ירוקים תפקוד קוגניטיבי גבוה יותר, הם ישנים טוב יותר, ומדווחים פחות על תסמינים בריאותיים ירודים. בשלב השלישי אמורים להיבדק 100 מבנים ירוקים ברחבי העולם במשך שנתיים. שלב זה החל עם 10 מבנים ירוקים בסין. במהלך התקופה ייבחנו 10 עובדים בכל בניין ובמבדקים קוגניטיביים ובאמצעות חיישנים שימוקמו על גופם ושולחן העבודה שלהם. מחקר זה הוא הראשון מסוגו, המנטר מבני תעסוקה ועובדים במשך תקופה ארוכה. להערכת החוקרים, עלות הכפלת שיעור האוורור היא עד 40 דולר לאדם בשנה, בעוד הטבות התפוקה בעקבות ההכפלה נעות בין 6,000 ל-7,000 דולר לאדם בשנה (Allen and Spengler, 2016).

אחד החוקרים המשמעותיים ביותר המכמת יתרונות פוטנציאליים של בריאות ותפוקה מסביבות פנימיות משופרות הוא ויליאם פייסק, ראש המחלקה לאיכות סביבה פנים-מבנית במעבדה הלאומית לורנס ברקלי בארה"ב. פייסק ערך מחקרים מקוריים רבים שאומדים את ההשלכות הכלכליות (עלות ותועלת) של שיפורים באיכות סביבה פנים-מבנית על ארה"ב כולה. ממצאיו מתבססים גם על ניתוחים וסינתזות של מספר רב של מחקרים קודמים. פייסק ושותפיו למחקר חילקו את היתרונות הבריאותיים לארבעה תחומים עיקריים: 1. מחלות נשימה חריפות; 2. אלרגיות ואסתמה; 3. סימפטומים של תסמיני הבניין החולה; 4. תועלת ישירה מעלייה בתפוקה. לפייסק ישנם מחקרים רבים הרלוונטיים למחקר זה, כפי שניתן לראות בהמלצה לקריאה נוספת בהמשך הנספחים.

בשנת 2000, פרסם פייסק מחקר מקיף ומשמעותי בשם: Health and productivity gains from better indoor environments and their relationship with building energy efficiency.<sup>15</sup> לפי מחקר זה, הספרות הקיימת מכילה עדויות רבות להשפעה משמעותית של מאפייני מבנים וסביבות מקורות על שיעורי תחלואה בדרכי הנשימה, על אלרגיות ועל סימפטומים של אסתמה, תסמונת הבניין החולה וביצועי עובדים. במחקר מציון כי הואיל ויש אי-ודאות רבה

<sup>15</sup> [constructiondurable.com/docs/1\\_Etude\\_Bill\\_FISK.pdf](http://constructiondurable.com/docs/1_Etude_Bill_FISK.pdf)



באומדנים של רווחי הפריזון שניתן להשיג על ידי מתן סביבה מקורה טובה יותר, הפערים ברווחים הצפויים גדולים מאוד. להלן הערכת הפוטנציאל כפי שמופיעה במאמרו של פייסק, ובטבלת ממצאי המחקרים:

טבלה 12: Potential Productivity Gain from Improvements in indoor Environments		
Source of Productivity Gain	Potential Annual Health Benefits	Potential U.S. Annual Savings or Productivity Gain (2002 dollars)
1) Reduced respiratory illness	16 to 37 million avoided cases of common cold or influenza	\$7 - \$16 billion
2) Reduced allergies and asthma	8% to 25% decrease in symptoms within 53 million allergy sufferers and 16 million asthmatics	\$1 - \$5 billion
3) Reduced sick building syndrome symptoms	20% to 50% reduction in SBS health symptoms experienced frequently at work by ~15 million workers	\$10 - \$35 billion
4) Sub-total		\$18 - \$56 billion
5) Improved worker performance from changes in thermal environment and lighting	Not applicable	\$25 - \$180 billion
6) Total		\$43 - \$235 billion

נתונים: Fisk, 2000.

מקור: Kats, 2003.

## 2.1 מגדל אמות אטריום כחקר מקרה

מגדל אמות אטריום ברמת גן הוא מבנה המשרדים הירוק ביותר בישראל. המבנה הוא גורד השחקים הראשון בישראל שמוסמך LEED פלטינה – התקן המחמיר ביותר בעולם. המגדל אוכלס בסוף שנת 2015. להלן מפרט טכני קצר של המבנה – שטח: 57,000 מ"ר בנוי מעל הקרקע, 17,000 מ"ר מתחת לקרקע (סך הכול 74,000 מ"ר). גובה: 160 מטר. קומות מעל הקרקע: 40. גובה כל קומה: 3.8 מטר (בחישוב של רצפה-רצפה 4.2 מטר). שטח קומה טיפוסית: כ-1,500 מ"ר.

**בנייה ירוקה במבנה:** במיזם נעשה שימוש נרחב באמצעים מתקדמים לחיסכון באנרגיה, כדוגמת גלאי נפח וגלאי אור יום, וספיקות משתנות של אוויר צח להבטחת עמידה בדרישת המשתמשים. כמו כן, במיזם נעשה שימוש נרחב במחזור מים, וב-12 הקומות הראשונות במבנה משמשים מי מזגנים לצורך הדחת אסלות. אלמנטים נוספים לדוגמה: מעטפת קיר מסך יחידה מסוגה בישראל המורכבת מקיר מסך כפול (Double Skin) המשולב בהצללה פנימית בין הזכוכיות, שמבוקרת במערכת בקרה. המערכת עוקבת אחר תנועת השמש ומונעת את חימום המבנה בקיץ, מונעת סנוור, ומאפשרת החדרת כמות גדולה של אור יום. נוסף על כך, הוטמעו בקיר המסך אלמנטים טכנולוגיים מיוחדים המבטיחים את זרימת האוויר החם בו בהתאם לתנאי האקלים החיצוניים. גרעין המבנה צמוד לצלע הצפונית, ולכן ניתן לעצב את החללים ללא מסדרונות

