



משרד
הבינוי
והשיכון

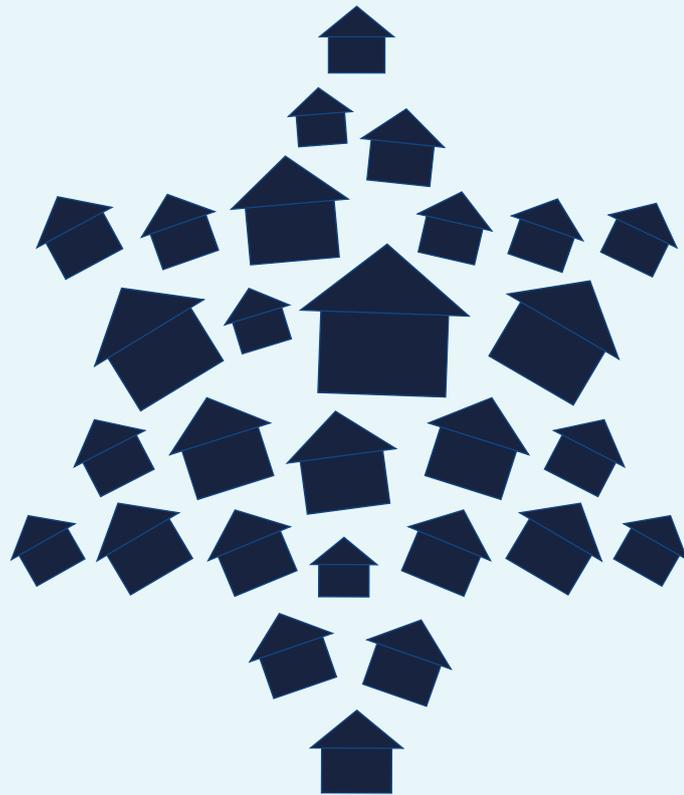


תוכנית אסטרטגית לחדשנות בענף הבנייה

מפת דרכים לשינוי

2025







צוות היגוי והובלה מקצועית:

יהודה מורגנשטרן, מנכ"ל משרד הבינוי והשיכון

עורך ראשי: יוני אופק, מנהל תחום חדשנות ומחקרים, אגף בכיר אסטרטגיה ומדיניות, משרד הבינוי והשיכון

הנחיה מקצועית: מיכל ארן, מנהלת אגף בכיר אסטרטגיה ומדיניות, משרד הבינוי והשיכון

מסמך גובש בשיתוף חברת EY ובהובלתו המקצועית של אדר' רוני דניאל

שותפים מרכזיים בהכנת הדו"ח

אוראל לוי, אגף תכנון מדיניות ואסטרטגיה, משרד הבינוי והשיכון

אריאלה מסבנד, אגף ניתוח כלכלי, משרד הבינוי והשיכון

יהונתן אלעזר, אגף תורת הבנייה ופיתוח הנדסי, משרד הבינוי והשיכון

יהורם אלבז, אגף ניתוח כלכלי, משרד הבינוי והשיכון

חזי שוורצמן, מינהל הבטיחות והבריאות התעסוקתית, משרד העבודה

משה אברהמי, רשות החדשנות

מתן רטנר, מינהל תעשיות, משרד הכלכלה

רן אברהם, אגף א' בנייה ירוקה, תקינה ותיוו, המשרד להגנת הסביבה

רן כהן, מינהל הבטיחות והבריאות התעסוקתית, משרד העבודה

רונית אשל, רשות החדשנות

סלעית לב, רשות החדשנות

בנוסף תודות למשתתפי השולחנות העגולים והראיונות מהמוסדות האקדמאיים, התעשייה, חברות הביצוע, ההנדסה, המתכננים, האדריכלים, והמהנדסים, חברות הסטארטאפ ועוד.

תוכן:

11	הקדמה
16	מיכוי מגמות, טרנדים טכנולוגיים ופתרונות תהליכיים לחדשנות בענף
30	סקירת צעדים לקידום חדשנות במדינות מתקדמות
60	סקטור הבנייה בישראל
68	חסמים ואתגרים לאימוץ חדשנות בענף
75	סל הכלים והפתרונות
109	מהלך אסטרטגי לקידום הפיריון והחדשנות בענף הבנייה

תקציר מנהלים

מסמך זה הוכן בהובלת מנכ"ל משרד הבינוי והשיכון, מר יהודה מורגנשטרן, והוא מציג את האסטרטגיה להתמודדות עם האתגרים המורכבים של ענף הבנייה. משרד הבינוי והשיכון רואה בחדשנות לא רק כלי לשיפור טכנולוגי ולמתן מענה לאתגרי הענף, אלא גישה מערכתית וממשלתית מחייבת על מנת להוביל את כל הענף לשינוי.

ענף הבנייה בישראל מתמודד עם שורה של אתגרים מערכתיים בעלי השפעה ישירה על יכולתו לעמוד ביעדי הדיור והפיתוח הלאומיים. בענף ניכרים אתגרים הנוגעים לפירוי עבודה נמוך, תלות ומחסור בכוח אדם באתרי הבנייה, ביזור גופים רגולטוריים בתחום הבנייה, אשר יחדיו מקשים על מיצוי הפוטנציאל הגלום בו. על אף שקיימות בישראל תשתיות ידע, יזמות וטכנולוגיה מתקדמת, שיעור ההשקעה במו"פ ובהטמעת חדשנות בענף נותר נמוך. מציאות זו מדגישה את הצורך הדחוף בעיצוב מדיניות מקיפה לקידום חדשנות ופירוי עבודה, שתאפשר התמודדות עם האתגרים הקיימים ותנצל את ההזדמנות לשינוי עומק במבנה ובתפקוד של הענף.

אתגרים אלו אינם ייחודיים למדינת ישראל, והם משותפים למדינות ה-OECD המובילות, שחלק ניכר מהן הוביל מהלכים משמעותיים לקידום הפירוי והחדשנות. וביניהם:



■ דיגיטציה של תהליכים ממשלתיים וציבוריים הינה מרכיב מפתח, ומדינות רבות פועלות להטמעת כלים דיגיטליים בתהליכי התכנון, הרישוי והרכש. צעדים אלה כוללים עידוד או חובת השימוש ב-BIM בפרויקטים ממשלתיים, מידת ביצועים דיגיטלית ותעדוף פתרונות דיגיטליים במכרזים.

■ עדכון רגולציה וחקיקה כדי לאפשר אימוץ של טכנולוגיות ושיטות בנייה חדשניות. צעדים אלו כוללים חובת שימוש בכלים דיגיטליים בפרויקטים ציבוריים, הקמת ארגזי חול רגולטוריים (Regulatory Sandboxes) לבחינת טכנולוגיות בשטח, וכן מנגנונים לעדכון תקינה באופן דינמי.

■ מדינות רבות פועלות לקידום תיעוש ענף הבנייה במטרה לשפר את הפירוי, לקצר זמני ביצוע ולשפר את איכות הביצוע. צעדי המדיניות כוללים חיוב רגולטורי לשימוש בבנייה מתועשת בפרויקטים ציבוריים, עידוד ייצור תעשייתי ומתן תמריצים כלכליים לחברות המטמיעות רכיבים מתועשים. לצד זאת, מוקמים מרכזי הדגמה לחשיפת טכנולוגיות מתקדמות ומתועשות, מופעלים קולות קוראים לחדשנות בתחום התיעוש, ומבוצעים שיתופי פעולה לטובת פיתוח שיטות מתקדמות.

■ חיזוק שיתוף הפעולה הרב-מגזרי, מדינות רבות משקיעות בהקמת פלטפורמות לחיבור בין הממשלה, התעשייה והאקדמיה, שמטרתן לייצר יכולות מחקר ופיתוח אפקטיבי דרך שותפויות ציבוריות-פרטיות לקידום חדשנות.

■ מדינות שונות מעניקות תמריצים ישירים ועקיפים להגדלת השקעות במו"פ בענף. האמצעים כוללים מענקים, החזרי מס, השקעות ותמיכה בפרויקטי הדגמה. מדינות רבות מספקות תמיכה לפרויקטי פיילוט ויזמות באמצעות מסלולי מימון, תחרויות אתגר וקולות קוראים.

■ כלי מרכזי העומד לרשות המדינות הינו אינטגרציה של מרכיב החדשנות במכרזים, כמו גם מתן העדפה לפרויקטים חדשניים במכרזים ציבוריים, יצירת מכרזי מסגרת לבנייה מתועשת מודולרית וכו'.

■ ההון האנושי הוא מרכיב יסוד לשינוי ושיפור, וכתוצאה מכך מדינות מקדמות הכשרות מקצועיות, התאמת תוכניות לימודים ותמיכה בהתמקצעות כחלק מן מהצעדים המובילים לפיתוח ההון האנושי. בנוסף, מוקמים אתרי הדגמה (Beta Sites) בהם ניתן להטמיע טכנולוגיות בתנאי אמת ולבצע חשיפה מבוקרת לטכנולוגיות ומוצרי בנייה חדשים.

להבדיל ממדינות אלו, ישראל נמצאת בעיצומם של תהליכים משמעותיים: קצב גידול אוכלוסין גבוה, עיור מואץ ועמה גידול משמעותי בצפיפות האוכלוסין והתרחבות צרכי הדיור והתשתיות. אתגרים אלה מחייבים מתן מענה בענף הבנייה למימוש צרכי הדיור והתשתיות באופן בר-קיימא מהיר ואיכותי. עם זאת, רמת פירוי העבודה בענף הבנייה נמוכה ביחס ליתר ענפי המשק בישראל וישנה תלות גבוהה בכוח אדם לצורך ביצוע עבודות הבנייה. מנגד, ישראל מחזיקה בפוטנציאל ייחודי למובילות חדשנית בענף, המתבסס על יכולות טכנולוגיות מתקדמות, אקוסיסטם יזמות פעיל וניסיון מוכח בהובלת טרנספורמציה בענפי תעשייה אחרים.



את החסמים לאימוץ חדשנות בענף ניתן לסכם בקטגוריות הבאות:

א. חסמים כלכליים:

רמת השקעה נמוכה במחקר ופיתוח, השקעות ראשוניות בהקמת מפעלים או בהטמעת טכנולוגיות, עלויות שינוע, קושי בגיוס הון להשקעות בחברות טכנולוגיה, היעדר מנגנוני תמרוץ, ועוד.

ב. רגולציה ותקינה:

ביזור אחראיות וסמכויות של הרגולציה בקרב מספר גופים רגולטוריים, תקינה מקומית, מרשמית באופייה, אשר מציבה מורכבות להטמעת טכנולוגיות חדשניות.

ג. מכרזים והתקשרויות:

מכרזים והסכמי התקשרויות מבוססי מחיק, ללא דרישות ייעודיות לשימוש והטמעה טכנולוגיות חדשניות.

ד. חסמים תרבותיים וארגוניים:

שמרנות כללית והיעדר תרבות של למידה, תיעוד ושימור ידע.

ה. כוח אדם ומיומנויות:

תחלופה גבוהה בכוח העבודה, חוסר במיומנויות טכנולוגיות, הכשרה ייחודית הנדרשת להטמעה בישראל, הענף נתפס כלא אטרקטיבי לדור הצעיר.

ו. שיתוף ידע ומידע:

היעדר שיתוף פעולה בין האקדמיה לתעשייה, חוסר מנגנוני הפצה של ידע טכנולוגי ומיעוט שימוש במערכות נתונים – פוגעים בלמידה, בהערכה ובשיפור של פתרונות.

ז. הטמעת דיגיטציה:

פערי מיומנויות, התנגדות לעבודה עם מערכות דיגיטליות, קושי באינטגרציה ועלויות תחזוקה גבוהות מקשים על שילוב מערכות דיגיטליות בכלל ו-BIM בפרט.

ח. תהליכי הטמעה של טכנולוגיות:

פערים בין סטארטאפים לקבלנים, קשיים במעבר מפיילוט לשימוש רחב, היעדר תמיכה בהכשרה והטמעה בשטח, ומחסור בפתרונות עמוקים בשלבי הביצוע – מהווים כולם חסמים קריטיים.

ט. אימוץ תיעוש:

כלכליות שימוש בבנייה מתועשת בהתאם לנפח הבנייה, אתגרים לוגיסטיים, עלויות הקמת מפעלים, ביקושים סדירים לשרשרת האספקה - הם חלק מהאתגרים לעידוד הבנייה המתועשת. כמו כן, קיום חוסר במיומנויות תואמות ותכנון ראשוני שאינו מותאם לתיעוש.

י. סנכרון ותכנון מערכתי:

היעדר מענה מתכלל לקידום חדשנות בענף הבנייה, תשתיות נתונים, ותקצוב יציב וארוך טווח יוצרים פיצול מאמצים וחוסר ודאות בשוק.

לצורך קידום והטמעה אפקטיביים של חדשנות בענף הבנייה, גובשה תוכנית אסטרטגית המשלבת בין מחקר עומק, למידה ממודלים בין-לאומיים וקבלת מידע מהשטח באמצעות סדנאות וראיונות עומק. המתודולוגיה כללה סקירת מדיניות ויוזמות חדשנות ממדינות מובילות, ראיונות פרטניים עם כ-50 גורמים מהתעשייה, האקדמיה והמגזר הציבורי, ושלוש סדנאות חשיבה שבהן השתתפו כ-130 בעלי עניין, בהם יזמים, קבלנים, חברות טכנולוגיה, מתכננים, מהנדסים, נציגים מגופים ציבוריים ועוד. על בסיס ממצאים אלה גובשו פתרונות אופרטיביים, מדדים להערכת הצלחה וצעדים ישימים לקידום החדשנות בענף. התוכנית מבקשת לשמש מסד לעשייה מערכתית שתקדם חדשנות באופן מדוד, ישים ומבוסס נתונים.



על בסיס תהליך זה המסמך מגדיר חזון עבור סקטור הבנייה הישראלי ל-2035:

כוח עבודה חכם וטכנולוגי:

ענף הבנייה יהווה מוקד אטרקטיבי להון אנושי בעל כישורים טכנולוגיים, שייחנה מתנאי וסביבת עבודה בטוחים ומתקדמים טכנולוגית. ענף הבנייה יהיה מולטידיסציפלינרי אשר יתועלו אליו כישורים שונים ממקצועות ההנדסה, המכניקה, המחשבים, הרובוטיקה ועוד.

ענף בנייה חכם ומתקדם:

ענף הבנייה הישראלי יאופיין בפתיחות לחדשנות, בשילוב תיעוש ברמה רוחבית ובפריון ענפי גבוה, שיובילו להתייעלות בתכנון ובביצוע, שיפור בהספק היצע הדיור וקידום תשתיות מתקדמות. בתהליך הביצוע ישולבו טכנולוגיות ומערכות בעלות יכולות אוטונומיות אשר יפחיתו את התלות בכוח אדם, יקצרו את משכי הביצוע וישפרו את איכות הבנייה, הבטיחות באתר והתועלות הסביבתיות.

צמיחה ופריון:

ענף הבנייה יהווה מנוע צמיחה לכלל המשק באמצעות הטמעת שרשרת ערך מתקדמת ויעילה של ייצור, תכנון, בנייה ותחזוקה, קידום, פיתוח והטמעה של כלים ופיתוחים טכנולוגיים בעלי פוטנציאל ייצוא, אשר יובילו להעלאת פריון העבודה הענפי והגדלת התוצר.

חיבוריות וסנכרון:

ענף הבנייה יאופיין בדיגיטציה גבוהה, יהיה מבוסס דאטה בכל שלבי התכנון והבנייה – החל מתהליכי הרישוי והתכנון המוקדמים ועד לתכנון מפורט, ביצוע, ניהול הבנייה ותחזוקה. לצורך פיתוח פתרונות טכנולוגיים והטמעתם, וכן לצורך קידום דור חדש של בעלי תפקידים מוטה טכנולוגיות חדשות, הענף יכלול מנגנונים רבים לשיתופי פעולה בין הגורמים השונים, מן האקדמיה ועד לבנייה בשטח.

ישראל תהיה ערוכה לאתגרי העתיד בבינוי, העומדים לפתחה של מדינה המתקרבת לשנתה ה-100, ותהיה אחת מן המדינות המובילות בחזית הפיתוח הטכנולוגי לבנייה ויישומו בפועל.

חזון זה יתממש באמצעות שילוב צעדי מדיניות בקידום הון אנושי וידע, הקצאות תמריצים ומנגנוני מימון, פיתוח תשתיות תמיכה לדיגיטציה, תיעוש וטכנולוגיות ועיצוב רגולציה מאפשרת.



על מנת לממש חזון זה יש לקדם שוק דינמי, פעיל ועתיר פעילות מאנע חדשנות ומוביל את ענף הבנייה למתקדם ובפריון גבוה. שוק זה יאופיין על-ידי:

קידום ההיצע לחדשנות בבנייה:

יצירת תנאים לצמיחת היצע רחב של פתרונות איכותיים ומותאמי שטח, פתרונות טכנולוגיים, מוצרים חדשניים ושיטות בנייה חדשניות בעלות היתכנות ליישום בתנאים המקומיים בישראל.

עידוד הביקוש לחדשנות בבנייה:

יצירת תנאים לעידוד משתמשים (קבלנים, חברות ביצוע, מתכננים ועוד) לאמץ חדשנות ולהעלות את הביקושים לטכנולוגיות, מוצרים ושיטות חדשניות.

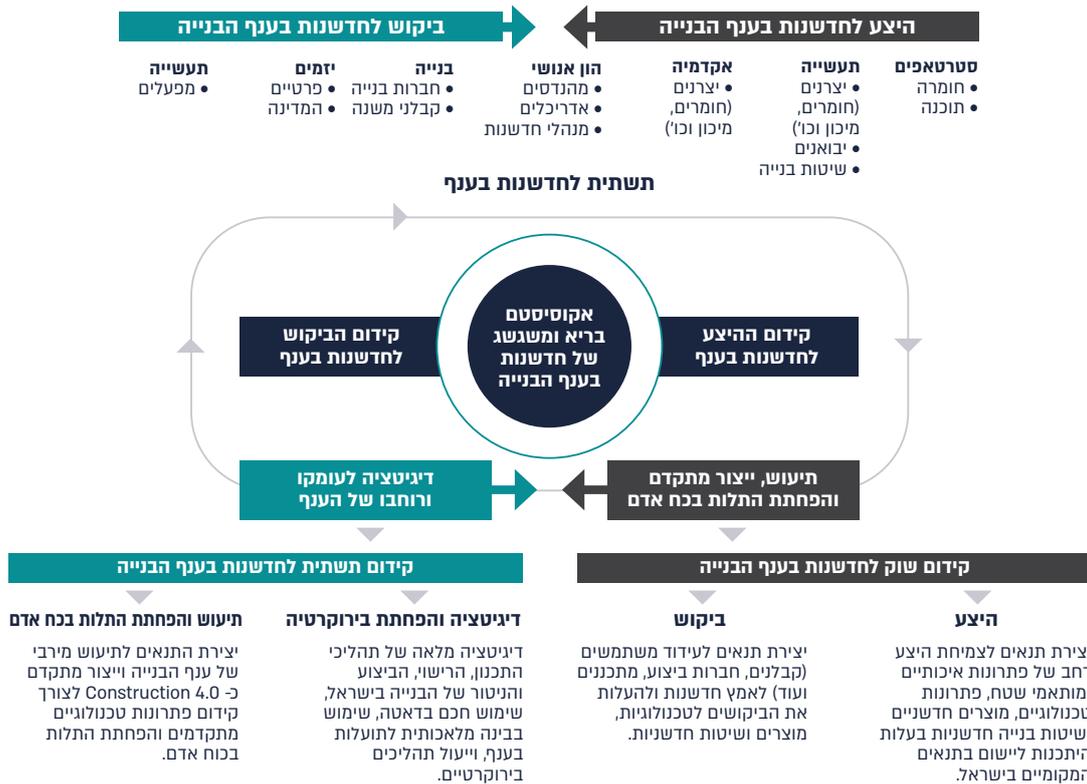
לצד קידום המנגנונים לזרימה בין ההיצע והביקוש לחדשנות בבנייה בישראל, יש לפעול לקידום תשתית לחדשנות בענף הבנייה. תשתית זו מבוססת על:

דיגיטציה לעומק ורוחבו של הענף:

דיגיטציה מלאה של תהליכי התכנון, הרישוי, הביצוע והניטור של הבנייה בישראל, שימוש חכם בדאטה, שימוש בבנייה מלאכותית לתועלות בענף ויעול תהליכים בירוקרטיים.

תיעוש, ייצור מתקדם והפחתת התלות בכוח אדם:

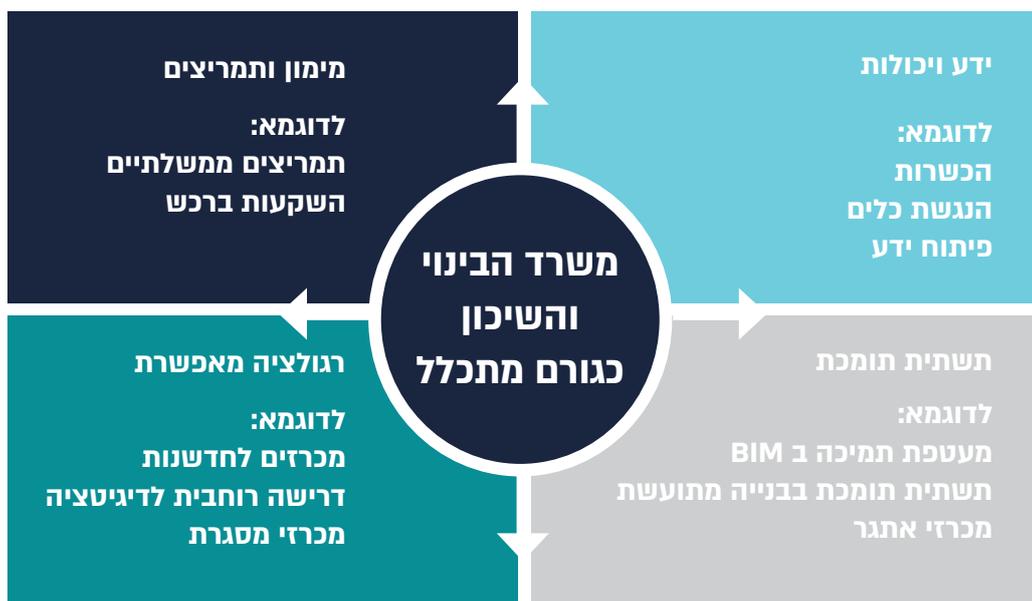
יצירת התנאים לתיעוש מרבי של ענף הבנייה וייצור מתקדם כ-Construction 4.0 לצורך קידום פתרונות טכנולוגיים מתקדמים והפחתת התלות בכוח אדם.

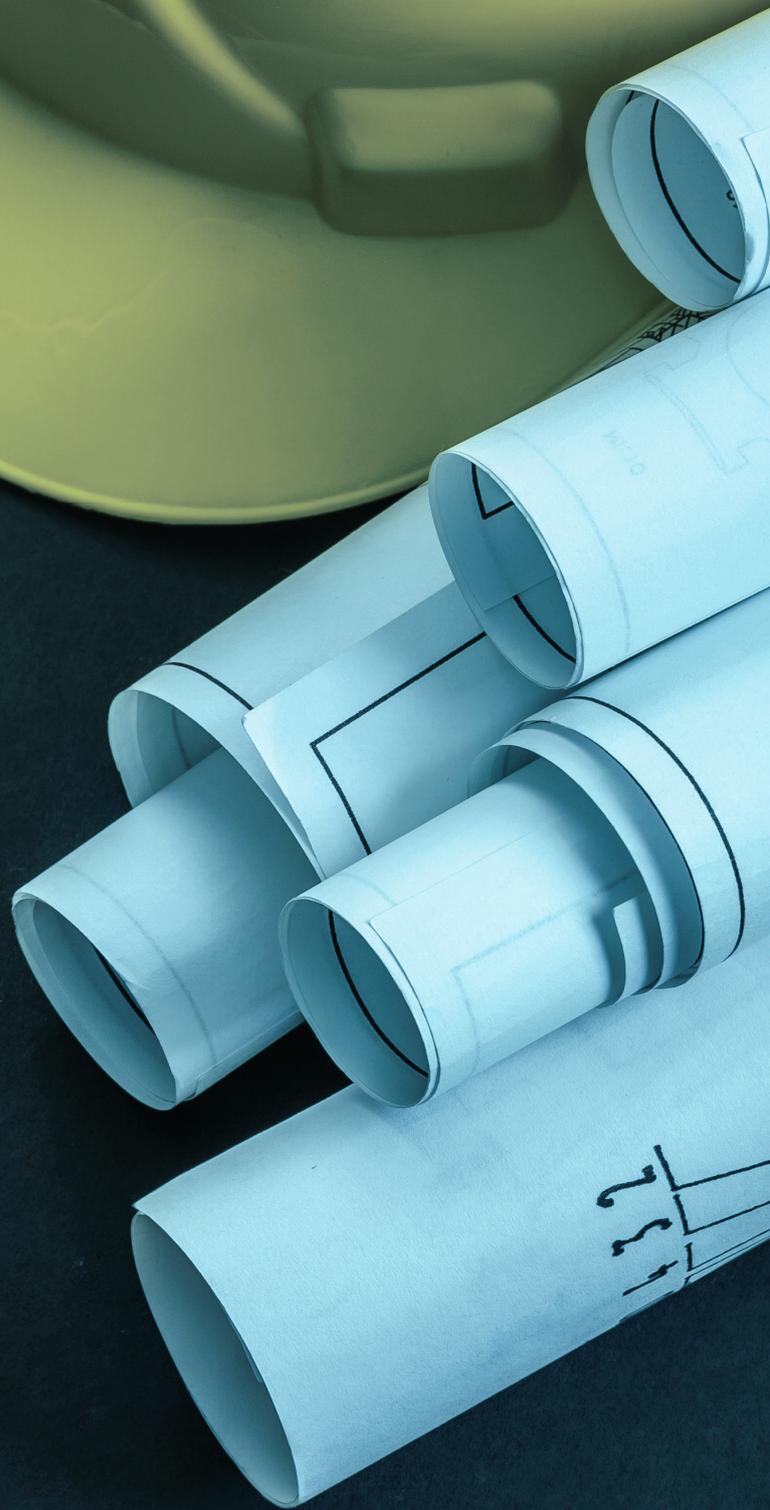
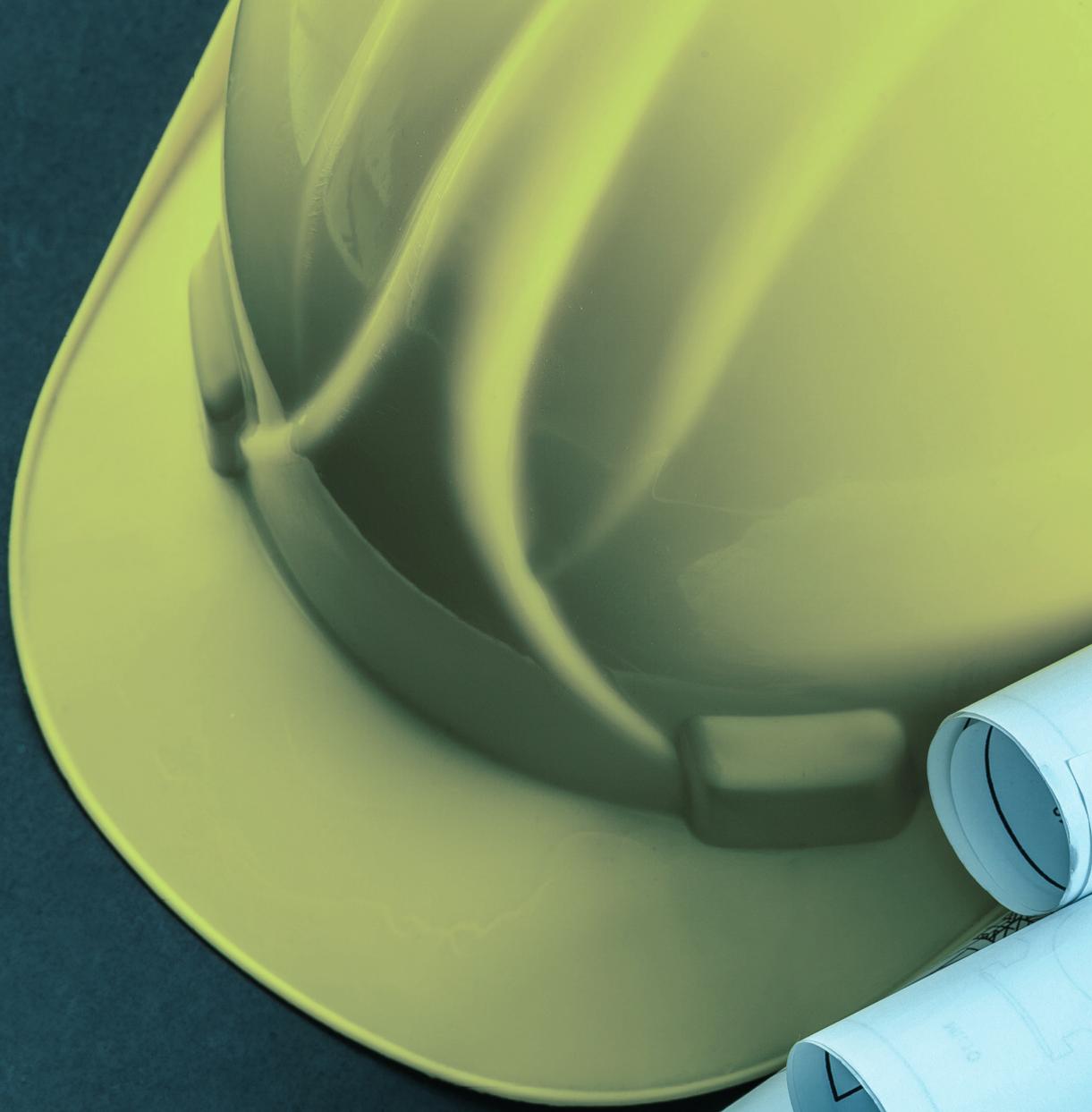


מימוש מוצלח של הצעדים המוצעים במסמך זה מחייב תשתית תומכת הכוללת ניתוח כלכלי מעמיק ותעדוף ברור של הצעדים, סנכרון מערכתי, כוח אדם ייעודי ומנגנוני מדידה ארוכי טווח. ראשית, יש לבצע ניתוח כלכלי כולל לכל צעד, תוך הערכת עלויות, זיהוי תועלות והשפעה צפויה על הפריץ, היעילות וערכים יעדים אחרים. ניתוח זה מהווה בסיס לתעדוף תקציבי מושכל ולקבלת החלטות אסטרטגיות.

יחידת החדשנות שבמשרד הבינוי והשיכון תתכלל ותסנכרן את הפעולות והצעדים שבתכנית האסטרטגית, להבטיח פעילות מקיפה ומתואמת בין כלל הגורמים הרלוונטיים שבענף.

יש לוודא קיומן של תשתיות עוגן והקמה של מערך מדידה והערכה שיאפשר ניטור השפעות, עדכון תוכניות ושיתוף סיפורי הצלחה לשם בניית אמון והרחבת האימפקט לאורך זמן.





1

הקדמה

החדשנות בענף הוא הכרחי למיצוי מלא של תרומתו לצמיחה ולמשק. חדשנות בבנייה לא רק מקדמת יעול תהליכים וקיצור משך הביצוע בעזרת מזעור ליקויים וניצול יעיל יותר של משאבים, ניהול אתר חכם והפחתת התלות בכוח אדם, היא גם מקדמת בנייה איכותית יותר באמצעות מאפיינים אלה.^{2,3}

עמוד התווך של המשק הישראלי הוא חדשנות; מהובלה בפיתוח טכנולוגיות ומוצרים חדשניים, דרך תרבות יזמית מפותחת, ועד פוטנציאל לחיבורים עסקיים עם ענף הבנייה. מכאן עולה כי הן התשתית להיצע החדשנות והן הביקוש לה כבר מבוססים ראשונית, והאתגר המרכזי הוא לגשר ביניהם, להצמיח את החברות העוסקות בתחום ומקדמות אותו, ולהוביל את הענף לקפיצת המדרגה הנדרשת – תכנון ועיצוב תפיסה שממנפת חדשנות לטובת הגדלת הפריון בענף.

1.1 מהי חדשנות

קידום טכנולוגיות חדשניות משמעותו בפועל לרוב תהליך סיזיפי וממושק, שבו נדרשים ניסוי וטעייה לצד חסמים רבים, בעוד ההצלחה אינה מובטחת. החדשנות טומנת בחובה שינוי, לאור האמירה המיוחסת ללב טולסטוי כבר בשנת 1900: "כולם רוצים שינוי, אבל רק מעטים מוכנים להשתנות". זהו אחד הפרדוקסים בענף, שבו כולם מודעים לכך ששינוי הוא בלתי נמנע, אך מהירות ביצועו נותרת איטית.

החדשנות מביאה עימה פתרונות חדשים בהינתן אותם משאבים שיספקו תועלת גדולה יותר, שתתבטא בשיפור באיכות, במהירות או ביעילות. פשטות בהטמעה ותפעול ברור וקל של הטכנולוגיה החדשנית תמשוך משתמשים ותסיר מחסומים הנובעים מהנטייה להיצמד למוכר והידוע – בייחוד בענף הבנייה.

ניתן להגדיר חדשנות בדרכים רבות – באמצעות מודלים עסקיים, יצירת ערך ללקוח, פתרון בעיות או מענה לצרכים. ישנם מספר מודלים וגישות מובילות בתחום החדשנות, שכל אחד מהם מציע מסגרת שונה להבנה, ניהול ותכנון חדשנות בארגונים, ביניהם:

■ המודל הלינארי של חדשנות, המתאר את החדשנות כתהליך רציף וחד-כיווני, המתחיל במחקר בסיסי, עובר לפיתוח, ייצוק, שיווק ולבסוף מגיע לשוק.

1.1 הבנייה בישראל – תמונת מצב

כיום ישראל עומדת בפני אתגרים משמעותיים הקשורים הן לאתגרים מקומיים, לרבות מצוקת כוח אדם בשילוב גידול אוכלוסין גבוה, והן לאתגרים גלובליים מגוונים הנוגעים לשרשראות אספקה, מחסור בחומרי גלם, מצוקות כוח אדם ועוד. יתרה מזאת, במסגרת המאמצים להגדלת ההיצע לצורך עמידה בביקושי הדיר הנוכחיים והעתידיים, יש לוודא כי מקודמים גם ערכים נוספים כגון התייעלות הבנייה, שיפור פריון העבודה, שיפור איכות התכנון והביצוע, שיפור הבטיחות באתרי הבנייה וההיבטים הסביבתיים.

■ כיום, אוכלוסיית ישראל מונה 10.1 מיליון נפש – אוכלוסייה שגדלה פי 12 מאז הקמת המדינה. בשנת 2030 צפויה אוכלוסיית ישראל למנות 11.1 מיליון בני אדם, ובשנת 2048, יום העצמאות ה-100 של ישראל, צפויה האוכלוסייה לגדול ולמנות כ-15.2 מיליון ישראלים.¹

■ בענף הבנייה בישראל קיימים אתגרים כגון: תלות בכוח אדם היוצרת חוסר יציבות, בייחוד במשברים גיאו-פוליטיים, התמשכות תהליכי הרישוי בבנייה, סוגיות בטיחות באתרי הבנייה, השלכות סביבתיות, אתגרי מימון להטמעת טכנולוגיות חדשות ולפיתוחן, אתגרים בניהול הפרויקט היוצרים קשיים פיננסיים עבור הקבלנים.

■ בעשורים האחרונים ענפים שונים במשק התאפיינו בצמיחה ועלייה ברמת הפריון, בעוד שפריון ענף הבנייה נותר במגמה מתונה יחסית. חלק מהסיבות לכך נעוצות בתרבות עבודה שמרנית, הימנעות מנטילת סיכונים בהטמעת חדשנות, חוסר השקעה באופן ממוקד בחדשנות, דיגיטציה או באימוץ שיטות בנייה מתקדמות.

■ בתחום החדשנות בענף הבנייה בישראל קיימות חברות שמקדמות שיטות וחומרים חדשניים, זאת לצד כוח אדם איכותי ויצירתי. לפיכך, הבסיס לקידום החדשנות קיים, אולם ההטמעה היא איטית ואינה יוצרת שינוי מהותי בענף, כנראה בשל הביקוש הנמוך בשוק.

1.2 האתגרים כמנוע לשינוי והזדמנות בחדשנות בענף הבנייה בישראל

ענף הבנייה הוא בעל פוטנציאל להפוך למנוע צמיחה משמעותי במשק. עם נתח של כ-6% מהתמ"ג ושוי תעשייה המוערך במאות מיליארדי שקלים בשנה, קידום

■ מודל תלת-שכבתי של חברת הייעוץ McKinsey & Company.

במסמך זה נתמקד במודל החדשנות, כפי שניסח אותו קלייטון כריסטנסון, ובהתפתחותו לקטגוריות שונות מאז ועד היום.⁴

■ מודל החדשנות הפתוחה, שבו זרימה של ידע ורעיונות אל תוך ומתוך גבולות הארגון.

■ מודל החדשנות המשבשת (שפותח על ידי פרופ' קלייטון כריסטנסון).

■ מודל הסטארט-אפ הרזה (שפותח על ידי אריק ריס).