המנתקים בין חלקי המשרד. ישנה מודעות גבוהה לתקן WELL בקרב מהנדסי המבנה. 15–20 אחוזים מהעובדים במבנה מגיעים אליו באופניים.<sup>16</sup>

**כדאיות כלכלית:** במיזם הושקעו 840 מיליון שקל. עלות קירות מסך כפולים היא 3,200 ש"ח למ"ר, או בערך 72 מיליון ש"ח לכלל המבנה (24,000 מ"ר).<sup>17</sup> מבחינת בנייה ירוקה, העלות המשמעותית ביותר "חבויה" במערכות המעטפת הכפולה והזיגוג הכפול.<sup>18</sup> עם זאת, ההשקעה במבנה ובתקן הבנייה הירוקה החזירה את עצמה. בין השוכרים במבנה ניתן למנות שגרירויות (אירלנד, חוף השנהב), חברות תעופה (KLM, אייר פראנס), חברות נדל"ן (אלקטרה בע"מ, אמות), חברות הייטק (AOL, Taboola) ועוד. חברות בין-לאומיות ושגרירויות רבות חתמו על הסכמי מדיניות של מעבר למגדלים מוסמכי LEED בלבד. כך, הביקוש הביא לשכר דירה של 117 ש"ח למ"ר בממוצע – גבוה משמעותית ממבני משרדים יוקרתיים במשק הישראלי, וגם מהשכירות הממוצעת במתחם הבורסה, העומדת על כ-90 ש"ח למ"ר. שווי המבנה כיום מוערך בכ-1.14 מיליארד ש"ח – רווח של 275 מיליון ש"ח.

### 3. ביבליוגרפיה המופיעה בנספח ובטבלת ממצאי מחקרים

אלפא פרויקטים ירוקים. 2016. סקר שביעות רצון לחברת Autodesk לאחר כניסה למשרד מוסמך בנייה ירוקה.

אלפא פרויקטים ירוקים. 2018. סקר שביעות רצון לעובדי מגדל אמות אטריום לאחר מעבר אליו.

ברמן, י', דפני מ', רייש ר' ואהרוני י'. 2008. הטמעת עקרונות בנייה ירוקה ותכנון בר קיימא במסמך "אפיון הנדסי כללי לעבודות התאמה למבנה בשכירות עבור מינהל נכסי הדיור הממשלתי". ירושלים: פארטו הנדסה.

ליאור, כ'. 2011. כדאיות כלכלית של בנייה ירוקה. בחינת עלויות ותועלות בבנייה ירוקה בפרויקטים שהוסמכו על פי LEED. תל אביב: המועצה הישראלית לבנייה ירוקה.

המועצה הישראלית לבנייה ירוקה. 2015. בחינת ההשפעה של בנייה ירוקה על הבריאות והתפוקה של משתמשים במבני משרדים וחינוך: סקירת ספרות וניתוח מתודולוגיות. תל אביב.

קול, ד'. 2018. אמידת השפעת בנייה ירוקה על שביעות רצון העובדים מסביבת העבודה הפיזית. סמינר במחלקה לכלכלה, האוניברסיטה העברית בירושלים.

### ראיונות:

ריאיון עם שלמה שרף, לשעבר מנכ"ל חברת אלקטרה בע"מ ויו"ר קבוצת עזריאלי, תל אביב, דצמבר 2017.

ריאיון עם שמעון אבודרהם, מהנדס ראשי של חברת אמות, רמת גן, ינואר 2018.

Allen, J.G., MacNaughton P., Satish U., Santanam S., Vallarino J., and Spengler J.D. 2016. "Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures

<sup>16</sup> ריאיון עם שמעון אבודרהם, 2018.

<sup>17</sup> ש.ס.

<sup>18</sup> ריאיון עם שלמה שרף, 2017.

in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments". *Environmental Health Perspectives* 124: 805—812.

Fisk, W.J. 2000. *Health and Productivity Gains from Better Indoor Environments and Their Implications for the U.S. Department of Energy*. pp. 165-201.

Gabay, H., Meir I.A., Schwartz M., and Werzberger E. 2014. "Cost-Benefit Analysis of Green buildings: An Israeli Office Buildings Case Study". *Energy and Buildings* 76: 558—564.

Kats, G. 2003. *The Costs and Financial Benefits of Green Buildings. A Report to California's Sustainable Building Task Force*.

Loftness, V., Hartkopf V., Gurtekin B., Hansen D., and Hitchcock R.J. 2003. *Linking Energy to Health and Productivity in the Built Environment*. Greenbuild Conference 2003. US Green Building Council.

Lucuik, M., Trusty W., Larsson N., and Charatte R. 2005. *A Business Case for Green Building in Canada*. Morrison Hershfield, Ottawa, Canada.

Sustainability Victoria and the Kador Group. 2006. *Employee Productivity in a Sustainable Building: Pre and Post Occupancy Studies in 500 Collins Street*.

MacNaughton P., Cao X., Buonocore J., Cedeno-Laurent J., Spengler J., Bernstein A., and Allen J. 2018. "Energy Savings, Emission Reductions, and Health Co-Benefits of the Green Building Movement". *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology* 28: 307—318.

Miller, N.G., Pogue D., Gough Q.D., and Davis S.M. 2009. Green Buildings and Productivity. *Journal of Sustainable Real Estate* 1 (1): 65—89.

Paevere, P. and Brown S. 2008. "Indoor Environment Quality and Occupant Productivity in the CH2 Building: Post-Occupancy Summary". In *SB08: Proceedings of the 2008 International Scientific Committee World Sustainable Building Conference*; 21—25 Sep 2008. Balnarring, Vic.: ASN Events, pp. 222-229. CSIRO.