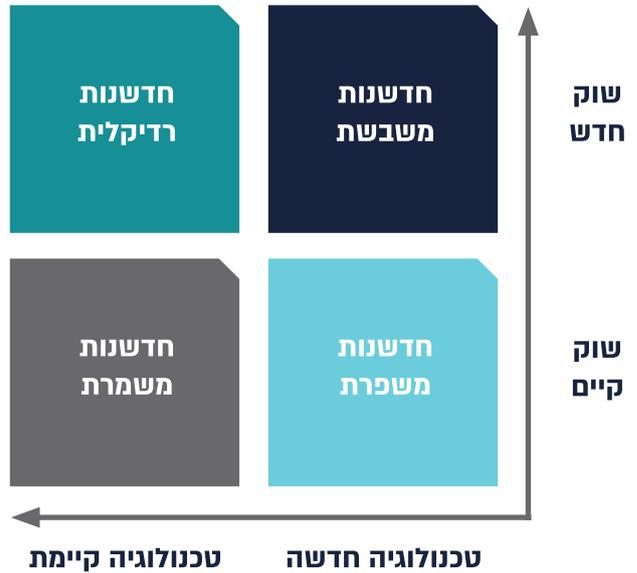
הגדרות סוגי החדשנות:

■ **חדשנות משמרת:** ייעול המוצרים והשירותים הקיימים או ייעול השימוש במשאבים.

■ **חדשנות משפרת:** שינויים מהותיים בטכנולוגיה או במוצר עד להפיכתם למוצר חדש במסגרת השוק הקיים.

■ **חדשנות רדיקלית:** יצירת מוצרים, שירותים או טכנולוגיות חדשות מהבסיס הטכנולוגי הקיים, המשנים באופן מהותי את התפיסה והכלים המקצועיים עד לכדי יצירת שוק חדש.

■ **חדשנות משבשת:** חדשנות שמתייחסת לטכנולוגיות או שיטות עבודה חדשות שמשנות את השוק באופן מהותי. טכנולוגיה חדשה שמביאה ליצירת שוק חדש לחלוטין שיכולה לגרום הן להקמתן של חברות ותחומים חדשים והן ליתירות של חברות אחרות.



להלן דוגמאות מענף הבנייה לסוגי חדשנות שונים, בשלבים שונים במחזור החיים של פרויקט:

תכנון	ביצוע	תחזוקה
חדשנות משמרת – ייעול הקיים		
שימוש במערכות GIS	חומרי בידוד ואיטום מתקדמים	מאגרי מידע לתחזוקה הכוללים התראות זמני טיפול לאנשי מקצוע
חדשנות משפרת – שינויים ושיפורים		
כלי תכנון פרמטרים ותכנון מבנים מאופסי אנרגיה על ידי סימולציות במודלים ממוחשבים	בנייה קלה, אפליקציות לניהול בטיחות באתרי הבנייה	חיבור אלמנטים במבנים למערכות IOT וניטור לזיהוי מוקדם של תקלות
חדשנות רדיקלית – יצירת שוק חדש		
שימוש מלא ב-BIM בכל שרשרת הערך של הבנייה, בקרב כלל השותפים לתהליך	בנייה מתועשת לכלל או מרבית חלקי המבנה, חומרים חדשים	מערכות חיזוי מתקדמות לזיהוי מראש של תקלות וביצוע תחזוקה מונעת על בסיס דאטה מצטבר
חדשנות משבשת – שינוי מהותי בענף		
מערכות בינה מלאכותית המתכננות מבנה בכללותו, תוך קישור ישירות לתהליכי רישוי מהירים	הדפסה תלת-ממדית מלאה של מבנים, שימוש ברובוטיקה, שיטות בנייה אוטונומיות	רחפנים הסורקים את המבנים ומתחזקים אותו אוטונומית על ידי חומרים חכמים ורובוטיקה

שיפור הבטיחות באתרי הבנייה, איכות התכנון והביצוע וקיצור לוחות זמנים. לשם כך, נכתבה תוכנית אסטרטגית זו שמטרתה לקדם ולהטמיע חדשנות בענף הבנייה, שבמסגרתה גובשו גם צעדים אופרטיביים.

1.5 מתודולוגיות העבודה

המתודולוגיה לכתיבת התוכנית האסטרטגית לחדשנות בענף הבנייה בישראל כוללת מספר שלבים וצעדים. ראשית, נעשה סקר ספרות שמטרתו ללמוד על גישות שונות בעולם לקידום חדשנות בענף הבנייה, כאשר המיקוד היה בזיהוי צעדי מדיניות רלוונטיים ויוזמות אסטרטגיות ממדינות מובילות בעולם. כמו כן, נעשה סקר ספרות לזיהוי טכנולוגיות בנייה חדשות ומגמות בארץ ובעולם.

בנוסף, התקיימו סדנאות וראיונות שכללו קיום שלוש סדנאות חשיבה עם כ-130 משתתפים ממגוון תחומים, כולל ראיונות פרטניים עם כ-50 אנשי מקצוע מהמגזר הפרטי, האקדמיה וארגונים רגולטוריים. המטרה המרכזית של הסדנאות והראיונות הייתה להביא לניתוח המצב הקיים, אפיון הצרכים והחסמים וזיהוי פתרונות אפשריים על בסיס ניסיונם המקצועי בתחום של המשתתפים. הסדנה המרכזית התמקדה בשרשרת הייצור של הבנייה בשוק הפרטי, וכללה משתתפים מגוונים לרבות קבלנים, מתכננים, יצרנים וחברות טכנולוגיות בנייה. שתי סדנאות נוספות התמקדו בנושאים הרגולטוריים, לרבות התמריצים לענף – בניתוח המגבלות וההזדמנויות המאפיינות את הענף.

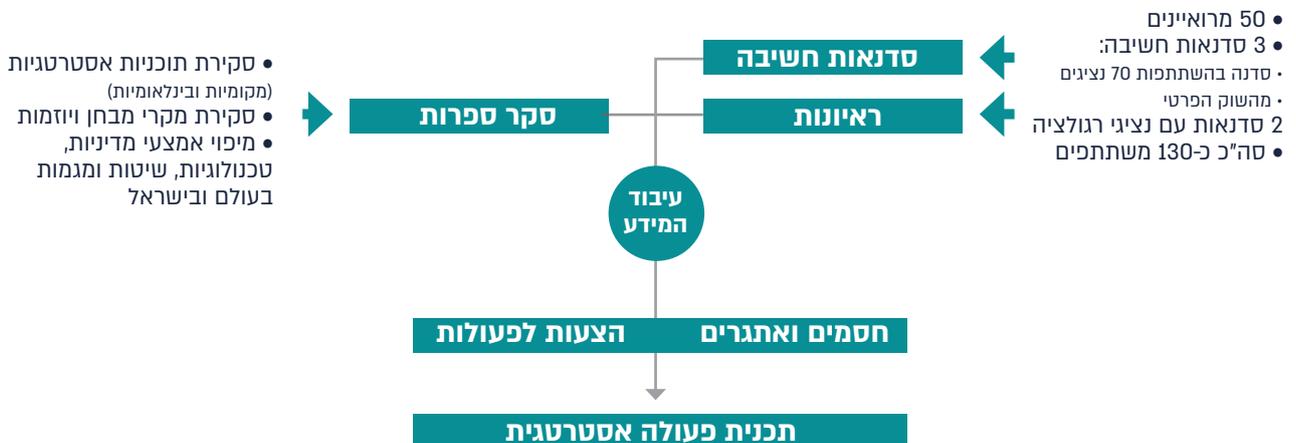
לאחר איסוף הנתונים, פותח סל כלים ופתרונות על בסיס הממצאים שנעשו בשלבי המחקר, הסדנאות והראיונות. התהליך כלל גיבוש פתרונות שכוללים צעדי מדיניות אופרטיביים, במטרה לקדם חדשנות באופן אפקטיבי ומעשי. התוכנית האסטרטגית שגובשה כוללת מדדים ברורים להערכת השפעת החדשנות, לצד יעדי פריון ופיתוח בענף, במטרה להבטיח יישום אפקטיבי של הפתרונות המוצעים וקבלת החלטות על סמך השפעתם בשטח.

אתגרים ומשברים יכולים להוות הזדמנות להטמעת שינויים ולגישות שונות כפתרונות אפשריים. המגמות והאתגרים של ענף הבנייה שהוצגו קודם לכן – חוסר יעילות, פריון נמוך ורמת מיכון נמוכה – יכולים לשמש גם הם כזרז לשינוי. לדוגמה, ייקור עלויות הבנייה לצד המחסור בחומרי גלם ובכוח אדם יכולים להוות הזדמנות להתייעלות ולאימוץ חדשנות בענף הבנייה וטכנולוגיה חדשנית כגון: BIM, שיטות לאוטומציה, שיטות בנייה חדשות, תיעוש, בינה מלאכותית וטכנולוגיות אחרות המשפרות את פריון העבודה. בכל אחד מהאתגרים שצוינו קיימת הזדמנות לקפיצת מדרגה ולשינוי הרגלי העבודה ואימוץ גישה חדשנית לשיפור וקידום ענף הבנייה.⁵

חדשנות בענף הבנייה, המכונה גם Construction 4.0 ו/או Construction Tech, היא גישה הוליסטית המתייחסת לא רק לטכנולוגיות חדשות, אלא גם לשילוב מודלים עסקיים וחוזים חדשים, רגולציה מאפשרת, פיתוח הון אנושי, יצירת משרות חדשות (כגון מנהלי חדשנות בחברות בנייה, עובדי ייצור במפעלים לבנייה מתועשת מתקדמת וכו'), קידום תרבות המעודדת חדשנות, קידום אתרי ניסוי לטכנולוגיות ועוד. כל אלו משפיעים על כל שלב בתהליך פיתוח והטמעת החדשנות, החל משלב התכנון, דרך שלבי הביצוע, ועד לאחזקה ולסיום מחזור חיי המבנה. שווי השוק הגלובלי של חדשנות בבנייה מוערך בכ-11.9 מיליארד דולר, והצפי הוא ששווי זה יגיע לכ-62.2 מיליארד דולר עד לשנת 2031, עם שיעור צמיחה שנתי צפוי של 17.7% משנת 2023 ועד לשנת 2031.⁶

1.4 מטרות העבודה

משרד הבינוי והשיכון שם לעצמו למטרה להתמודד עם משבר הדיור באמצעות כלים שונים, ביניהם קידום חדשנות בענף הבנייה לצורך התייעלות; קידום והטמעת פתרונות טכנולוגיים, תמיכה בפיתוחים חדשניים ופיתוח קשרים עם יזמים בתחום. זאת על מנת להעלות את רמת הפריון בענף, שיתבטא בייעול פרויקטי הבנייה והתשתיות,



2

מיפוי מגמות,
טרנדים טכנולוגיים
ופתרונות תהליכיים
לחדשנות בענף



מיפוי מגמות, טרנדים טכנולוגיים ופתרונות תהליכיים לחדשנות בענף



שנשלחות לאתר הבנייה ומורכבות במקום.

■ בנייה מתועשת נפחית (Volumetric Modular Construction): טכניקה זו מבוססת על ייצור מראש של מודולים שלמים, לדוגמה: חדרים. בנייה מתועשת נפחית מתאימה במיוחד למבנים שיש בהם חזרתיות של יחידות דומות, כגון: מבנה דירות, מלונות וכו'. היתרון העיקרי של בנייה זו הוא היכולת לייצר ולהתקין מודולים במהירות רבה יותר מאשר בשיטות בנייה מסורתיות, תוך שיפור פריון העבודה והעלאת התפוקה לעובד.¹⁰

התחומים שבהם עוסקת הבנייה המתועשת:

רכיבי המבנה, מעטפת המבנה, תקרות ורצפות, מוצרי בטון טרום ודרוך, גימור פנים, מכלולי נגרות, אלומיניום ומסגרות, מבנים מתועשים בשלמותם, מערכות תברואה, מערכות תיעול וביוב ומערכות ניקוז, תיעוש ברכיבים של עבודות תשתית: רכיבי הפרדה בכבישים, מוצרים לעיצוב רחוב וגן, מוצרי תימוך וביסוס.

יתרונות הבנייה המתועשת:

■ פתרון מצוקת כוח האדם בענף הבנייה: ענף הבנייה בישראל מאופיין בתלות בכוח אדם אשר מתעצמת בעקבות משברים המביאים איתם מחסור בכוח אדם. אופי עבודות הבנייה יוצר קושי בגיוס עובדים ישראלים, בעיקר ל"עבודות הרטובות": טיח, בנייה, ריצוף, טפסנות וכדומה. לכן, חלק ניכר מהעובדים שעוסקים בעבודות אלה אינם עובדים ישראלים אלא עובדים זרים.

■ לנוכח מצוקת כוח האדם, תיעוש הבנייה יכול להוות פתרון שייביא לשינוי משמעותי. תיעוש הבנייה יחייב המרת כוח אדם הדרוש לעבודות הרטובות בבניין בכוח אדם מיומן המפעיל ציוד ייעודי במפעל לצורך ייצור רכיבי הבניין. השילוב בין הדרישה למקצועיות והעלייה האפשרית בשכר לאור עליית פריון העובדים, עשוי למשוך כוח אדם מקומי נוסף לענף הבנייה. כך, אם הענף יהיה מתועש ברובו, יהיה ניתן להתחרות על מאגר כוח האדם המצוי במשק עם ענפים אחרים, לרבות בתעשייה.

■ **קיצור משך הבנייה:** משך הבנייה בפרויקטים מתועשים קצר יותר מאשר בפרויקטים הפועלים על פי שיטות מסורתיות, כאשר שיעור קיצור משך הבנייה משתנה משיטה אחת לאחרת. כך למשל השימוש ביחידות מודולריות נפחיות יקצר במידה רבה את משך הביצוע, ואילו השימוש ביציקות בטון לעמודים בטפסנות מתאימה

למרות שחלק מפעילות ענף הבנייה מתאפיין בגישה מסורתית והרגלי עבודה שמקורם בעבר הרחוק, אימוץ החדשנות הטכנולוגית הינו שינוי בלתי נמנע. פתרונות טכנולוגיים מתחילים להיות מאומצים בתהליכי התכנון, הביצוע, השיווק ואף בשלב אחזקת המבנים.

גודל תעשיית הבנייה העולמית מוערך בכ-16 טריליון דולר וצפוי לצמוח ולהגיע להיקף של 19.5 טריליון דולר עד שנת 2026.⁷ בענף הבנייה ניכרת מגמת עלייה עקבית בגודלו, וצמיחה משמעותית זו בשנים הקרובות תחייב את הענף לשפר דרכי עבודה ולאמץ כלים ושיטות חדשים כדי לעמוד בביקושים הגדלים לדיור ולתשתיות.

בפרק זה נציג סקירה של המגמות והטכנולוגיות העיקריות, הרקע להתפתחותן, פוטנציאל השימוש בהן לאורך שלבי הבנייה וכן החסמים האפשריים בכל שלב ושלב. זאת לצד מגמות חברתיות המשפיעות על הטמעת החדשנות בענף, כגון: חילופי הדורות, מהפכת התקשורת הניידת ועוד.

2.1 בנייה מתועשת



תיעוש הבנייה⁸ הוא שם כולל למגוון רחב של טכנולוגיות, שיטות ואמצעים, שנעשה בהם שימוש רב במוצרי חרושת וביצוד בנייה משוכלל, אשר בהשוואה לבנייה הקונוונציונלית, מאפשרים חיסכון בכוח אדם, שיפור באיכות הבנייה וקיצור משך הביצוע.

סוגי הבנייה המתועשת:

תיעוש באתר בנייה: למשל שימוש בטפסות גדולות ליצירת תקרות, קירות ועמודים; שימוש בשיטות מתועשות לחיפוי קירות חוץ באבן; שימוש בטיח מתועש.

תיעוש במפעל: ייצור רכיבי בנייה גדולים המיוצרים במפעלים בישראל ומובלים לאתרי הבנייה. למשל יחידות מודולריות למגורים, לוחות חלולים דרוכים (לוח"דים) ורכיבי קרום.

היתרונות של הבנייה המתועשת כוללים חיסכון בזמן ושיפור באיכות הבנייה, בשל תהליכי פיקוח ובקרה שנקטים במהלך תהליך הייצור. השיטות הנפוצות בבנייה מתועשת:

■ **יחידות קטנות מוכנות לשימוש (Prefab):** טכניקה זו כוללת ייצור מראש של יחידות בנייה נפרדות, כמו קירות, תקרות, חלונות, צנרות, ריצוף ורכיבים נוספים במפעל,

ליקר מאוד ובלתי כדאי לקבלו.

■ **תכנון המבנים:** ככל שתכננון המבנה יהיה חזרתי יותר ויכלול אלמנטים זהים, כך הוא יתאים יותר לבנייה מתועשת, ויהיה יעיל וחסכוני יותר בעלויות ייצור האלמנטים. לעיתים, תכנון מוטה תיעוש אינו מתאפשר בעקבות מאפייני המבנה, דרישות תכנוניות או אילוצי אתר הבנייה, ולכן התיעוש אינו כדאי.

■ **נפח העבודה:** מאחר שבבנייה מתועשת ייצור הרכיבים לבנייה נעשה במפעל, ככל שיהיה צורך לייצר רכיבים חזרתיים רבים יותר, כך יעלו התועלת והכדאיות שבשימוש באלמנטים אלה בפרויקט. לדוגמה, כדאיות השימוש ביחידות מודולריות למגורים תגדל ככל שהחזרתיות של היחידות תהיה זהה וכמות היחידות לייצור תעלה.

גישה DfMA:

במדינות המפותחות החלו להתקדם לגישה תכנונית ייצור-ביצוע של DfMA – Design for Manufacturing and Assembly, גישה המתמקדת באופטימיזציה של תכנון המוצר (שיטה או מוצר בנייה) כך שיהיה אפשרי לייצר ולהרכיב אותו באתר הבנייה באופן יעיל, מהיק, בטיחותי ובעלויות נמוכות. גישה זו כוללת שתי מתודות עיקריות: תכנון מוטה ייצור, לצורך פישוט הליכי הייצור (DFM), ותכנון מוטה הרכבה (DFA) שכולל תכנון מתוך תפיסה של פישוט הליכי הרכבת הרכיבים באתר, תוך הפחתת עלויות ההרכבה וצמצום תהליכים נדרשים.

יקצר רק במעט את משך העבודה – ההבדל הוא בין מידת התיעוש לשיטה, ככל שהשיטה היא בעלת רמת תיעוש גבוהה יותר, כך גם גדלים היעילות והפריורן בתהליכי הבנייה. קיצור משך העבודה מושפע גם מכמות הרכיבים החוזרים בבנייה – ככל שהחזרתיות ברכיבים גבוהה יותר, כך השימוש בבנייה המתועשת כדאי יותר, וישום גבוה שלה יקצר את משך הבנייה בצורה ניכרת.

■ **הקטנת העלויות העקיפות באתרי בנייה:** קיצור משך הביצוע מקטין את העלויות הכלליות של תפעול אתר הבנייה בהתאם לתקורות האתר.

■ **שיפור איכות הבנייה על ידי בקרה מתמדת:** הפוטנציאל לשיפור האיכות מושג הודות לבקרה שיטתית במפעל ייצור הרכיבים, ובשנים האחרונות גם באתר הבנייה עצמו. הבקרה מאפשרת מילוי מדויק של דרישות התפקוד, צורה חיצונית נקייה יותר ומיעוט תיקונים נדרשים באתר. הבקרה אף יכולה להשפיע על כמות הליקויים במבנה לאחר אכלוסו.

מאפייני הבנייה המתועשת:

■ **תכנון מוקדם:** שימוש ברכיבים מתועשים מחייב תכנון מראש של הביצוע, כדי שחומרי הגלם, הרכיבים, הצידוק וקבלני המשנה יגיעו בתזמון מדויק ולא יעכבו את לוחות הזמנים. תיעוש הבנייה מחייב גם היערכות מיוחדת באתר (כגון שטח אחסון והובלה), דיוק בעבודה ובדיקה מתמדת במהלך הביצוע. במידה ותנאים אלו לא יתקיימו, יבזבז זמן יקר של עובדים וצידוק, דבר שעלול להפוך את התיעוש

שלב התכנון	שלב הביצוע	שלב התפעול והתחזוקה
תועלות הבנייה המתועשת בשלבים השונים		
<ul style="list-style-type: none"> ■ בנייה מתועשת יכולה לייעל את התכנון מאחר ועל המתכננים לתכנן ולייצר רכיבי בניין מראש ובסביבה מבוקרת, ובכך לצמצם שגיאות ובזבז משאבים. ■ באמצעות שימוש בסטנדרטיזציה וחזרתיות בתכנון, יתאפשר קיצור משך התכנון וכמו כן הגעה לתכנון "סופי" בשלבים מוקדמים יחסית של הפרויקט. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ בנייה מתועשת יכולה לקצר את משך הביצוע על ידי ייעול תהליכים (ייצור במפעל במקביל לביצוע באתר). ■ הפחתת עלויות הפרויקט בעקבות קיצור משך הביצוע. ■ הפחתת תאונות עבודה מאחר וחלק ניכר מהעבודה מתבצעת במפעל ולא באתר הבנייה. ■ תכנון מוקדם וסופי יכול ולהביא לצמצום עיכובים בביצוע 	<ul style="list-style-type: none"> ■ בנייה מתועשת המיוצרת במפעל בבקרה של תהליכי ייצור יכולה להביא לשיפור האיכות של הרכיבים ■ ניתן לתכנן רכיבי בניין מתועשים כך שיוחלפו בקלות, תוך צמצום זמן תחזוקה ועלויות.
אתגרים ביישום		
<ul style="list-style-type: none"> ■ מיקסום הפוטנציאל לבנייה מתועשת מצריך לרוב סטנדרטיזציה בתכנון (לפי מידות מוגדרות מראש). ולכן קושי ליישום בפרויקטים עם שינויי דירים. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ זמינות מפעלים בעלי יכולת ייצור רכיבים מתועשים בהספק הנדרש, כח אדם במפעלים, וכח אדם בעל יכולת לבצע ולהתקין את הרכיבים באתר. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ במידה ונדרש תיקון/החלפה של רכיב מתועש, יתכן וכבר איננו מיוצרים או זמינים.

צורך להתייחס בנוסף גם להיבטים שונים כגון: הרגלי צריכה, תפיסת השיטה המתועשת בציבור וכדומה.

2.2 הדפסה תלת־ממדית וייצור מתקדם 3D PRINTING



הדפסה תלת־ממדית מיושמת במגוון תחומים, מייצור חלקי חילוף לצעצועים ועד לרכיבים חיוניים בתעשיית הרכב והתעופה. העיקרון המרכזי של הדפסה תלת־ממדית מבוסס על הנחת שכבות דקות של חומר בצורה מדויקת, בהתאם למודל דיגיטלי של האובייקט הסופי הרצוי. כל שכבה מתייצבת על קודמתה עד שהאובייקט המלא מודפס במלואו. התהליך כולל שלושה שלבים עיקריים: תכנון דיגיטלי של האובייקט באמצעות כלי תכנון, הכנת הקובץ להדפסה (כולל מיפוי ופירוט האובייקט לשכבות דקות), ולבסוף, הדפסה תלת־ממדית של האובייקט עצמו על ידי מכונת הדפסה ייעודית.

בתחום הבנייה קיים מספר רב של חומרי גלם אפשריים שמתאימים להדפסה תלת־ממדית, כאשר לכל חומר קיימים מאפיינים, יתרונות וחסרונות. בין החומרים הנפוצים:

לטובת קידום שתי מתודות אלו, ממשלת בריטניה סקרה את השוק, לרבות יצרנים, קבלנים, מתכננים ועוד, לצורך מיפוי החסמים, התועלות והצעדים בתחום. חלק מהמסקנות שעלו היו שעל השלטון המרכזי לפתח סט כללים ומפרטים כדי לייצר אחידות בסטנדרטים לצורך קידום הבנייה המתועשת. בנוסף, התגלה שיש לייצר סביבה דיגיטלית תומכת, תמיכה וקידום היצע של טכנולוגיות חדשניות. יש לציין בנושא המכרזים, שמשרד החינוך הבריטי (Department of Education) מקדם בנייה של בתי ספר מתועשים ומודולריים, וכן משרד הבריאות (Department for Health and Social Care) מקדם סטנדרטיים טכניים שיביאו להרחבת השימוש בשיטות בנייה מודרניות של בניית מתקנים בריאותיים.

אתגר נוסף, הייחודי לישראל, הוא הקושי בהחלת שינויים בתוכן המבנה לאחר תחילת שלב הביצוע, מאחר שנהוג בישראל לבצע הליכי שינוי דיירים, שבהם מתאימים את הדירות באופן ייחודי לכל רוכש דירה; אך בבנייה מתועשת, המבוססת על חזרתיות בתכנון ובייצור רכיבים באופן סדרתי, אפילו התאמות כגון שינוי גודל חדר או מיקום שקע חשמלי עלולות להפוך למורכבות יותר, שכן תכנון חזרתי מצמצם את הגמישות התכנונית ביתרון התיעוש המוקדם. לכן, במהלכים לקידום הבנייה המתועשת בישראל, יש

שלב התכנון	שלב הביצוע	שלב התפעול והתחזוקה
תועלות השימוש בהדפסה תלת־ממדית בשלבים השונים		
גמישות תכנונית: היכולת לייצר רכיבים בעלי גיאומטריות מורכבות המאפשרים חופש אדריכלי בתכנון; המעבר בין תכנון באופן דיגיטלי להדפסה תלת־ממדית הוא מדויק יותר מבנייה קונבנציונאלית עתירת עבודה ידנית.	חיסכון בזמן: הדפסה תלת־ממדית מאפשרת בנייה אוטונומית בפריון גבוה. אמנם יש להקים את המערך ומהירות ההדפסה תלויה במשתנים כגון סוג ומורכבות החומר ומפרט המוצר, אך עדיין ניתן לחסוך בזמן מהותי. חיסכון בעלויות: צמצום תשומות כח אדם ופסולת לוואי. קיימות: הפחתה של כמות הפסולת הנוצרת בתהליך הבנייה. בקרה ובטיחות: שיפור איכות התוצר, בקרה על תהליך העבודה וצמצום כח האדם באתר.	חלפים מותאמים אישית: ניתן להדפיס חלקים חדשים או רכיבים חלופיים מבנים
אתגרים ביישום		
הכשרה: לא כל הגורמים המעורבים בפרויקט עשויים להכיר ולהבין את הטכנולוגיה, ולכן ייתכן שיהיה צורך בהשקעה בהכשרה בהטמעת השיטה.	רגולציה, תקינה ואישורים: אחד האתגרים המרכזיים בתחום נובע מכך שאין תקינה קיימת להדפסה תלת־ממדית בבניה, ישנם אתגרים בביצוע פרויקטים לגובה (רוב הפרויקטים צמודי-קרקע) וכן ביצוע אלמנטי תקרה.	תלות בחומר או שיטה: השיטה מחייבת זמינות חומרים מסוימים לצד נגישות לטכנולוגיות הדפסה. כל עוד הן אינן common practice, התחזוקה עשויה להיות מורכבת ויקרה.

אך גם מציבה אתגרים בפני הענף לשימוש יעיל בה עד להטמעתה המלאה.

Building Information Modeling (BIM) 2.3.1

מידול האינפורמציה של המבנה (באנגלית, Building Information Modeling בראשי תיבות BIM) היא שיטת ניהול מידע שמטרתה ייעול התכנון והביצוע של פרויקטים בתחום ההנדסה האזרחית. בשיטה זו קיים מודל ממוחשב, תלת־ממדי, שמהווה ייצוג דיגיטלי של המבנה האמיתי על כל מאפייניו, לרבות מראה, תכונות הנדסיות, עלויות ולוחות זמנים לבנייה. מודל ה-BIM מערב את כל בעלי העניין בתהליך הבנייה: יזמים, מתכננים, מבצעים ומפקחים לאורך כל חיי הפרויקט, משלב התכנון הראשוני ועד להשלמת הפרויקט ואף לאחריו לצורכי תחזוקת המבנה.

שימוש ב-BIM יכול לתרום לחיסכון בזמן ובעלויות במהלך הפרויקט, בזכות היכולת לאתר חוסר תיאום בתכנון ובביצוע ומיפוי סיכונים פוטנציאליים בשלב מוקדם בתהליך הבנייה והתכנון. השיטה מאפשרת לבחון את תהליך הביצוע של המבנה לפני יישומו בפועל, כך שניתן לבחור בפתרון האופטימלי והמתאים ביותר עבור הפרויקט. בנוסף, שיטת BIM מקלה על הניהול והתכנון של תחזוקת המבנה לאחר השימוש בו.¹²

תיאום עם קבלנים – יש לוודא שכל הקבלנים (קבלני משנה למשל) עובדים בהתאם למודל ה-BIM ומתבססים על המידע הנכון והעדכני. הכשרה והבנה – ייתכן שלא כל המעורבים בפרויקט משתמשים או שהם בעלי הכשרה לעבוד בטכנולוגיית BIM, ולכן עשויה להידרש השקעה בהכשרה ובהבנת השיטה והתוכנות הנלוות.

שיתוף פעולה בין הגורמים – כדי לנצל את היתרונות של BIM, יש לשפר את שיתוף הפעולה בין הגורמים השונים המעורבים בתהליך התכנון והבנייה של הפרויקט.

הטמעת BIM יוצרת מידע בתצורה דיגיטלית אשר יכול להוות את התשתית של המידע הנדרש לצורך פיתוחן של טכנולוגיות בנייה חדשות, ובכך לתרום גם לפתיחת תהליכי דיגיטציה וטכנולוגיה נוספים בענף.

תקן ISO 19650:

תקן ISO 19650 הוא תקן בין־לאומי לניהול מידע בפרויקטי בנייה ותשתיות, המבוסס על עקרונות של BIM (Building Information Modelling). התקן פותח על בסיס תקנים קודמים בבריטניה (PAS 1192) והוא מתמקד בשיתוף, אחסון וניהול נתונים דיגיטליים לאורך כל מחזור חיי הבניין או התשתית – משלב התכנון, דרך הביצוע ועד לתחזוקה ופירוק המבנה.

התקן מתייחס להיבטים הבאים:

■ **סביבת נתונים משותפת:** (CDE) סביבה מרכזית

■ **מלט:** יישום הדפסה תלת־ממדית מתרכזת של אגרגטים מים ומלט, המאפשר ליצור רכיבי בניין בעלי גמישות אדריכלית וייצור אוטונומי.

■ **פלסטיק:** הדפסה תלת־ממדית בפלסטיק משמשת לעיתים קרובות ליצירת דגמים, חלקים קטנים או אף מערכות, כגון חלקים לתשתיות.

■ **מתכות:** בעזרת טכניקות המשלבות התכה, ניתן להדפיס חומרים מתכתיים במבנים דקים ומורכבים, שיכולים לשמש כחלקים ייחודיים או תשתיות קלות משקל, או אף מבנים קונסטרוקטיביים (כגון גשר המתכת MX3D שהודפס במפעל והותקן מעל תעלה באמסטרדם).

■ **חימר:** חומר גלם טבעי וידידותי לסביבה, שמהווה למעשה את הגרסה המתקדמת לבנייה מאדמה, שיטת בנייה הקיימת כבר מאות שנים. החימר אמנם יכול לשמש לבניית קירות או מבנים, אך יש לזכור את חסרונותיו אל מול עמידה בעומסים לעומת חומרים מודרניים. חיפויים הינם דוגמה פוטנציאלית ליישום הדפסה על ידי חימר.

כאמור, לכל חומר ישנם יתרונות וחסרונות והשימוש בכל אחד מהם תלוי באופי הפרויקט והמוצא, הדרישות הטכניות והתקציב. כמו כן, מדובר בטכנולוגיה חדשנית ללא תקינה קיימת, ולכן לצורך יישום השיטה ייתכן ויידרשו שלבים רגולטוריים נוספים כגון בגוף לבדיקה ולאישור שיטות בנייה חדשות וכו'. כמו כן, ישנם היבטים בהדפסת תלת־ממד שעדיין נמצאים בהליכי מחקר ופיתוח, כגון הדפסת רכיבים נושאים אופקיים כגון תקרות, והיישום של הטכנולוגיה נצפה לרוב במבנים צמודי-קרקע או נמוכים ולא במבנים רבי-קומות. יחד עם זאת, הדפסת תלת־ממד עדיין שימושית בייצור אלמנטים לא־קונסטרוקטיביים כגון חיפויים, ריהוט, וכו'.

2.3 דיגיטציה של ענף הבנייה

ריבוי ההחלטות לאורך תהליך הבנייה וזרימת המידע בכל אחד מהשלבים, מהתכנון לביצוע ועד לתחזוקה, כולל מעורבות גורמים רבים מתחומים שונים בענף, דבר שהופך את ענף הבנייה לאחד הסקטורים שעבורם הטמעת תהליכי דיגיטציה יכולה להביא לשינוי מהותי ביעול זרימת המידע בכל שרשרת הערך. מעבר לכך, קידום הבנייה לכך שהמידע בכל התהליכים יהיה דיגיטלי, יהווה תשתית להטמעת ופיתוח טכנולוגיות נוספות, כגון אופטימיזציה לתכנון המבנה, ביצוע אוטונומי באמצעות רובוטים, שילוב רחפנים, ייצור רכיבים מתועשים באמצעות דיגיטציה ועוד. בנוסף, יש לציין שחלק ניכר מהסטארטאפים בענף הבנייה מתבססים על מידע דיגיטלי.

יחד עם זאת הטמעת הדיגיטציה בענף הבנייה היא תהליך איטרטיבי, הדורש התאמה תרבותית וארגונית, כמו גם השקעת משאבים בהכשרה ובפיתוח מיומנויות חדשות בקרב העובדים. היא מציעה הזדמנויות לשיפור וחדשנות,

שלב התכנון	שלב הביצוע	שלב התפעול והתחזוקה
תועלות השימוש ב BIM בשלבים השונים		
<ul style="list-style-type: none"> ■ שיפור איכות התכנון ע"י סנכרון התכנון בין המתכננים השונים- עבודה על מודל אחד ■ תיאום מוקדם מאפשר לזהות תקלות, חסמים, אתגרים ועיכובים בשלבי התכנון המוקדמים שבהם כלכלי יותר לבצע שינויים ■ BIM מאפשר סימולציות שונות לתפקוד המבנה, ועל בסיסים לבצע אופטימיזציה תכנונית ■ שימוש ב-BIM מאפשר המחשה ויזואלית תלת-מימדית על המבנה וכך לקבל תובנות נוספות 	<ul style="list-style-type: none"> ■ הלימה גבוהה יותר בין התכנון לביצוע מאחר ותהליך התכנון נעשה באופן מתואם ומערב את כל המתכננים לעבוד באותו מודל ■ אפשרות לניטור המידע בזמן אמת, אודות התקדמות הבנייה, זיהוי תקלות, הפחתת ליקויים, שיפור הבטיחות באתר ועוד ■ אפשרות לשילוב טכנולוגיות חדשניות כגון רחפנים, קסדות חכמות אשר מצריכות מודלים ממוחשבים 	<ul style="list-style-type: none"> ■ מודל BIM מאפשר לנהל את התחזוקה של המבנה, עם מידע לגבי הרכיבים מהם בנוי המבנה-זיהוי תדירות תחזוקה, מפרטים וכו' ■ במידה ומוזרמים נתונים במהלך השימוש במבנה, הבנה עמוקה יותר של המבנה ואופן תפקודו, המאפשרת תיקונים, שיפורים ושיפוצים בצורה יעילה יותר
אתגרים ביישום		
<ul style="list-style-type: none"> ■ הכשרה והבנה - ייתכן שלא כל המעורבים בכרויקט משתמשים ובעלי הכשרה לעבוד בטכנולוגיית BIM, ולכן עשויה להידרש השקעה בהכשרה ובהבנת השיטה והתוכנות הנלוות ■ שיתוף פעולה בין הגורמים - כדי לנצל את היתרונות של BIM, יש לשפר את שיתוף הפעולה בין הגורמים השונים המעורבים בתהליך התכנון והבנייה של הפרויקט 	<ul style="list-style-type: none"> ■ עדכון מתמשך של המודל - במהלך שלב הביצוע, עשויות להיווצר שינויים ותיקונים בתכנון. על מנת לוודא את תוקף המידע במודל, יש לעדכן אותו באופן מתמשך ולשמור על גרסאות מעודכנות ■ תיאום עם קבלנים - יש לוודא שכל הקבלנים (קבלני משנה למשל) עובדים בהתאם למודל ה-BIM ומתבססים על המידע הנכון והעדכני 	<ul style="list-style-type: none"> ■ מעבר מערכות-אחרי סיום הבנייה, עשוי להידרש מעבר מידע ממודל ה BIM למערכות ניהול ותחזוקה של הבניין. קיימות דרישות מחשוב ומערכות בכדי להשתמש במודל לצורך ניהול המבנה. כמו כן יש לוודא שצוות התחזוקה והתפעול מוכשר לשימוש ב-BIM

בסיסי אך ללא אינטגרציה מלאה.

■ **BIM רמה 2:** תיאום חלקי בין מודלים, שימוש בתוכנות תלת־ממד, שיתוף מידע סטנדרטי. שיתוף פעולה בין צוותים דרך סביבת נתונים משותפת (CDE), מודלים לפי תחומים.

■ **BIM רמה 3:** תיאום מלא עם מודל אחיד; אינטגרציה דיגיטלית מלאה. שימוש ב"תאום דיגיטלי" בזמן אמת, מודל אחד משותף לכל המידע והצוותים, תמיכה בכל מחזור חיי המבנה.

המעבר בין רמות 2 ל-3 מציין שיפור בשיתוף הפעולה, הדיוק והניהול הדיגיטלי. בבריטניה לדוגמה, רמה 2 היא הרמה המחייבת בפרויקטים ציבוריים והשאיפה היא לבצע את המעבר לרמה 3.

Digital Twin 2.3.2 – תאום דיגיטלי

¹³ Digital Twin או "תאום דיגיטלי" הוא מודל דיגיטלי של עצם פיזי, מערכת או תהליך. המודל משמש למטרות שונות, כולל סימולציה, ניתוח וניטור של העצם הפיזי

לשיתוף ושימור מידע בין כל הגורמים המעורבים.

■ ניהול ותיאום מידע: קביעת תהליכים וסטנדרטים לניהול עקבי של נתונים.

■ שקיפות ואמינות: מבנה אחיד למידע המבטיח איכות, נגישות ותיאום לאורך כל שלבי הפרויקט.

התקן כולל מספר חלקים המפרטים את הדרישות לניהול מידע בפרויקטים של בנייה והנדסה, בדגש על ניהול המידע בצורה יעילה ומובנית.

רמות: BIM

קיימות רמות שונות של שילוב ושיתוף מידע בפרויקטי בנייה:

■ **BIM רמה 0:** ללא מודלים דיגיטליים; שרטוטים דו־ממדיים בלבד, עם שיתוף מידע מינימלי בתהליכים נפרדים זה מזה.

■ **BIM רמה 1:** שילוב CAD דו־ממדי ותלת־ממדי; התחלת שימוש בדיגיטציה. תקני קבצים אחידים, שיתוף מידע

דרכים שבהן ניתן להשתמש בתאום דיגיטלי בענף הבנייה:

■ **תכנון וסימולציה:** שימוש בתאום דיגיטלי לצורך סימולציה של תהליכי בנייה, כולל בדיקת השפעות שונות על הפרויקט.

■ **ניהול פרויקטים:** אפשרות לניטור התקדמות הבנייה בזמן אמת, זיהוי בעיות פוטנציאליות מבעוד מועד ושיפור התקשורת בין כל הגורמים המעורבים.

■ **תחזוקה וניהול מתקנים:** שימוש בנתונים מחיישנים ומערכות ניטור לניהול יעיל יותר של מבנים לאחר הקמתם, כולל תחזוקה פרו־אקטיבית.

■ **סיוע בקבלת החלטות:** עבור מקבלי ההחלטות, תאום דיגיטלי יכול להוות מקור לבחינת נתונים שעל פיהם ניתן לבסס צעדי מדיניות מושכלים יותר.

בזמן אמת. המושג נפוץ בעיקר בתעשיית הייצור, הנדסת מבנים ותחומים טכנולוגיים אחרים, והוא מאפשר לחקור תרחישים שונים, לזהות בעיות מבעוד מועד, ולשפר את התפעול והתחזוקה של העצם הפיזי.

התאום הדיגיטלי מתבסס על נתונים שנאספים באמצעות חיישנים או מנגנון איסוף מידע אחר המועברים למודל הדיגיטלי. המודל מתעדכן בזמן אמת ומשקף את מצבו ותפקודו של העצם הפיזי. המודל מאפשר למשתמשים לבצע ניתוחים מורכבים, לחזות התנהגות בעתיד ולקבל החלטות מושכלות על בסיס מידע מדויק ועדכני. בשנים האחרונות השימוש בתאומים דיגיטליים התרחב גם לתחומים כמו בריאות, חקלאות וערים חכמות, כאשר הם משמשים לשיפור התכנון, הניהול והתפעול של מערכות מורכבות.

השימוש בתאום דיגיטלי בענף הבנייה מאפשר שיפור משמעותי בתכנון, בביצוע ובתחזוקה של פרויקטים. להלן

שלב התכנון	שלב הביצוע	שלב התפעול והתחזוקה
תועלות השימוש ב VR ו- AR בשלבים השונים		
<p>המחשת התכנון; מסייע להבין את התכנון בצורה מדויקת ומציאותית יותר. דרך ביקור וירטואלי במודל תלת ממד של הבניין, ניתן לזהות בעיות פוטנציאליות או לבצע שיפורים לפני תחילת הבנייה. כך ניתן להפחית את הצורך בתיקונים יקרים ולחסוך זמן בשלב התכנון</p> <p>שיתופי פעולה: חיבור כלל אנשי המקצוע, הקבלנים והלקוחות. מאפשר לדון בשינויים ולבצע עדכונים בזמן אמת תוך הבנה ברורה של מטרת הפרויקט והתקדמותו</p>	<p>הדרכה ובטיחות: ניתן להשתמש ב-VR כדי לדמות תרחישים של אתרי בנייה למטרות הדרכה, לאפשר לעובדים לתרגל וללמוד נהלי בטיחות בסביבה מבוקרת ולהגביר מודעות לתאונות עבודה</p> <p>סנכרון עבודה: On site: ניתן להשתמש ב-AR כדי להציב מידע דיגיטלי, כגון שרטוטים או מודלים תלת-ממדיים, על גבי אתר הבנייה הפיזי. כך ניתן להבין היכן יש למקם רכיבים ספציפיים, לשפר את הדיוק, להפחית את הסיכוי לשגיאות ולבסס את ההתאמה בין תכנון לביצוע</p>	<p>תחזוקה וניהול מתקנים: לספק לטכנאים ומנהלי תחזוקה מידע בזמן אמת על ציוד ומערכות בניין. אפשרות גישה למידע רלוונטי והוראות שימוש על ידי שכבת נתונים דיגיטליים על גבי הרכיבים הפיזיים</p>
שיתופי פעולה:		
<p>עלויות טכנולוגיה: ציוד ותוכנות מתקדמים ל-AR ו-VR הינן יקר (נכון לשלב זה), ולא בהכרח מצדיק את השימוש</p> <p>חוסר בידע ובמיומנויות: קשיים בהבנת הפוטנציאל המלא של הטכנולוגיה וביישומה בפרויקטים. זהו תסמין של היעדר מיומנות בתחום בקרב מתכננים.</p>	<p>התאמה לסביבות העבודה: במקרים מסוימים, ייתכן ששימוש ב-VR יהיה קשה בסביבות בנייה קיימות, בשל תנאים קשים כמו אבק, רעש או תנועה מרובה. מעבר לשימוש-יש לתחזק מערכות אלו כראוי</p> <p>אינטגרציה עם מערכות קיימות: קשיים באינטגרציה של טכנולוגיות AR ו-VR עם מערכות ניהול פרויקטים קיימות, כמו גישות למידע מתוך מקורות נתונים שונים</p>	<p>עדכונים ותמיכה: אתגרי עדכונים ותמיכה טכנית. הטכנולוגיה מתפתחת במהירות, ולכן עשויים להיות קשיים בהשגת עדכונים עבור ציוד ותוכנות. עלולה גם להיווצר תלות המונעת גישה לציוד או לתוכנות וכתוצאה מכך להשפיע לרעה על יכולת התחזוקה. כל עוד אין best practice בנושא, השימוש יהיה בעיקר נקודתי או שולי</p>

יותר של יתרונותיה. מרבית הפעולות המבוצעות כיום על ידי רחפנים מבוססות על יכולתם לנטר אתרי בנייה או לסקור שטחים, אך ככל שהטכנולוגיה תתפתח ותתייצב, ניתן יהיה להתבסס על רחפנים גם לצורך שינוע חומרים בכמויות גדולות, לצורך השלמת חוסר של מרכיב בודד או אף לשנע פועל מהקרקע לראש מגדל. יתרה מזאת, במתווה כלשהו של נחיל, בעתיד רחפנים אף יוכלו לבנות בעצמם מבנים מורכבים על בסיס הנחיות, כפי שכבר נעשה כיום באתרי הדגמה מבוקרים.¹⁴

פוטנציאלית, כלים מסוג זה יוכלו להחליף פועל בניין בפעילות מסכנת חיים ובכך לשפר את רמת הבטיחות באתר. דוגמה לכך ניתן כבר לראות בחברות לתחזוקה והולכה של תשתיות אנרגיה, הנעזרות ברחפנים לשם תחזוקה ותיקון של כבלים חשמליים בגובה, תהליכים שעבור פועל אנושי יוגדרו כתהליכי עבודה בסיכון גבוה.

על מנת שמערכות אלו יממשו את הפוטנציאל המעשי שלהן מעבר להיבט התאורטי, יש לוודא כי הן אמינות, מדויקות, ידידותיות למשתמש ובטוחות לשימוש. כמו כן יש לוודא שהן תהיינה מחוברות למערכת שתוכל לעשות שימוש בדאטה שיצטבר ולבצע אנליטיקות שימושיות מהשימוש ברחפנים.

2.5 רובוטיקה וכלים אוטונומיים או אוטונומיים למחצה



מעטות הטכנולוגיות שסיקרנו את האנושות כמו הרובוטיקה, המשקפת את החלום לשחרור ממטלות קשות ומייגעות באמצעות מכונות חכמות. רובוט הוא מערכת ממוחשבת שפועלת באופן אוטונומי או חצי-אוטונומי, לרוב במשימות מוגדרות מראש ובסביבות בעלות תנאים ידועים, כגון סביבת ייצור במפעל. ניתן לתכנת רובוטים לביצוע משימות מגוונות ומסובכות בתחומים רבים כולל ייצור, רפואה, חלל, בנייה, חקלאות ועוד. הרובוט יכול להיות אוטונומי או אוטונומי למחצה, כאשר אוטונומיה מלאה מתייחסת למכונות שיכולות לבצע משימות מורכבות באופן עצמאי ללא כל שליטה חיצונית. כלים אוטונומיים למחצה, לעומת זאת, נזקקים לאינטרקציה ולבקרה אנושית. דוגמה רלוונטית לכך ניתן לראות ברכב האוטונומי, שהוגדר עבורו 5 רמות של אוטונומיה.^{15, 16}

ענף הבנייה נחשב לענף שמאופיין ברמת אוטומציה נמוכה, וזאת להבדיל מענפים רבים אחרים¹⁷ הכוללים עבודה פיזית, שעברו או עוברים באופן הדרגתי תהליך שיפחית את התלות בפועלים פגיעים החשופים לנזקי גוף. עם זאת, למרות התועלות בטכנולוגיה זו, הדרך לאימוץ רחב יותר של רובוטיקה בבנייה רצופה באתגרים. אתר בנייה הינו סביבת עבודה רועשת, החשופה לתנאי מזג אוויר משתנה וקיצוני, רוחות חזקות, לכלוך ואבק, לכלוך ורוחות. זוהי סביבה בלתי צפויה ומשתנה יותר מסביבות שמאפיינות

מדינות מתקדמות שנעזרות או עתידות להיעזר ב-digital twins, כחלק מטיוב קבלת ההחלטות בענף הבנייה:

סינגפור: אחת המדינות המובילות בשימוש בתאום דיגיטלי בענף הבנייה. הממשלה פיתחה מודל דיגיטלי של המדינה כולה לצורך תכנון עירוני וניהול משאבים.

בריטניה: הממשלה הבריטית קידמה את שימוש ב-BIM - ומחייבת כל פרויקט במימון ממשלתי להתבסס על BIM כצעד מקדים לקראת יצירת תאומים דיגיטליים בפרויקטים ציבוריים. בריטניה אף יצרה מודל רעיוני לתאום דיגיטלי לאומי.

Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR)

2.3.3

מציאות רבודה (AR) ומציאות מדומה (VR) הן שתי טכנולוגיות שונות שמהותן היא שילוב תוכן דיגיטלי עם סביבת המשתמש.

מציאות רבודה (AR):

AR כולל שכבת-על של תוכן דיגיטלי, כגון תמונות, טקסט או מודלים תלת-ממדיים של תפיסת המשתמש את העולם האמיתי, ומאפשר למשתמשים ליצור אינטראקציה עם אובייקטים דיגיטליים ופיזיים בו זמנית. ניתן לחוות AR באמצעות סמארטפונים, טאבלטים או אוזניות מיוחדות בעלות מצלמות וחיישנים. לדוגמה, בענף הבנייה קיימות קסדות משולבות במשקפי AR.

מציאות מדומה (VR):

VR, לעומת זאת, מזין את המשתמשים באופן מלא בסביבה שנוצרה על ידי מחשב, ומבודד אותם מהעולם האמיתי. הדבר מושג בדרך כלל באמצעות ממשק פיזי החוסם גירויים חיצוניים ומציג למשתמש סביבה דיגיטלית של 360 מעלות. לעיתים קרובות כולל ה-VR רכיבים נוספים, כגון בקרי יד, המשפרים את תחושת הנוכחות והאינטראקטיביות בתוך הסביבה הווירטואלית.

החשיבות של השימוש ב-AR ו-VR בתכנון ובביצוע טמונה ביכולתם לייעל את תהליך התכנון, לשפר את שיתופי הפעולה, לשפר את הבטיחות ולהגביר את היעילות הכוללת. לטכנולוגיות אלו יש פוטנציאל לחולל מהפכה באופן שבו פרויקטי בנייה מתוכננים, מבוצעים ומתחזקים, ובסופו של דבר לחסוך זמן, להפחית עלויות ולמזער טעויות.

2.4 רחפנים

(Unmanned Aerial Vehicles) UAVs

כלי טיס בלתי מאויש המופעל באמצעות שלט רחוק או תוכנה. בשנים האחרונות התחילו להטמיע רחפנים בתעשיית הבנייה בצורה רחבה יותר בזכות שיפורים טכנולוגיים, שיפור הנגישות לטכנולוגיה והבנה מבוססת

שלב התכנון	שלב הביצוע	שלב התפעול והתחזוקה
תועלות השימוש ברחפנים בשלבים השונים		
<p>ניתוח אתר וסקרים: ניתן להשתמש ברחפנים לאיסוף מידע אווירי, כמו טופוגרפיה ותנאי האתר, שיכולים להיות מהותיים ליצירת תוכניות אתר מדויקות ולקביעת כדאיות הפרויקט, כמו כן לבצע סריקות מתקדמות של IR, X-ray וכו' מידע זה יכול לייעל את תהליך התכנון ולסייע לזהות נקודות תורפה או כשלים</p>	<p>מעקב אחר התקדמות: צילום תמונות אוויריות וסרטונים של אתרי הבנייה, כך שמנהלי הפרויקט יוכלו לעקוב אחר התקדמות, לזהות בעיות אפשריות ולקבוע החלטות מבוססות על מידע בפועל. רחפנים יכולים לבצע בדיקות של אזורים בלתי נגישים או מסוכנים, כך שיפחיתו הסיכוי לנזקי גוף</p> <p>מסירת חומרים וציוד: במקרים מסוימים, רחפנים יכולים לשמש להובלת חומרי בנייה קטנים או כלים שימוש עתידי אפשרי:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ שינוע בני אדם, לגבהים ומרחקים ■ בנייה בפועל ע"י טכנולוגיות נחיל, הנושאות חומרי בנייה ומחברים אותם לקונסטרוקציות 	<p>בדיקות ואיסוף נתונים: רחפנים יכולים לשמש לבדיקת חוץ הבניין ותשתיות, כגמים ושחיקה בגשרים, זיהוי בעיות מבניות או צרכי תחזוקה אחרים מידע יזה יסייע לקבלת החלטות מושכלת, יפחית את התלות והסיכון לצוותי תחזוקה או הצורך להגיע לאיזורים מרוחקים</p> <p>תגובה למקרי חירום: במקרה של אסונות טבע או תאונות, ניתן לשלוח את הרחפנים להערכת הנזק ולסיוע במאמצי החילוץ</p> <p>שימוש עתידי אפשרי:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ תיקון מבנים בפועל, לדוגמה ע"י הזרקת דבקים בסדקים, הלחמה ועוד. ■ תוספות בינוי למיניהם ע"י רחפנים
אתגרים ביישום		
<p>על פניו אין מגבלות, אולם יש להסדיר את התנאים המשפטיים לשימוש, בעיקר בעת צילום באיזורים מאוכלסים</p>	<p>הרחפן עשוי להוות סכנה במקרה של תאונה או נפילה ויש לנקוט באמצעי בטיחות כמו כן, תיאורטית ניתן לבצע השתלטות סייבר על הרחפן ובמקרה זה להפכו לגורם סיכון משמעותי</p>	<p>הגבלות משפטיות שעשויות לנבוע משימוש ברחפן באזורים מאוכלסים ידע טכני תפעולי שאינו נפוץ כיום בתחום התחזוקה</p>

2.5 רובוטיקה וכלים אוטונומיים או אוטונומיים למחצה

שלב הביצוע	שלב התפעול והתחזוקה
תועלות השימוש ברובוטיקה בשלבים השונים	
<p>פרודוקטיביות מוגברת: נתן להפעיל לעבודה שעות ארוכות וללא הפסקות. לדוגמה, רובוט המניח לבנים, מסוגל להציב 400 יחידות בשעה בעוד אדם מסוגל להניח 60-75 יחידות בשעה לא כולל הפסקות. היתרון הרובוטי בשלב זה הוא בעיקר במשימות חזרתיות, שמרכיב ההפתעה בהן הוא מועט.</p> <p>בטיחות משופרת: פעולות בסביבות מסוכנות המפחיתות את הסיכוי לתאונות, למשל עבודה בגובה.</p>	<p>פרודוקטיביות מוגברת: נתן להפעיל לעבודה שעות ארוכות וללא הפסקות. לדוגמה, רובוט המניח לבנים, מסוגל להציב 400 יחידות בשעה בעוד אדם מסוגל להניח 60-75 יחידות בשעה לא כולל הפסקות. היתרון הרובוטי בשלב זה הוא בעיקר במשימות חזרתיות, שמרכיב ההפתעה בהן הוא מועט.</p> <p>בטיחות משופרת: פעולות בסביבות מסוכנות המפחיתות את הסיכוי לתאונות, למשל עבודה בגובה.</p>
אתגרים ביישום	
<p>אובדן מקומות עבודה: חששות לגבי אובדן מקומות עבודה יכולים לפגוש בהתנגדות כח אדם הקיים. השקעה ראשונית גבוהה: רובוטים יקרים ועשויים לדרוש תחזוקה משמעותית.</p> <p>תחזוקה: התחזוקה דורשת ידע מכאני, שאינו בהכרח מפותח באתרי בנייה. פירוש הדבר שיש לבצע התקשרויות לצרכי תחזוקה שוטפת והפעלה שעלולות להגדיל עלויות. גמישות מוגבלת: רובוטים מתוכננים בדרך כלל לבצע משימות ספציפיות וחסרים את יכולת הסתגלות של העובדים אנושיים (זאת נכון להיום).</p>	<p>עלות: שימוש ברובוטיקה והתשתיות להפעלתה מכתביים השקעה פיננסית מעבר לתחזוקה השגרתית של המבנה או המתקן.</p> <p>פער מיומנויות ותחזוקה: התעשייה בשלב הנוכחי עשויה להיעדר כוח אדם מיומן לתחזוקת מערכות אלו.</p> <p>ישנו אף הבדל בין מבנים המפעילים רובוטים לצרכים שוטפים וספציפיים. לדוגמה, חברת החשמל אשר מפעילה רובוטים לתחזוקה שוטפת של מתקנים מסוכנים לעומת מבנה משרדים אשר עשוי להיעזר ברובוטים לצורך ספציפי, לדוגמה, שחרור סתימה בצנרת או ניקוי חלונות.</p>

שלב הבנייה והייצור:

■ **רובוטים לבנייה:** רובוטים אוטונומיים, כפי שתוארו בפרק זה, מבוססים על בינה מלאכותית ויכולים לבצע משימות חוזרות כמו חפירה, בניית לבנים ופיזור בטון. עם התקדמות התחום, לא מן הנמנע כי רובוטים מתקדמים יוכלו לבצע פעילויות אוטונומיות מלאות, ובכך להפוך את ענף הבנייה לכזה שבו מספר העובדים האנושיים מצומצם. החזון העתידי כולל אתר בנייה שבו ישנם עשרות רובוטים ומספר מצומצם של מהנדסים המפקחים על עבודתם, במקום עשרות פועלים ומנהל אתר.

■ **יצירת חומרים חדשים ואופטימיזציה של חומרים:** דוגמה מייצגת¹⁸ היא מחקר שבוצע באוניברסיטת ליברפול בתחום חקר החומרים. צוות המחקר הזין לתוך אלגוריתם AI תוצאות של כ-6,000 ניסויים בתחום החומרים, שבוצעו עוד בשנות ה-50 של המאה שעברה. האלגוריתם זיהה קישורים אפשריים והציע בסיס מדעי לחומר חדש: זכוכית בעלת תכונות קונסטרוקטיביות של מתכת, זאת על ידי עיבוד כמות עצומה של מידע וזיהוי קישוריות בין מחקרים שהיא מעבר ליכולת העיבוד של אדם בפרק זמן סביב זהו תפיסה מהפכנית לא רק בפיתוח חומרים חדשים אלא במינוף ידע שבעבר אולי הוביל למבוי סתום, אבל כיום, באמצעות יכולת עיבוד המידע המתקדמת, עשוי לשוב ולשמש לצרכים מדעיים ומסחריים.

■ **בקרת איכות:** בדיקת אתרי בנייה באמצעות השוואת תמונות כדי לזהות סכנות בטיחותיות פוטנציאליות או בעיות איכות.

■ **ניטור ציוד:** בינה מלאכותית יכולה לנתח נתונים מחיישני IoT כדי לחזות כשלים בציוד מבעוד מועד ולכי פרמטרים שאינם גלויים בהכרח לעין האנושית, דבר שמפחית את זמן ההשבתה ועלויות התחזוקה.

■ **ניהול זמנים ותיאום פעולות:** פרויקט בנייה עשוי להכיל 40 אלף¹⁹ פעולות שונות ולוגיסטיות, החל מהזמנת חומרים ומלאי ועד לתיאום בין אנשי מקצוע. היכולת האנושית לעבד את המידע ולהציע מסלולים יעילים הינה מוגבלת. AI מהווה אלטרנטיבה הגיונית למקרים כאלה, והחיסכון הפוטנציאלי, בזמן ובכסף, הינו רב.

שלב תחזוקת וניהול הנכס:

■ **תחזוקה מונעת וניהול מבנים:** בינה מלאכותית יכולה לנתח דפוסים בנתוני תחזוקה כדי לחזות מתי ציוד צפוי להיכשל, דבר שמאפשר תחזוקה מונעת בזמן. ניתן גם ליישם מערכות המנטרות את ביצועי המבנה תוך שימוש בנתוני חיישנים כדי לצמצם את צריכת האנרגיה ולשפר את היעילות הכוללת, למשל באמצעות ניהול צוותי ניקוי, בשימוש יעיל בתאורה או בזיהוי אזורים הצפויים להיות פעילים או בלתי פעילים בימים מסוימים

תעשיות אחרות, שבהן הרובוטיקה יושמה בהצלחה, כגון ייצור רכבים או מוצרי צריכה למיניהם. פרויקטי בנייה הם לרוב ייחודיים, ודורשים פתרונות מותאמים וגמישות שאינה פשוטה עבור רובוט, חכם ככל שיהיה.

בנוסף, בענף הבנייה קיימת גישה של הימנעות מאימוץ טכנולוגיות חדשות החסרות ניסיון מספק בשוק, ולכן מהוות סיכון לפרויקט, כאשר חששות לגבי העלות הראשונית הגבוהה של הרובוטיקה ואובדן מקומות עבודה פוטנציאליים מאטים עוד יותר את קצב הטמעתן. פער הכישורים הוא אתגר נוסף, שכן יש צורך בעובדים שיוכלו להפעיל ולתחזק את המערכות החדשות הללו.

למרות האתגרים הללו, הפוטנציאל של הרובוטיקה בתחום הבנייה הוא עצום, ויכול להתבטא בהגדלת הפרודוקטיביות, הפחתת העלויות בטווח הארוך, שיפור הבטיחות, שיפור האיכות ועוד. יתרה מכך, שילוב של רובוטיקה עם טכנולוגיות מתקדמות אחרות, כמו הדפסה תלת-ממדית, AI ו-IoT, מהווה התפתחות מתבקשת של תחומים אלו.

2.6 AI (Artificial Intelligence) – בינה מלאכותית



להבדיל מהטכנולוגיות השונות שנסקרו להלן, לרבות BIM, בנייה מתועשת וכדומה, ה-AI אינו מהווה מהפכה בלעדית לענף הבנייה או התעשייה אלא זוהי מהפכה כוללת המערערת כמעט כל פעילות אנושית בעידן הנוכחי. יתרה מזאת, כל אחת מהטכנולוגיות שסוקרו להלן מושפעת ומשתפרת הודות להתקדמות המטאורית בתחום ה-AI בשנים האחרונות.

להלן מספר דוגמאות של שימוש ב-AI הרלוונטיות לתחום הבנייה:

תכנון (אדריכלות והנדסה, תכנון פרמטרי ותכנון אוטונומי):

■ **כלי עיצוב מבוססי בינה מלאכותית:** כלי בינה מלאכותית מאפשרים לאדריכלים ומהנדסים לבחון מספר עצום של אפשרויות תכנון באופן מהיר ויעיל, תוך מיטוב (אופטימיזציה) למטרות ספציפיות כמו הפחתת חומרים או שיפור התנהגות המבנה.

■ **חיזוי עלויות וניהול פרויקטים:** ייעול לוחות הזמנים של הפרויקט וסיוע לאדריכלים ומהנדסים לחזות עיכובים בפרויקט לצד חריגה בעלויות.

■ **BIM ובינה מלאכותית:** שילוב של AI עם תוכנת Building Information Modeling (BIM) יכולה לשפר את היעילות של התכנון על ידי מתן אפשרות משופרת לזיהוי התנגשויות בין תוכניות, ניתוח תהליכי בנייה ומידול אנרגטי.

ולוחות זמנים מתנגשים. בבנייה סטנדרטית, טעות עלולה להוביל לטעות נוספת, למשל: קיר שנבנה היום עלול להתפרק מחר מאחר והוא עלול לסתור את עבודתו של קבלן אחר. נקודות חשמל עלולות להיות ממוקמות באזורים שבהם יש צורך בפתח לדלת וכן הלאה. לפיכך יש צורך באימוץ מתודולוגיות עבודה הממזערות אתגרים מסוג זה.

למרות שהבאת כלל המתכננים לשולחן העבודה בשלב מוקדם עשויה להביא לעלות ראשונית גבוהה, הניסיון מלמד כי תהליך כזה מוביל לחיסכון ולמניעת בעיות, שכן ההבנה שהצלחת הפרויקט היא הצלחה של כלל השותפים בו. באקלים תרבותי הממוקד בהצלחת הכלל קל יותר להטמיע חדשנות, בין אם בשימוש משותף בכלים דיגיטליים, בהכנסת טכנולוגיות חדשות לאתר או במודלים של תמרוץ כלכלי המבוססים על יעילות כלל השותפים בפרויקט.

2.7.2 קישוריות טכנולוגית:

בתוכנית שמטרתה לקדם חדשנות ב-2025 כמעט בלתי סביר לציין טכנולוגיה שהפכה למוצר נגיש כבר ב-2007. אולם הטלפון החכם (כגון טאבלטים ועוד) מצוין לא כטכנולוגיה בפני עצמה, אלא כפלטפורמה המהווה תשתית לפיתוחים נוספים. פלטפורמה זו זמינה, נגישה כלכלית ועמידה במיוחד. כיום, כל פועל יכול בקלות לשלוף מצלמה ולתעד סדקים או להתיעץ עם מנהל הבטיחות באתר. כל צמד אנשים, גם אם הם דוברים שפות שונות, יכולים לתקשר ביניהם בעזרת אפליקציות תרגום ולגשר על פערי השפה. יתרה מזאת, קבוצות WhatsApp - הפכו לחלק בלתי נפרד מכל פרויקט בנייה.

עבור מפתחיה, קיומה של פלטפורמה טכנולוגית אחידה ואמינה חוסכת במקרים מסוימים חשיבה על החומרה, מאחר והיא כבר קיימת.

ככל שהפלטפורמה הטכנולוגית ה"בסיסית" הזמינה והנגישה תלך ותשתכלל (אף לפלטפורמות שאינן רק סמארטפון), ניתן יהיה להעמיק ולהרחיב את היישומים הזמינים עבורה לצורכי ענף הבנייה. הסמארטפונים מהווים בין היתר תשתית תומכת לחלק מן הטכנולוגיות שתוארו במסמך זה, לדוגמה: פתרונות AR ו-VR שמבוססים על תשתית הסמארטפון, שליטה ברחפנים, נגישות למצלמות, ניהול מלאי על ידי AI, התראות שונות וכו'.

מאחר שלא ניתן להתעמק בכל טכנולוגיה ובכל מגמה, להלן טבלה מסכמת המתייחסת לנושאים שנסקרו וכן לסוגים השונים של טכנולוגיות, שיטות ותהליכים:²⁵

והפעלתם בהתאם. לדוגמה, מבנה חכם היודע מראש מיהם בעלי התפקידים הצפויים לעבוד באותו היום ולצורך איזה פרויקט, ומקצה להם שטח עבודה ספציפי בצורה המשפרת את תצרוכת האנרגיה של המבנה.

ככל שטכנולוגיית ה-AI תמשיך להתפתח ולהשתלב יותר בתעשיית הבנייה, אנו צפויים לראות אימוץ מוגבר של הטכנולוגיה לאורך כלל השלבים בענף. אולם יש להזכיר גם את הסכנות והאתגרים:

■ הסתמכות יתר על כלי בינה מלאכותית עלולה להוביל לחוסר בקרה קריטי מצד אדריכלים ומהנדסים, וכך להוביל לשגיאות תכנון.

■ **פריטיות ואבטחה:** מערכות בינה מלאכותית זקוקות לרוב לכמויות גדולות של נתונים כדי לתפקד ביעילות. עולם הבינוי עתיר מידע רגיש, מסחרי וביטחוני, והחשש מזליגתו הוא משמעותי.

■ **אתגרים משפטיים ורגולטוריים:** השימוש בבינה מלאכותית בתכנון עלול להוביל למורכבויות משפטיות ורגולטוריות, במיוחד במקרים שבהם פלט ה-AI מפר את חוקי הבנייה או התקנות.

■ **סיכוני בטיחות:** מכונות או רובוטים המונעים על ידי בינה מלאכותית עלולים לגרום לתאונות או לפציעות באתר הבנייה.

למרות הסיכונים הללו, זוהי מגמה שלא ניתן להתעלם ממנה, האתגר העולמי מצוי באיזון שבין אינטגרציה מסיבית של הטכנולוגיות הללו בכל תחומי החיים לצד פיתוח מנגנונים של חוק, משפט וסטנדרטים, לצורך מניעת אירועים בלתי רצויים בקרב החברה והאנושות.

2.7 תפיסות המשפיעות על קידום החדשנות בבנייה

2.7.1 מתודולוגיות עבודה:

חדשנות בבנייה אינה מתחילה ומסתיימת רק בטכנולוגיות וחומרים, אלא גם. מתודולוגיות עבודה מהוות את הבסיס לשינוי. חדשנות בבנייה אינה מבוססת רק על הטכנולוגיה, אלא גם על תרבות, צורת העבודה והיכולת לשתף פעולה באופן יעיל. להלן סקירת מתודולוגיות עבודה מתקדמות בענף, אופן השימוש בהן והתועלות שהן מספקות. המשותף לכל המתודולוגיות הללו הוא שיתוף של כלל בעלי העניין בפרויקט מוקדם ככל האפשר לטובת סנכרון וטיוב תהליכים.

דרך העבודה הסטנדרטית (והלינארית) מנציחה טעויות ומגדילה אותן מאחר והיא כוללת מראש ניגודי אינטרסים

תועלות	אופן העבודה	מתודולוגיה
<p>משפר את שיתוף הפעולה, מפחית תקשורת שגויה ומאיץ קבלת החלטות. התפיסה מקדמת הבנה משותפת של יעדי הפרויקט והתקדמות בו, מה שמוביל לשיפור תוצאות הפרויקט.</p> <p>מקרה מבחן לדוגמא מראה שיפור של 20% בזמן הבנייה והפחתה של 10% בעלויות.²⁰</p>	<p>גישה שיתופית המכגישה את כל בעלי העניין בפרויקט בנייה בחלל פיזי או וירטואלי אחד. גישה זו מעודדת תקשורת פתוחה, פתרון בעיות מיידית וקבלת החלטות קולקטיבית.</p>	ניהול תכנון ב- Big Room
<p>הטמעת שיטת LPS משפרת את ביצועי הפרויקט, מפחיתה בזבוז וחוסר יעילות. ההתמקדות היא מערכתית ולא נקודתית. בתהליכי בנייה מורכבים LPS מאפשר תיאום בין קבלי משנה וצוותי עבודה, בטווח הקצר והבינוני.</p>	<p>The Last Planner System היא מערכת המאפשרת הגדרת לוח זמנים וחלוקת מידע בין גורמים שונים (בין אם בתהליך בנייה או תהליך ייצור). השיטה מאפשרת לזהות מכשולים פוטנציאליים ולטפל בהם בשלב מוקדם.</p>	Last Planner System) (LPS ניהול בשיטת LPS
<p>התהליך מבטיח קשר רציף בין הגורמים השונים ולכן מגדיל באופן משמעותי את היעילות בפרויקטים. התלות ההדדית מפחיתה פסולת בנייה למשל, זמני המתנה, ייעול הקצאות כוח אדם ועוד. מקרי מבחן מראים הפחתה של 30% בשעות העבודה בשטח.²¹</p>	<p>בבסיסה, IPD היא שיטת התקשרות שבאמצעותה גורמים מרכזיים המעורבים בהיבטי התכנון, הייצור והבנייה של פרויקט מחוברים יחד בהסכם התקשרות חוזי אחד. הדבר מאפשר שיתופי פעולה מתמשכים לאורך כל שלבי הפרויקט, מה שמפחית בזבוז תוך הגברת היעילות, ואת סיכויי ההצלחה.</p>	התקשרות IPD Integrated Project Delivery
<p>פרט להפחתת זמני העבודה והעלות, מקרי מבחן מראים כי שיטה זו יכולה להפחית את כמות התביעות המשפטיות, המאפיינות פרויקטים מורכבים.²²</p>	<p>בדומה ל IPD, זוהי שיטת עבודה חוזית בה היזם הקבלן וצוותי התכנון עובדים תחת חוזה אחד</p>	Design-Build (DB)
<p>מקרי מבחן מראים ששימוש בשיטות Lean בענף הבנייה משפרות את איכות התוצר הסופי, מעלות את שביעות הרצון של לקוחות הקצה, ומעלות את רמת הפרודוקטיביות והבטיחות.²⁴</p>	<p>בדומה למתודולוגיות האחרות, הדגש ב Lean הוא שיתוף פעולה מוקדם בין הגורמים השונים.</p> <p>תחום Lean נפוץ בתהליכי ניהול פרויקטים ובמיוחד בעולמות הסטרטאפים מעוטי המשאבים²³ אך גם בתעשייה כבדה המבינה כי ניתן להביא לחיסכון משמעותי בהתייעלות.</p>	ניהול רזה בבנייה Lean Construction

תכנון, התקשרות וניהול ידע

תקן	ניהול מידע	התקשרות
<ul style="list-style-type: none"> ■ מידול מידע באמצעות BIM ■ תכן פרמטרי ואופטימיזציה ב- AI ■ ניהול תכנון ב- Big Room ■ ניהול זרימת מידע בתכנון בשיטת LPS 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ניהול מידע ו-BIM לפי תקן ISO 19650 ■ כולל Environment Common Data (CDE) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ התקשרות מתקדמת, כגון IPD, תכנון וביצוע

ייצור ובנייה

מפעלי ייצור	ייצור באתר בנייה	ניהול הייצור
<ul style="list-style-type: none"> ■ ייצור מתקדם (הדפסה תלת-ממדית, רובוטים תעשייתיים) ■ בנייה מתועשת נפחית Prefabricated Prefinished Volumetric Construction (PPVC) ■ בנייה מתועשת (פלדה, בטון טרום, מערכות חיפוי חיצוני, מודולים של מערכות צנרת/תעלות וכו') 	<ul style="list-style-type: none"> ■ תקרת תכולה לייצור עבודות גמר באתר (עבודות רטובות) לפי עלות העבודה ■ מיכון מתקדם \ מערכות אוטונומיות או אוטונומיות למחצה ■ בקרת איכות הביצוע באמצעים מתקדמים לדוגמא: IoT, צילום, חיישנים וסורקי לייזר ■ בקרת בטיחות באמצעים מתקדמים כגון IoT, חיישנים, צילום וכו' ■ Lean construction בנייה רזה 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Virtual Design and Construction (VDC) ■ ניהול ייצור בשיטת LPS ■ שימוש בתוכנות ייעודיות לתכנון ולניהול הייצור, כולל שימוש במכשירים ניידים באתר ■ מערכות תכנה וחומרה לניהול לוגיסטי ■ ניטור הביצוע באמצעים מתקדמים, לדוגמא: IoT, צילום, חיישנים וסורקי לייזר



3

סקירת צעדים
לקידום חדשנות
במדינות מתקדמות



סקירת צעדים לקידום חדשנות במדינות מתקדמות



3.1 מגמות עולמיות בענף הבנייה

למרות שישראל נחשבת ל"אי כלכלי", אתגרי הבינוי שאיתם היא מתמודדת אינם ייחודיים לה בלבד. סוגיות אלו נמצאות על סדר היום של קובעי מדיניות וחברות בתחום הבנייה ברחבי העולם, מתוך אינטרס משותף לקידום בנייה איכותית, בטוחה ויעילה.