Studney, C. 2012. *Financial Benefits of LEED — How to Measure the ROI*. GreenBiz. [www.greenbiz.com/blog/2012/10/04/how-measure-roi-leed](http://www.greenbiz.com/blog/2012/10/04/how-measure-roi-leed) [accessed: March 6, 2018].

Thatcher, A. and Milner K. 2012. "The Impact of a 'Green' Building on Employees' Physical and Psychological Wellbeing". *Work* 41: 3816—3823.

Thatcher, A. and Milner K. 2014. "Changes in Productivity, Psychological Wellbeing and Physical Well-being from Working in a 'Green' Building". *Work* 49 (3): 381—393.

World Green Building Council. 2013. *The Business Case for Green Buildings: A Review of the Costs and Benefits for Developers, Investors and Occupants*.

World Green Building Council. 2014. *Health, Wellbeing and Productivity in Offices: The Next Chapter for Green Building*.

Yudelson, J. 2009. *The Business Case for Green Buildings*. Yudelston Consultants.

#### 4. ביבליוגרפיה לקריאה נוספת

אלעזר, י'. 2013. תחשיב כלכלי לבנייה ירוקה: תועלות ועלויות (בריאות ופריון). המשרד להגנת הסביבה. מסמך פנימי. דניאל, ר', ילניק א', רותם א' ועשת א'. 2016. בחינת כלים מתחום הכלכלה ההתנהגותית ויישומם לקידום בנייה ירוקה בישראל. המועצה הישראלית לבנייה ירוקה, מחלקת מחקר ופיתוח. מספר מחקר במשרד להגנת הסביבה: 145-6-21. לשכת המדען הראשי, המשרד להגנת הסביבה.

המשרד להגנת הסביבה. 2003. החלטת ממשלה מספר 246 לפיתוח בר קיימא בישראל.

פרלמן, א'. 2017. בחינת הגורמים להתנהגות צרכנים בנושא בנייה ירוקה. מספר מחקר במשרד להגנת הסביבה: 145-6-4. לשכת המדען הראשי, המשרד להגנת הסביבה.

Abbaszadeh, S., Zagreus L., Lehrer D., and Huizenga C. 2006. "Occupant Satisfaction with Indoor Environmental Quality in Green Buildings". *Proceedings of Healthy Buildings*. Lisbon, Vol. III, 365—370.

Abdou, A.O., Kholi El.M., and Abdou A.A. 2007. "Correlation between Indoor Environmental Quality and Productivity in Buildings". *Journal of Architectural Engineering* 3: 1—15.

Allen, D., Weeks K., and Moffitt K. 2005. "Turnover Intentions and Voluntary Turnover: The Moderating Roles of Self-Monitoring, Locus of Control, Proactive Personality, and Risk Aversion". *Journal of Applied Psychology* 90 (5): 980—990.

Attaiense, E. and Duca G. 2012. "The Human Component of Sustainability: A Study for Assessing "Human Performances" of Energy Efficient Construction Blocks. *WORK: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation* 41: 2141—2146.

Birt, B. and Newsham G.R. 2009. "Post-Occupancy Evaluation of Energy and Indoor Environment Quality in Green Buildings: A Review". *Third International Conference on Smart and Sustainable Built Environments*, Delft, Netherlands; June 15-19, p. 1—7.

Blyussen, P.M. 2009. *The Indoor Environment Handbook: How to Make Buildings Healthy and Comfortable*. London, UK: Earthscan.

Bluyssen, P.M. 2010. "Towards New Methods and Ways to Create Healthy and Comfortable Buildings".

*Buildings and Environment* 45: 808-818.

Bluyssen, P.M. 2014. *The Healthy Indoor Environment, How to Assess Occupants' Wellbeing in Buildings*. Taylor & Francis.

Bluyssen, P.M., Aries M., and van Dommelen P. 2011. "Perceived

Comfort in Office Buildings: The European HOPE Project", *Building and Environment* 46: 280—288.

Bluyssen, P.M., Janssen S., van den Brink L.H., and de Kluizenaar Y. 2011. "Assessment of Wellbeing in an Office Environment". *Building and Environment* 46: 2632—2640.

Bluyssen, P.M., Oostra M., and Meertins D. 2013. "Understanding the Indoor Environment: How to Assess and Improve Indoor Environmental Quality of People?". *Proceedings of CLIMA 2013: 11th REHVA World Congress & 8th International Conference on IAQVEC "Energy Efficient, Smart and Healthy Buildings"*, Praag, Czech Republic, 16—19 June 2013. Guarant.

Bond, S.A. and Devine, A. 2016. "Certification Matters: Is Green Talk Cheap Talk?". *The Journal of Real Estate Finance and Economics* 52 (2): 117—140.

Boubekri, M., Hull R.B., and Boyer L.L. 1991. "Impact of Window Size and Sunlight Penetration on Office Workers' Mood and Satisfaction: A Novel Way of Assessing Sunlight". *Environment and Behavior* 23 (4): 474—493.

Chegut, A., Eichholtz P., and Kok N. 2013. "Supply, Demand and the Value of Green Buildings". *Urban Studies* 51 (1): 22—43.

Clements-Croome, D. 2006. *Creating the Productive Workplace* (2nd ed.).

USA: Taylor & Francis.

Das, P. and Wiley J.A. 2014. "Determinants of Premia for Energy-Efficient Design in the Office Market". *Journal of Property Research* 31 (1): 64—86.

Das, P., Tidwell A., and Ziobrowski A. 2011. "Dynamics of Green Rentals over Market Cycles: Evidence from Commercial Office Properties in San Francisco and Washington DC". *Journal of Sustainable Real Estate* 3 (1): 1—22.

Dermisi, S. 2009. "Effect of LEED Ratings and Levels on Office Property Assessed and Market Values". *Journal of Sustainable Real Estate* 1 (1): 23—48.

- Devine, A. and Kok N. 2015. "Green Certification and Building Performance: Implications for Tangibles and Intangibles". *The Journal of Portfolio Management*. Special Real Estate Issue: 151—164.
- Eichholtz, P., Kok N., and Quigley J.M. 2009. "Why Companies Rent Green: CSR and the Role of Real Estate". *Academy of Management Proceedings*, 2009 (1): 1—6.
- Eichholtz, P., Kok N., and Quigley J.M. 2009. *Why Do Companies Rent Green? Real Property and Corporate Social Responsibility*. University of California, Berkeley: Institute of Business and Economic Research.
- Evans, G.W. 2003. "The Built Environment and Mental Health". *Journal of Urban Health* 80 (4): 536—555.
- Ewing, R. and Kreutzer R. 2006. *Understanding the Relationship between Public Health and the Built Environment*. Prepared for the LEED-ND Core Committee.
- Fisk, W.J. 2000. "Health and Productivity Gains from Better Indoor Environments and Their Relationship with Building Energy Efficiency". *Annual Review of Energy and the Environment* 25: 537—566.
- Fisk, W.J., Black D., and Brunner G. 2011. "Benefits and Costs of Increasing Ventilation Rates in U.S. Offices". Conference Paper for *Proceedings of Indoor Air 2011, a219 2*.
- Fisk, W.J. and Black D. 2010. "Benefits of Improved IEQ: Better Health and Improved Work Performance". IAQVEC 2010: 7th International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation and Energy Conservation in Buildings.
- Fisk, W.J. 2002. "How IEQ Affects Health, Productivity". *Ashrae Journal* 44: 56—58.
- Frontczak, M. and Wargocki P. 2011. "Literature Survey on How Different Factors Influence Human Comfort in Indoor Environments". *Building and Environment* 46 (4): 922—937.
- Fuerst, F. 2009. "Building Momentum: An Analysis of Investment Trends in LEED and Energy-Star-Certified Properties". *Journal of Retail and Leisure Property* 8 (4): 285—297.
- Fuerst, F., Cajias M., McAllister P., and Nanda A. 2014. "Do Responsible Real Estate Companies Outperform Their Peers?". *International Journal of Strategic Property Management* 18 (1): 11—27.
- Fuerst, F. and McAllister P. 2009. "An Investigation of the Effect of Eco-Labeling on Office Occupancy Rates". *The Journal of Sustainable Real Estate* 1 (1): 49—64.
- Fuerst, F. and McAllister P. 2011. "Eco-Labeling, Rents, Sales Prices and Occupancy Rates: Do LEED and Energy Star Labeled Offices Obtain Multiple Premiums?". *Ecological Economics* 70 (6): 1220—1230.

- Fuerst, F. and McAllister P. 2011. "Green Noise or Green Value? Measuring the Effects of Environmental Certification on Office Values". *Real Estate Economics* 39 (1): 45—69.
- Fuerst, F. and McAllister P. 2011. "The Impact of Energy Performance Certificates on the Rental and Capital Values of Commercial Property Assets". *Energy Policy* 39 (10): 6608—6614.
- Fuerst, F., Wyatt P., and van de Wetering J. 2013. "Is Intrinsic Energy Efficiency Reflected in the Pricing of Office Leases?". *Building Research and Information* 41 (4): 1—11.
- Fuerst, F. and van de Wetering J. 2015. "How Does Environmental Efficiency Impact on the Rents of Commercial Offices in the UK?". *Journal of Property Research* 32 (3): 193—216.
- Ginsberg, G., Kaliner E., and Grotto I. 2016. "Mortality, Hospital Days and Expenditures Attributable to Ambient Air Pollution from Particulate Matter in Israel". *Israel Journal of Health Policy Research* 5 (51). DOI 10.1186/s13584-016-0110-7.
- Grandjean, P. and Bellanger M. 2017. "Calculation of the Disease Burden Associated with Environmental Chemical Exposures: Application of Toxicological Information in Health Economic Estimation". *Environmental Health* 16 (1): 123-137.
- Hardy, G., Woods D., and Wall T. 2003. "The Impact of Psychological Distress on Absence from Work". *Journal of Applied Psychology* 88 (2): 306—314.
- Harrison, D. and Seiler M. 2011. "The Political Economy of Green Office Buildings". *Journal of Property Investment & Finance* 29 (4/5): 551—565.
- Haynes, B. 2007. "An Evaluation of Office Productivity Measurement". *Journal of Corporate Real Estate* 9 (3): 144—155.
- Heerwagen, J. 2000. "Green Buildings, Organizational Success and Occupant Productivity". *Building Research & Information* 28 (5/6): 353—367.
- Heerwagen, J. 2001. "Do Green Buildings Enhance the Wellbeing of Workers?". *Environmental Design + Construction Magazine* 2 (July/August): 24—30.
- Heerwagen, J. 2010. *Healthy Buildings: A Proposal for a Research Initiative on Health and Indoor Environments*. Seattle: University of Washington.
- Heerwagen, J.H. and Zagreus L. 2005. *The Human Factors of Sustainable Building Design: Post Occupancy Evaluation of the Phillip Merrill Environmental Center*. Prepared for Drury Crawly, U.S. Department of Energy.