בכל מדינה קיימת רגולציה ייחודית לה לצד מאפיינים מקומיים, אולם קיימות מגמות גלובליות מהותיות המשותפות למרביתן:

גידול אוכלוסין ומחסור בקרקעות זמינות לבנייה: נכון לספטמבר 2025, אוכלוסיית כדור הארץ מונה כ- 8.25 מיליארד נפש, בעוד שבשנת 1900 מנתה אוכלוסיית העולם כ-1.65 מיליארד נפש בלבד. קצב גידול האוכלוסין הוא יציב, ומדי שנה נוספים כ-85 מיליון בני אדם. בהינתן משאבי קרקע מוגבלים, בייחוד באזורי הביקוש בערים הגדולות, איתור קרקע זמינה לבנייה הינו אתגר הרלוונטי גם למדינות בעלות שטח רב.²⁶

רגישות גבוהה לתמורות גלובליות: עלות הבנייה מושפעת מגורמים רבים, בהם עלות חומרי הגלם, האנרגיה, השינוע וההובלה, שכר כוח האדם ועוד. התלות בגורמים וברכיבים מרובים ושונים גורמת לרגישות מוגברת בתקופות בהן מתרחשים אירועים גלובליים וגיאו־פוליטיים חריגים. לדוגמה, היציאה ממשבר הקורונה גרמה לעלייה בעלויות השילוח הימי, אשר השפיעה על מדדי תשומות הבנייה. באופן דומה, המלחמה באוקראינה שיצרה השלכות על ייבוא חומרי גלם או אולימפיאדת בייג'ינג שהובילה לגידול בביקוש לפלדה – הובילו לעלויות מחירים משמעותיות בענף.²⁷

מחסור ותלות בכוח אדם: בקרב המדינות המפותחות ענף הבנייה מתמודד עם מחסור בכוח אדם מיומן ובדגש על עובדים בעבודות הרטובות – השילוב של ביקושים גבוהים ומחסור בכוח אדם בתורו מעלה את עלות השכר וכן גם משליך על התארכות משך הבנייה. כוח האדם בענף הבנייה במדינות המפותחות מתבגר, בעוד שהדורות הצעירים מגלים בדרך כלל עניין מועט בעבודה בענף הבנייה, דבר שמוביל למחסור בעובדים מיומנים ושוב לעלייה בעלויות הבנייה. בהיעדר אימוץ טכנולוגיות מתקדמות, שיובילו לייעול תהליכי העבודה – מדובר בנקודת תורפה משמעותית לענף.

פריון העבודה בענף הבנייה: בהינתן מורכבות ענף הבנייה, קיימת נטייה לדבוק בשיטות בנייה מסורתיות, מוכרות ו"נטולות סיכונים", מאשר להשתמש בשיטות חדשות שיכולות להביא להתייעלות אך הן אינן מוכרות לחברות המבצעות. מחקרים מראים כי פועלי בניין מקדישים רק 35% מזמנם בפעילויות פרודוקטיביות, כאשר יתר זמנם מושקע בפעילויות לא פרודוקטיביות, כגון המתנה או תיקון עבודות שבוצעו. היעדר דיגיטציה והאימוץ האיטי של טכנולוגיות מתקדמות משקפים את פערי החדשנות בענף. בהתאם לנתונים גלובליים, ענף הבנייה מדורג במקום האחרון כמעט באימוץ טכנולוגיות דיגיטליות.^{28 29}

אתגרי הסביבה: דו"ח המצב העולמי לבנייה ולבנייה 2025/2024³⁰ של UNEP מציין כי מגזר הבנייה והבנייה אחראי ל-32% מצריכת האנרגיה העולמית ול-34% מפליטות הפחמן הדו־חמצני (CO₂) הקשורות לאנרגיה. נתונים מסוג זה מניעים את האיחוד האירופי להוביל מזה שנים מדיניות הדרגתית לצמצום פליטות הפחמן באמצעות דירקטיבות המחייבות את מדינות האיחוד לאמץ בנייה שהיא "כמעט מאופסת אנרגיה" Nearly Zero energy building.

ב-2022 אימץ האיחוד האירופי את מנגנון (Carbon Border Adjustment Mechanism) CBAM, מס פחמן על מוצרים עתירי פליטות כגון אלומיניום, צמנט, פלדה וברזל – חומרי בנייה מרכזיים בענף. מנגנון זה מחייב תמחור השפעות סביבתיות גם על ייבוא מחוץ לאיחוד. חקיקה דומה הופכת לסטנדרט במדינות נוספות, בהן אנגליה, סינגפור, ארה"ב, אוסטרליה וישראל.

בטיחות באתרי הבנייה:

לצד חקיקה, פיקוח, עיצומים כספיים, הכשרות והעלאת הסטנדרטים, תחום הבטיחות מהווה את אחד הנושאים הבשלים ביותר להטמעת טכנולוגיות וחדשנות, באמצעות אפליקציות לניהול וניטור הבטיחות, הטמעת חיישנים (כגון IoT ופיתוח ציוד מגן לביש) ועוד, ועל כך גם יעיד אחוז הסטארטאפים הגבוה יחסית העוסקים בתחום. בנוסף, באמצעות הגברת הבנייה המתועשת ניתן יהיה לצמצם את כוח האדם שבאתרי הבנייה ובכך גם להפחית את הסיכונים לאירועי בטיחות באתרי הבנייה.

אתגרי מימון: דו"ח ה-OECD משנת 2023 בנושא מימון מצביע על החמרה בהשגת מימון, במיוחד בענף הבנייה,

של קרנות המתמחות בכך – היבטים אלה מגבילים את אפשרויות המימון עבור חדשנות בענף זה.

3.2 סקירת אמצעי מדיניות לקידום הפריור והחדשנות

לנוכח האתגרים שהוזכרו, בין היתר – מחסור בכוח אדם, גידול אוכלוסין, מחסור בחומרי גלם, פריור עבודה נמוך סוגיות בטיחות באתר, והשפעות סביבתיות – קיים צורך גלובלי בקפיצת מדרגה טכנולוגית בענף הבנייה. בתגובה לאתגרים אלו, מדינות מובילות כמו בריטניה, סין, יפן ורבות ממדינות ה-OECD פיתחו תוכניות אסטרטגיות, יוזמות ותהליכים לקידום חדשנות בענף, באמצעות הטמעת דיגיטציה, תיעוש, ייצור מתקדם ותמיכה במחקר ופיתוח. לצד זאת, ניתן לציין מיזמים רוחביים של ה-World Economic Forum (WEF) (Economic Forum) והאיחוד האירופי, כאשר המשותף לכולם היא ההבנה ששינוי בענף הבנייה דורש גישה הוליסטית שמשלבת צעדים בתחומים שונים וראייה מערכתית.^{32 33 34 35 36}

הטבלה הבאה מספקת סקירה רוחבית של צעדי מדיניות נפוצים שננקטו ברחבי העולם לקידום חדשנות בענף הבנייה, לרבות יצירת שיתופי פעולה בין הממשלה לתעשייה ובין מוסדות אקדמאיים לחברות ולשוק הפרטי. לפי הסקירה, ניתן להבחין שלא קיימת מתודולוגיה אחידה לקידום חדשנות בענף, אלא מדיניות הוליסטית המשלבת פיתוח ידע, תמריצים, הון אנושי ותשתית לחדשנות.

בשל האינפלציה הגבוהה ועליית הריבית. אלה משפיעים על הנגישות והעלות של מימון החוב עבור חברות קטנות ובינוניות, וכתוצאה מכך על האטה בהלוואות. עליית הריבית, שמגיעה לאחר שנים רבות של ריביות נמוכות, משפיעה לא רק על ענף הבנייה, אלא גם על צרכני הקצה, שמתמודדים עם תנאי מימון מאתגרים יותר. אתגרים אלו נוגעים גם לפרויקטי מגורים וגם לפרויקטי תשתית. העלייה בקושי בהשגת מימון משפיעה גם על תחום הביטוח. שולי הרווח הנמוכים לצד הסיכון הגבוה מביאים את חברות הביטוח לייקר את העלויות לקבלנים, דבר שמקשה על תמחור פרויקטים והתמודדות במכרזים.³¹

קשיי המימון בענף משפיעים לא רק על חברות הבנייה אלא גם מקשים על חברות הזנק המפתחות טכנולוגיות חדשניות, לקחת חלק בשוק התחרות. חברות בתחום ה-construction tech מתמודדות עם קשיים בגיוס הון מגורמים פרטיים, הנובעים מחוסר ודאות שמייחד את תחום הבנייה, שאינו מבוסס דיו כמו תחומים אחרים כמו הסייבר והפינטק. בנוסף, משך הפיתוח וההטמעה (Time to market) הארוך יחסית לתחומים אחרים מגביר את האתגרים בענף הבנייה. העדפת משקיעים להימנע מסיכונים או לפחות לצמצמם, כמו גם חוסר ההיכרות ואי הוודאות המאפיינים את ענף הבנייה, לצד היבטים רגולטוריים (כגון דרישות לביצוע בדיקות לצורך קבלת אישורי תקינה או אישורי שיטות בנייה חדשות), הופעת ההשקעות בתחום לנישתיות יחסית ובעיקר לנחלתן

סקירת על של צעדי מדיניות נפוצים בעולם לקידום חדשנות בענף הבנייה:

צעדי מדיניות נפוצים לקידום חדשנות בענף הבנייה	תחום השפעה
מדיניות וסנכרון	
<ul style="list-style-type: none"> • עדכון תקינה לצורך הטמעת טכנולוגיות בנייה חדשות כגון בניה מודולרית או הדפסת תלת ממדית. • חובת שימוש בטכנולוגיות דיגיטליות בפרויקטים ציבוריים. • מסלול רגולטורי לבדיקה ואישור טכנולוגיות, כולל בין היתר הקמת ארגז חול (sandbox) רגולטורי לבדיקת טכנולוגיות בנייה חדשות, בין אם באתרים ייעודיים או הפיכת אתרים קיימים לאתרי בדיקה. • לאור חוסר הלימה בין קצב עדכון התקינה לבין קצב התקדמות הטכנולוגיה, יש לוודא שהתקנים המיושמים יעודכנו בהתאם או שיאמצו גישה תפקודית המאפשרת גמישות ביישום טכנולוגיות עליהן לא חשב המחוקק. <p>דוגמאות ליישום:</p> <p>סינגפור: חיוב רגולטורי לבנייה מתועשת בהתאם למ"ר וסוג המבנה והעלאה הדרגתית של הסטנדרטים לבנייה.^{37 38}</p> <p>אנגליה וגרמניה: הקמת ארגז חול רגולטורי לטכנולוגיות בטיחות בתעשייה ובבנייה.^{39 40}</p> <p>האיחוד האירופי: שילוב בין תקנים מקומיים לתקנים רוחביים בכלל האיחוד המאפשרים אימוץ טכנולוגיות, חומרים ושיטות, וקידום מדיניות התומכת בשיתופי פעולה בתחום.⁴¹</p>	<p>רגולציה</p>
<ul style="list-style-type: none"> • פלטפורמות לדיאלוג, שיתוף פעולה ושיתוף ידע בין הממשלה לתעשייה. • שילוב בעלי העניין בתעשייה בתהליכי קביעת מדיניות לעידוד חדשנות בבנייה. • הקלה על שותפויות ציבוריות-פרטיות עבור פרויקטי בנייה ועידודן. <p>דוגמאות ליישום:</p> <p>פינלנד: פלטפורמת KIRA-digi לשיתוף פעולה בין הממשלה לתעשייה, בדגש על דיגיטציה בענף.⁴²</p> <p>שבדיה: Vinnova-גוף מתכלל לתהליכי חדשנות ותמרוץ שלהם בענף הבנייה.⁴³</p> <p>גרמניה: גוף המאחד את העוסקים בבנייה מתועשת, מספק הכשרות, יוצר מקרי מבחן ומסייע בסגירת פערים בשוק ע"י שיתופי פעולה בין האקדמיה, התעשייה והממשלה.</p>	<p>פלטפורמות לחיבור ושת"פ בין גורמים</p>
פיתוח היצע	
<ul style="list-style-type: none"> • מתן תמריצי מס או מענקים לעידוד חברות להשקיע במחקר ופיתוח. • הקמת קרנות לתמיכה בפיתוח טכנולוגיות בנייה חדשות. • הקלה בגישה להון סיכון עבור חברות הזנק בענף. <p>דוגמאות ליישום:</p> <p>יפן: מתן מענקים ממשלתיים עבור קידום חדשנות בענף הבנייה בדגש על מענקי הטמעת טכנולוגיות בקרב חברות בנייה קטנות ובינוניות, זאת מתוך השאיפה להגדיל את הפרודוקטיביות בענף בכ-20%.⁴⁴</p> <p>שבדיה, הולנד, ומדינות איחוד נוספות: תמריצים והטבות מס עבור קידום מו"פ בענף.⁴⁵</p> <p>אוסטרליה: החזר מס עבור פעילות מו"פ בחברות בנייה והחזר מס עבור הצטיידות בכלים מתקדמים.⁴⁶</p>	<p>השקעות במחקר ופיתוח</p>
<ul style="list-style-type: none"> • מינוף חדשנות באמצעות תיעודף במכרזים ממשלתיים והגדרת תנאי סף בתחום החדשנות במכרזים אלו. • הצגת הוכחות היתכנות באמצעות פרויקטי הדגמה. • פלטפורמות לשיתוף ידע והצגת טכנולוגיות, אופן השימוש בהן והתועלות שהן מייצרות. • תמיכה טכנית עבור חברות המתקשות לאמץ טכנולוגיות חדשות. <p>דוגמאות ליישום:</p> <p>האיחוד האירופאי: קידום מרכזי הדגמה לטכנולוגיות בנייה חדשות.⁴⁷</p> <p>אנגליה: מודל ה-Construction Innovation Hub, שמסייע לחברות בנייה לבצע קפיצת מדרגה טכנולוגית ובדגש על דיגיטציה.⁴⁸</p>	<p>קידום טכנולוגיות ופתרונות</p>

צעדי מדיניות נפוצים לקידום חדשנות בענף הבנייה	תחום השפעה
<ul style="list-style-type: none"> • טיפוח שותפויות בין חברות בנייה וגופים נוספים כמו אוניברסיטאות או מוסדות מחקר לטובת פיתוח טכנולוגיות ומתודות חדשות. • יצירת מסלולים סדורים להעברת ידע בין האקדמיה לתעשייה. • תמיכה בפרויקטי מחקר משותפים באמצעות מימון או משאבים אחרים. <p>דוגמאות ליישום: גרמניה: דרך מודל Fraunhofer לשת"פ אקדמיה תעשייה לצרכי מו"פ.</p>	<p>שת"פ עם מוסדות אקדמיים ומכוני מחקר ופיתוח</p>
<ul style="list-style-type: none"> • מנגנונים פיננסיים ורגולטוריים לתמיכה בפרויקטי אב טיפוס ופיילוטים. • איסוף מידע ותיעוד כידבקים עבור פיילוטים לשם שיפור הטכנולוגיות לפני יישום, הפצת הידע ויצירת מקרי מבחן ו- best practice⁵⁰ 	<p>קידום ותיעוד פיילוטים ואבות טיפוס</p>
<ul style="list-style-type: none"> • מרכזי אתגר קולות קוראים או תחרויות ממשלתיות לפיתוח רעיונות ופתרונות חדשניים הנוגעים באתגרי הענף. • מימון ומנגנוני תמיכה לזוכים לצורך יישום רעיונותיהם. • שימוש בתחרויות כמרכזי הדגמה או כפלטפורמה לקידום שיטות עבודה וטכנולוגיות מומלצות. <p>דוגמאות ליישום: ארה"ב: תחרויות האתגר של DARPA לחדשנות טכנולוגית דרך מנגנוני Open Innovation.⁵¹</p>	<p>תחרויות וקולות קוראים</p>
יצירת תשתית	
<ul style="list-style-type: none"> • שיתוף פעולה עם מוסדות חינוך כדי להתאים את תכנית הלימודים לצרכי התעשייה ובהתאם להתקדמות הטכנולוגית בענף. • תוכניות וקורסים לקידום חדשנות בבנייה (טכנולוגיות ומתודולוגיות) בבתי ספר המקצועיים ובאוניברסיטאות. • תוכניות הכשרה לעובדים בענף ללימוד והטמעת טכנולוגיות בנייה חדשות ותוכניות פיתוח מקצועי. <p>דוגמאות ליישום: אוסטרליה: תוכניות לימוד באוניברסיטאות בנושא חדשנות בבנייה.⁵² אנגליה: תכניות הכשרה מקיפות לפיתוח כח אדם מיומן.⁵³ סינגפור: שיתופי פעולה עם חברות זרות הנכנסות לשוק המקומי לצורך העברת ידע וביסוס הכרות עם טכנולוגיות חדשות.</p>	<p>חינוך והכשרות, פיתוח מקצועי</p>
<ul style="list-style-type: none"> • הקמת אתרי הדגמה לטכנולוגיות בנייה ומתן אפשרות לרשויות מקומיות להקים אתרי הדגמה ייעודיים באמצעות תמרוץ או הקלות רגולטוריות. • שימוש באתרי ההדגמה עבור הפצת ידע וספציפית לקהל יעד המשתמשים בטכנולוגיה לרבות קבלנים, מנהלי עבודה וכו'. • אפשרות לחשיפת לקוחות הקצה והציבור הרחב לטכנולוגיות בפעולה. • איסוף משוב לצורך שיפור הטכנולוגיות לקראת יישום רחב יותר. <p>דוגמאות ליישום: גרמניה: פיילוטים ל-Beta sites במסגרת תכנית Future Building⁵⁴.</p>	<p>אתרי הדגמה ו- Beta sites</p>

צעדי מדיניות נפוצים לקידום חדשנות בענף הבנייה	תחום השפעה
<ul style="list-style-type: none"> • הכשרות לבעלי תפקידים וחשיפתם לשיפור מיומנויות בשילוב כלים דיגיטליים. • חיוב או תעודף BIM לפרויקטי בנייה ותשתיות במגזר הציבורי (לרבות מכרזי קרקע). • דיגיטציה מלאה של תהליכי הרישוי בתהליכי הבנייה. • מנגנונים למדידת השפעת צעדי המדיניות. • קידום Digital twins וכלים נוספים לקידום הידע בתחום. <p>דוגמאות ליישום:</p> <p>בריטניה: הקמת כח משימה ייעודי ל-BIM, והחלת חובת BIM לפרוייקטים ממשלתיים.⁵⁵ צרפת: תהליך שדרוג דיגיטלי נרחב לענף הבנייה שכלל מימון ניסויים, חיבור שחקני מפתח, הכשרות ובניית תשתית לאומית לדיגיטציה.⁵⁶ גרמניה: תהליכי מעקב ומדידה דיגיטליים.⁵⁷</p>	<p>עידוד דיגיטציה בתהליכי תכנון ואישור</p>
<ul style="list-style-type: none"> • אינטגרציה של חדשנות במכרזי הממשלה. • תנאי סף לחדשנות במכרזים לקרקעות המדינה. • מתן תעודף במכרזים לפרוייקטי בנייה המשלבים חדשנות. • שימוש בפרוייקטים ציבוריים כשטח ניסוי או הדגמה לטכנולוגיות בנייה חדשות. • תיעודף לחדשנות במדיניות רכש ציבורי, לדוגמא מכרזי מסגרת המאפשרים רכש בנייה מתועשת באופן יעיל ומפושט. <p>דוגמאות ליישום:</p> <p>קנדה: אינטגרציה של חדשנות במכרזי הממשלה.⁵⁸ הולנד: השקעה של 2.5% מתקציב הרכש הממשלתי לפרוייקטים שמקדמים חדשנות.⁵⁹</p>	<p>פיתוח ביקוש רכש ומכרזים</p>
<ul style="list-style-type: none"> • שילוב חדשנות וטכנולוגיה בתוכניות הסמכה לבנייה ירוקה. • מתן סובסידיות, הקלות מס או הלוואות בריבית נמוכה לשילוב חדשנות בעלת ערך סביבתי בבנייה. • דגש על סעיפי החדשנות בתקני הבנייה הירוקה.⁶⁰ <p>דוגמאות ליישום:</p> <p>דנמרק: שילוב חדשנות ומגוון ביולוגי בתהליכי בנייה ובהסמכות לבנייה ירוקה.⁶¹</p>	<p>בנייה ירוקה וחדשנות</p>

לקחים שהופקו: Construction 4.0 היא יוזמה הנתמכת על ידי הממשלה הבלגית והינה בעלת תרומה משמעותית ליישום אסטרטגיה לקידום אוריינות דיגיטלית, כמו כן היא זוכה להצלחה גוברת בענף הבנייה. שתי המלצות מרכזיות שיכולות לשפר את השפעת היוזמה והנגישות אליה: עידוד חברות קטנות וחברות הזנק בתחומי הבנייה להשתתפות כבר משלב הקמתן; הקמת פלטפורמה ללמידת עמיתים כדי לאפשר לחברות בעלות "בגרות דיגיטלית" ברמה גבוהה לחלוק את חוויית הטרינספורמציה הדיגיטלית שלהן עם חברות הנמצאות בעיצומו של תהליך השינוי.

ב. צ'כיה: קידום והטמעת BIM

רקע: ענף הבנייה בצ'כיה הינו משמעותי מבחינה כלכלית, אך עודנו ענף שאינו מפותח מבחינה דיגיטלית ומאופיין בשיעור פריון סטטי לאורך זמן. הבעיה נובעת מרמות נמוכות של שיתוף פעולה, ניהול ידע לא מספק, והשקעה מוגבלת בטכנולוגיה ובמחקר ופיתוח. בשנת 2016, ממשלת צ'כיה החליטה לקדם אסטרטגיית יישום של BIM (Building Information Modelling) במטרה להתמודד עם אתגרים אלו, בהתבסס על אסטרטגיית BIM של מדינות אירופאיות אחרות שהטמיעו תוכניות דומות.

תוכנית ליישום: תוכנית BIM תומכת באיסוף, ניהול ושימוש בנתוני בנייה מכל בעלי העניין בשרשרת הערך של תהליך הבנייה, מהתכנון ועד לבנייה עצמה, ניהול המבנים, הריסה ובנייה מחדש. יתרונות היוזמה כוללים חיסכון בזמן ובעלויות, הפחתת סיכונים ואימוץ גישה המקדמת בנייה בת־קיימא. אחת ממטרות התוכנית היא להפוך את ענף הבנייה בצ'כיה לתחרותי יותר, בהתאם לסטנדרטים האירופיים.

האסטרטגיה מגדירה תוכנית יישום רוחבית הקובעת כללים ליצירה, ניהול ושימוש במידע ובנתונים בענף הבנייה. המטרה הסופית היא ליצור הנחיה מחייבת לשימוש בשיטת BIM בפרויקטי בנייה ותשתיות הממומנות מתקציב ציבורי. יישום התוכנית מנוהל על ידי מספר משרדי ממשלה שמתואמים על ידי מחלקת BIM Concept המהווה מרכז אסטרטגי בסוכנות התקינה הצ'כית.

במחלקה קיימות שבע קבוצות עבודה המשלבות מומחים שתפקידם איסוף פתרונות חכמים וחדשניים מתוך שיטות עבודה בצ'כיה ובעולם. קבוצות העבודה הן:

1. פרויקטים ניסיוניים;
2. תהליכים מכרזיים, ניהול פרויקטים וחוזים;
3. סטנדרטים לדאטה ומידע;
4. יצירת מסמכי הערכת שווי;
5. חינוך ושיווק;

3.3 מקרי בוחן מפורטים במדינות מתקדמות

3.3.1 מיקוד במדינות OECD

א. בלגיה: Construction 4.0

רקע: הסוכנות הדיגיטלית של בלגיה בשיתוף עם בעלי עניין בסקטור הבנייה במדינה, יצרו את יוזמת construction 4.0, במסגרת "Digital Wallonia". יוזמה זו מספקת מסגרת מקיפה של שירותי תמיכה ומגוון משאבים נוספים להאצת השימוש בדיגיטל בענף הבנייה.

תוכנית ליישום: היוזמה הושקה בשנת 2016 במסגרת תוכנית שנועדה לספק אסטרטגיה דיגיטלית ארוכת טווח, ובפרט לאזור Wallonia בבלגיה. מטרת היוזמה היא לסייע לחברות בנייה הפועלות באזור זה לאמץ כלים שיקדמו טרנספורמציה דיגיטלית.

■ יוזמת Construction 4.0 שואפת לייצר מרכז חדשנות דיגיטלי אירופאי (Connect EDIH hub) לענף הבנייה שיוביל קידום הזדמנויות לטרנספורמציה דיגיטלית; חלוקת משאבים, כלים, ייעוץ ותמיכה בתהליכי קבלת החלטות והנחיית חברות בתהליך; הדגמת טכנולוגיות ואמצעים דיגיטליים בתחום הבנייה; הדרכה והכשרה עבור חברות לטובת פיתוח המיומנויות הנדרשות להצלחה.⁶²

■ ה-Hub נועד להעניק לחברות העוסקות בבנייה באזור ולולניה שירותי תמיכה ומומחיות בשישה תחומים עיקריים:

1. פרודוקטיביות ואיכות;
2. פיתוח ברי־קיימא וחוסן;
3. שיתופי פעולה;
4. בריאות ובטיחות;
5. מודלים עסקיים ומוצרים חדישים;
6. שינוי תרבותי ממוקד כוח אדם.

■ כלל הפעילויות במסגרת יוזמת construction 4.0 יינתנו על ידי ה-Hub, כולל העלאת מודעות, מתן משאבים וכלים, ייעוץ מקצועי וגישה לשירותי הדגמה לטכנולוגיות שונות.

■ אחת התוכניות הראשונות שהושקו במסגרת היוזמה היא Digital maturity self-assessment tool. זהו כלי שמאפשר לחברות לבחון את בשלותן ולהעריך את צורכיהן העתידיים. מדובר ב-64 שאלות שבסופן ניתן לצפות בדו"ח הערכה הכולל ציון בגרות כללי, השוואה לחברות אחרות שמילאו את השאלון, לטובת ניתוח השוק, קבלת המלצות מותאמות למצב החברה ועוד.

שונים, ונמצא ששיטות העבודה המאפיינות בניית אוניות הן המתאימות ביותר לתחום הבנייה. לפיכך, הן היוו את הבסיס לתהליך הדיגיטלי של Build 4.0. בין מאפייני התוכנית:

■ כוללת פלטפורמה לניהול מסמכי תכנון בתהליכי הבנייה באמצעות מסד נתונים משותף, שיכלול גם תחזיות עלויות ותכנון ייצור. תהליך זה יסייע בשיפור הלמידה וההבנה של בעלי העניין, ויאפשר בדיקת פתרונות ורעיונות מוצעים בעלות נמוכה יותר בשלבי טרום הבנייה.

■ המטרות המרכזיות של הפלטפורמה הדיגיטלית: הפחתת זמן ועלויות על ידי הימנעות משינויים בשלבים מאוחרים; הפחתת סיכונים וטעויות על ידי ניהול מסמכים משופר; יצירת מאגר ידע משותף נגיש שניתן לעדכן בכל זמן ומכל מקום; ניהול ותחזוקה של תאום דיגיטלי שיהווה מסמך לניהול מחזור החיים של הפרויקט.

הלקחים שהופקו עד כה: בכיילוט שנעשה בפרויקט בינו בעיירה בשוודיה, נמצא כי שימוש במערכת הכוללת מגוון מוצרי תוכנה המגיעים מעולם בניית הספינות היה יעיל מאוד בהפחתת ההשפעה הסביבתית ובחיסכון בזמן ועלויות במהלך מחזור החיים של הפרויקט. הבעיה המרכזית של היוזמה מקורה במימון ובתמיכה של ענף הבנייה בה, באימוץ הפרקטיקות והכלים הדיגיטליים המוצעים במסגרתה. כדי לקדם את היוזמה הומלץ לערוך פיילוט עם נוספים בעזרת אתרי בנייה קיימים ולהעניק תמריצים כלכליים לחברות בענף הבנייה שישלבו נוהלי עבודה שמקדמים חדשנות.

ד. גרמניה: שילוב צעדים ושיתופי פעולה בין־מגזריים

רקע: ממשלת גרמניה, בשיתוף עם גורמים מרכזיים בענף הבנייה, מקדמת את השימוש בשיטות בנייה מתועשות במטרה להביא לשיפור בפריון העבודה וביעילות האנרגטית ובקיימות בסביבה הבנויה. לשם כך יצרו פלטפורמה לשיתוף פעולה בין בעלי עניין מרובים מהענף, לרבות משרד הבינוי הגרמני, המשרד לאיכות הסביבה, גופי מחקר וכן ארגונים המייצגים את השוק הפרטי (חברות המייצרות פתרונות טכנולוגיים).

התוכנית ליישום: זוהי אסטרטגיה מקיפה לקידום ההתייעלות בענף הבנייה, הכוללת תוכניות וצעדי מדיניות. הצעד המרכזי שבהם הוא התקנה לחיסכון באנרגיה במבנים (EnEV), לצד חוקים נוספים המעודדים שימוש בבנייה טרומית, כחלק מהתהליך של התייעלות בתהליכי הבינוי ושימוש במבנים. דוגמה לכך היא ה־Efficiency House Plus standard המהווה מנגנון תקינה למבנים יעילים אנרגטית, שבמסגרתו מוקמים מבני הדגמה. בנוסף לכך, קיימת יוזמת Research for Sustainable Development (FONA), שהיא שיתוף פעולה אקדמי המתחבר לצורכי התעשייה, ו-Bundesverband-

6. טרמינולוגיה וסטנדרטים;

7. קבוצת תיאום בין־משרדי.

הלקחים שהופקו עד כה: הצלחת פעילויות היישום של יוזמת ה־BIM מבוססת על מעורבות כלל בעלי העניין במגזר הציבורי והפרטי, תוך שילוב שיטות עבודה מומלצות מצ'כיה וממדינות אחרות. ההמלצה המרכזית לטובת קידום יישום האסטרטגיה היא ליידע את בעלי העניין באופן קבוע לגבי התקדמות פעולות היישום. עדכונים שוטפים יעילו לבעלי העניין ביצירת תכנון יעיל, התאמת תהליכים וביסוס יכולת (השקעה בפתרונות דיגיטליים, טכנולוגיות, פיתוח מיומנויות) לאימוץ הטרנספורמציה הדיגיטלית. הגישה לפיתוח האסטרטגיה מבוססת על הערכת שיטות עבודה מוצלחות מהעולם, שיתוף פעולה עם האיחוד האירופי וקבוצות בין־לאומיות שונות. הגישה הזו אומצה על מנת להבטיח שהאסטרטגיה הצ'כית תעמוד בסטנדרטים הבין־לאומיים ותסייע לחברות הבנייה הצ'כיות.

ג. שוודיה: קידום דיגיטציה בענף

רקע: רוב הרשויות המקומיות בשוודיה מתמודדות עם מחסור חמור בהיצע יחידות דיור ביחס לביקושים, כאשר קצב בניית יחידות הדיור אינו עומד בקצב גידול האוכלוסייה. ענף הבנייה בשוודיה חווה עליות משמעותיות במחירי תשומות הבנייה, כולל בעלויות קרקע ובחומרי בנייה, וכן מחסור בעובדים מיומנים. בנוסף, קיימת חוסר התייעלות במהלך ביצוע הפרויקטים, כששינויי תכנון עלולים להוביל לעיכובים ולעלויות גבוהות מהמתוכנן.

תוכנית ליישום: על מנת להתמודד עם אתגר זה, ממשלת שוודיה השיקה את יוזמת Build 4.0 בשנת 2017. מטרת היוזמה היא לשנות את אופן תכנון ובניית הבניינים ולפתח תהליך בנייה דיגיטלי מלא. בין מטרותיה המרכזיות: צמצום עלויות הבנייה ב-50%, הפחתת ההשפעה הסביבתית, שיפור איכות הבניינים ואפשרות ליישום שיטות בנייה חדשניות.⁶³

■ התוכנית התמקדה בארבעה נושאים בעלי השפעה לטובת טרנספורמציה דיגיטלית:

■ תכנון וביצוע משולבים בסביבה תלת־ממדית (3D) לשיפור יעילות תהליך הבנייה;

■ יצירת אבי-טיפוס וסימולציות להאצת תהליכי הבנייה וצמצום פסולת;

■ כלים דיגיטליים ואוטומציה בייצור ובאתרי בנייה לשיפור פריון העבודה;

■ חיבור מערכות ושיתוף דאטה כדי לייצר מבנים "חכמים" ואפקטיביים יותר" בדגש על IoT;

במסגרת היוזמה נחקרו ונבדקו שיטות עבודה בתחומים

ה-BDF (Bundesverband Deutscher Fertigbau) היא עמותה שמטרתה לקדם את נושא הבנייה המתועשת לרבות הסרת חששות וחסמים, כאשר היא מייצגת את האינטרסים של יצרני מבנים טרומיים בגרמניה, וכוללת שותפים רבים מהתעשייה המוגדרים כחברי אגודה התומכים בה. ה-BDF רואה עצמו מצד אחד כמייצג את האינטרסים של חברות המפתחות שיטות בנייה מתועשות, ומצד שני כמתווך ביניהן לבין צד הביקוש לשיטות אלה לרבות חברות בנייה, לקוחותיהן ומוסדות ציבור. במסגרת העמותה מופעלת "אקדמיה לבנייה מתועשת" שעוזרת לחברות בנייה וקבלנים לאמץ שיטות של בנייה טרומית, על רקע המחסור ההולך וניכר בכוח אדם בענף. בנוסף, העמותה פועלת להחלת סטנדרטיזציה בתחום, מקדמת מחקרים מדעיים ומעורבת בדיונים הרלוונטיים לתחום אודות תקינה, רגולציה וחקיקה.

הפקת לקחים: מהלכים אלו ואחרים מוגדרים כסיפור הצלחה שהוביל לעלייה משמעותית בשימוש בשיטות בנייה מתועשות. עם זאת, עדיין יש מקום לשיפור במיוחד בכל הקשור לקידום שיטות אלו בתחום הבנייה המסחרית ובבנייה רוויה. לפי ה-Bundesverband Deutscher Fertigbau (Fertigbau), בגרמניה קיימת עלייה שנתית של כ-5% באימוץ שיטות בנייה מתועשות.

התרשימים הבאים⁶⁶ מציגים את השינוי בתחום בין השנים 2019 ל-2022, ומצביעים על עלייה משמעותית באחוזי האימוץ של שיטות בנייה מתועשות. בעוד שבחלק מהמחוזות נרשמה עלייה מתונה של בין 1-5%, בהבדל אחרים נרשמה עלייה דרמטית של עשרות אחוזים. הבדל בין השיטות השונות בכל מחוז יכול להסביר את השוני בתוצאות, אולם המגמה הכללית היא חיובית באופן מובהק.

(Deutscher Fertigbau (BDF), עמותה מקצועית המייצגת את יצרני הפתרונות לבנייה טרומית.

■ כלל היוזמות הללו מבוססות על תמיכה בחברות הבנייה באמצעות:

- קידום היעילות והאיכות בבנייה באופן מדיד;
- הקמת שיתופי פעולה ושותפויות;
- קידום הבריאות והבטיחות בענף הבנייה;
- עידוד מודלים ומוצרים חדשניים לבנייה;
- שינוי תרבותי בענף הבנייה ומיקוד בהתייעלות.

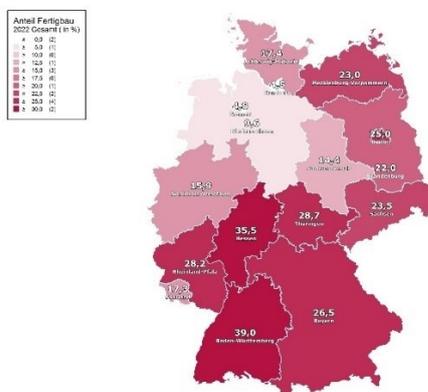
פיילוטים: כפי שתואר, אחת התוכניות המרכזיות בגרמניה בתחום זה היא ה-Efficiency House Plus standard, תקן להקמת מבנים המייצרים יותר אנרגיה ממה שהם צורכים, לרוב בהתבסס על שיטות בנייה טרומיות. התוכנית התבססה בעיקרה על מבני הדגמה ופיילוטים, שהצלחתם הובילה למימון ומחקר של מעל ל-40 מבני פיילוט נוספים. התוכנית מורכבת מכ-150 שותפים מתעשיית הבנייה, אוניברסיטאות ומכוני מחקר נוספים, וכן אדריכלים ומתכננים העובדים בהתאם לסטנדרט.⁶⁴

שיתוף פעולה אקדמי:

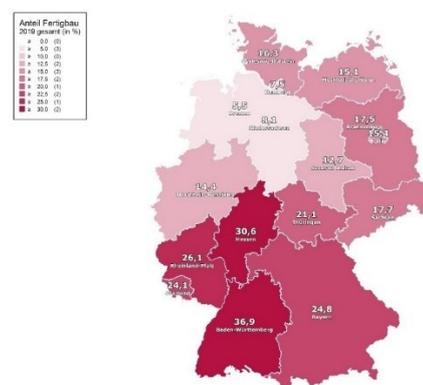
תוכנית מחקרית של ממשלת גרמניה בשיתוף גופי מחקר לקידום פיתוח בר-קיימא. במסגרת התוכנית מבוצעים מחקרים בנושא שיטות בנייה טרומיות והוכחת יעילותן, והיא כוללת גם תחרויות ופרסים.⁶⁵

האגודה לעידוד בנייה מתועשת:⁶⁶

אחוז הבנייה הטרומית מכלל אישורי הבנייה בגרמניה, 2022



אחוז הבנייה הטרומית מכלל אישורי הבנייה בגרמניה, 2019



■ **מיזמים משותפים:** קידום מיזמים משותפים עם חברות מסחריות או אוניברסיטאות לטובת פיתוח משותף והעשרה הדדית של ידע.

■ **שירותי ייעוץ:** מעבר למחקר ופיתוח, המכונים מציעים שירותי ייעוץ שיסייעו לחברות ליישם טכנולוגיות חדשות או לשפר את אסטרטגיות המו"פ שלהן.

תפיסת העבודה:

■ **מו"פ על בסיס צורכי השוק:** להבדיל ממכונים אקדמיים, נושאי המחקר בדרך כלל נבחרים בהתאם לצורכי השוק, כדי להבטיח שהעבודה תהיה רלוונטית להתפתחות התעשייה.

■ **גמישות:** מודל גמיש בהתאם למגמות טכנולוגיות מתפתחות או דרישות השוק.

■ **גישה בין-תחומית:** לעיתים קרובות מכוני פראונהופר מפגישים מומחים מתחומים שונים לעבודה על פרויקטים מורכבים ומעודדים פתרונות הוליסטיים.

■ **חיבורים בין-לאומיים:** המודל אינו פעיל רק בגרמניה אלא גם ברמה הגלובלית, ולפיכך הוא מאופיין ב-Tech-Transfer בין-לאומי, שיתוף ידע, תשתיות ועוד.

הקמת ה-Fraunhofer Building Innovation Alliance מהווה ברית מחקרית שהיא "One-stop-shop" לאתגרים שונים בענף הבנייה. זאת לנוכח הצורך בענף, שאינו מוטה טכנולוגיה בשל מגבלות שונות ובשל שיעור גבוה של חברות קטנות ובינוניות שאינן יכולות לבצע מו"פ באופן עצמאי. כתוצאה מכך, רוב פעילויות החדשנות מתרחשות לא בענף עצמו, אלא במגזר הספקים או באקדמיה, מבלי להיות מחוברות לתעשייה וליישום. הברית פועלת כממשק בין האקדמיה, הספקים ותעשיית הבנייה, מאיצה את המחקרים ומחברת אותם לצורכי השוק. קיימים 11 מכונים בברית, המומחים בתחומים כגון הנדסה אזרחית, חוזק חומרים, כימיה, פיזיקה, תכנון, אנרגיה, אוטומציה, ערים חכמות ועוד.⁶⁸

מודל FRAUNHOFER: מו"פ משולב אקדמיה ותעשייה

זהו מודל עבודה הפועל בגרמניה וזכה להכרה בין-לאומית בזכות יעילותו בגישור בין מחקר אקדמי ליישום בתעשייה. הדגם קרוי על שם אגודת פראונהופר (Fraunhofer-Gesellschaft), הארגון הגדול ביותר למחקר יישומי באירופה, ומטרתו לקדם חדשנות יישומית על ידי שימוש במחקר מדעי למוצרים ושירותים המוכנים ליישום.⁶⁷

רכיבים מרכזיים במודל:

■ **מכוני Fraunhofer:** יחידות מחקר מתמחות המתמקדות בתחומים שונים של מדע יישומי, החל מחומרים ועד לטכנולוגיות מידע. כל מכון משתף פעולה עם אוניברסיטאות ותעשיות.

■ **מימון ציבורי ופרטי:** המודל מבוסס מימון משולב מהממשלה ומהמגזר הפרטי. המדינה מממנת את התשתיות הנדרשות למחקר, והשוק הפרטי מממן מחקרים בהתאם לצרכיו. המודל מוביל ליציבות כלכלית ועצמאות מחקרית.

■ **שיתוף פעולה הדוק עם התעשייה:** אחד העקרונות המרכזיים של המודל הוא שיתוף פעולה עם התעשייה. חברות פרטיות יכולות להזמין מחקרים, לרכוש טכנולוגיות או לקחת חלק בפרויקטים משותפים.

■ **מאגר בעלי כשרון לתעשייה:** המכונים עובדים באופן הדוק עם האוניברסיטאות, מספקים לסטודנטים ולחוקרים ניסיון מעשי ומהווים גשר עבורם לעבודה בתעשייה.

מנגנוני פעולה:

■ **הזמנות עבודה למחקר:** חברות פרטיות יכולות להזמין ממכוני פראונהופר מחקרים ספציפיים, דבר שמאפשר לחברות גישה למומחים ברמה גבוהה מבלי לשאת בעלויות של מחלקת מו"פ פנים-ארגונית.

■ **הנגשת פתרונות:** מכוני פראונהופר מפתחים מגוון רחב של טכנולוגיות שניתן ליישמן בחברות התעשייה על בסיס הסכמים מוגדרים לשימוש בקניין רוחני (IP). התפיסה מאפשרת חיסכון בזמן, והחברות יכולות ליהנות ממוצרי מדף בעלות נמוכה.

וחומרי בנייה (כלומר חיזוק התעשייה המקומית).

להלן הרחבה אודות יוזמות שונות לקידום מ"פ וחדשנות בענף הבנייה הבריטי:

Construction Sector Deal, יוזמת על אסטרטגית:

תשתית הידע שנוצרה בבריטניה הובילה לתפיסה של יצירת אקוסיסטם התומך בחדשנות, שבתוכה קיימות מספר יוזמות שמניעות את האקוסיסטם להגדלת הפרייוו. הבסיס לגישה זו מתבטא ב- Construction Sector Deal, המהווה יוזמת על אסטרטגית שמציגה עדכון היעדים שבתוכנית האסטרטגית הבריטית המקורית מ-2013 ומגבה את התוכנית בתקציבים ייעודיים.

יוזמת 2018 (Construction Sector Deal) של ממשלת בריטניה היא תוכנית לשיפור וייעול תעשיית הבנייה ונועדה לטפל באתגרים מרכזיים בתעשיית הבנייה, תוך הפחתת פליטת הפחמן והוזלת עלויות באמצעות טכנולוגיות חדשניות. התוכנית גובתה בתקציב של 420 מיליון ליש"ט שיועדו לטובת קידום טכנולוגיות (דיגיטליות ופיזיות), צמצום פליטות פחמן, שיפור האיכות והכשרות מקצועיות.⁷³

הגישה שבאה לידי ביטוי ב- Construction Sector Deal מציגה אקוסיסטם הוליסטי שמורכב מחמישה צירים מרכזיים:

1 - רעיונות (Ideas)

■ חדשנות ומחקר ופיתוח: (R&D) עידוד השקעות במחקר לצורך פיתוח חומרים חדשניים, טכנולוגיות בנייה מתקדמות ושיטות עבודה חדשות. המטרה היא להבטיח פיתוח של פתרונות חכמים שיכולים ליעל תהליכים, להוזיל עלויות ולהפחית השפעות סביבתיות.

■ עידוד שיתופי פעולה חוצי מגזרים: יוזמות של מחקר ופיתוח יתקיימו בשיתוף פעולה בין חברות בנייה, אוניברסיטאות וגופי מחקר נוספים, במטרה לקדם פתרונות חדשניים שמתאימים לצרכים המורכבים של הענף.

2 - אנשים (People)

■ פיתוח מיומנויות וכוח אדם: יצירת תשתית של הכשרה ופיתוח מיומנויות שמאפשרת לכוח העבודה הקיים והעתיד להתאים את עצמו לטכנולוגיות החדשות הנדרשות בתעשייה. ההכשרות המקצועיות יכינו את העובדים להשתמש בטכנולוגיות כגון: אוטומציה, בנייה דיגיטלית, ניהול פרויקטים, בנייה מתועשת ועוד.

■ משיכת כישרונות חדשים: התוכנית שואפת להגביר את הביקוש למקצועות בענף הבנייה על ידי שיפור האטרקטיביות שלהם, חיזוק התדמית החדשנית ויצירת הזדמנויות לקריירה מתפתחת.

ה. בריטניה: תפיסה אסטרטגית ארוכת טווח

בבריטניה קיימת מדיניות ייחודית בנושא קידום החדשנות בענף, ובעשור האחרון היא מקדמת שורה ארוכה של יוזמות, תוכניות, פיילוטס, מנגנוני מימון וצעדי מדיניות, ששינו את התחום. המוטיבציה מקורה בהתפתחות משבר הדיור החריף בבריטניה, לצד המחויבות למטרות סביבתיות ושאיפה ליעילות אנרגטית בענף. להלן דוגמאות מתוך התהליך הבריטי, שהחל מתוכנית אסטרטגית ובעקבותיה מקבץ יוזמות:

CONSTRUCTION-2025:

מסמך אסטרטגי לענף הבנייה⁷²

זהו מסמך אסטרטגי שנכתב ב-2013 מטעם ממשלת בריטניה, והתווה יעדים ארוכי טווח לענף הבנייה בבריטניה על בסיס שיח משותף בין גורמים בתעשייה. המסמך היווה נקודת מפנה פורצת דרך לשוק הבריטי והיווה את הבסיס ליוזמות רבות.

על פי המסמך, החסמים לקידום חדשנות בענף הבנייה כללו בין היתר:

■ אופי תהליכי הרכש וההתקשרויות בתחום הבנייה מגביל לעיתים קרובות את שיתוף הפעולה בין הגורמים השונים, במיוחד בשלבים מוקדמים – כך שלא נוצרת ההזדמנות לבחון באופן מלא שילוב טכנולוגיות חדשניות.

■ סיכון לתגמול מסחרי מוגבל עבור חברות בנייה, הנובע מחששות לגבי הביקוש למוצרים ושירותים חדשניים, וזאת לאור שמרנות ענף הבנייה וחברות הבנייה אינן מתורגלות באימוץ חדשנות.

■ עלויות גבוהות וקושי בגישה למימון, לצד מגבלות ביטוח וניהול סיכונים, מקשים על אימוץ שיטות חדשניות. בנוסף, התמיכה הממשלתית אינה תמיד ברורה או מותאמת לצורכי השטח.

■ היעדר תיעוד שיטתי של חידושים מוצלחים וחוסר הטמעת תובנות מובילים לאובדן ידע ולחוסר יישום בפרויקטים עתידיים.

■ שיתוף פעולה מוגבל בין התעשייה, האקדמיה וארגוני המחקר מעכב העברת ידע ופיתוח טכנולוגיות חדשניות.

■ התוכנית הגדירה יעדים ברורים ומאתגרים לשנת 2025:

- הפחתה של 33% בעלות הבנייה.
- קיצור של 50% בזמן הפרויקט לבנייה חדשה ושיכווצים.
- הפחתה של 50% בפליטות גזי חממה במבנים קיימים.
- צמצום של 50% בפער בין ייבוא לייצוא של מוצרים

את איכות הפרויקטים באופן מתמיד ולהקל על החברות באימוץ שיטות עבודה מתקדמות.

5 - מקום (Place)

■ **פיתוח אזורי:** התוכנית מתמקדת בפיתוח אזורי גיאוגרפיים ייעודיים בבריטניה, במטרה לקדם חדשנות ובנייה בתיקיימא בהם. במסגרת זו יהיה ניתן להקים גם אזורי פיתוח עם תשתיות מתקדמות, שיספקו סביבת ניסוי לבחינת שיטות וטכנולוגיות חדשות ולקידום פרויקטים חדשניים.

■ **תמיכה בקהילות מקומיות:** עידוד צמיחה כלכלית ויצירת מקומות עבודה חדשים בקהילות המקומיות באמצעות קידום פרויקטים תשתיתיים.

החיבור בין הצירים:

כל אחד מחמשת המרכיבים האלו נועד לחזק היבטים שונים של ענף הבנייה בבריטניה, ויחדיו הם יוצרים גישה משולבת לשיפור וייעול הענף. הדגש אינו מתמקד רק בטכנולוגיה או בכוח אדם, אלא דוגל בשילוב של שני הרכיבים הללו בתוך אקוסיסטם רחב, שכולל גם תמיכה בעסקים, תשתיות פיזיות ודיגיטליות וקידום מחקר וחדשנות.

1. בריטניה: מו"פ ומצינות

UKRI (UK Research and Innovation): ⁷⁴ זהו גוף ציבורי המאגד בתוכו את מועצות המחקר של בריטניה. תפקידו לקדם מחקר וחדשנות על ידי תמיכה בפרויקטים בתחומים מדעיים, טכנולוגיים, אמנותיים וחברתיים. ה-UKRI משלב תשע מועצות מחקר שונות תחת ארגון גג ומממן פעילויות חדשנות לעידוד צמיחה כלכלית, שיפור חברתי וסביבתי ופיתוח טכנולוגיות מתקדמות. במסגרת זו, ומתוך ההתייחסות האסטרטגית של ממשלת בריטניה לענף הבנייה, ה-UKRI אחראי לניהול יוזמתה־Transforming Construction Challenge (TCC), שמטרתה להוביל לשיפור משמעותי בענף הבנייה בבריטניה, בדגש על ייצור off-site תיעוש ודיגיטציה.⁷⁵

ממשלת בריטניה הקצתה לנושא תקציב של 170 מיליון ליש"ט, בתוספת מימון על בסיס matching מהתעשייה בהיקף של 250 מיליון ליש"ט, בהתאם לפרויקטים. המימון התפרסם על פני חמש שנים (2018-2023).

■ **יצירת מרכזי מצינות:** מטרת ה-TCC היא להאיץ את המודרניזציה בענף הבינוי בבריטניה, תוך שינוי העדפת הענף מפתרונות מסורתיים לפתרונות חדשניים. התוכנית שמה דגש על אימוץ טכנולוגיות מתקדמות, שיפור האיכות לאורך כל שרשרת הבנייה, וצמצום פערי הפריור בין ענף הבנייה לשאר ענפי המשק המתקדמים במדינה. לצורך מימוש מטרה זו והתוויית השיח בנושא, הוקמו שלושה

שיועדו לטובת קידום טכנולוגיות (דיגיטליות ופיזיות), צמצום פליטות פחמן, שיפור האיכות והכשרות מקצועיות.⁷³

הגישה שבאה לידי ביטוי ב-Construction Sector Deal מציגה אקוסיסטם הוליסטי שמורכב מחמישה צירים מרכזיים:

1 - רעיונות (Ideas)

■ **חדשנות ומחקר ופיתוח:** (R&D) עידוד השקעות במחקר לצורך פיתוח חומרים חדשניים, טכנולוגיות בנייה מתקדמות ושיטות עבודה חדשות. המטרה היא להבטיח פיתוח של פתרונות חכמים שיכולים לייעל תהליכים, להוזיל עלויות ולהפחית השפעות סביבתיות.

■ **עידוד שיתופי פעולה** חוצי מגזרים: יוזמות של מחקר ופיתוח יתקיימו בשיתוף פעולה בין חברות בנייה, אוניברסיטאות וגופי מחקר נוספים, במטרה לקדם פתרונות חדשניים שמתאימים לצרכים המורכבים של הענף.

2 - אנשים (People)

■ **פיתוח מיומנויות וכוח אדם:** יצירת תשתית של הכשרה ופיתוח מיומנויות שמאפשרת לכוח העבודה הקיים והעתיד להתאים את עצמו לטכנולוגיות החדשות הנדרשות בתעשייה. ההכשרות המקצועיות יכינו את העובדים להשתמש בטכנולוגיות כגון: אוטומציה, בנייה דיגיטלית, ניהול פרויקטים, בנייה מתועשת ועוד.

■ **משיכת כישרונות חדשים:** התוכנית שואפת להגביר את הביקוש למקצועות בענף הבנייה על ידי שיפור האטרקטיביות שלהם, חיזוק התדמית החדשנית ויצירת הזדמנויות לקריירה מתפתחת.

3 - תשתית (Infrastructure)

■ **תשתיות דיגיטליות ופיזיות:** הקמה ועידוד של תשתיות תומכות, כולל מרכזים לייצור רכיבים מחוץ לאתר (off-site manufacturing) ותשתיות דיגיטליות מתקדמות כגון BIM, מהווים חלק חשוב ביוזמה. אלו מאפשרים לייעל את תהליכי הבנייה ולחבר בין כל חלקי השרשרת בצורה יעילה יותר. כמו כן תשתיות פיזיות המאפשרות לבצע פיילוטים בפרויקטים ולבחון טכנולוגיות.

■ **פיתוח תשתית ניטור ואיסוף דאטה:** עידוד הטמעת מערכות לניהול ותיאום פרויקטים לניטור שוטף המסייע בטיוב קבלת החלטות.

4 - סביבה עסקית תומכת (Business Environment)

■ **חקיקה ותמריצים:** קביעת רגולציות ותמריצים כלכליים, כולל התאמת רכש ממשלתי, לצמצום חסמים ולעידוד חברות בנייה לאמץ טכנולוגיות חדשות בקלות. מטרת המהלך היא ליצור סביבה תומכת לחדשנות, לשפר

פעולה, ממנף את פעילות מרכזי המצוינות, מעודד פיילוטים, תיעודים ומסייע להפצת הידע והניסיון שנרכש בפרויקטים הללו, כך שיותר חברות בתעשייה יוכלו לאמץ את הפתרונות המתקדמים.⁸⁰

לסיכום, ה-Construction Sector Deal מתווה את החזון האסטרטגי והמטרות. ה-UKRI מממן ומוביל דרך ה-Transforming Construction Challenge, שתחתיו פועלים שלושה מרכזי מצוינות שונים: ה-Construction Innovation Hub שמייצר כלים לתעשייה, ה-Active Building Centre שמוביל מרכזי הדגמה וה-Network Plus שמחבר בין האקדמיה לתעשייה. לבסוף, כל המיזמים הללו מסונכרנים בסיוע ה-Transforming Construction Alliance⁸¹

תובנות: הפיילוטים השונים הראו שינויים מדידים הנוגעים לייעול והפחתת עלויות. לדוגמה, הפחתה של 33% בעלויות הבנייה ו-50% בזמן הבנייה בפרויקטים בהם שולבו מרכיבי תיעוש, וכן הפחתת עלויות של 15% בפרויקטים בהם יושם BIM, הכשרות של אלפי בעלי מקצוע בענף וכו'. עם זאת, בעוד שהתועלות מפיילוטים ניתנות למדידה ולהוכחה יחסית בקלות, אימוץ רחב-היקף בתעשייה עדיין מתקדם באיטיות. לכן, חיוני לפתח מנגנוני תמיכה מתמשכים, תמריצים קבועים ומערכות רכש שיקדמו את ההטמעה לטווח הארוך.

מרכזי מצוינות:

«⁷⁶ CIH (Construction Innovation Hub):

זהו מרכז שמתמקד ביצירת כלים מתקדמים וסטנדרטיזציה, הכשרות לתעשייה, קידום BIM, בנייה מתועשת, סיוע לחברות באימוץ טכנולוגיות, כולל פרויקטי הדגמה.^{77 78}

«⁷⁹ ABC (Active Building Centre):

מרכז שמתמקד בפרויקטי הדגמה ופיילוטים, בדגש על מבנים יעילים אנרגטית או מבנים מאופסי אנרגיה או פחמן.

«⁸⁰ Network Plus N+:

מרכז שמתמקד במחקר ופיתוח אקדמי, יצירה ושיתוף של ידע, שיתוף פעולה בין מוסדות אקדמיים וחברות פרטיות, קידום השיח בין אקדמיה לתעשייה על בסיס צורכי השטח, מימון מחקרים במוסדות אקדמיים באמצעות קולות קוראים וכן קיום אירועים וסדנאות לשיתוף ידע.⁷⁹

לצד שלושת מרכזי המצוינות, וכחלק מניהול רוחבי של המהלך, הוקם ה-Transforming Construction Alliance (TCA) לטובת סנכרון ותכלול שיתופי פעולה. התכלול נוגע לכלל הפעילויות, הפרויקטים והמטרות, מסייע לחבר בין השחקנים השונים, בדגש על חיבורים בין התעשייה לשחקנים שונים, לדוגמה, האקדמיה. גוף זה יזם שיתופי



Transforming Infrastructure Performance: – Roadmap to 2030. מפת הדרכים נוצרה על ידי רשות התשתיות והפרויקטים בבריטניה (IPA) ומציגה תוכנית אסטרטגית לשיפור תשתיות. התוכנית מתמקדת בשיפור הפרודוקטיביות והיעילות על ידי שימוש בכלים דיגיטליים כגון BIM ותאומים דיגיטליים (Digital Twins), ניטור פליטות, שיפור עמידות התשתיות לשינויי אקלים ואסונות טבע, ומתווה את החזון למערך התשתיות בבריטניה עד שנת 2030.⁸⁶

מרכז מסגרת המקל על התקשרות של חברות ממשלתיות עם חברות בנייה מתועשות:

הסכם מסגרת (RM6184) המאפשר באמצעות תהליכי רכש ציבורי גישה לשיטות בנייה מתועשת ומודולרית, המיוצרות במפעל מחוץ לאתר הבנייה (off-site). התוכנית תומכת בייצור רכיבים במפעלים והתקנתם באתרי הבנייה, כשהדגש בהסכם המסגרת הינו קיצור משך הבנייה והפחתת העלויות. ההסכם מאפשר נגישות ל-29 ספקים מורשים המציעים פתרונות בנייה של יחידות מוכנות מראש (3D volumetric modular) או רכיבים מתועשים כגון קירות ותקרות. ההסכם מאפשר התקשרות ישירה עם הספק או היצרן שנמצא ברשימת הספקים המאושרים עבור פרויקטים בעלות של עד 15 מיליון ליש"ט לפרויקט, לבינוי קבוע או זמני.⁸⁷

מטרות מכרז המסגרת:

- הורדת עלויות והשגת יעדי אפס פליטות פחמן עד 2050.
 - תמיכה בפרויקטים ציבוריים כגון: דיור ציבורי, בתי ספר ובתי חולים.
 - קיצור משך פרויקט הבנייה משלב התכנון ועד לסיום הביצוע.
 - הקטגוריות הרלוונטיות למכרז:
 - מבנים קיימים (בדגש על מבני חינוך).
 - מבני שירותי בריאות.
 - מבני מגורים.
 - בתי משפט.
 - מבני ביטחון.
 - בינוי retrofit למטרות של יעילות תרמית.
- הסכמים כאלה יכולים לשמש, למשל, את משרד החינוך הבריטי (Department of Education) לרכישה מהירה של מבני בתי ספר מתועשים ומודולריים, ואת משרד הבריאות (Department for Health and Social Care)

ז. בריטניה: חקיקה ורכש

חיוב BIM בפרויקטים ממשלתיים:

במסגרת התפיסה הקיימת בבריטניה לקידום החדשנות, הממשלה מעודדת את הרשויות הממשלתיות השונות לחייב שימוש ב-BIM ולייצר סטנדרטיזציה של איסוף דאטה מפרויקטים, וזאת מתוך ראייה ארוכת טווח שתכלול בסופו של דבר תאום דיגיטלי (Digital Twin) לכל פרויקט בנייה בבריטניה. המטרה של מהלך זה היא להתמודד עם חוסר היעילות בפרויקטי בנייה וצמצום טעויות, וכן לייצר תשתית לייצוג דיגיטלי של הנכסים הבנויים בבריטניה, החל מהתכנון ועד לתפעול ולתחזוקה. בפועל, מאז 2016 ממשלת בריטניה דורשת שימוש ב-BIM עבור כל פרויקט בנייה הממומן על ידי המדינה ושיתוף נתונים עם כל בעלי העניין בו.⁸⁸

הפעולות שנעשו לקידום השימוש ב-BIM:⁸⁴

1. **חובת השימוש ב-BIM רמה 2:** החל מ-2016 כל פרויקטי הבנייה הציבוריים נדרשים להשתמש ב-BIM⁸⁵
2. **פיתוח סטנדרטים:** פיתוח מפרטים כגון PAS 1192 ומאוחר יותר ISO 19650 כסטנדרט בין-לאומי.
3. **תמיכה בהכשרות:** תוכניות להכשרת עובדים וסיוע לעסקים בהטמעת הטכנולוגיה, כאשר הדגש הוא על חברות קטנות ובינוניות. דגש בהכשרות ניתן גם לעידוד תהליכי תכנון משותפים ושימוש בנתונים על ידי כל שרשרת הבנייה.
4. **קידום כלים דיגיטליים נוספים:** יצירת תשתית רחבה, שכן BIM אינו הכלי הדיגיטלי הרלוונטי היחיד.

אסטרטגיה עתידית:

1. **מעבר ל-BIM רמה 3:** שילוב תאומים דיגיטליים ושיתוף נתונים בזמן אמת.
 2. **תמיכה נוספת לעסקים קטנים והכשרה:** הקצאת משאבים נוספים לשיפור מיומנויות ושילוב טכנולוגיות חדשות.
 3. **תמיכה ביעדי אפס פליטות פחמן:** הטמעת כלים לניהול מאפייני קיימות ואנרגיה חכמה.
 4. **אימוץ סטנדרטים בין-לאומיים:** התאמה ל-ISO ליצירת שפה דיגיטלית אחידה בעולם הבנייה.
 5. **שילוב יוזמות דיגיטליות רחבות:** חיבור למערכות כגון: Digital Built Britain ויצירת תאום דיגיטלי לניהול תשתיות ברמה הלאומית.
- בנוסף, מרכיב מרכזי נוסף המשולב במהלכים הללו הוא מפת הדרכים לדיגיטציה של כלל התשתיות בבריטניה

הנושאים המרכזיים במסמך:

דיגיטציה: קידום שיטות מודרניות בבנייה והטמעת מערכות ניהול מידע.

קיימות: שימת דגש על הפחתת פליטות וגישה לכלל מחזור החיים של פרויקטים.

בטיחות מבנים: עדכון סטנדרטים בהתאם לחוקי הבטיחות החדשים.

מסגרות וחוזים: שילוב המלצות לשימוש במסגרות תקניות.

ניהול חוזים: דגש על חשיבות ניהול חוזים תקין ושיטות עבודה מומלצות.

העדכון כולל גם הנחיות נוספות, תיאום בין סקטורים ושימת דגש על התייעלות.

המסמך מכיל מספר כללים מרכזיים:

■ **תכנון פרויקטים:** יצירת שקיפות לשוק בפרויקטים עתידיים ל-3-5 שנים.

■ **הערכת יכולות השוק:** קידום תחרות והורדת חסמי כניסה למוצרים חדשים.

■ סטנדרטיזציה לשיפור היעילות.

■ שילוב ועידוד טכנולוגיות דיגיטליות.

■ מעורבות מוקדמת של כלל השחקנים בפרויקט.

■ **גישה תפקודית:** התמקדות בערך ואיכות הבנייה.

■ **מודלי עלות ובקרה:** הגדרת מדדים וביצוע תחזיות.

■ **חוזים אפקטיביים:** סטנדרטיזציה ושיתוף נתונים במסגרת החוזים הממשלתיים.

■ **מנגנוני תשלום:** קישור בין התשלום לביצוע.

■ הערכת המצב הכלכלי של ספקים: הגנה על יציבות פרויקטים.

■ **תכנון פתרונות לסיכונים:** תוכניות המשכיות לבנייה והתייחסות לכשלים בתהליך.

Modern Methods of Construction

שורה של מסמכים מתעדכנים תחת שיח ממשלתי רב־משרדי מתמשך בנושא Modern Methods of Construction. לדוגמה, מסמך מוועדת הדיור של בית הנבחרים הבריטי מציג תיעוד שורות של דיונים בנושא מטעם הפרלמנט הבריטי.^{92 93 94}

לקידום רכש מהיר של מתקנים בריאותיים באופן דומה.

פרטי הסכם המסגרת:

ההסכם רלוונטי למשרדי ממשלה ורשויות מקומיות, וסך התקציב עומד על 10 מיליארד ליש"ט. כל ספק תחת המכרז מחויב לעמידה בסטנדרטים מוגדרים, הן ברמת הבנייה והן ברמת הניהול הסביבתי, בדגש על נושא פליטת הפחמן בתהליך הבנייה. ספק ייכלל ברשימה למשך ארבע שנים, ובסופן תהיה אפשרות הארכה לשלוש שנים נוספות. הממשל הבריטי מגדיר מהן שיטות הבנייה המודרניות שיכולות להיכלל ברשימת הספקים וכך גם מעודד את התעשייה לייצר פתרונות רלוונטיים כדי לקחת חלק במכרז.^{88 89 90 91}

הגדרת סטנדרטים וביסוס הידע למגזר הציבורי ולשוק הפרטי:

חלק מהתהליך הבריטי לקידום רכש ממשלתי יעיל המעודד חדשנות בענף, כולל את ביסוס מסגרת הידע ויצירת בהירות בנוגע לתהליכים האופטימליים והגדרת סטנדרטים. על מנת למלא את החלל המקצועי בתחום, נכתבה שורה של מסמכים אשר התוו את הדרך בענף הבנייה:

The Construction Playbook

ספר ההנחיות לבנייה (The Construction Playbook) פורסם לראשונה על ידי משרד הקבינט של בריטניה בדצמבר 2020, כחלק מסדרה שמטרתה לשפר את שיטות הרכש הממשלתיות. למשל, מכרז המסגרת של מינהל הרכש הממשלתי של בריטניה משקף את המדיניות שהוכתבה במסמך זה.

הספר מגדיר יעד להפיכת תעשיית הבנייה ל-"Better, faster, and greener", כלומר שילוב של איכות, מהירות וסביבה. הספר כולל:

■ מפרטים המתייחסים לתוצאות הבנייה (כלומר, מרכיבי איכות ולא רק מרכיבים מרשמיים)

■ הגדרת עיצוב ורכיבים סטנדרטיים (תנאי בסיס לבנייה מתועשת)

■ הגדרת חדשנות ושיטות בנייה מודרניות

■ חוזים המייצרים תמריצים לבנייה איכותי יותר

■ התייחסויות למהירות הבנייה, בטיחות, עמידה בערכים חברתיים ומדיניות הפליטות של בריטניה.

עדכון נוסף פורסם בספטמבר 2022 בשיתוף עם גופים ממשלתיים וגורמים בתעשייה.

לאתגרים, לשפר את התכנון ולנהל סיכונים בצורה יעילה יותר. ההמלצה היא לפתח תהליכים המאפשרים לספקים להציע רעיונות חדשניים ושיפורים לתכנון.

■ **שילוב טכנולוגיות דיגיטליות:** אחת ההמלצות הבולטות, שאכן מיושמת, היא להטמיע מערכות דיגיטליות כגון BIM (Building Information Modeling) לשיפור ניהול הפרויקטים. טכנולוגיות אלה מאפשרות שיתוף מידע בצורה חלקה בין כל הגורמים המעורבים בפרויקט ומסייעות בתהליך הניהול. שימוש במודלים דיגיטליים מאפשר לתכנן מראש, לחזות בעיות פוטנציאליות ולנהל את כל שלבי הפרויקט בצורה מדויקת, וכן לייצר את התשתית לשיתוף מידע.

■ **סטנדרטיזציה ויצירת פלטפורמות ייצור לבנייה מודולרית.** המסמך ממליץ לפתח סטנדרטים אחידים לשיטות בנייה מודולריות מתועשות, שיאפשרו תכנון קבוע וחזרתי על פני פרויקטים מרובים. סטנדרטיזציה כזו מסייעת בהפחתת עלויות, שיפור האיכות ומקסום יעילות על ידי ייצור מוקדם של רכיבים במפעל והרכבתם באתר הבנייה.

■ **תמריצים כלכליים וקידום רכש ממשלתי.** המסמך מציע לשלב תמריצים שיגבירו את השימוש ב-MMC לקידום חדשנות בבנייה. התמיכה כוללת הקלות רגולטוריות, פיתוח

המשותף למסמכים הוא הדגש על הצורך לאמץ שיטות בנייה מודרניות (MMC) כדי לעמוד ביעד הממשלתי לבנות 300,000 בתים בשנה עד 2025. זאת מתוך נתונים המצביעים על הקשר בין MMC לבין יעילות בזמן, הפחתת עלויות, שיפור איכות הבנייה ובטיחות. המסמכים מציינים כי לצד היתרונות, ישנם חסמים לאימוץ רחב של MMC כגון מחסור בכוח אדם מיומן, קשיים במימון וחששות לגבי אמינות והבטחת איכות. הדו"חות ממליצים על תיאום ממשלתי רחב, חיבור בין קרקעות המדינה לשימוש ב-MMC ויצירת מנגנונים כלכליים התומכים באימוץ רחב יותר של שיטה זו.

מסמך ה- MMC Guidance Note מגדיר המלצות מרכזיות לשינוי בענף הבנייה:

נקודות מרכזיות:

■ **קידום MMC –** לצורך כך הוגדרו שבע קטגוריות של שיטות בנייה מודרניות, כולל ייצור מוקדם של רכיבי מבנה תלת־ממדיים ודפוסי ייצור חדשניים בשטח.

■ **קידום מתודולוגיות עבודה המחברות מראש את בעלי התפקידים:** המסמך מדגיש את החשיבות של מעורבות מוקדמת של ספקים, קבלנים ויועצים בתהליך התכנון והפיתוח. מעורבות כזו מאפשרת להיערך מראש

הגדרה	קטגוריה	
יחידות מודולריות נפחיות המיוצרות במפעל ומורכבות באתר, כגון יחידות המרכיבות דירות או חדרי אמבטיה.	מערכות מבנה תלת־ממדיות (Volumetric Systems)	Pre-manufacturing
לוחות מתועשים ליצירת קירות, תקרות וגגות המורכבים באתר.	רכיבי מבנה דו־ממדיות (Panelised Systems)	ייצור מוקדם (off-site)
רכיבי מבנה מתועשים כגון קורות ועמודים מעץ, פלדה או בטון טרום יצוק.	רכיבים מבניים לא מערכתיים Non-systemized structural components	
הדפסה של רכיבי בנייה בשטח או במפעל, בדרך כלל באמצעות דיגיטציה.	הדפסת רכיבים Additive manufacturing	
ייצור מתועש של רכיבים לא־קונסטרוקטיביים כמו חדרי אמבטיה, מתקני חשמל וצנרת.	רכיבים לא־קונסטרוקטיביים Non-structural assemblies and sub-assemblies	
רכיבים מותאמים להרכבה מהירה בשטח, מוצרים יחידניים קלים להרכבה ותפעול.	מוצרים מסורתיים לשיפור היעילות באתר Traditional building product-led site labour reduction/productivity improvements	שיפור תהליכי עבודה ויעילות בשטח
שימוש בטכנולוגיות כמו רובוטיקה, רחפנים ושיטות אוטומציה מתקדמות, מתודולוגיות לשיפור הפרודוקטיביות	שיטות לשיפור תהליכים באתר Site process-led labor reduction/productivity improvements	

ח. בריטניה: קידום ואימוץ דיגיטציה

הקמת תשתית לתאום דיגיטלי (Digital Twin) על ידי ה-CDBB (Centre for Digital Built Britain)

רקע: ה-CDBB (Centre for Digital Built Britain) בשיתוף פעולה עם ממשלת בריטניה, פעל לקדם את המעבר לסביבה בנויה דיגיטלית באופן מלא. במרכז המאמצים עומדת היוזמה להקמת תאום דיגיטלי (Digital Twin), שמטרתה לשפר את התכנון, הבנייה והניהול של פרויקטים בתחום הבנייה והתשתיות. היוזמה נועדה לאפשר שיתוף פעולה טוב יותר בין כל הגורמים המעורבים ולספק כלים לניתוח וניהול מידע בזמן אמת.⁹⁷

תוכניות ליישום: ה-CDBB השיק את היוזמה לתאום דיגיטלי בשנת 2018, כחלק מהתוכנית הלאומית לתשתית דיגיטלית. המטרה היא ליצור מערכת לאומית של תאומים דיגיטליים שתחבר בין מודלים דיגיטליים של פרויקטים בודדים למערכת מידע משותפת. כך יהיה ניתן לקבל תובנות מעמיקות יותר על התפעול והתחזוקה של תשתיות ומבנים, ולקדם פתרונות חדשניים לאתגרים קיימים.

פעילויות מרכזיות ביוזמה:

- פיתוח סטנדרטים ומדריכים ליצירה וניהול של תאומים דיגיטליים (Digital Twins).
- קידום שיתופי פעולה בין חברות, ממשלה ומוסדות אקדמיים לפיתוח טכנולוגיות תאומים דיגיטליים.
- הקמת פרויקטי פיילוט להדגמת היתרונות של השימוש

כלים פיננסיים לתמיכה ברכש ממשלתי ותכנון שיטות רכש שיתאימו למודלים החדשניים של בנייה מתועשת.

מסמכים אסטרטגיים נוספים שראוי לציין:

המסמך "Carbon Net Zero Guidance Note" מפרט אסטרטגיות להפחתת פליטות פחמן בפרויקטי בנייה, כדי לעמוד ביעדי אפס פליטות של בריטניה עד 2050. ההמלצות כוללות:⁹⁵

1. הערכת פליטות בכל שלבי הפרויקט במהלך כל מחזור חיי הבנייה כדי להבטיח הפחתת הפליטות ככל הניתן.
2. שימוש בטכנולוגיות דיגיטליות ושיטות בנייה מתקדמות (MMC).
3. עידוד ספקים להתאים את פעילותם ומוצריהם ליעדים הנוגעים לקיימות.
4. תמריצים ירוקים: שילוב מדדי ביצוע הנוגעים לתחום בהתקשרויות ממשלתיות (תמרוץ ליעילות ותפקוד ברמה גבוהה).