- Henderson, D.R. 2008. *Present Value*. Concise Encyclopedia of Economics (2nd ed.). Indianapolis: Library of Economics and Liberty.
- Heschong Mahone Group. 1999. *Daylighting in Schools: An Investigation into the Relationship between Daylighting and Human Performance*. Daylighting Initiative: PG&E.
- Heschong Mahone Group. 2003. *Windows and Offices: A Study of Office Worker Performance and the Indoor Environment*. A Technical Report. California Energy Commission.
- Houghton, A., Vittori G., and Guenther R. 2009. "Demystifying First-Cost Green Building Premiums in Healthcare". *Health Environments Research and Design Journal* 2: 10—45.
- Issa, M.H., Rankin J.H., and Christian A.J. 2010. "Canadian Practitioners' Perception of Research Work Investigating the Cost Premiums, Long Term Costs and Health and Productivity Benefits of Green Building". *Building and Environment* 45: 1698—1711.
- Jain, P. and Robinson S. 2018. "Do Large Scale Owners Enjoy Brand-Induced Premiums?". *Journal of Real Estate Portfolio* 24 (1): 35—49.
- Kats, G. 2006. *Greening America's Schools: Costs and Benefits*. Massachusetts: Capital E.
- Kats, G., James M., Apfelbaum S., Darden T., Farr D., and Fox R. 2008. *Greening Buildings and Communities: Costs and Benefits*. Massachusetts: Capital E.
- Kok, N., Miller N., and Morris P. 2012. "The Economics of Green Retrofits". *Journal of Sustainable Real Estate* 4: 4—22.
- Lan, L., Lian Z., and Pan L. 2010. "The effects of air temperature on office workers' well-being, workload and productivity-evaluated with subjective ratings". *Applied Ergonomics* 42 (1): 29—36.
- Langdon, D. 2007. *Cost of Green Revisited*. The David Langdon Knowledgebase.
- McGrath, K.M. 2013. "The Effects of Eco-Certification on Office Properties: A Cap Rates-Based Analysis". *Journal of Property Research* 30 (4): 345—365.
- Miller N., Spivey J., and Florance A. 2008. "Does Green Pay Off?". *Journal of Real Estate Portfolio Management* 12 (1): 1—12.
- Miller N., Pogue D., and Saville J. 2011. "The Operations and Management of Green Buildings in the United States". *Journal of Sustainable Real Estate* 2 (1): 51—66.



- Milton, D., Glencross P., and Walters M. 2000. "Risk of Sick Leave Associated with Outdoor Air Supply Rate, Humidification, and Occupant Complaints". *Indoor Air* 10 (4): 212—221.
- Newman, P., Hargroves K., Desha C., Hall S., Sparks D., Matan A., Blustein S., Dutta K., Hafteh G., Davies T., Salter R., and Duncan W.D. 2012. *Greening Buildings: How Can the Performance of Existing Commercial Buildings Be Improved?* Sustainable Built Environment National Research Centre.
- Newsham, G., Birt B., Arsenault C., Thompson L., Veitch J., Mancini S., Galasiu A., Gover B., Macdonald I., and Burns G. 2012. *Do Green Buildings Outperform Conventional Buildings? Indoor Environment and Energy Performance in North American Offices*. National Research Council Canada RR-329.
- Northridge, M.E., Sclar E.D., and Biswas P. 2003. "Sorting Out the Connections between the Built Environment and Health: A Conceptual Framework for Navigating Pathways and Planning Healthy Cities". *Journal of Urban Health* 80 (4): 556—568.
- Nurul Zahirah, M.A. and Zainul Abidin N. 2012. "Main Elements of Soft Cost in Green Buildings". *International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering* 6 (12): 3601—3606.
- Olli, S. and Fisk W.J. 2004. "A model to estimate the cost-effectiveness of improving office work through indoor environmental control". *ASHRAE Transactions*, 2005, Vol. 111 Issue 2, pp. 663-672.
- Olli, S. and Fisk W.J. 2004. "Summary of Human Responses to Ventilation Performance and Cost of Particle Air Filtration Techniques". *Indoor Air* 14 (7): 102—118.
- Olli, S. and Fisk W.J. 2006. "Some Quantitative Relations Between Indoor Environmental Quality and Work Performance or Health". *HVAC&R Research* 12 (4): 953—973.
- Olli, S., Fisk W.J., and Quanhong, L. 2006. "Room Temperature and Productivity in Office Work". *Proceedings of Healthy Buildings 2006 Conference*.
- Onyeizu, E. and Byrd H. 2013. "Do Green Buildings IEQ Improve Productivity"? *Cutting Edge in Architectural Science: Proceedings of the 47th International Conference of the Architectural Science Association* 13-16 November 2013, Hong Kong.
- Pivo, G. and Fisher J.D. 2010. "Income, Value, and Returns in Socially Responsible Office Properties". *Journal of Real Estate Research* 32 (3): 243—270.
- Pivo, G. and Fisher J.D. 2011. "The Walkability Premium in Commercial Real Estate Investments" *Real Estate Economics* 39 (2): 185—219.

- Reichardt, A. 2014. "Operating Expenses and the Rent Premium of Energy Star and LEED Certified Buildings in the Central and Eastern U.S.". *Journal of Real Estate and Financial Economics* 49: 413—433.
- Reichardt, A., Fuerst F., Rottke N., and Zietz N. 2012. "Sustainable Building Certification and the Rent Premium: A Panel Data Approach". *Journal of Real Estate Research* 34 (1): 99—126.
- Robinson, S. and McAllister P. 2015. "Heterogeneous Price Premiums in Sustainable Real Estate? An Investigation of the Relation between Value and Price Premiums". *Journal of Sustainable Real Estate* 7 (1): 1—20.
- Robinson, S. and Sanderford A.R. 2016. "Green Buildings: Similar to Other Premium Buildings?". *Journal of Real Estate and Financial Economics* 52 (2): 99—116.
- Robinson, S., Simons R.A., and Lee E. 2017. "Which Green Office Building Features Do Tenants Pay for? A Study of Observed Rental Effects". *Journal of Real Estate Research* 39 (4): 467—492.
- Robinson, S., Simons R., Lee E., and Kern A. 2016. "Demand for Green Buildings: Office Tenants' Stated Willingness-to-Pay for Green Features". *Journal of Real Estate Research* 38 (3): 423—452.
- Schweitzer, M., Gilpin L, and Frampton S. 2004. "Healing Spaces: Elements of Environmental Design that Make an Impact on Health". *Journal of Alternative and Complementary Medicine* 10 (S1): S71—S83.
- Seppänen, O., Fisk W.J., and Lei Q.H. 2006. "Ventilation and Performance in Office Work". *Indoor Air Journal* 16 (1): 28—36.
- Simons, R.A., Robinson S., and Lee E. 2014. "Green Office Buildings: A Qualitative Exploration of Green Office Buildings Attributes". *Journal of Sustainable Real Estate* 6 (2): 211—232.
- Steemers, K. and Manchanda S. 2010. "Energy Efficient Design and Occupant Well-Being: Case Studies in the UK and India". *Building and Environment* 45 (2): 270—278.
- Szumilo, N. and Fuerst F. 2015. "Who Captures the "Green Value" in the US Office Market?". *Journal of Sustainable Finance & Investment* 5 (1—2): 65—84.
- Terrapin Bright Green LLC. 2012. *The Economics of Biophilia*. [www.terrapinbrightgreen.com/blog/2015/10/economics-of-biophilia-relaunched](http://www.terrapinbrightgreen.com/blog/2015/10/economics-of-biophilia-relaunched) [accessed: June 2, 2018].
- Thomas, L.E. 2010. "Evaluating Design Strategies, Performance and Occupant Satisfaction: A Low Carbon Office Refurbishment". *Building Research and Information* 38 (6): 610—624.
- U.S. Green Building Council. 2017. *Benefits of Green Building*.