המסמך "HMG Model Clause for Subsurface Data Sharing" מציע סטנדרטיזציה לשיתוף נתוני תת-קרקע, שנועדו להבטיח ניהול עקבי ובטוח של הנתונים בין פרויקטים. זהו מתווה הנחיות לניהול זכויות נתונים, בעלות ושימוש, תוך הקפדה על עמידה בתקנים משפטיים וסביבתיים. המטרה היא לקדם שיתוף פעולה וניצול יעיל של נתונים בתחומים כמו אנרגיה, כרייה ובנייה.⁹⁶

■ כלי להערכת תועלות ועלויות ¹¹²

■ סדנאות חשיבה ופיתוח ¹¹³

ג. תאומים דיגיטליים

הקמת תאום דיגיטלי לאומי היא מהלך המתהווה בימים אלו בענף הבנייה ברחבי העולם. דוגמאות לשימוש בשיטה זו ניתן לראות במקומות שונים: האיחוד האירופי פועל להקמת תאום דיגיטלי לכלל מערכת החשמל באיחוד, בריטניה בונה את התשתית ¹¹⁴ לתאום דיגיטלי של כלל המרחב הבנוי, סינגפור כבר הקימה תאום דיגיטלי, ¹¹⁵ New South Wales באוסטרליה, ¹¹⁶ וכן ערים גדולות במדינות נוספות מבצעות מהלכים דומים. ¹¹⁷

יתרונות שיטת התאום הדיגיטלי עבור תעשיית הבנייה:

■ **ניטור תשתיות:** פיקוח מתמשך על תשתיות חיוניות כמו רשתות חשמל, כבישים ומערכות מים.

■ **תשתית ידע לחדשנות בבנייה:** תשתית לשימוש ב-BIM ודומיה ברמה הכלל-לאומית, זיהוי פתרונות, תיעוד משכי בנייה, טכנולוגיות רלוונטיות למרחב, ביצוע ומיפוי פיזיים, זיהוי אתגרים הדורשים פתרונות טכנולוגיים ועוד.

■ **רישוי ורגולציה:** יצירת חיבוריות למקורות מידע ממשלתיים המסייעים להבין את הסטטוס של כל השלבים והאישורים בפרויקט בנייה וקידום שקיפות רגולטורית לאזורים ותהליכים.

■ **תכנון ערים:** ייעול תהליכים באמצעות סימולציות וניתוח נתונים בזמן אמת.

■ **בטיחות הציבור:** זיהוי סיכונים, מיפוי וייעול שירותי הממשלה.

■ **יעילות בשירותים:** אופטימיזציה של שימוש במשאבים.

■ **חיסכון בעלויות:** תחזוקה מונעת, זיהוי כשלים.

התשתית של התאום הדיגיטלי מאפשרת לתמוך בפיתוח טכנולוגיות דיגיטליות, לפתח ידע, שיטות וכישורים לשיפור הפיריון והאיכות, לתמוך בפיתוח ניהול ידע ופתרונות להגברת שימוש בדאטה לבנייה באיכות גבוהה ולאוטומציה של תהליכים. להלן דגימה ממספר פרויקטים מסוג זה, המאפשר קבלת מגוון נתונים אודות מצב קיים ועתידי של המרחב הבנוי:

■ Cambridge Smart Infrastructure and Construction) CSIC – בנייה חכמה ותכנון דיגיטלי: באוניברסיטת קיימברידג' הוקם מרכז חדשנות לבנייה, Cambridge Centre for Smart Infrastructure, and Construction במימון ממשלתי ותעשייתי משותף, ששם למטרה לפתח מודלים של חשייה וניתוח נתונים, על מנת לקדם החלטות חכמות יותר לניהול פרויקטי בנייה לאורך כלל שרשרת הבנייה והתפעול. ¹⁰⁸

■ השפעה על מדינות נוספות:

בהשראת ה־Centre for Digital Built Britain, מדינות נוספות נקטו בצעדים דומים לקידום השימוש בשיטת ה־BIM כאשר הן מאמצות אותה כדרישה באופן מלא או חלקי: ¹⁰⁹

■ **צפון אירופה:** דנמרק, שוודיה ונורווגיה.

■ **מערב אירופה:** בריטניה, הולנד וצרפת.

■ **מרכז ומזרח אירופה:** פולין, צ'כיה וגרמניה.

■ **דרום אירופה:** ספרד ואיטליה.

■ **צפון אמריקה:** ארה"ב ומקסיקו.

■ **דרום אמריקה:** צ'ילה, ארגנטינה, ברזיל וקולומביה.

3.3.2 דוגמאות ליוזמות ומיזמים ממדינות מתקדמות: דיגיטציה ובנייה מתועשת

א. EU BIM Task Group ¹¹⁰

יוזמה לקידום הטמעת BIM ברחבי אירופה, במיוחד בפרויקטים ציבוריים, כאשר המטרה היא לשתף פעולה בזמן אמת במהלך כל שלבי חיי הפרויקט, מהתכנון ועד לבנייה והניהול. היוזמה שואפת לחזק את השוק הדיגיטלי בענף הבנייה באירופה, להפוך אותו לתחרותי ופתוח יותר, ולקדם שיתוף פעולה בין המגזר הציבורי והפרטי תוך הגברת המודעות ליתרונות של BIM. המדריך שהוציאה הקבוצה מספק הנחיות למדינות האיחוד האירופי ליישום BIM בפרויקטים ציבוריים באופן עקבי ויעיל. הוא כולל מידע על היתרונות של BIM, מדיניות המלצות ומקרי בוחן שונים שמראים את ההצלחה של יישום BIM בפרויקטים ציבוריים.

בין פעולות הקבוצה:

■ מדריך ליישום אסטרטגי של BIM במגזר הציבורי ברחבי אירופה ¹¹¹

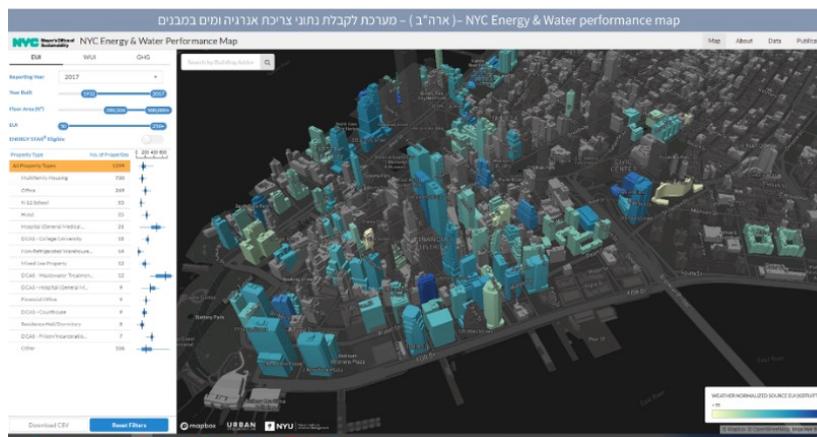


118



119

מיפוי דיגיטלי מרחבי יכול גם להציג התמקדות בהיבט מסוים שיתעדכן במפות אינטראקטיביות. מפות מסוג זה נפוצות במדינות המודדות תפקודי מבנה בתדירות מסיימת, בדרך כלל שנתית:

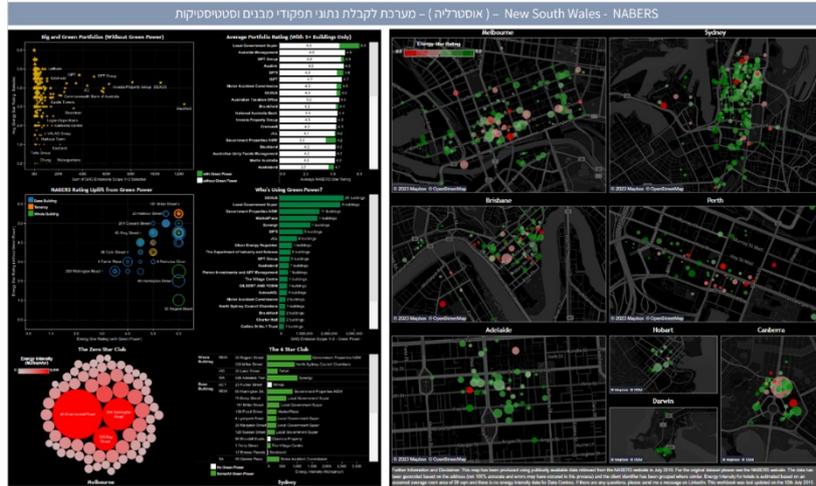


120

באמצעות חובת דיווח.

דוגמאות למערכות מסוג זה: מערכת הניטור של משרד התחבורה האמריקני הכולל התייחסות לתשתיות בנויות,¹²¹ מערכות ניטור אזוריות לביצועי מבנים כגון NABERS האוסטרלית¹²² ומערכות דומות בארה"ב¹²³ ובלונדון¹²⁴ (שבה המערכת מגובה במאגרי דאטה פתוחים¹²⁵).

גרסה מתקדמת פחות שיכולה להוות שלב ביניים בדרך לתאום דיגיטלי, היא Dashboard לאומי או אזורי. מערכות מסוג זה קיימות במדינות מתקדמות הרואות את חשיבות הפיקוח והניטור המדויקים בתעשיית הבנייה בהבנת סטטוס המבנים וביצועיהם. מערכות מסוג זו מנטרות נתונים מנכסים בבעלות פרטית או ציבורית, כאשר השוק הפרטי עשוי לדווח על ידי תמריץ באופן וולונטרי או

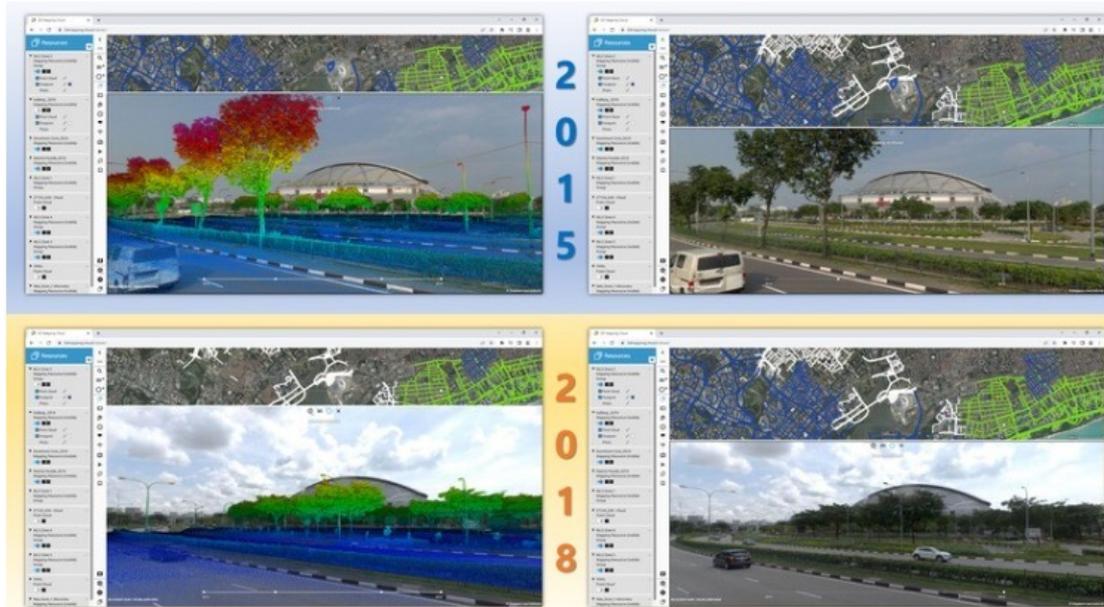


ניהול מידע מרובה שכבות. המטרה היא לספק מודל דיגיטלי מדויק ומעודכן של הסביבה הבנויה והטבעית, אשר ישמש תשתית לקבלת החלטות, תכנון עירוני, ניהול תשתיות ושירותים חכמים.

התאום הדיגיטלי מאפשר לגופי ממשל ולשותפים חיצוניים לבצע סימולציות, לנתח חלופות תכנון, לשפר תיאום בין משרדי ולהגביר את השקיפות מול הציבור. מעבר לייעול תהליכים והפחתת כשלים, המודל תומך בשילוב עיתי של בינה מלאכותית, חיישנים בזמן אמת ויישומים סביבתיים – מה שהופך אותו לכלי אסטרטגי בבניית עיר חכמה ועמידה לאתגרי העתיד.

דוגמה נוספת היא מערכת Dashboard בסקוטלנד המנהלת את נתוני הכשרות העובדים בענף הבנייה ברמה ארצית¹²⁶ לצד נתונים כלכליים נוספים בענף. מערכות אלו מבוססות על המידע מפרויקטים ציבוריים, וכן אמצעי דיווח משתנים עבור פרויקטים בבעלות פרטית.

תאום דיגיטלי לאומי בסינגפור לתשתיות תחבורה:¹²⁷ רשות הקרקע של סינגפור (SLA) בשיתוף עם השוק הפרטי, מובילה פרויקט לאומי להקמת תאום דיגיטלי מתקדם של כלל המדינה. הפרויקט מבוסס על טכנולוגיות מיפוי תלת־ממדיות חדשניות כמו סריקות לייזר (LiDAR) צילום אווירי ונתוני GIS, ומשולב בפלטפורמת iTwin של



פרויקט MODCONS התמקד בבחינת שיטות בנייה מודולריות-מתועשות לבנייני מגורים בספרד, פינלנד, פורטוגל ובריטניה. הפרויקט שאף לפתח הנחיות בהתאם לתקנים ולקודים האירופיים (Eurocodes). הפרויקט בחן את הבנייה המתועשות בהיבטי יציבות למבנים בבנייה רוויה. המחקר כלל שילוב של ניסויים על יחידות מודולריות וכן אנליזות ובדיקות באתר הבנייה. תוצאות הפרויקט מצביעות על פוטנציאל משמעותי לשימוש מוגבר בבנייה מתועשת בבנייה רוויה, כאשר מערכות מודולריות מתועשות יכולות לעמוד בכל הדרישות הרגולטוריות הנדרשות ומציעות יתרונות סביבתיים משמעותיים. הפרויקט התבצע בין ינואר 2013 לאוקטובר 2015, בעלות כוללת של €1,298,917.85, מתוכה תרם האיחוד האירופי סכום של €856,000.00.

ד. הסכם מסגרת לעידוד בנייה מודולרית¹³⁰

במסגרת היוזמה, נחתם הסכם מסגרת עם איגוד הבנייה של גרמניה (GdW) שמאפשר לרשויות מקומיות להזמין יחידות דיור מוכנות מראש בהתאם לצורכי התושבים מספקים נבחרים שעמדו בקריטריונים ספציפיים. ההסכם נועד להבטיח שהבנייה תהיה מהירה, יעילה ובמחירים נגישים, ובכך לספק פתרון בר-קיימא לבעיית הדיור בגרמניה.

להלן דוגמאות למודלי בנייה נבחרים במסגרת ההסכם:¹³¹

יישום תאומים דיגיטליים לתשתיות אנרגיה חכמות באירופה:¹²⁸

פרויקט TwinEU מהווה יוזמה אירופית רחבת היקף שנועדה לפתח ולהטמיע תאומים דיגיטליים (Digital Twins) עבור מגזר האנרגיה ב-11 מדינות ברחבי אירופה. מטרת הפרויקט היא לחבר בין מודלים וירטואליים לבין תשתיות פיזיות של רשתות חשמל, גז, חום ואגירה – על מנת לשפר תכנון, תפעול, גמישות וניהול משברי אנרגיה. התאומים הדיגיטליים יתבססו על איסוף נתונים בזמן אמת, סימולציות מתקדמות ואינטגרציה של מקורות אנרגיה מתחדשים.

הפרויקט, אשר ממומן על ידי האיחוד האירופי במסגרת Horizon Europe, מובל על ידי קונסורציום של 75 שותפים – בהם רגולטורים, מפעלי מערכות, מוסדות מחקר וחברות טכנולוגיה. TwinEU צפוי להוות מודל לחיקוי לשילוב טכנולוגיות דיגיטליות במערכות אנרגיה מורכבות, תוך חיזוק עמידות, שקיפות ויכולת חיזוי של המערכת. התוצאה תהיה מערכת אנרגיה מבוזרת וחכמה יותר, המקבלת החלטות מבוססת דאטה ברמת המדינה, האזור והרשת.

ג. ישימות בנייה מתועשת לצורך התמודדות מול רעידות אדמה:¹²⁹



א. עידוד אימוץ רחב יותר של שיטות בנייה חדשניות וטכנולוגיה בענף הבנייה.

ב. פיתוח יכולות עבור עובדים, אנשי מקצוע וסטודנטים בשנים מתקדמות בתחום הבנייה, כדי לטפח תרבות והלך רוח עתידי שיהיה מכוון לחדשנות ושימוש בטכנולוגיה.

תוכנית העבודה (נכון לספטמבר 2023)¹³³ כוללת את הצעדים הבאים (מקור: תוכנית העבודה של ה-CITF 2023-7)

1) מיקוד ב-BIM, בנייה מודולרית, Prefabrication לפלדה וטכנולוגיות בנייה שונות.

ה. הונג קונג The Construction Innovation and Technology Fund CITF

רקע: קרן הבנייה והחדשנות והטכנולוגיה (CITF)¹³² הוקמה על ידי לשכת הפיתוח של ממשלת הונג-קונג והאזור המנהלי המיוחד (DEVB) באוקטובר 2018, ותוקצבה במעל לשני מיליארד דולר הונג-קונגי. ה-CITF הוקם כדי לעודד אימוץ רחב יותר של שיטות וטכנולוגיות חדשניות בענף הבנייה במטרה לקדם את הפרודוקטיביות, להעלות את איכות הבנייה ולשפר את בטיחות האתר והביצועים הסביבתיים. ה-CITF הציב שני יעדים עיקריים:

(1) מיקוד ב-BIM, בנייה מודולרית, Prefabrication לפלדה וטכנולוגיות בנייה שונות.



(2) לכל אחד מהצירים ניתנים מענקים להצטיידות באמצעים הנדרשים, יישום והטמעה:

1. Technology Adoption

	ACT	BIM	MiC	Prefabricated Steel Rebar
Funding Scope	<ul style="list-style-type: none"> General Application <ul style="list-style-type: none"> ➢ Procurement ➢ Rental Pioneering Application in Hong Kong Industrialised Processing - Robotic Welding 	<ul style="list-style-type: none"> BIM Training <ul style="list-style-type: none"> ➢ Classroom-bound ➢ Mode Training ➢ BIM Viewer ➢ Collaborative Training ➢ Project-based Coaching BIM Adoption <ul style="list-style-type: none"> ➢ Project adoption ➢ Experiential use 	<ul style="list-style-type: none"> Additional costs incurred by Project Consultant for MiC adoption MiC Specific Construction Plant MiC Modules Specialist MiC Consultant⁵ Admission to the Buildings Department (BD)'s List of Pre-accepted MiC Systems⁴ 	Prefabricated rebar products manufactured by Civil Engineering and Development Department (CEDD) pre-approved yards
Funding Ceiling	<ul style="list-style-type: none"> General Application: HK\$7,500,000 per applicant (combined with BIM; of which HK\$1,500,000 is designated solely for SSSS products⁶) Rental: HK\$1,000,000 per applicant⁷ Pioneering Application: HK\$10,000,000 per application Industrialised Processing - Robotic Welding: HK\$800,000 per applicant 	<ul style="list-style-type: none"> HK\$7,500,000 per applicant (combined with ACT; of which HK\$1,500,000 is designated solely for SSSS products⁵) 	<ul style="list-style-type: none"> For buildings of 16 to 30 or above storeys: Up to HK\$17,000,000 per project (applicable to MiC projects awarded on or after 1 October 2023) For buildings of 6 to 15 storeys: Up to HK\$13,500,000 per project (applicable to MiC projects awarded on or after 1 October) 	HK\$5,000,000 per project

(3) התמיכה נוגעת לשלבים השונים של כל סוג פרויקט. לדוגמה, התמיכה בבנייה מודולרית עשויה לכלול את שלב התכנון וגם את שלב הבנייה עצמו, בנוסף לאפשרות לתמוך בשלבים נוספים בהתאם ליצרנים או לקבלנים המגישים את הבקשה.

3. Modular Integrated Construction (MiC)				
	Project Design Stage ¹⁹	Project Construction Stage ¹⁶	Others	
Other Requirements	<ul style="list-style-type: none"> MiC projects with tender invitation date on or after 1 July 2021 shall be a building project with buildings of at least 6 storeys of permanent nature Applicant shall provide proof such as BD's consent to commence superstructure works of the MiC building and commencement of MiC modules installation on site for reimbursement purpose Applicant shall provide BD's approval of the General Building Plan and Superstructure Plan of the MiC project together with the funding application Applicant shall submit an agreement with all other consultants engaged in the MiC project with respect to the sharing of funding grant with the fund applicant. 	<ul style="list-style-type: none"> MiC projects with tender invitation date on or after 1 July 2021 shall be a building project with buildings of at least 6 storeys of permanent nature Applicant shall provide proof of approval for commencement of MiC module production/ installation for reimbursement purpose 	<ul style="list-style-type: none"> MiC projects with tender invitation date on or after 1 July 2021 shall be a building project with buildings of at least 6 storeys of permanent nature Applicant shall submit document proof of approval for commencement of MiC module production/ installation with the funding application For application for the additional maximum HK\$1,000,000 subsidy for safety-related measures incorporated in the process, applicant shall specify the type of proposed safety measures such as engagement of external safety specialists, formulating MiC-specific safety plan, conducting MiC-specific safety audits and training etc. and submit the detailed proposal. Applicant shall submit a safety audit report on logistics and lifting operation in the MiC project for final reimbursement purpose. Details on the scope of the safety audit are available at the CITF Portal 	<ul style="list-style-type: none"> To promote more manufacturers to supply MiC systems, MiC systems provided by manufacturers who already have MiC systems admitted to the BD's List of Pre-accepted MiC Systems²¹ are not eligible for application MiC systems shall be designed for application for buildings of at least 6-storey height in Hong Kong Applicant shall be the firm of the AP / RSE or the architectural or engineering consultant firm responsible for the submission to BD, but not individuals

(4) התמיכה כוללת הצגת אתגרים לתעשייה, לדוגמה: בניית זרוע רובוטית לריתוך.

Industrialised Process – Robotic Welding	
Funding Mode	15% matching fund for processing fee involved
Funding Ceiling	HK\$800,000 per applicant (independent of the HK\$7,500,000 combined funding ceiling for ACT and BIM)
Other Requirements	<ul style="list-style-type: none"> Only prefabricated components manufactured by off-site robotic welding in Hong Kong will be subsidised The CITF will subsidise processing fee only Applied funding will be weighed against the reference price of the welding products provided by the supplier

(5) תהליך המימון כולל תמיכה בבניית ידע ויכולות. להלן דוגמאות לסוגים של מסלולי ההכשרות והידע הנדרש בשוק כדי לקדם פרויקט והטמעת חדשנות:¹³⁴

Full-time Courses	Part-time Courses	Safety Training	Part-time Courses offered by SPDC	Collaborative Training Schemes & Others
Advanced Diploma (For DSE students)	Skill Enhancement Courses – General	Green Card	Building Information Modelling (BIM)	Intermediate Tradesman Collaborative Training Scheme (ITCTS)
Diploma in Construction (For S6 Graduates)	Skill Enhancement Courses – Machinery Operation Related	Safety Training Course of Specified Trade (Silver Card)	Modular Integrated Construction (MiC)	Intermediate Tradesman Collaborative Training Scheme (ITCTS-SEC) (Skills Enhancement Courses) (Organised by Training Bodies)
Certificate in Construction (For S3 or above)	Skill Enhancement Courses – General Workers to Intermediate Tradesman	Safety Training Course of Confined Spaces Operation	Construction Technology and Quality	
Short Course - Enhanced Construction Manpower Training Scheme (For unemployed & people who wish to change their career)	Skill Enhancement Courses – Repair and Building Maintenance	Safety Experience Tour (SETC)	Construction Management	Advanced Construction Manpower Training Scheme - Pilot Scheme (Structured On-the-job)
Short Course - Enhanced Construction Manpower Training Scheme (For unemployed & people who	Skill Enhancement Courses – Waterworks Related	QF Recognized Safety Training Courses		
	Skill Enhancement Courses – Welding Related	Other Safety Courses: - Suitable for Managerial or Professional Staff - Suitable for Supervisors or		Advanced Construction Manpower Training Scheme

■ **תמיכה בתהליכי דיגיטציה:** השקעה בקידום השימוש במודלי מידע בניין (BIM) ובפתרונות דיגיטליים אחרים, בדגש על חברות בינוניות וקטנות.

■ **הגדרת מנגנון לבדיקה מהירה של טכנולוגיות מתועשות ובחינת ישומן.**

■ **הגדרת Code of Practice on Buildability** – חיוב כלל הבנייה הציבורית בסינגפור לאחוזים ניכרים של בנייה מתועשת (פירוט בעמודים הבאים¹³⁵)

להלן דוגמה לנוסח חיוב בנייה מתועשת (2022), בהתאם למ"ר הפרויקט (הממוקם על קרקעות מדינה). ניתן לראות כי ככל שהפרויקט גדול יותר, כך הדרישה לאחוז התיעוש עולה, דבר שעולה בקנה אחד עם העיקרון של עלות שולית הפוחתת כתוצאה מדרגה גבוהה של חזרתיות (של מרכיבי בנייה, קומות וכו'):

1. סינגפור – חיוב הדרגתי לבנייה מתועשת

חיוב הדרגתי הוא צעד המאפשר לשוק להיערך לשינוי ולייצר את התשתית לטובת שינוי קבוע וארוך טווח, בדומה למהלך שנעשה בישראל בבנייה ירוקה. דוגמאות למדינות שביצעו מהלכים מחייבים מסוג זה הן סינגפור, יפן, שוודיה וגרמניה, דרך תוכניות פיתוח לאומיות ועד לתקנות בנייה. סינגפור הינה דוגמה מובילה למהלך מסוג זה. להלן הצעדים שננקטו בסינגפור:

■ **תמיכה פיננסית:** הקצאת תקציבים משמעותיים לעידוד בנייה נפחית Prefabricated Prefinished Volumetric Construction (PPVC) בקידום שיטות בנייה מודולריות בפרויקטים חדשים של מבנים ציבוריים, ולעידוד השימוש בטכנולוגיות דיגיטליות בקרב חברות קטנות ובינוניות (SMEs).

■ **השקעה בהכשרה ובהכנת כוח עבודה מקומי:** הכשרות אנשי מקצוע בענף לעבודה בבנייה מתועשת.

All industrial developments with GFA of 5,000m² or more on GLS sites

The minimum prefabrication level for both structural systems and architectural systems must be met. The computation method for prefabrication level is spelt out in Section 6.

Minimum Prefabrication Level	5,000 m ² ≤ GFA < 25,000 m ²	GFA ≥ 25,000 m ²
Structural System	30%	60%
Architectural System	70%	80%
Prefabricated MEP System	40%	50%
System Formwork	70%	70%

א. ובאותו מסמך חיוב לדיגיטציה ככלי תומך לתיעוש, תיעוד, תמחור וניהול הפרויקט:

Table 2: IDD Essential Use Cases (continued)

IDD Essential Use Case	Stage	Definition	Digital Deliverables
5. BIM-based Documentation	<ul style="list-style-type: none"> • Design • Fabrication • Construction 	Prepare documents relating to the building works based on information primarily generated from a BIM model	<ul style="list-style-type: none"> • BIM • Drawings • Tender specifications
6. BIM-based Cost Estimation	<ul style="list-style-type: none"> • Design • Fabrication • Construction 	Estimate costs at various stages of the building works based on information generated from a BIM model	<ul style="list-style-type: none"> • Costing models • Costing and quantity-take-off documentation
7. Digital Logistics	<ul style="list-style-type: none"> • Fabrication • Construction 	Use digital technology to plan the prefabrication production schedule of the building works, and digitally track and monitor the production, delivery and installation of prefabricated components	<ul style="list-style-type: none"> • Production schedule • Digital logistic delivery records
8. Digital Construction Scheduling and Sequencing	<ul style="list-style-type: none"> • Fabrication • Construction 	Use digital scheduling to plan and monitor the construction activities of the building works	<ul style="list-style-type: none"> • Construction schedules, and sequencing models
9. Digital Progress Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> • Fabrication • Construction 	Use digital solutions or digital scanning to track and monitor the progress of the building works	<ul style="list-style-type: none"> • Records of site progress photos, or scanned models • Progress reports (actual vs planned)

לסטנדרט בתעשייה, כחלק מהאסטרטגיה הלאומית לשיפור הפריון ולהגברת הקיימות בענף.

■ **מקרי בוחן והכשרות:** הפצת מידע אודות מקרי בוחן מוצלחים, סדנאות והכשרות לבעלי התפקידים בתעשייה.

■ **סיוע בהקמת מפעלים המספקים מוצרים לתעשייה:** לדוגמה, מפעל מרכזי שנבנה על ידי השוק הפרטי, ושהוא הגדול ביותר מסוגו בסינגפור ומשתרע על שטח של כ-100,000 מ"ר. הוא משלב תהליכי ייצור מתקדמים עם אפשרויות להרכבה ותכנון, והוקם כדי לספק את הצרכים של תעשיית הבנייה המתועשת בסינגפור.¹³⁸

הרשות מגדירה שיטות שונות ואת השפעתן על התעשייה. לדוגמה, Prefabricated Prefinished Volumetric Construction (PPVC) – בינוי יחידות שלמות מראש עשוי לשפר את הבינוי בכ-40%. זאת לעומת שימוש ביחידות בטון Precast, שיחסכו כ-10% מהעלויות. השאיפה היא לנוע בהדרגה ליישומים חסכוניים שיביאו ליעול הענף כולו:

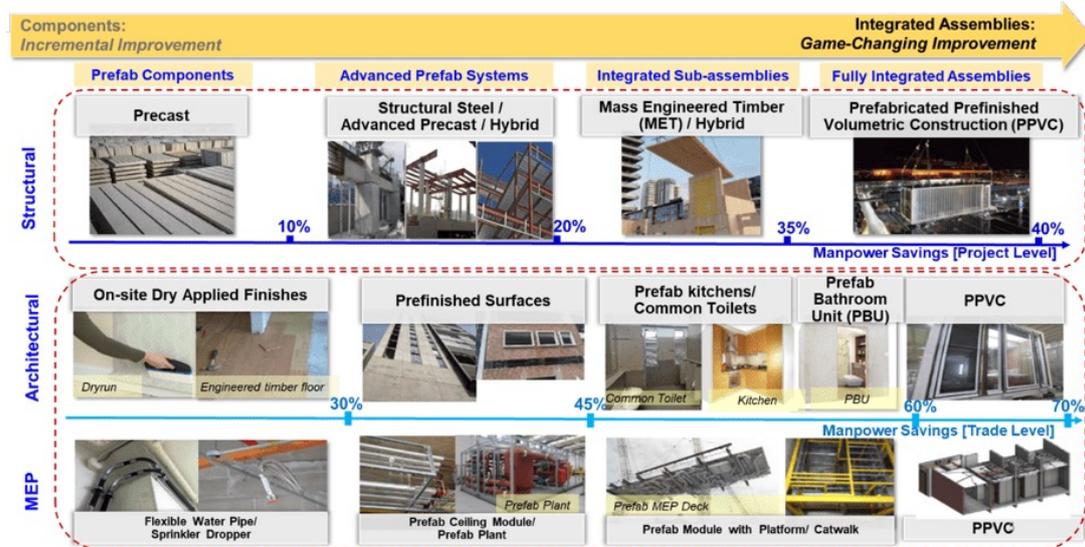
ניהול הנכסים הפיזיים בסינגפור שונה מישראל. ה-Housing & Development Board אחראי לניהול נכסי הדיור הציבורי בסינגפור, כאשר על פי הנתונים באתר הארגון כ-80 אחוז מהתושבים גרים בדיור ציבורי, ולכן גם פוטנציאל ההשפעה הגדול באסטרטגיה זו.¹³⁶

ז. סינגפור – קידום גישת DfMA

(Design for Manufacturing and Assembly) DfMA מציג גישה המדגישה תכנון מודולרי שמאפשר ייצור והרכבה של רכיבי מבנים במפעלים, ולאחר מכן שינועם והתקנתם באתר הבנייה.

בסינגפור הוקמה רשות ארצית המקדמת את התחום בעזרת הצעדים הבאים:¹³⁷

■ תמיכה ממשלתית: תמריצים ותמיכה בפרויקטים שמאמצים את גישת ה-DfMA, כולל הכשרות, הנחיות ותמיכה רגולטורית. המטרה היא להפוך את השיטה



סינגפור אף יצרה מפה המציגה באופן סכמתי את השינוי הנדרש בענף¹³⁹ בדגש על השילוב בין טכנולוגיות מתקדמות להכשרות כוח אדם לאורך כלל שרשרת הבנייה.



4

סקטור הבנייה בישראל



סקטור הבנייה בישראל



במרכז הארץ, אשר בו עתודות הקרקע מועטות, חלק ניכר מהבנייה מתבצע בפרויקטים של התחדשות עירונית, כאשר הקרקעות באזורי הביקוש נמצאות לרוב בבעלות פרטית.

4.2 הפיריון בענף הבנייה בישראל

המענה לאתגרים שמביאות עימן המגמות שהוזכרו בסעיף הקודם, תלוי בין היתר ביכולת ענף הבנייה לספק היצע דיור העומד ברמת הביקושים הצפויה בישראל. ענף הבנייה מהווה מרכיב משמעותי בתוצר הלאומי וישנה חשיבות רבה להגדלת התפוקות בו – הן מבחינת תרומתו לצמיחת המשק והן מבחינת מתן המענה לצורך המידי בהגדלת ההיצע. נתון משמעותי הנוגע לבעיה השורשית להגדלת ההיצע טמון במדד פיריון נמוך משמעותית בענף הבנייה לעומת המגזר העסקי. התוצר לעובד בענף הבנייה נמוך ב-15% בהשוואה למדינות ה-OECD, כמו כן מלאי ההון לעובד בענף הבנייה בישראל נמוך ב-54% בנוסף, רמת הפיריון לשעת עבודה בענף הבנייה בישראל מהווה רק כ-64% מהממוצע במדינות ה-OECD.¹⁴⁰

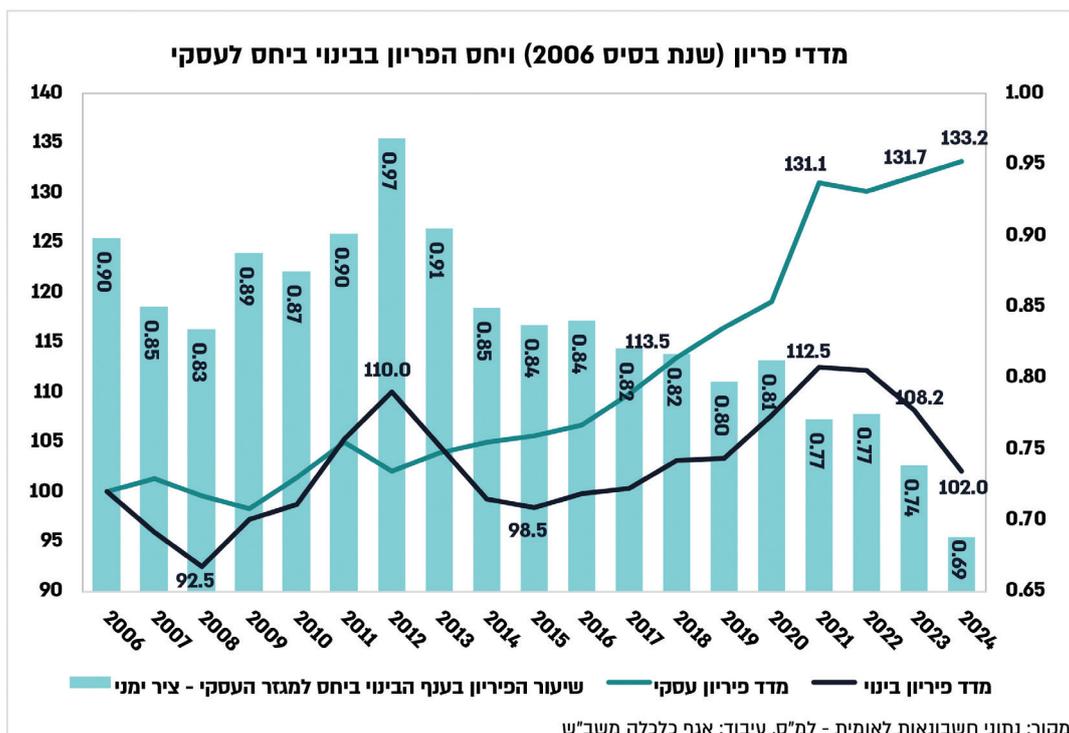
בפרקים הקודמים נסקרו היבטים הנוגעים לכלל ענף הבנייה מנקודת מבט גלובלית. יחד עם זאת, ישנם אתגרים ייחודיים לתרבות ומבנה ענף הבנייה בישראל, הנוגעים בין היתר למגמות דמוגרפיות, יציבות הענף, פריון העבודה, מגמות ביקוש והיצע, ממשקים עם האקוסיסטם הטכנולוגי ועוד.

4.1 מגמות בישראל

המגמות הדמוגרפיות בישראל שונות באופן משמעותי מאלו אשר ביתר מדינות ה-OECD ומביאות עמן אתגרים מהותיים בפני מערכות התכנון והדיור. שיעור פריון גבוה, קצב גידול אוכלוסין מהיר, תוחלת חיים גבוהה וכמו כן רמת צפיפות אוכלוסין גבוהה - מחייבות חשיבה מחודשת על תפיסות תכנוניות למגורים.

מציאות זו דורשת פתרונות חדשניים, כגון אימוץ של שיטות בנייה מתקדמות, גמישות וחדשניות, המסוגלות לתת מענה לאתגרים הקיימים והמתהווים.

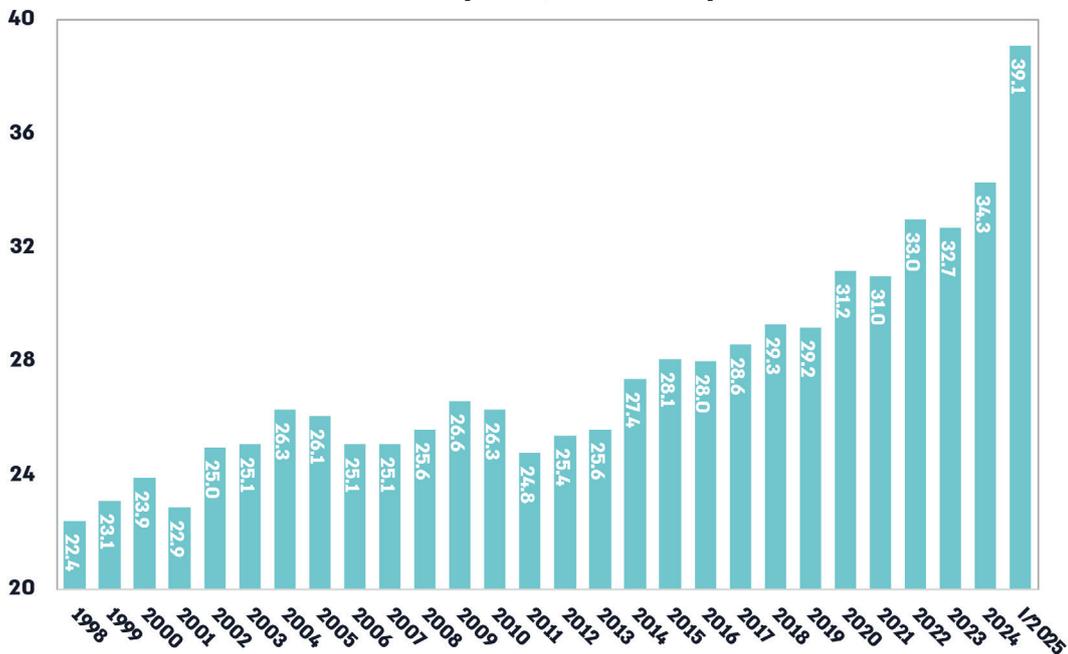
אתגר מרכזי נוסף הינו המחסור בקרקע זמינה, שכן מרבית עתודות הקרקע ממוקמות מחוץ לאזורי הביקוש.



התיעוש נמצא בתחום הבנייה המרקמית של 3-9 קומות. לפי נתוני הלמ"ס, משך בניית מבנה מגורים ממוצע הלך והתארך בשני העשורים האחרונים. אמנם כמות התחלות הבנייה בשנים האחרונות נמצאת במגמת עלייה מתמדת (ב-2024 מספר התחלות הבנייה עמד על 66,800 יחידות דיו, גידול של 40% בעשור האחרון), אך המגמה החיובית לא באה לידי ביטוי גם בקיצור משך הבנייה, שמאז 1995 משך הביצוע של מבנה מגורים בישראל הולך ומתארך עם השנים.¹⁴³ עם זאת יש לקחת בחשבון כי אופי הבנייה בישראל בשנת 2025 שונה מזה שב-1995, בשל מאפיינים שונים כגון התעצמות מגמת הבנייה לגובה ודרישות תכנוניות ורגולטוריות שונות.

בתהליכי רישוי הבנייה בישראל מעורבים עד כ-30 גורמים רגולטוריים שונים (בהתאם לסוג הפרויקט).¹⁴¹ בנוסף, הענף עדיין פועל בחלקו הגדול בשיטות בנייה מסורתיות, דבר התורם לפיריון העבודה הנמוך. בדו"ח התוכנית לתיעוש ענף הבנייה בישראל, משנת 2016, צוין כי הרוב המכריע¹⁴² של הבנייה בישראל נעשית בשיטות בנייה קונוונציונליות שכמעט ואינן מקובלות עוד בעולם המערבי. השימוש בשיטות מתועשות מבוצע בעיקר במבנים רבי-קומות ומגדלים, היוו פחות מרבע מהיקף התחלות הבנייה למגורים בישראל. במבנים בני 3-9 קומות ובמבנים צמודי קרקע אשר היוו את עיקר התחלות הבניה, היקף השימוש בשיטות מתועשות נמוך עמד על כ-40%. הדו"ח הראה כי הפוטנציאל הגדול בשוק להטמעת הטכנולוגיות והגברת

זמן בנייה ממוצע לבניין - חודשים



מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, עיבוד: אגף כלכלה משרד השיכון

לקרוס עד כ-800 חברות קבלניות (לפי התחזית לשנת 2025)¹⁴⁶ כתוצאה מגל ההתייקרויות ועליית המחירים הכללית. בין הסיבות השכיחות לכשיטת רגל בקרב קבלני הביצוע בענף הבנייה: היעדר צבר פרויקטים נרחב, תמחור שגוי של פרויקט, ניהול שאינו תואם את התזרים, היעדר איתנות פיננסית מספקת.

אי-הוודאות בענף אינה רק אינדיקטור לחוסן הכלכלי של החברה הקבלנית אלא גם ליכולתה להקצות זמן ומשאבים לתהליכי החדשנות בענף. יש לציין שהמציאות המורכבת עלולה להקשות על החברה הקבלנית ליטול סיכונים ולהשקיע בתהליכי חדשנות שיערימו עליה תנאי אי-ודאות נוספות, גם אם ישנה הבטחה בטכנולוגיות החדשניות

מצב הקבלן בישראל:¹⁴⁴ על-פי נתוני התאחדות הקבלנים בוני הארץ, כיום פועלים בישראל כ-5,500 קבלנים¹⁴⁵ כאשר 86% מהחברות הקבלניות הן חברות בינויות, קטנות או קטנות מאוד. עבודת הקבלן מאופיינת באתגרים כלכליים, בטיחותיים, מקצועיים וכמו כן שולי הרווח של קבלני הביצוע תלויים במשתנים רבים, ולפיכך הטמעת השינויים בדרכי העבודה הרגילות יכולה לחשוף אותם לסיכונים בכדאיות הכלכלית של פרויקטי הבנייה (למשל עיכובים בביצוע הפרויקט בעקבות שימוש בשיטת בנייה חדשה בעלת ניסיון מועט בשטח). בשנת 2024 נרשמו 730 קריסות בענף הבנייה והתשתיות, לעומת 440 קריסות בלבד בשנת 2022. ברבעון הראשון של 2025 בלבד נרשמו כ-210 קריסות בכל שנת 2025 צפויות

ובפיתוח. יש לזכור שלהשקעות אלה ישנה היתכנות להניב פירות לא רק בישראל, שכן גודל תעשיית הבנייה העולמית לשנת 2024 מוערך ב-14 טריליון דולר לפיכך, ישנו פוטנציאל רווח עצים לפיתוחים טכנולוגיים ישראלים בקרב תעשיית הבנייה העולמית.

בעשור האחרון הלך והתפתח בישראל תחום החדשנות בענף הבנייה – הוקמו חממות וקהילות חדשנות בבנייה, התקיימו אירועים לקידום האקוסיסטם, גדלו ההשקעות בטכנולוגיות בנייה באמצעות קרנות הון סיכון וחברות בנייה, גדלה כמות הסטארטאפים הפעילים, החל תהליך מיסוד תפקיד מנהלי החדשנות בחברות בנייה ועוד. למרות תהליכים אלו ואחרים, החדשנות לא הוטמעה באופן משמעותי לתוך תרבות העבודה בקרב החברות בענף הבנייה, והיא ברובה נחלתן של החברות המובילות בענף, שיש להן תפיסה ארגונית תומכת חדשנות, והן בעלות יציבות פיננסית מספקת כדי להתנסות בטכנולוגיות חדשניות. כמו כן, חברות הסטארטאפ מטבען הכלכלי מייעדות את מוצרן לייצוא לשוק העולמי, ובמידה פחותה יותר נסמכות על השוק המקומי בלבד. בנוסף, בשיחות שנעשו בעבודה זו עם חברות סטארטאפ בתחום, עולה כי הפעילות הכלכלית בשווקים הבין-לאומיים מורכבת פחות מאשר זו הקיימת בשוק בישראל.

יש לציין את חברות הבנייה המובילות כיום בענף, המפעילות אקסלרטורים טכנולוגיים, פלטפורמות לבדיקת טכנולוגיות (POC-Proof of Concept), חממות או מנגנונים להשקעה בחברות טכנולוגיה. חברות אלו מקדמות את תחום החדשנות בענף, ורובן מאיישות תפקידים ייעודיים של מנהלי חדשנות. יחד עם זאת, חברות אלו מייצגות פלח מסוים בלבד של תעשיית הבנייה בישראל בעוד המסה הרחבה של החברות הרלוונטיות בענף אינה תופסת חדשנות באופן דומה, או שאינן מוכנות להקצות משאבים לטובת קידום החדשנות באותה מידה.

בצד היצע הפתרונות הטכנולוגיים נציין כי בתוך האקוסיסטם הישראלי צומחות חברות סטארטאפ המבקשות להביא לשוק מוצרים וטכנולוגיות חדשניים המשנים באופן משמעותי את דרכי העבודה באתרים, כגון מערכות רובוטיות המשלבות בינה מלאכותית לייעול תהליכי בנייה וביצוע ועוד. חברות אלה פועלות בשיתופי פעולה עם חברות הבנייה בישראל, וכן מתממשקות עם גופי השקעה פרטיים או ציבוריים. יחד עם זאת יש לציין כי חלק ניכר מהן רואות בשוק הישראלי נקודת מוצא לשווקים גדולים יותר.

על פי נתוני Startup Nation Central,¹⁵⁰ קיימות בישראל כ-126 חברות סטארט-אפ בתחומי הבנייה, הנדל"ן והתשתיות. כמו כן, ישנן חברות תוכנה גדולות המייצרות גם הן פתרונות רלוונטיים לענף, ולעיתים קרובות משתפות פעולה עם חברות הסטארט-אפ או מבצעות רכישות משלהן.

לקיצור ושיפור איכות התהליכים.

לפי סקר¹⁴⁷ שבוצע ב-2025 וכלל 420 קבלנים, 87% מהם העידו כי המחסור החמור בכוח אדם מהווה אחד האתגרים המרכזיים שלהם בשנה האחרונה, ו-42% מהם צופים ירידה בהיקף הפעילות בענף, לעומת 10% שצפו כך לפני שנתיים. עוד עולה מהנתונים כי בקרב 52% מקבלני התשתיות חלה ירידה בהיקף הפעילות בשנת 2024, לעומת 49% בקרב המנהלים בתחום הייזום והבנייה. בקרב 15% מהקבלנים בעלי 1-4 מועסקים, החוסן הפיננסי הורע משמעותית, לעומת 10% בכלל הענף. הקבלנים מתמודדים עם אתגרים רבים, כגון סביבת ריבית גבוהה ונטל מימוני, מחסור בחומרי גלם, התייקרות בתשומות הבנייה ועוד. כל אלו, לפי הסקר, הביאו לשחיקת הרווחיות ולעלייה ברמת הסיכון בענף.

4.3 היבטים סביבתיים בענף הבנייה בישראל

מבנים צורכים כ-40 אחוז מכלל צריכת האנרגיה, וכן גורמים לכשליש מסך פליטות גזי החממה במהלך מחזור החיים של המבנה מהקמתו ולאורך אחזקתו. מגמה זו משפיעה כמובן גם על ישראל, שבה התקן הישראלי לבנייה ירוקה הפך למחייב (ברמתו הבסיסית, החל מ-2022), ובאותה שנה הוחלט גם על חובת הצגת דירוג האנרגיה של יחידות דיור במפרט חוק המכר.¹⁴⁸ יש לציין כי הנושא הסביבתי אינו ייחודי לתחום האנרגיה בלבד; למשל, משקלה של פסולת בניין גדול מסך כל הפסולת הביתית בישראל (6.256 מיליון טונות פסולת עירונית ומסחרית לעומת 7.3 מיליון טונות של פסולת בניין מיצרות בישראל בכל שנה מבנייה חדשה ומשיפוצים).

4.4 סוגיות בטיחות באתרי הבנייה

ארגון העבודה הבין-לאומי מזהה את ענף הבנייה כאחד הענפים המסוכנים ביותר לעובדים בו. אתר הבנייה הוא סביבת עבודה מורכבת המשתנה ללא הרף, ומאפייני סביבה זו, הכוללים עבודה בגובה, הנפת מטענים בעלי משקל רב מעל העובדים ושימוש בכלי הרמה ומכשירים רבי עוצמה, יוצרים סיכונים רבים. רוב התאונות הקטלניות מתרחשות עקב נפילה מגובה, והגורם השני להן הוא מכה מעצם שנפל. (מתוך דו"ח מבקר המדינה מאי 2022).

4.5 החדשנות בענף הבנייה בישראל: גורמים מרכזיים

על פי נתוני הלמ"ס,¹⁴⁹ בשנת 2024 חלקה של ענף הבנייה בתמ"ג העסקי בישראל עמד על כ-6% (כ-7% בממוצע בשנים 2020-2023). זהו פוטנציאל כלכלי משמעותי שלכאורה אמור היה להוביל להשקעות נרחבות בחדשנות, אך רוב חברות הבנייה משקיעות אחוזים מזעריים במחקר

הפוטנציאל הגלום בדור ההמשך שנכנס לדרגות הניהול בענף הבנייה הינו בהפחתת החיכוך בהטמעת טכנולוגיות חדשות. לדור ההמשך יש היכרות עם הענף והוא גם מבין את השינויים הטכנולוגיים שהתרחשו בעשורים האחרונים, ולכן יש לו היכולת להוביל שינויים משמעותיים. חילופי הדורות מעידים על הבלתי נמנע בקבלת החדשנות בענף, לא רק בקרב קבלנים משפחתיים, אלא גם בקרב הדור הצעיר שעתיד להחליף בהדרגה את הדורות הקודמים, ושנועד לתוך תרבות ה-Startup Nation והאתוס של החדשנות הישראלית.

4.6 מדיניות הממשלה

א. התוכנית האסטרטגית לדיור 2050

בפברואר 2017 התקבלה החלטת ממשלה בקבינת הדיור – "התוכנית האסטרטגית לדיור 2040"¹⁵¹, החלטה זו ריכזה את המלצות הצוות האסטרטגי שהוקם להתמודדות עם משבר הדיור ב-2015.

במרץ 2025 פורסמה התוכנית האסטרטגית לדיור לשנת 2050 מטעם המועצה הלאומית לכלכלה.

המועצה הלאומית לכלכלה הובילה את התוכנית האסטרטגית לדיור, שעל בסיסה התקבלו מספר החלטות ממשלה, אשר הנחו את גופי הדיור והתכנון בשנים האחרונות. מטרת התוכנית היא לעגן את הצעדים הנדרשים להסדרת הפעילות הממשלתית בשוק הדיור לטווח הארוך. הדוח מציג את מלאי הדיור הנדרש אשר על פי ההערכות, גדל בהדרגה עד לכ- 76,600 יח"ד לשנה בשנת 2050.

מתוך התוכנית האסטרטגית לדיור לשנת 2050, המועצה הלאומית לכלכלה, משרד רה"מ.

ב. תוכנית ממשלתית רלוונטיות – משרד הבינוי והשיכון

משרד הבינוי והשיכון מעודד תהליכי תיעוש והגדלת הפריון בענף הבנייה באמצעות מספר תוכניות, המבוצעות במסגרת פעילויות שהמשרד עצמו מוביל או במסגרת שיתופי פעולה עם משרדי ממשלה וגופים ציבוריים נוספים:

■ קולות קוראים למענקים להטמעת טכנולוגיות חדשניות בענף הבנייה (תוכניות הפיילוט). שיתוף פעולה של רשות החדשנות ומשרד הבינוי והשיכון, אשר מזמינים חברות טכנולוגיה להגיש בקשות לקבלת מענקים לצורך הטמעת טכנולוגיות חדשניות. קולות קוראים למענקים לקידום יכולות מפעלים בתחום הבנייה להטמיע הליכי ייצור חדשניים, לייצר מוצרים חדשניים, שיטות בנייה מתועשות מתקדמות ועוד. התוכנית הותנעה בשנת 2019, כאשר הקול קורא האחרון פורסם בשנת 2023.

לצד חברות הסטארט-אפ, חשוב לציין את חברות הייצור בישראל אשר מפתחות ומייצרות חומרים, מוצרים ושיטות בנייה חדשניים, המהוות מרכיב משמעותי באקוסיסטם בישראל. חברות אלה משקיעות משאבים בפיתוח מוצרים המשפרים את תהליכי הבנייה, כגון חומרים חדשים המספקים תכונות משופרות של קיימות ועמידות, הדפסות תלת-ממדיות של מבנים, חומרי בנייה מתקדמים, שיטות בנייה מודולריות, טכנולוגיות לשיפור הבטיחות, רחפנים לביצוע מדידות וכן הלאה.

בנוסף, חלקן מקימות מנגנונים לשיתופי פעולה עם חברות סטארט-אפ (במודלים של חדשנות פתוחה) על מנת לפתח טכנולוגיות מתקדמות שיענו על אתגרים ספציפיים, כמו יעול הבנייה, שיפור הפריון, בנייה ירוקה, שימוש חוזר בחומרים ויעילות אנרגטית. תעשיית הבנייה בישראל יכולה להרחיב את הערך המוסף של מוצריה באמצעות הטמעת חדשנות, ולהתאים את עצמה למגמות גלובליות של שיפור מאפיינים שמקדמים קיימות ואוטומציה. תהליך זה בא לידי ביטוי בין היתר בזכות המהפכה שהתרחשה בתעשייה כתוצאה מצעדים שנקטו במסגרת Industry 4.0 ועל בסיס הבנת הפוטנציאל המסחרי המשמעותי בעולם.

גורמים מניעים נוספים בענף הבנייה הם היזמים או הצרכנים המסחריים בשוק ההייטק. אלה לעיתים מבקשים לבנות מרכזי פיתוח או ייצור בישראל, ומציבים רף גבוה של מצוינות בבנייה בענף בישראל. מבנים מסוג זה הם מרכזי הפיתוח או מבני משרדים, וכן מבנים נוספים המיועדים בעיקרם לתעשיית ההייטק. פרויקטים מסוג אלה מניעים את תעשיית הבנייה לעמוד ברף איכות גבוה, לא רק בתהליכי הביצוע אלא גם בתהליכי התכנון ואחזקת המבנים.

בקרב המכללות והמוסדות האקדמאיים ישנם גופים התומכים ומקדמים חדשנות בענף הבנייה. גופים אלה הינם בעלי חשיבות לא רק כבסיס להכשרת הדור הבא של בעלי המקצוע אלא גם ביישום הפוטנציאל והממשק בין האקדמיה לתעשייה, לצורך קידום המחקר היישומי בטכנולוגיות בנייה חדשניות. גופים נוספים בישראל מקדמים הכשרות, קורסים והדרכות בתחומי החדשנות והתיעוש, ומסייעים ליצירת תשתית מתפתחת להתמקצעות ופיתוח הון אנושי איכותי בענף.

דור ההמשך בענף וחיבורו לעולמות הטכנולוגיים: כיום מתרחש חילוף דורות משמעותי בכלל ענף הבנייה עם כניסתו של דור ילידי שנות ה-80-90 לעמדות מפתח בחברות בתחום. למרות שנעשתה בפרק זה בחינה מעמיקה הנוגעת לתהליכים גלובליים, יש לציין גם שחלק נכבד מחברות הבנייה בישראל הן חברות משפחתיות, כלומר הן מאופיינות באינטראקציה ייחודית ובשונה מחברה רגילה. השוני בא לידי ביטוי הן בניהול והן בגישה כלפי הפיתוח העתידי שלהן, כאשר הדבר אמנם יכול להוות אתגר או חסם אבל גם הזדמנות.

להלן תזרים מספר יחידות הדיור לשנה באסטרטגיית הדיור המועצה הלאומית לכלכלה עד שנת 2050:

2046-2050	2041-2045	2036-2040	2031-2035	2026-2030	תזרים מספר יח"ד שנתי במודל אסטרטגיית הדיור
15,683,506	14,426,562	13,240,627	12,160,970	11,178,749	תחזית האוכלוסייה
76,604	73,551	67,989	61,528	61,545	תזרים שנתי כולל של יח"ד (לפי מקדמי צריכת הדיור)
76,604	73,551	67,989	65,528	65,545	אסטרטגיית הדיור של המועצה הלאומית לכלכלה (כולל 4,000 יח"ד עד שנת 2035 לשיפור סך המלאי)

אסטרטגיית הדיור ארוכת הטווח של המועצה הלאומית לכלכלה מציבה אבני דרך שנתיות לצריכת הדיור המקובלת לרווחת הציבור, במונחי תוספת יחידות דיור נטו.

שיפור איכות המבנים, הפחתה בעלויות הבנייה והפגיעה הסביבתית, הגברת הבטיחות, התייעלות וקיצור משך התכנון והביצוע.

■ הקמת מסלול של מיזם מתואם לבנייה מודולרית בשיתוף רשות החדשנות עם משרד הבינוי והשיכון. המסלול פורסם בשנת 2022 ומטרתו הן הקמת מבני מגורים בבנייה מודולרית לצד פיתוח תשתיות ייצור של יחידות מודולריות.

■ תמיכה במרכז חדשנות לבנייה בשיתוף רשות החדשנות, במטרה לעודד הנבטה וצמיחה של סטארטאפים חדשים.

■ קידום תקינה בנושאי חדשנות, כגון תקנים בין־לאומיים ל-BIM.

א. החלטות ממשלה רלוונטיות

החלטת ממשלה 204:

בשנת 2016 ובהמשך להחלטת ממשלה מספר 204 מיום ה-9 ביולי 2015, הוקם צוות בין־משרדי, בראשות מנכ"ל משרד הבינוי והשיכון ובהשתתפות נציגי משרד האוצר, משרד הכלכלה, המשרד להגנת הסביבה והמשרד לבט"פ, שמטרתו הייתה לגבש תוכנית לעידוד התיעוש והגדלת הפיריון בענף הבנייה. המסמך מציג את תמונת המצב בתחום תיעוש הבנייה על מרכיביו השונים, את היעדים שניתן להשיג בעקבות הגברת התיעוש בענף הבנייה, את ההמלצות לגבי הפעילויות הנדרשות לטובת השגת היעדים והמשמעויות שלהן, ותוכנית עבודה רב־שנתית מוצעת לטובת השגת היעדים. התוכנית מתייחסת ל-6

■ פרסום קולות קוראים לקבלת מענקים להשקעות לטובת עידוד השימוש במיכון מתקדם בענף הבנייה, מטעם משרד הבינוי והשיכון והרשות להשקעות ממשרד הכלכלה, בין השנים 2017-2019. התוכנית הקצתה מענקים לחברות בנייה שרכשו ציוד ייעודי שמעלה את רמת הפיריון באתר, וכמו כן כאלה שהטמיעו רכיבים מתועשים בדירות עצמן.

■ בין השנים 2023-2024 משרד הבינוי והשיכון יחד עם משרד החדשנות, המדע והטכנולוגיה פרסם קול קורא למחקרים יישומיים בענף הבנייה לכל מוסדות המחקר בישראל. הקול הקורא העניק מימון פעילויות מחקר לצורך קידום החדשנות בענף הבנייה בתחומים שונים, כגון: תיעוש הבנייה, הדפסה בתלת־ממד, דיגיטציה, בינה מלאכותית, חומרים חדשניים, כלכלה מעגלית ועוד.

■ קהילת חדשנות לבנייה חכמה, שהוקמה תחת המרכז לקהילות חדשנות של משרד הכלכלה ובשיתוף עם משרד הבינוי והשיכון. הקהילה פועלת במטרה לקדם את תחום טכנולוגיות הבנייה והנדל"ן בישראל והפיכתה למוקד טכנולוגי עולמי מוביל בענף זה, בשוק המקומי וברוח היזמות הישראלית.

■ הקמת מסלול מענקים להקמת מפעלי ייצור לשיטות בנייה מתועשות מתקדמות בשיתוף פעולה של משרד הכלכלה עם משרד הבינוי והשיכון. מטרת התוכנית הייתה להביא להקמת מפעלים ופסי ייצור לשיטות בנייה מתועשות מתקדמות בדגש על בנייה מודולרית. זאת במטרה לפתח תעשייה ישראלית עתירת ידע ויצרנית התורמת לשיפור וייעול ענף הבנייה תוך פיתוח ויישום טכנולוגיות ומוצרים חדשניים שיביאו לשיפור פיריון העבודה בענף הבנייה,

3. תמריצים לטובת פיתוח טכנולוגיות חדשות בתחום הבנייה.

4. הכשרות לשימוש בטכנולוגיות בתחום הבנייה.

5. הגברת המודעות לשימוש בטכנולוגיות בתחום הבנייה.

החלטה ממשלה 1002:¹⁵³

באוקטובר 2023 פורסמה החלטת ממשלה מס' 1002 בעקבות מלחמת "חרבות ברזל" והמחסור בכוח אדם שבא בעקבותיה. מטרת ההחלטה הייתה להביא לצמצום הפער שיווצר בהיצע הדיור לנוכח המחסור בידיים עובדות באופן כללי בענף ובפרט בעת המלחמה, וכן לפעול להכנסת טכנולוגיות בנייה המפחיתות את הצורך בכוח עבודה. סעיפי ההחלטה, בין היתר, נגעו למסלולי תמרוץ להקמת מפעלים לבנייה מתועשת וכמו כן להציע אמצעים ופעולות לקידום השימוש בטכנולוגיות חדשניות מתועשות במכרזים ממשלתיים לבנייה למגורים.

נושאים עיקריים: מסלול לתכנון וביצוע – "תכנן ובנה"; מיכון; כוח אדם; טכנולוגיות וחומרים; רגולציה; תנאי הסביבה שיאפשרו את השגת היעדים.

החלטת ממשלה 189:¹⁵²

באוגוסט 2019 פורסמה החלטת ממשלה מס' 189 שמינתה צוות בין-משרדי בראשות מנכ"ל משרד הבינוי והשיכון ובהשתתפות משרדי ממשלה נוספים, לצורך גיבוש תוכנית כוללת שמטרתה עידוד התייעוש ושיפור הפריון לעובד בענף הבנייה. הצוות נדרש להתייחס בין היתר לסוגיות הבאות:

1. שילוב טכנולוגיות בנייה מתועשות במכרזי המדינה.
2. תמריצים לטובת הגברת השימוש בטכנולוגיות חדשות. במסגרת זאת, ייבחנו סוג התמריץ האפקטיבי ביותר וקהל היעד הרלוונטי.



5

חסמים ואתגרים
לאימוץ
חדשנות בענף





חסמים ואתגרים לאימוץ חדשנות בענף

האתגרים מהשטח ולאפיין את החסמים והפתרונות האפשריים.

3. סנת היצע והביקוש: הסדנה כללה כ-70 משתתפים ממגוון רחב של גורמים בענף הבנייה, כולל נציגי חברות בנייה, חברות טכנולוגיה ומוצרים, קבלנים, יצרנים, מתכננים ומהנדסים. במהלך הסדנה התקיים גם מיפוי מפורט של החסמים בענף בעזרת דיונים קבוצתיים.

4. סדנאות הרגולטורים: סדנאות ופגישות חשיבה בהשתתפות נציגי הגופים הממשלתיים הרגולטוריים בענף הבנייה, לרבות תמריצים. סדנאות אלו התמקדו בזיהוי חסמים רגולטוריים ובהזדמנויות שעיקריהן בטיוב רגולציה.

סה"כ השתתפו ותרמו כ-130 מרואיינים ומשתתפי סדנאות ומפגשי חשיבה. המידע שנאסף ממקורות אלה שימש להרחבת והעמקת ההבנה אודות החסמים הקיימים, תוך השוואה לתובנות שהתקבלו מסקירת הספרות המקצועית והניסיון בשטח.

5.1 מתודולוגיית העבודה

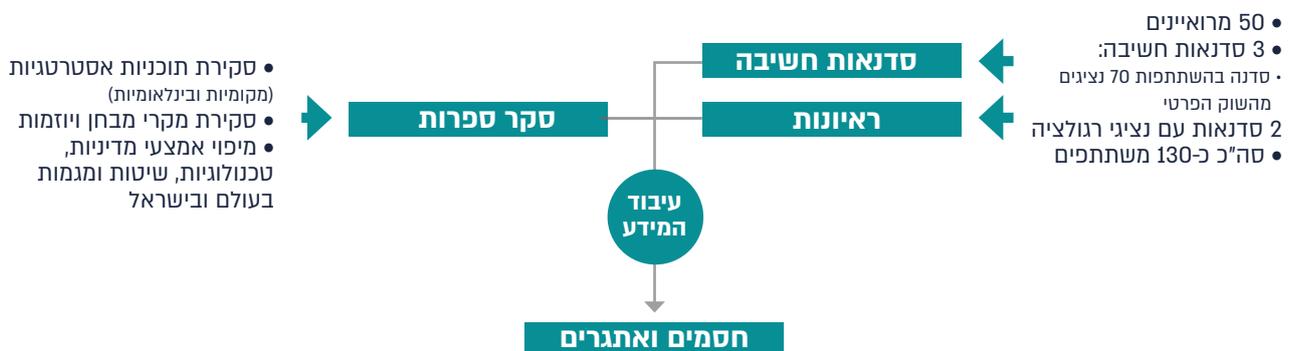
התוכנית האסטרטגית לחדשנות בענף הבנייה בישראל מבוססת על שילוב של מקורות מידע מגוונים, במטרה לספק תמונה מקיפה ומעמיקה. המקורות כוללים סקירת ספרות מקיפה לצד ראיונות עומק עם בעלי תפקידים מגוונים בענף, ובכך ניתן היה לשלב תובנות מחקריות לצד תובנות ישירות מהשטח.

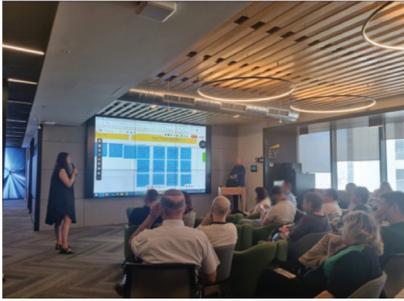
המקורות העיקריים בעבודה שהיוו את הבסיס לזיהוי ואפיין החסמים הם:

1. סקירת ספרות מקיפה: מיפוי מעמיק של צעדי מדיניות ויזמות אסטרטגיות במדינות מפתח בעולם. הסקירה התמקדה בלימוד גישות שונות לקידום חדשנות בענף הבנייה, בזיהוי אמצעים רלוונטיים שיושמו במדינות אלו ובהתאמת הפתרונות הרלוונטיים לשוק הישראלי.

2. ראיונות פרטניים: ראיונות עומק עם כ-50 גורמים מהסקטור הפרטי והאקדמיה, וכן עם נציגי הגופים הציבוריים הרלוונטיים, במטרה להעמיק את הבנת

תרשים מהלך מיפוי החסמים:





מפגש חשיבה וחיבור בין ההיצע (חברות מוצרים, סטרטאפים) לביקוש (חברות בנייה, יזמים)



מפגש חשיבה בהשתתפות נציגי רגולציה

אלו מיועדות לצורכי השיח והמחקר, אולם קיימת תופעה של "הגירה" בין צדדי ההיצע והביקוש. לדוגמה, קבלנים המפתחים פתרונות חדשניים או חברות תעשייה שמצויות בחיפוש אחר פתרונות טכנולוגיים לייעול עבודתם.

להלן תמציתם של החסמים שהועלו מהמקורות בעבודה (סקר ספרות, שולחנות עגולים, ראיונות), בסיווג לפי חסמי-על. חסמים אלה אינם בהכרח גורפים לכלל הענף וחלקם הם נקודתיים:

5.3 חסמים מרכזיים על בסיס קטגוריות



א. חסמים כלכליים ואתגרים כלכליים:

■ השקעה נמוכה של הגורמים בענף הבנייה במחקר ובפיתוח של טכנולוגיות חדשניות: חברות הבנייה משקיעות פחות במחקר ופיתוח בהשוואה לענפים אחרים.

■ חשש מעלויות ראשוניות גבוהות להטמעת טכנולוגיה. חשש זה בשילוב עם אי-ודאות כלכלית בענף ושולי רווח נמוכים המעודדים שמרנות, מהווה אתגר משמעותי בעיקר עבור חברות בנייה בינוניות וקטנות.

■ מתוך הסדנאות והראיונות עלה ששימוש בחומרים ושיטות חדשניות עלול להביא לקשיים בקבלת כסיו ביטוחי והעלאת פרמיה עקב תפיסת סיכון מוגברת.

■ קשיים של חברות הטכנולוגיה במעבר משלב הפיילוטים לשלב שיווק המוצר בהיקף מסחרי.

■ קשיים בגיוס מימון לחברות טכנולוגיה, ממשקיעי הון סיכון, ממקורות ציבוריים ומחברות הביצוע, בשל חוסר ההיכרות עם התחום, הסיכון הגבוה ומשך הפיתוח הארוך של פתרונות טכנולוגיים.

■ חלק מהיזמות הממשלתית לתמוך פיתוח טכנולוגיות בנייה חדשניות אינן מותאמות לכלל הטכנולוגיות, מאחר והמיקוד בהן מצוי בחדשנות טכנולוגית ולכן אינן נותנות מענה לטכנולוגיות אשר רמת החדשנות הטכנולוגית שלהן

5.2 חסמים בראיית ביקוש והיצע

קידום חדשנות בענף הבנייה מבוסס על יצירת האיזון בין צד הביקוש לטכנולוגיות בנייה לבין צד ההיצע שלהן, כאשר כל צד מאופיין בחסמים ייחודיים המשפיעים על היכולת לפתח, ליישם ולקדם טכנולוגיות ופתרונות חדשניים. לפיכך, הבנה מעמיקה של החסמים המאפיינים כל אחד מהצדדים תאפשר להתמקד בצעדים הנדרשים לשיפור והטמעת חדשנות בתחום.

צד הביקוש כולל את הקבלנים, היזמים וחברות הביצוע המהווים את אחד המנועים המרכזיים שיכולים להביא להגדלת הביקושים לטכנולוגיות ושיטות חדשניות בענף הבנייה. אלה אחראיים על הפעילות באתרי הבנייה, ועל תכנון שלבי הביצוע – דבר שמקנה להם השפעה ישירה בקבלת ההחלטות באשר ליישום דרכי עבודה יעילות ושימוש בכלים מתקדמים. ניתן לסווג קבוצה זו למספר תתי-קבוצות; יזם-קבלן, קבלני משנה וקבלנים בסדרי גודל שונים. בנוסף, גורמים נוספים המשפיעים על הביקוש לחדשנות, כגון מתכננים, מהנדסים ואדריכלים שיכולים להשתמש בפלטפורמות חדשות לייעול הליכי התכנון והביצוע, וכן לתכנן את המבנה לביצוע בשיטות ומוצרים חדשים בעלי ערכים משמעותיים לפרויקט. בנוסף, יכולים להשפיע גם יזמים פרטיים שמבקשים לקדם חדשנות במסגרת פרויקטי הבנייה שבאחריותם.

צד ההיצע כולל גם מגוון רחב של גורמים שונים בענף, בהם חברות התעשייה המייצרות מוצרים, חומרים ושיטות חדשניות, יבואנים המייבאים טכנולוגיות חדשניות מהעולם, חברות הזנק (מתחומי החומרה והתוכנה, בשלבי פיתוח שונים) מהנדסים ומתכננים, אוניברסיטאות ומכוני מחקר שעוסקים במחקר ופיתוח טכנולוגיות חדשות, ועוד. גורמים אלו מייצגים, באופן כללי, את הפתרונות השונים בענף כאשר בפני כל אחד מאלה ניצבים אתגרים וחסמים ייחודיים.

יש לציין שלצד החסמים הייחודיים של כל "צד", עומדים גם חסמים הנוגעים לסנכרון בין צד ההיצע לבין צד הביקוש, מפגשים בין תרבויות וכו'. יש לציין כי הגדרות

שמגדירים בין היתר את הדרישות התפקודיות של המבנה, שהמוצר החדשני אמור לעמוד בדרישותיו. תקן תפקודי מאפשר לטכנולוגיות בנייה עתידיות להיות מיושמות בעמידה בדרישות התפקודיות אשר בתקן.

■ קיימת אי-התאמה בין נהלים, מפרטים ותקנים מקומיים לבין אלה הבין-לאומיים, ובנוסף, תקנים אלה הם מורכבים, מרובים ואינם נגישים דיים לציבור.

■ היעדר תשתיות לבדיקת טכנולוגיות חדשות מקשה על אישור מוצרים חדשניים, בדגש על מוצרים ושיטות בנייה פיזיים (כגון מתחם ייעודי להדפסות מבנים לצורך קבלת אישורים). חסרות מעבדות בדיקה מתקדמות שיכולות להעניק אישורי מעבדה הנדרשים בישראל, דבר שמוביל לצורך לביצוע הבדיקות במעבדות בדיקה בחוץ-לארץ, דבר שמאריך את לוחות הזמנים ומייקר את העלויות הכוללות לאישורים.

■ חברות טכנולוגיה מתקשות להבין את אופן השתלבות הדרישות הרגולטוריות בתהליך הפיתוח שלהן, דבר היוצר חוסר ודאות ואובדן משאבים, ואף מרתיע יזמים.

ג. חסמי מרכזים ותהליכי התקשרות:



■ מרכזים על בסיס מחיר בלבד ולא על פי קריטריונים אחרים הנוגעים לפיריון וחדשנות.

■ מיעוט שיטות התקשרות חוזית המתעדפות שיטות מתקדמות ומתודולוגיות עבודה המעודדות חדשנות.