Von Weizsäcker, E., Hargroves K., Smith M., Desha C., and Stasinopoulos P. 2009. *Factor 5: Transforming the Global Economy through 80% Increase in Resource Productivity*. UK: Earthscan.

Wargocki, P., Wyon D.P., Baik Y.B., Clausen G., and Fanger P.O. 1999. "Perceived Air Quality, Sick Building Syndrome (SBS) Symptoms and Productivity in an Office with Two Different Pollution Loads". *Indoor Air* 9: 165—179.

Wiley, J.A., Benefield J.D., and Johnson K.H. 2010. "Green Design and the Market for Commercial Office Space". *Journal of Real Estate Finance and Economics* 41: 228—243.

Wilkinson, P. 2012. "Symposium: Towards Optimum Building Performance: Energy Conservation vs. Indoor Environment Quality". *Presentation to 10th International Healthy Buildings Conference*, 8—12 July, Brisbane, Australia.

Wyon, D.P. 2000. "Enhancing Productivity while Reducing Energy Use in Buildings". *Key Issues That Will Shape Our Energy Future: Analyses and Papers Prepared for the E-Vision 2000 Conference*, October 11—13, Washington, USA: E-Vision 2000. Pp. 233—257.

## ביבליוגרפיה

- אינטר ישראל. 2018. סקירת שוק המשרדים במחצית השנייה של שנת 2017. [www.inter-israel.co.il/files/internews/internewshebrew/INTERnews\\_H2\\_2017.pdf](http://www.inter-israel.co.il/files/internews/internewshebrew/INTERnews_H2_2017.pdf) [נצפה ב-25 במאי, 2018].
- אלפא פרויקטים ירוקים. 2016. סקר שביעות רצון לחברת Autodesk לאחר כניסה למשרד מוסמך בנייה ירוקה.
- אלפא פרויקטים ירוקים. 2018. סקר שביעות רצון לעובדי מגדל אמות אטריום לאחר מעבר אליו.
- ארן, מ', בן-עזרא ע' וצ'אפל ע'. 2014. ביצוע החלטת ממשלה בנושא ממשלה ירוקה – ייעול התפעול של משרדי ממשלה. ירושלים: המשרד להגנת הסביבה.
- בן דוד, ד'. 2013. פרויקט העבודה בישראל. דוח מצב המדינה – חברה, כלכלה ומדיניות 2013. עמ' 89–108.
- בן חור, מ'. 2016. השוואת כלי מדידה לבנייה ירוקה: ת"י 5281 (2011) ו-LEED NC v-2009. על בסיס מקרה בוחן: בניין בית הספר ללימודי הסביבה ע"ש פורטר, אוניברסיטת תל-אביב.
- בס ספקטור, ש'. 2011. איכות אוויר תוך מבני ו"תסמונת הבניין החולה". ירושלים: מרכז המידע של הכנסת.
- ברמן, י', דפני מ', רייש ר' ואהרוני י'. 2008. הטמעת עקרונות בנייה ירוקה ותכנון בר קיימא במסמך "אפיון הנדסי כללי לעבודות התאמה למבנה בשכירות עבור מינהל נכסי הדיור הממשלתי". ירושלים: פארטו הנדסה.
- בן-שחר, ד', ארבל י' וורסנו נ'. 2017. דיור ירוק לעומת קונבנציונלי: זמן עד למכירה ומוכנות לשלם. מוגש למדען הראשי במשרד להגנת הסביבה.
- גבע, א'. 2015. מדוע פרויקט העבודה בישראל נמוך בהשוואה למדינות המפותחות? ירושלים: אגף הכלכלה במשרד האוצר.
- ילינק א', שוץ ק' וביילר ר'. 2015. חסמים, פתרונות והזדמנויות בפיתוח שוק החומרים והמוצרים הירוקים לבנייה בישראל. תל אביב: המועצה הישראלית לבנייה ירוקה.
- ישראלי, ת'. 2011. בנייה ירוקה בישראל – התועלת מאימוץ מחייב של תקינה ירוקה בבנייה חדשה למגורים. ירושלים: קורת – מכון מילקן.
- כנסת ישראל. 2017. ישראל בתחתית הרשימה העולמית באחוזי בנייה ירוקה. דוח ועדת המדע והטכנולוגיה. [#http://main.knesset.gov.il/Activity/committees/Science/News/Pages/mada6317.aspx](http://main.knesset.gov.il/Activity/committees/Science/News/Pages/mada6317.aspx) [נצפה ב-21 בנובמבר, 2017].
- כרמון, ע'. 2015. פיתוח כלים פיננסיים לקידום בנייה ירוקה למגורים בישראל. ירושלים: קורת – מכון מילקן.
- לב-ציון נדן, נ' וקוט ח'. 2016. כלי מדיניות לקידום שיפוץ ירוק בסקטור המסחרי והמשרדים הפרטיים בישראל. מספר מחקר במשרד להגנת הסביבה: 6-6-145. ירושלים: לשכת המדען הראשי, המשרד להגנת הסביבה.
- ליאור, כ'. 2011. כדאיות כלכלית של בנייה ירוקה. בחינת עלויות ותועלות בבנייה ירוקה בפרויקטים שהוסמכו על פי LEED. תל אביב: המועצה הישראלית לבנייה ירוקה.

- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. 2017. השנתון הסטטיסטי לישראל. טבלה 22.6 – שטח בנייה לפי ייעוד). ירושלים. המוסד לבטיחות וגיהות. 2009. בטיחות וגיהות בעבודה ומשרדים. המועצה הישראלית לבנייה ירוקה. [ilgbc.org](http://ilgbc.org).
- המועצה הישראלית לבנייה ירוקה. 2010. תמריצים וכלי מדיניות להטמעת בנייה ירוקה בישראל. תל אביב. המועצה הישראלית לבנייה ירוקה. 2014. עלויות ותועלות של בנייה ירוקה בישראל ובעולם. תל אביב. המועצה הישראלית לבנייה ירוקה. 2015א'. בחינת ההשפעה של בנייה ירוקה על הבריאות והתפוקה של משתמשים במבני משרדים וחינוך: סקירת ספרות וניתוח מתודולוגיות. תל אביב. המועצה הישראלית לבנייה ירוקה. 2015ב'. הטמעת בנייה ירוקה בישראל. תל אביב. מכון התקנים הישראלי. 2011. בנייה בת קיימה (בנייה ירוקה): דרישות כלליות. תל-אביב: מכון התקנים הישראלי. המשרד להגנת הסביבה. 2013. החלטת ממשלה מספר 1806 קידום בנייה ירוקה בישראל. ירושלים. [www.sviva.gov.il/subjectsEnv/GreenBuilding/Pages/Gov-1806-GreenBuilding.aspx](http://www.sviva.gov.il/subjectsEnv/GreenBuilding/Pages/Gov-1806-GreenBuilding.aspx) [נצפה ב-22 בנובמבר, 2017].
- משרד התמ"ת. 2013. היעדרויות הורים מהעבודה בשל מחלות הילדים. ירושלים. נציבות שירות המדינה. 2015. מסמך מדיניות בנושא היעדרויות עובדים. ירושלים. פרדו, א'. 2013. "איכות סביבה פנים-מבנית, היבט הגיהות לעומת היבט הציבור הרחב". בטאון בטיחות 341: 9-11. המוסד לבטיחות וגיהות. צוקר, ט'. 2013. סקירת ענף המשרדים בצפון ובמרכז מטרופולין תל-אביב. דוח עבור חברת צ'מנסקי בן-שחר ושות'. קוט, ח' וכ"ץ ד'. 2013. עלויות בנייה ירוקה בבנייני מגורים בישראל. המועצה הישראלית לבנייה ירוקה. תל אביב. קוט, ח' ונתניאל י'. 2014. עלויות וחיסכון של בנייה ירוקה במבני משרדים בישראל. תל אביב: המועצה הישראלית לבנייה ירוקה. קול, ד'. 2018. אמידת השפעת בנייה ירוקה על שביעות רצון העובדים מסביבת העבודה הפיזית. סמינר במחלקה לכלכלה, האוניברסיטה העברית בירושלים. שוץ, ק'. 2014. מבוא לתקן 5281 לבנייה בת קיימה. תל אביב: המועצה הישראלית לבנייה ירוקה. שוורץ, א' וצדיק ע'. 2015. פריון העבודה בישראל ובמדינות המפותחות והגורמים המשפיעים עליו. ירושלים: מרכז המידע של הכנסת.

Allen, J.G., MacNaughton P., Satish U., Santanam S., Vallarino J., and Spengler J.D. 2016. "Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments". *Environmental Health Perspectives* 124: 805—812.

- Almeida, R.M.S.F., de Freitas V.P., and Delgado J.M.P.Q. 2015. School Buildings Rehabilitation - Indoor Environmental Quality and Enclosure Optimization. Pp 5-17.
- Center for the Built Environment, UC Berkeley. The Impact of Ventilation on Productivity. [www.cbe.berkeley.edu/research/briefs-ventilation.htm](http://www.cbe.berkeley.edu/research/briefs-ventilation.htm) [accessed: January 24, 2018].
- Chegut, A., Eichholtz P., and Kok N. 2010. *The Value of Green Buildings: New Evidence from the United Kingdom*. Presented at the 2010 International AREUEA Meeting.
- Chegut, A., Eichholtz P., and Kok N. 2015. "The Price of Innovation: An Analysis of the Marginal Cost of Green Buildings". *Center for Real Estate MIT Working Paper Series*.
- Eichholtz, P., Kok N, and Quigley J.M. 2009. "Doing Well by Doing Good? Green Office Buildings". *American Economic Review* 100: 2494-2511.
- Eichholtz, P., Kok N., and Quigley J.M. 2010. "The Economics of Green Buildings". *Program on Housing and Urban Policy Working Paper W10-003*. University of California, Berkeley.
- EPA. 1991. *Indoor Air Fact no. 4. Sick Building Syndrome*.
- Fisk, W.J. 2000. "Health and Productivity Gains from Better Indoor Environments and Their Relationship with Building Energy Efficiency". *Annual Review of Energy and the Environment* 25: 537—566.
- Fisk, W.J., Black D., and Brunner G. 2011. "Benefits and Costs of Improved IEQ in U.S. Offices". *Indoor Air* 21: 357—367.
- Fisk, W.J. and Rosenfeld A.H. 1997. "Estimates of Improved Productivity and Health from Better Indoor Environments". *Indoor Air* 7: 158—172.
- Gabay, H., Meir I.A., Schwartz M., and Werzberger E. 2014. "Cost-Benefit Analysis of Green buildings: An Israeli Office Buildings Case Study". *Energy and Buildings* 76: 558—564.
- Heerwagen, J. 2002. "Sustainable Design Can Be an Asset to the Bottom Line". *Environmental Design and Construction* 5(4): 35.
- Issa, M.H., Rankin J.H., Attalla M., and Christian A.J. 2011. "Absenteeism, Performance and Occupant Satisfaction with the Indoor Environment of Green Toronto Schools". *Indoor Built Environment* 20(5): 511—523.
- Kamaruzzaman, S.N. and Sabrani N.A. 2011. "The Effect of Indoor Air Quality (IAQ) Towards Occupants' Psychological Performance in Office Buildings". *Journal Design + Built* 4: 49—61.

- Kats, G. 2003. *The Costs and Financial Benefits of Green Buildings. A Report to California's Sustainable Building Task Force.*
- Kats, G. 2014. *The Costs and Financial Benefits of Green Buildings — presentation for the Israeli Ministry of Environmental Protection.*
- Kats, G., James M., Apfelbaum S., Darden T., Farr D., and Fox R. 2008. *Greening Buildings and Communities: Costs and Benefits.* Massachusetts: Capital E.
- Langdon, D. 2007. *The Cost and Benefit of Achieving Green Buildings.* Info Data Report: Davis Langdon Management Consulting.
- Langdon, D. 2004. *Costing Green: A Comprehensive Cost Database and Budgeting Methodology.* U.S. Green Building Council: The David Langdon Knowledgebase.
- Lockwood, C. 2007. "The Green Quotient: Q&A with Brenna" S. Walraven. *Urban Land* 66: 118—119.
- Loftness, V., Hartkopf V., Gurtekin B., Hansen D., and Hitchcock R.J. 2003. *Linking Energy to Health and Productivity in the Built Environment.* Greenbuild Conference 2003. US Green Building Council.
- Lucuik, M., Trusty W., Larsson N., and Charatte R. 2005. *A Business Case for Green Building in Canada, Morrison Hershfield, Ottawa, Canada.*
- MacNaughton, P., Cao X., Buonocore J., Cedeno-Laurent J., Spengler J., Bernstein A., and Allen J. 2018. "Energy Savings, Emission Reductions, and Health Co-Benefits of the Green Building Movement". *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology* 28: 307—318.
- Mapp, C., Nobe C., and Dunbar B. 2011. *The Cost of LEED — An Analysis of the Construction Costs of LEED and Non-LEED Banks.*
- McGrow-Hill Construction. 2013. *World Green Building Trends: Business Benefits Driving New and Retrofit Market Opportunities in Over 60 Countries.* Bedford: McGraw-Hill Construction.
- Miller, N., Pogue D., Gough Q., and Davis S. 2009. "Green Buildings and Productivity". *Journal of Sustainable Real Estate* 1 (1): 65—90.
- OECD. 2003. *Environmentally Sustainable Buildings, Challenges and Policies.* Paris: OECD.
- Paevere, P. and Brown S. 2008. "Indoor Environment Quality and Occupant Productivity in the CH2 Building: Post-Occupancy Summary". In *SB08: Proceedings of the 2008 International Scientific Committee World Sustainable Building Conference*; 21—25 Sep 2008. Balnarring, Vic.: ASN Events, pp. 222—229. CSIRO.

- Research and Markets. 2015. *Global Green Building Market Outlook 2020*. [www.prnewswire.com/news-releases/global-green-building-market-outlook-2020-300129621.html](http://www.prnewswire.com/news-releases/global-green-building-market-outlook-2020-300129621.html) [accessed: November 5, 2017].
- Romm, J. and Browning W. 1998. *Greening the Building and the Bottom Line: Increasing Productivity through Energy Efficient Design*.
- Singh, A. Syall M., Grady S., and Korkmaz S. 2010. "Effects of Green Buildings on Employee Health and Productivity". *American Journal of Public Health* 100 (9): 1665—1668.
- Studney, C. 2012. *Financial Benefits of LEED — How to Measure the ROI*. GreenBiz. [www.greenbiz.com/blog/2012/10/04/how-measure-roi-leed](http://www.greenbiz.com/blog/2012/10/04/how-measure-roi-leed) [accessed: March 6, 2018].
- Szumilo, N. and Fuerst F. 2013. "The Operating Expense Puzzle US Green Office Buildings". *Journal of Sustainable Real Estate* 5: 86—110.
- Thatcher, A. and Milner K. 2012. "The Impact of a 'Green' Building on Employees' Physical and Psychological Wellbeing". *Work* 41: 3816—3823.
- US EPA Indoor Air Quality. U.S. Environmental Protection Agency. [www.epa.gov/iaq](http://www.epa.gov/iaq) [accessed: March 4, 2018].
- World Green Building Council. 2013. *The Business Case for Green Buildings: A Review of the Costs and Benefits for Developers, Investors and Occupants*.
- World Green Building Council. 2014. *Health, Wellbeing and Productivity in Offices: The Next Chapter for Green Building*.
- World Green Building Council. 2016. *Building the Business Case: Health, Wellbeing and Productivity in Green Offices*.

## ראיונות ותכתובות

- ריאיון עם חן שליטא, מנכ"ל חברת אלפא פרויקטים, חופית, דצמבר 2017.
- ריאיון עם נתן חץ, מנכ"ל חברת אלוני חץ, רמת גן, ינואר 2018.
- ריאיון עם ד"ר רענן רוז, בית הספר לבריאות הציבור באוניברסיטה העברית בירושלים, ירושלים, פברואר 2018.
- תכתובת עם הילה בייניש, מנכ"לית המועצה לבנייה ירוקה, פברואר 2018.



**מכון ירושלים למחקרי מדיניות**  
**מרכז מילקן לחדשנות**  
**רחוב רד"ק 20 ירושלים 9218604**  
**משרד: 02-5630175 (שלוחה 34)**  
**[www.milkeninnovationcenter.org](http://www.milkeninnovationcenter.org)**