ד. חסמים תרבותיים וארגוניים בענף:



■ ריחוק בין הדרג הניהולי לפעילות באתרי הבנייה, בייחוד בחברות גדולות, מוביל לכך שמדיניות החדשנות אינה מיושמת בפועל, עקב היעדר תיאום, תקשורת והבנת הערך באתר.

■ מבנה מפוצל בענף: תעשיית הבנייה מורכבת ממספר רב של חברות קטנות ובינוניות וכן ממספר רב של חברות שפועלות בכל פרויקט. לפיכך, נעשית הפרדה גבוהה בין שלבי הפרויקט, השחקנים ובעלי התפקידים, ובפרט קיים פיצול בין שלבי התכנון לשלבי הביצוע השונים. כל אלו מגבילים את המשכיות השימוש בחדשנות והיכולת להפיק תועלת מההשפעה המתמשכת של השימוש בה.

■ שיטת עבודה מבוססת על מודל מיקור חוץ המונעת ביסוס תרבות עבודה ופיתוח מאגרי ידע ארגוניים.

■ התמקדות בטווח הקצר: החברות בענף נוטות לעיתים להתמקד בתוצאות מיידיות על פני השקעות במחקר ופיתוח, בעלות תועלת לטווח הארוך.

■ שמרנות והעדפת שיטות מסורתיות: קיימת העדפה של שיטות מוכרות וידועות וכן חשש מאי-ודאות ומפני

היא נמוכה אך רמת החדשנות התהליכית והפונקציונלית גבוהה. אי-תמרוץ פיתוח טכנולוגיות אלה מגביל למעשה צמיחה של חברות סטארטאפ וחברות קטנות, וכן גם את כניסתם של קבלנים המעוניינים להשקיע בפתרונות אלה, מאחר ולא קיים תמרוץ ממשלתי לפתרונות חדשניים בענף המחייבים זמן פיתוח ממושך, עם תהליכים רגולטוריים ארוכים, והשקעות ראשוניות גבוהות, דבר שיוצר קושי משמעותי בגיוס הון מצד קרנות הון סיכון שמתמקדות בתשואה מהירה ובסיכון נמוך יחסית.

■ חברות טכנולוגיה מסוימות אינן רואות את השוק הישראלי כאטרקטיבי דיו, וכך, גם פתרונות העשויים להתאים לענף לא מגיעים לאתר הבנייה מטעמי חוסר היתכנות כלכלית.

■ במצב הנוכחי לא קיימים מנגנוני תמרוץ כלכליים המעודדים חברות בנייה ומנהלים בשטח לבחור בפתרון טכנולוגי חדשני, בהינתן אי-הוודאות בתחום והסיכונים בתחום הבנייה. מצב זה משמר את הבחירה מוצרים ושיטות ידועים עתירי ניסיון, גם כאשר קיימת חלופה חדשנית טכנולוגית מתקדמת אשר מביאה התייעלות וערך נוסף לפרויקטים.

ב. חסמי רגולציה ותקינה:



■ מערכת הרישוי והבנייה הרגולטורית בישראל מאופיינת בביזור בין גופים ומשרדי ממשלה שונים, יזם טכנולוגי יכול להידרש לאשר את מוצריו במספר גופים רגולטוריים שונים – דבר המקשה על פיתוח הטכנולוגיות החדשות. לעומת תחומים אחרים שיש בהם גוף רגולטורי אחד, בענף הבנייה קיים מספר רב של גופים רגולטוריים שונים, מצב היוצר מורכבות עבור כל גוף המעוניין להציג פיתוחים וחדושים.

■ קיים חוסר תיאום בין גופים רגולטוריים שונים היוצר חוסר ודאות עבור כלל בעלי העניין, קושי המגביל את היכולת להטמיע ו/או לתמוך בפיתוח טכנולוגיות חדשניות.

■ קוד הבנייה המלא טרם פורסם במלואו. קוד הבנייה כולל את הדרישות שבהן הפתרון התכנוני חייב לעמוד, מציג פתרונות מקובלים, אך מאפשר גם פתרונות אחרים, ובכך נותן אפשרות למתכנן להיות גמיש בשימוש בחומרים, שיטות בנייה ואלטרנטיבות תכנון – בתנאי שמטרות ויעדי הקוד נשמרים.

■ משך הזמן לקבלת אישור לשיטת בנייה חדשה הינו ממושך וגורם לעיכוב בהטמעת טכנולוגיות מתקדמות, וכן קיים חוסר אחידות ברגולציה ודרישות ייחודיות מקומיות מגבילות את השימוש בהן.

■ תקני הבניין בישראל מאופיינים בעדכון איטי, חלק מתקני הבניין הינם תקנים מרשמיים ולא תקנים תפקודיים

■ היעדר מנגנונים לתיעוד והפצת המידע באשר לפתרונות חדשים עבור כלל השחקנים בענף, לרבות פלטפורמות ללמידת עמיתים ותיעוד הצלחות של יישום טכנולוגיות בנייה.

■ שיתוף הפעולה רלוונטי מאחר ובפרויקטי הבנייה מעורבים מספר רב של קבלנים וקבלני משנה וצוותי עבודה, ותהליך ניהול המידע נעשה מורכב.

■ שימוש מוגבל במערכות ניטור בזמן אמת: היעדר השימוש במערכות נתונים מתקדמות מעכב את היכולת למפות את המצב הקיים בשטח, הן לשימוש בעלי העניין מהשוק הפרטי והן עבור מקבלי ההחלטות.

■ ניהול מידע לקוי ומחסור בנתונים: חוסר סנכרון ותקשורת בין שלבי התכנון והביצוע הנובע מפערי ידע בין צוותי התכנון והביצוע, תכנון שאינו עדכני ותקשורת לקויה בין הגורמים השונים, המוביל לשיבושים בפרויקטים.

ז. חסמי הטמעת כלים דיגיטליים:

■ רמות משתנות של מיומנות טכנולוגית בקרב עובדים: קיימים פערי ידע בין עובדי ענף הבנייה שמקשים על הטמעת כלים דיגיטליים באופן שיהיה אחיד ואפקטיבי. בנוסף, הקושי הוא משמעותי יותר כאשר העובדים אינם דוברי השפה העברית או האנגלית ברמה מספקת, וחסרה תמיכה טכנית עבור הכלים האלה בשפות נוספות.

■ התנגדות לשימוש במערכות ניהול ותיעוד דיגיטליות באופן מלא.

■ קושי באינטגרציה של מערכות לאורך כלל שרשרת הבנייה: קושי בחיבור בין מספר פתרונות דיגיטליים, וכן מערכות כמו BIM אינן מוטמעות בצורה נרחבת בענף בשל העלויות, זמן הלמידה שלהן וקושי בשיתוף מידע אודות הפעלתה בין הגורמים השונים.

■ מגבלות קישוריות עם מערכות אחרות: קושי בהטמעת מערכות דיגיטליות המצריכות חיבור למערכות ותיקות או למערכות צד שלישי.

■ עלויות רכש, אחזקה שוטפת והעדכונים של מערכות דיגיטליות: תחזוקת המערכות והצורך בעדכונים שוטפים גוזלים זמן ומשאבים כלכליים, דבר שעלול להרתיע חברות קטנות ובינוניות מהשקעה במערכות דיגיטליות מתקדמות.

■ שימור והמשכיות הידע הטכנולוגי: במקרים רבים העובדים שעברו הכשרה לשימוש במערכות דיגיטליות אינם נשארים לאורך זמן בחברה, דבר שמוביל לפגיעה בהמשכיות השימוש במערכת ומקשה על העברת הידע.

■ מורכבות ההטמעה בפרויקטים בעלי מספר רב של משתתפים: פרויקטים המעורבים מספר גדול של קבלני משנה, יועצים ושותפים, במידה ונדרשת מערכת רוחבית

כישלון בהטמעת טכנולוגיות חדשניות. הדרישה להוכחת היתכנות בשטח טרם הכנסת טכנולוגיה לאתגר, יוצרים נטייה להיצמד לשיטות הקיימות לנוכח החשש מהתוצאות השליליות האפשריות מיישום שיטות חדשות בלתי מוכרות וחסרות ניסיון רב.

■ היעדר תרבות למידה מתמשכת: היעדר דגש על הכשרות מתמשכות והתאמת כוח העבודה לתרבות עבודה חדשנית.

■ היעדר בעלי תפקיד ייעודיים בחברות הבנייה עבור קידום נושא הפיריון והחדשנות וכן היעדר אנשי קשר ישירים להתקשרות עם חברות טכנולוגיות או לצורך שיתופי פעולה.

■ חוסר בפרוטוקולים סדורים לניהול פיילוטים (קביעת מדדי הצלחה כגון ROI, צמצום כוח האדם, שיפור פיריון העבודה), דבר שמקשה על הלמידה וההפצה של חדשנות מוצלחת.

■ בחלק מהחברות הקטנות והבינוניות, לא קיים תהליך מסודר של תיעוד ושימור ידע בין פרויקטים – כולל ניסיון טכנולוגי, לקחים ואינטגרציה בין גורמים. כל פרויקט מתחיל למעשה מהתחלה, והידע אינו נאגר או מוזרם הלאה.

ה. חסמי מיומנות ופיתוח כוח אדם:



■ כוח האדם באתרי הבנייה מתחלף בתדירות גבוהה, מגיע מרקע תרבותי מגוון, דובר שפות שונות, ולעיתים חסר ידע טכנולוגי. דבר זה מגביל את אפשרות ההטמעה של טכנולוגיות הדורשות הכשרה, תיאום או תקשורת שוטפת.

■ הפעילות בענף הבנייה היא פרויקטלית, מאופיינת בחוסר ודאות לטווח הארוך, מביאה עימה היעדר יציבות וכדאיות נמוכה להשקעה בפיתוח כישורים בהון האנושי. התחלופה הגבוהה בכוח העבודה מונעת פיתוח של יכולות ארוכות טווח, יוצרת מנגנוני העסקה שלא מעודדים פיריון גבוה, וכן מחסור בעובדים בעלי היכולת והמיומנויות הנדרשות לשימוש בטכנולוגיות מתקדמות.

■ מיעוט יחסי של תוכניות להקניית כישורים מתאימים לעובדים קיימים וחדשים וכן מערך הכשרה מסודר לתמיכה בשיטות בנייה מודרניות לכלל העובדים.

■ חלק מתפקידי הענף מאופיינים בחוסר אטרקטיביות עבור דור העובדים הצעיר.

ו. חסמים בניהול ידע ושיתוף מידע:

■ היעדר שיתופי פעולה מבוססים בין האקדמיה לתעשייה לקידום טכנולוגיות בנייה חדשניות, פיתוח תוצרי ידע יישומיים ומעבר לייצור ושיווק.

■ קשיים לוגיסטיים: במפעלים נדרש שטח ייעודי לאחסון הרכיבים המתועשים, היבטי שינוע הרכיבים המתועשים בדרכים אל אתרי הבנייה, וכמו כן נדרש באתר שטח ייעודי להנחת ואחסון הרכיבים לצורך הרכבתם באתר.

■ התאמה אישית של יחידות הדיור לרוכשים (שינויי דיירים) מביאה לקושי בשימוש בשיטות בנייה מתועשות, מאחר ובשיטות המתועשות התכנון מתואם ונקבע מראש, והיתרון בבנייה מתועשת הוא בייצור רכיבים בפס ייצור במפעל בתבניות חזרתיות. קושי זה בא לביטוי במיוחד ביחידות מודולריות נפחיות.

■ מחסור במיומנויות העובדים באתר בהטמעת הבנייה המתועשת.

■ חוסר התאמה של מנגנוני המימון והביטוח לתמיכה בבנייה מתועשת: המימון הפרויקטלי הקיים אינו מותאם לצרכים של בנייה מתועשת, דבר שמוביל להגדלת סיכון.

■ היעדר דרישה ממשלתית לבנייה מתועשת במכרזים: חסרה הקצאת משאבים לטובת תמיכה ועידוד השימוש בטכנולוגיות ושיטות חדשניות לבנייה, פרט למקרים או מכרזים נקודתיים.

■ ידע תכנוני חסר לשילוב אלמנטים של תיעוש בשלבים המוקדמים של הפרויקט. מתכננים אינם מודעים בהכרח לצרכים או למגבלות של הבנייה המתועשת (כגון מידות תכנוניות של יחידות מודולריות נפחיות), דבר שמונע את יישומה בשלב התכנון הראשוני של הפרויקט.

י. חסמים רוחביים:

■ היעדר תוכנית אסטרטגית רחבה המחברת בין כל הגורמים בענף, ומובילה לתכנון מערכתי ואסטרטגי כולל.

■ היעדר גורם מתכלל שיביא לאיחוד ותיאום המאמצים מגביל את היכולת להוציא לפועל יוזמות חדשניות ונרחבות.

■ אי־ודאות בענף: הסתמכות על סיוע ממשלתי זמני ומדיניות שעלולה להשתנות בכל עת, מגבילה את היכולת לאמץ חדשנות באופן נרחב ובראייה ארוכת טווח.

■ היעדר מדיניות מובהקת לקידום חדשנות שתעודד שימוש בפתרונות מתקדמים.

■ היעדר תשתית דיגיטלית לאיסוף נתונים שתאפשר הבנה מעמיקה של מגמות ומורכבות הענף לצורך קבלת החלטות מושכלות על בסיס מידע עדכני.

■ היעדר מדדים מוסכמים או תקצוב יציב מביאים לחוסר ביטחון אצל משקיעים, קבלנים וחברות טכנולוגיה – ומונעים תכנון ארוך טווח.

לניהול הפרויקט, עניין זה מוביל למורכבות, ומבנה זה מוביל לקשיים בסנכרון הנתונים ובשימוש בכלים דיגיטליים.

ה. חסמים בתהליכי הטמעת טכנולוגיות:

■ קיימים פערים תרבותיים, מקצועיים וקצביים בין חברות טכנולוגיה לבין קבלנים. לעיתים אפילו לאחר כניסת הטכנולוגיה לאתר.

■ מיעוט פתרונות "טכנולוגיות עמוקות" (Deep-Tech): קיים מחסור בטכנולוגיות חדשניות כגון בתחומי הרובוטיקה, האוטומציה והחומרים, הנחוצים במיוחד בשלבי הביצוע (דיפ־טק חברות טכנולוגיות אשר באות לספק פתרונות טכנולוגיים לאתגרים מדעיים או הנדסיים מהותיים).

■ קשיים במעבר מפיילוט לשימוש נרחב: הצלחת פיילוטים אינה מובילה תמיד ליישום נרחב, וחסרים מדדים מוגדרים לניהול והערכת יעילותם.

■ קושי בכניסתן של טכנולוגיות לאתר הבנייה בשל קשיים שונים, כגון אישורים של גורמי מפתח באתר הבנייה (מנהלי האתר, הנהלת החברה), היבטיים ביטוחיים, לוגיסטיים, הקצאות זמן ומשאבים.

■ חברות טכנולוגיות בנייה החסרות תשתית ארגונית מבוססת של תמיכה במוצר שאותו הן משווקות ומוכרות, יוצרות חוסר היענות מצד הביקוש – קבלנים, חברות בנייה וכו'.

■ הצורך בהקצאה ראשונית גבוהה של משאבים לצורך הטמעת הטכנולוגיה – אשר באה לידי ביטוי במשך עקומת למידה, זמן הכשרה, משך הקמה, עלות רכישה ראשונית, עלויות אחזקה, תקורות נוספות באתר ועוד. הצורך בהשקעה מתמשכת בפיתוח מיומנויות אנושיות בהלימה לטכנולוגיות המתחדשות.

ט. חסמים לוגיסטיים, כלכליים ותפעוליים לתיעוש:

■ כדאיות נמוכה לתיעוש בפרויקטי בנייה בהיקפים נמוכים, ושאינם מאופיינים בתכנון חזרתי, ובמיוחד במצב של חוסר המשכיות בלוחות הזמנים בין פרויקטים שונים.

■ מיעוט הביקוש לבנייה מתועשת גורם להיצע מצומצם של מוצרי בנייה מתועשים, וחוסר זמינותם בשוק מפחית עוד יותר את הדרישה להם, וחוזר חלילה.

■ הון ראשוני להקמת מפעלים לבנייה מתועשת, קשיים באיתור קרקע זמינה ומתאימה לצד אי־ודאות בנוגע לכדאיות הכלכלית של הקמת מפעלים אלה.



6

סל הכלים והפתרונות





סל הכלים והפתרונות להטמעת חדשנות

משתתפים ממגוון רחב של גורמים בענף הבנייה, כולל נציגי חברות בנייה וסטארטאפ, קבלנים, יצרנים, מתכננים ומהנדסים.

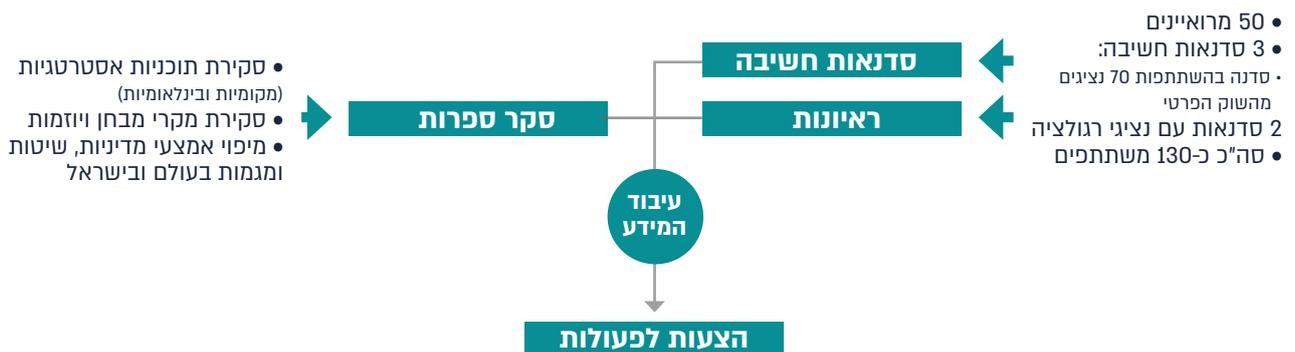
4. **סדנאות הרגולטורים** – התקיימו סדנאות בהשתתפות נציגי הגופים הרגולטוריים העוסקים בענף הבנייה, לרבות מינהל התכנון, משרד הכלכלה, מינהל הבטיחות במשרד העבודה, ועוד.

למקורות מידע אלו ניתן להוסיף את גורמי המקצוע הרלוונטיים שבמשרד הבינוי והשיכון וכן תובנות מיוזמות נוספות בענף הבנייה הישראלי.

6.1 מתודולוגיית העבודה

בדומה לפרק החסמים במסמך זה, סל הכלים והפתרונות מבוסס על מספר מקורות מידע:

1. **מחקר ספרות מקיף** – המחקר כלל סקירה מעמיקה של מדיניות ויוזמות אסטרטגיות במדינות מפתח בעולם.
2. **ראיונות פרטניים** – בוצעו ראיונות עומק עם 50 בעלי מקצוע מהמגזר הפרטי והאקדמיה, וכן עם נציגי הגופים הציבוריים רלוונטיים.
3. **סנת היצע והביקוש** – הסדנה כללה כ-70



ב. **ראייה מערכתית ורחבה:** ענף הבנייה מאופיין בשרשרת ערך רגולטורית רב-שכבתית, מרובת שלבים וגורמים, דבר שמאתגר את קידום תהליכי החדשנות והטמעת פתרונות טכנולוגיים רוחביים. כל פרויקט בנייה הוא ייחודי בפני עצמו, עם מערכת אילוצים שונה, דרישות אחרות, מאפיינים הנדסיים שונים – כאשר מגוון רחב של גורמי מקצוע נדרשים לשמור על תקשורת יעילה ושוטפת במהלך מחזור החיים של המבנה. מחזור החיים של פרויקט יזמי עשוי להימשך שנים רבות והוא כולל מספר רב של שלבים, פעולות ומשימות, דבר שאף הוא מגביר את המורכבות להטמעת השינוי בו.

כדי להצליח לקדם שינוי מהותי בענף יש להבין את הצרכים והאינטרסים של כלל בעלי העניין בענף בשרשרת הערך של פרויקטי בנייה, מורכבותם וסיווגם. לדוגמה, אין להתייחס לקבלנים כמקשה אחת, שכן חברות ביצוע גדולות לעומת חברות קבלן קטנות לא פועלות בהכרח באותה תרבות עבודה והקשרים כלכליים וארגוניים.

6.2 עקרונות לפתרונות

בהינתן החסמים שתוארו בפרק הקודם, ניתן למפות מספר עקרונות שיכללו את הצעדים הנדרשים לטובת יצירת שינוי הענף:

א. **דחיפות גבוהה:** ישראל ניצבת בפני אתגרים הולכים וגוברים בתחומי הדיור והתשתיות, הנגזרים בעיקר מקצב גידול האוכלוסין גבוה בשילוב מגמת צפיפות אוכלוסין. כדי לתת מענה הולם לביקושים הגדלים, קיימת דחיפות לקיצור משך הביצוע של פרויקטי הבנייה והתשתיות ולשיפור פיריון העבודה. שיפור משמעותי בגורמים אלה יאפשר ביצוע יעיל ומהיר יותר של מבני מגורים ותשתיות תומכות, תוך ייעול התהליכים הרגולטוריים וניצול מיטבי של המשאבים הקיימים. באמצעות הטמעת ושימוש בטכנולוגיות ושיטות בנייה חדשניות הענף יהיה מוכן לתת מענה לאתגרים הקיימים והעתידיים בישראל, כגון הפחתת התלות בכוח אדם והגדלת ההיצע.

כל שינוי מהותי בענף חייב להתקיים באופן רוחבי ומעמיק אף הוא. להלן מיפוי של הגורמים המרכזיים הרלוונטיים ליצירת השינוי הנדרש בענף:

ג. **מיפוי בעלי העניין המרכזיים:** יצירת השינוי בענף דורשת שיתופי פעולה בין המגזר הציבורי, השוק הפרטי והסקטור האקדמאי, כמו גם סנכרון רב-מערכתי. ענף הבנייה מאופיין במורכבות רב-שכבתית ורב-ממדית, ולכן

גורמי היצע וביקוש	
יזמים, קבלנים, מתכננים ועוד:	ספקי פתרונות: תעשיינים, טכנולוגיות, ייבוא ומחקר, מאיצי תהליכים
<ul style="list-style-type: none"> ■ יזם ממשלתי, ציבורי ■ יזמים בשוק הפרטי ■ קבלנים גדולים ■ קבלנים בינוניים וקטנים ■ קבלני משנה ■ בעלי מקצוע באתרי בנייה ■ מנהלי נכסים ותפעול ■ חברות פיקוח וניהול פרויקטים ■ כוח אדם באתרי הבנייה ■ מהנדסים, מתכננים, אדריכלים 	<ul style="list-style-type: none"> ■ חברות סטארטאפ (תוכנה וחומרה) ■ יזמים טכנולוגיים, קבלנים בעלי פתרונות ■ תעשיינים מקומיים (מוצרים וחומרים) ■ ספקי פתרונות בין-לאומיים (חברות טכנולוגיה ומוצרים) ■ יצרני שיטות בנייה (מתועשת וכו') ■ מהנדסים, מתכננים ואדריכלים ■ אוניברסיטאות, מכללות וגופי מחקר ■ חממות, אקסלרטורים ומעבדות חדשנות, מאג"דים ■ ופלטפורמות שונות הנתמכות על ידי רשות החדשנות או גופים פרטיים
מניעי תהליכים	
גופים ממשלתיים, רשויות ציבוריות ורשויות מקומיות	פלטפורמות תמיכה
<ul style="list-style-type: none"> ■ משרד הבינוי והשיכון ■ משרד הפנים ■ גופי הרישוי השונים ■ משרד הכלכלה ■ משרד האוצר ■ רשות מקרקעי ישראל ■ משרד העבודה ■ משרד החינוך ■ משרד התיירות ■ משרד הביטחון ■ רשות החדשנות ■ משרד החדשנות, המדע והטכנולוגיה 	<ul style="list-style-type: none"> ■ גופים מקצועיים ■ גופים יציגיים ■ קהילות חדשנות ■ פורומים מקצועיים
גופי תקינה, רגולציה ומכוני הבקרה	גופים פיננסיים
<ul style="list-style-type: none"> ■ מכון התקנים ■ הרשות להסמכת מעבדות ■ גוף מוסמך לבדיקה ולאישור שיטות בנייה חדשות 	<ul style="list-style-type: none"> ■ בנקים ■ חברות ביטוח ■ משקיעים פרטיים ומוסדיים
לקוחות	
לקוחות ארגוניים	לקוחות קצה
<ul style="list-style-type: none"> ■ יזמים: ■ חברות הנדל"ן – מגורים, משרדים וכו' ■ המדינה (מזמיני עבודה ציבוריים) ■ קבלנים ■ רוכשי מוצרים ושירותים 	<ul style="list-style-type: none"> ■ רוכשי דירות המגורים ■ הציבור הרחב

את יישומן – כגון בדיקות, תקינה, רישוי, אישורים והיתרים. יחד עם התוויית רגולציה מאפשרת, יש להניע פעילות רגולטורית משלימה בהיבטי תמרוץ השוק וכן צעדי מדיניות המקדמים יוזמות חדשניות.

ה. מינוף שינוי הדורות בענף: ענף הבנייה מתחדש, גם בחברות הקבלן שבהן צומח דור ניהולי חדש בתוך החברות השונות, אשר פיתחו הרגלי עבודה בסביבה טכנולוגית, ומעוניינות לשלב טכנולוגיות מתקדמות כדי לקדם את תחומי עיסוקן. במקביל, גם הדורות הוותיקים בענף, שעובדים בו כבר עשרות שנים, נחשפים לכלים דיגיטליים, תהליכי עבודה ושיטות חדשות, אולם ייתכן שאופי העבודה ותנאי השוק המקומי מקשים על המעבר ועל שינוי מהותי בתחום.

ו. חיזוק ההון האנושי בענף הבנייה: ההון האנושי מהווה אבן יסוד משמעותית לקידום והטמעת טכנולוגיות חדשניות בענף הבנייה. עובדים מיומנים ובעלי הכשרות וידע בתחומים כמו שיטות בנייה מודולריות, תיעוש, דיגיטציה ובינה מלאכותית, הדפסת בתלת־ממד, רובוטיקה ועוד – הם המנוע להחלת השינויים לקידום ענף הבנייה. לפיכך, יש להשקיע משאבים בהכשרה מקצועית, פיתוח מיומנויות חדשות והטמעת תרבות ארגונית שמעודדת שיפור התחום באמצעות חדשנות בכדי להתמודד עם אתגרי הענף.

ז. למרות שאתר הבנייה איננו פועל בתנאי מעבדה, ניתן ורצוי לעבות את החיבור בין תעשיית ההייטק לתעשיית הבנייה בישראל: בישראל מופו כ-130 חברות טכנולוגיות בנייה, תשתיות ונדל"ן.¹⁵⁴ רבות מחברות אלה אינן עובדות עם קבלנים בישראל מסיבות שונות, לרבות פיננסיות וכאלה שמקורן בתרבות העבודה. חיבור מסוג זה, בשילוב העצמת הקשרים גם של האקדמיה וחברות מוצרים עם תעשיית הבנייה, יוכל להביא לשילוב של טכנולוגיות חדשניות בעולם הבנייה, כגון: רובוטיקה, אופטיקה וחיישנים, AI ועוד. לפיכך, יש לפעול ליצירת תשתית ותנאים מתאימים לעיבוי הקשרים הללו, וכך למנף את היתרון באקוסיסטם הישראלי.

ח. פתרונות קיימים בעולם: יש לבחון את האופן שבו המדינה יכולה לעודד הכנסת טכנולוגיות בנייה חדשניות שמישומות בעולם, ואם קיימים חסמים שמעכבים את כניסתן לשוק הישראלי, יש לבחון פתרונות להם.

לצורך כך יש להתייחס בפרט לנושא תקני הבניין בישראל, אשר בחלקם הינם תקנים מרשמיים ולא תפקודיים. במסגרת השיחות לעבודה זו, הוזכרה התקינה המקומית כמכשול בפני ייבוא שיטות וטכנולוגיות המיושמות במדינות אחרות בעולם, מאחר שלצורך הטמעתן בישראל נדרש תהליך אישור מקומי. לפיכך, יש לבחון דרכים לאפשר

אין לשלול את האפשרות כי ברשימה זו, למרות היותה מקיפה, חסרים גורמים נוספים שמהווים חלק בהנעת השינוי בענף. על כן, יש לראות בה בסיס ראשוני ולפעול להשלמתה ולהרחבתה בהתאם לצורך.

ד. הגדרת תפקיד משרד הבינוי והשיכון לקידום הפרייה והחדשנות בענף: לנוכח מורכבות הענף, ובהתבסס על הבנה מעמיקה של השינויים הנדרשים בו בישראל, כמו גם על תובנות מתהליכים מקבילים ברחבי העולם, ניתן לגבש הגדרה לתפקידה של מדיניות ממשלתית לקידום החדשנות בכלל ענף הבנייה ובפרט תפקידו של משרד הבינוי והשיכון:

■ **גוף מתכלל:** בהיעדר גוף מתכלל לנושא קידום החדשנות בבנייה – תוכניות ופעילויות בנושא מפוזרות בין גופים שונים, דבר שמוביל לבזבז משאבים, כפילויות וחסמים ביישום טכנולוגיות חדשות. תכלול רב־ממשלתי בידי משרד הבינוי והשיכון יאפשר גיבוש ראייה מערכתית, יצירת מדיניות אחידה והוליסטית, הסרת חסמים וקידום רגולציה מאפשרת ותמרוץ של גורמים בשוק לאמץ חדשנות. למשרד יש היכולת להוביל מהלך רוחבי שימנף את החדשנות כבסיס לשיפור הפרייה, איכות הבנייה, קיימות והסביבה, והבטיחות באתרי הבנייה. בהיותו הגוף בעל היכולת לתכלל את מכלול הנושאים והמשימות, המשרד הוא זה שיוכל להוביל עיצוב אסטרטגיה, הנעת תהליכים משמעותיים, רתימת כלל הגורמים הרלוונטיים והטמעת שינויים ארוכי טווח. גישה זו תאפשר למשרד הבינוי והשיכון להוביל מהלכי עומק לשינויים מהותיים, גם בסביבה מורכבת שבה האחריות מפוצלת ומבוזרת בין מגוון רחב של גופים.

■ **בניית אסטרטגיית מדיניות חדשנות סדורה וארוכת טווח:** קיימת חשיבות רבה ביצירת תוכנית אסטרטגית ארוכת טווח. תוכנית כזו תעניק לבעלי העניין הנוגעים לחדשנות בבנייה בענף את הוודאות הנדרשת לאורך זמן, ובכך תאפשר למגוון הגורמים בענף להקצות את המשאבים הנחוצים – בין אם מדובר בתקציבים, כוח אדם, זמן או משאבים אחרים – באופן סדור ויעיל.

■ **גיבוש חזון אטרקטיבי ושאפתני לענף הבנייה:** פיתוח חזון מאחד עבור משרדי הממשלה השונים, אשר יגדיר את עתיד הבנייה בישראל. בחזון זה יש להתייחס לביקושים הצפויים, השינויים והמגמות הטכנולוגיים והסביבתיים, כך שיהווה מצפן לפעילות הממשלתית בתחום.

■ **רגולציה מאפשרת:** טיוב המערכת הרגולטורית בענף הבנייה כך שתוכל לאפשר יישום והטמעת טכנולוגיות בנייה חדשניות תוך שמירת האינטרס הציבורי. לשם כך, יש צורך בראייה כלל־מערכתית בנוגע לצורך בקידום והטמעת טכנולוגיות בנייה חדשניות לצד מערך הרגולציה המאפשר

מחקרים מראים כי בנייה מתועשת של מבני מגורים מפחיתה את פליטות הפחמן של פרויקט הבנייה¹⁵⁵ לפיכך, ניתן להעמיק את הקשר בין התחומים בעזרת תוכניות ייעודיות המחברות בין אלה.

6.3 גישת סנכרון משולב לחדשנות בענף הבנייה בישראל

לצורך קידום חדשנות בענף הבנייה יש לשלב מספר מרכיבים מרכזיים כדי ליצור אקוסיסטם אפקטיבי ובר-קיימא, תוך כדי סנכרון בין מספר צירים המניעים יחד את השינוי (גישת סנכרון משולב). גישה זו מדגישה את הצורך בשילוב צירים שונים המקדמים חדשנות ומייעלים את הענף.¹⁵⁶ לפיכך, יש לייצר תשתית רחבה המבססת ודאות ויכולת פעולה לכלל השותפים – ממשלתיים, עסקיים ואקדמיים – ולוודא שתוכנית העבודה תהיה מקיפה ואפקטיבית, תוך התמקדות בארבעת הצירים:

א. הון אנושי, ידע ויכולות:

ההון האנושי הוא הבסיס לפיתוח ולקידום החדשנות בענף. יש לבסס תשתית של הכשרה ופיתוח מיומנויות המאפשרת לכוח העבודה להתאים את עצמו לעולם הטכנולוגיות החדשות הנדרשות בענף הבנייה, וכמו כן לפתח הון אנושי לעבודה בענף מתקדם טכנולוגית. תחת ציר זה ניתן להציב תוכניות להכשרה מקצועית המכשירות עובדים לטכנולוגיות מתקדמות, כגון: אוטומציה, ניהול פרויקטים דיגיטליים ובנייה מתועשת, עידוד לימודים אקדמיים הכוללים נושאים הנוגעים לחדשנות, יצירת תוכניות לפיתוח והפצת ידע בקרב העוסקים בתעשיית הבנייה, השקעות במחקר שנועדו לפתח את התחום האקדמאי הרלוונטי, השקעות בחברות טכנולוגיה כדי לעודד את היקף העוסקים בפיתוח טכנולוגיות חדשניות, הנגשת כלים, קידום תדמית מקצועית אטרקטיבית לענף הבנייה וכו'.

ב. מימון ותמריצים:

על מנת להניע את השוק לקדמת הטכנולוגיה, יש לבסס תשתית של מנגנונים פיננסיים ותמריצים כלכליים המכוונים להשקעה בחדשנות, במחקר, בפיתוח ובהטמעה. אלה כוללים בין היתר מענקים, הלוואות, סובסידיות ויצירת ביקושים באמצעות מכרזים ממשלתיים, וכן מנגנונים מקבילים לעידוד ותמיכה בפיתוח פתרונות טכנולוגיים חדשניים. זאת במטרה ליצור סביבה מאפשרת לפיתוח, הטמעה ואימוץ פתרונות.

ג. תשתיות תומכות:

תשתיות דיגיטליות ופיזיות: הקמה ועידוד של תשתיות תומכות, לרבות מפעלים לייצור רכיבי המבנה מחוץ לאתר (off-site manufacturing), מרכזי הדגמה, מעבדות בדיקה,

ולעודד הטמעת פתרונות אלה, תוך אימוץ תקנים בין-לאומיים המתאמים לתנאים המקומיים (יצוין כי בעת כתיבת מסמך זה משרד הבינוי והשיכון מבצע עבודת מיפוי של התקינה המקומית מול תקנים בין-לאומיים).

ט. מתודולוגיות עבודה ושיטות התקשרות: יש להתמקד לא רק בחדשנות טכנולוגית כגון דיגיטציה, אוטומציה וחומרים חדשניים, אלא גם בחדשנות תהליכית הכוללת גם מודלים עסקיים המעודדים חדשנות, שיטות עבודה מתקדמות ושינויים תרבותיים בארגון. ניהול מושכל ותיאום נכון של כל ההיבטים הללו עשויים לתרום לשיפור הפריון בענף באופן משמעותי, מעבר לתרומה של הטכנולוגיה לבדה, מתקדמת ככל שתהיה. לדוגמה, שיטות ניהול בנייה המייעלות את הביצוע, כגון ביצוע השלד ובמקביל עבודות הגמה, יכולות לשפר את הפריון ולקצר את משכי הבנייה.

י. עידוד חדשנות בשלבים מוקדמים של הפרויקט:

התייחסות בשלבים הראשוניים של פרויקטי הבנייה לשילוב טכנולוגיות ושיטות בנייה חדשניות, לרבות בשלבי התכנון הסטטוטורי, הרישוי, המכרז והסכם השירותים ושלבי התכנון השונים. גם שלבים אלה מהווים את הבסיס לשינוי מהותי בענף. לדוגמה: תכנון שאינו מאפשר שימוש בשיטות בנייה מתועשות ומודולריות במבנה מורכב אדריכלית ושאינו מותאם לייצור מתועש בחלוקה במידות מוגדרות מראש, עלול לחסום את האפשרות לשימוש בשיטות אלה בשלבים מאוחרים יותר. לכן, יש להתייחס גם לשלב התכנון ככזה שיכול להשפיע ולעודד חדשנות לקראת הטמעתה בהמשך בשרשרת הבנייה.

כ. איסוף מידע ודיגיטציה כתשתית הכרחית לשינוי:

השפעתה של מהפכת המידע על ענף הבנייה היא עדיין ראשונית, בעוד איגום דיגיטלי של מידע יכול להוות רכיב משמעותי ונדרש לצורך פיתוחן של טכנולוגיות חדשניות. התשתית לאיסוף מידע באופן דיגיטלי, מקיף, אחיד וסדור חסרה לאורך כלל שרשרת הבנייה, החל מהליכי הרישוי וההיתר, דרך התכנון, הביצוע הבקרה והפיקוח, עד למסירת ואחזקת המבנה.

ל. קידום רגולציה מאפשרת: יש לוודא שהתהליכים

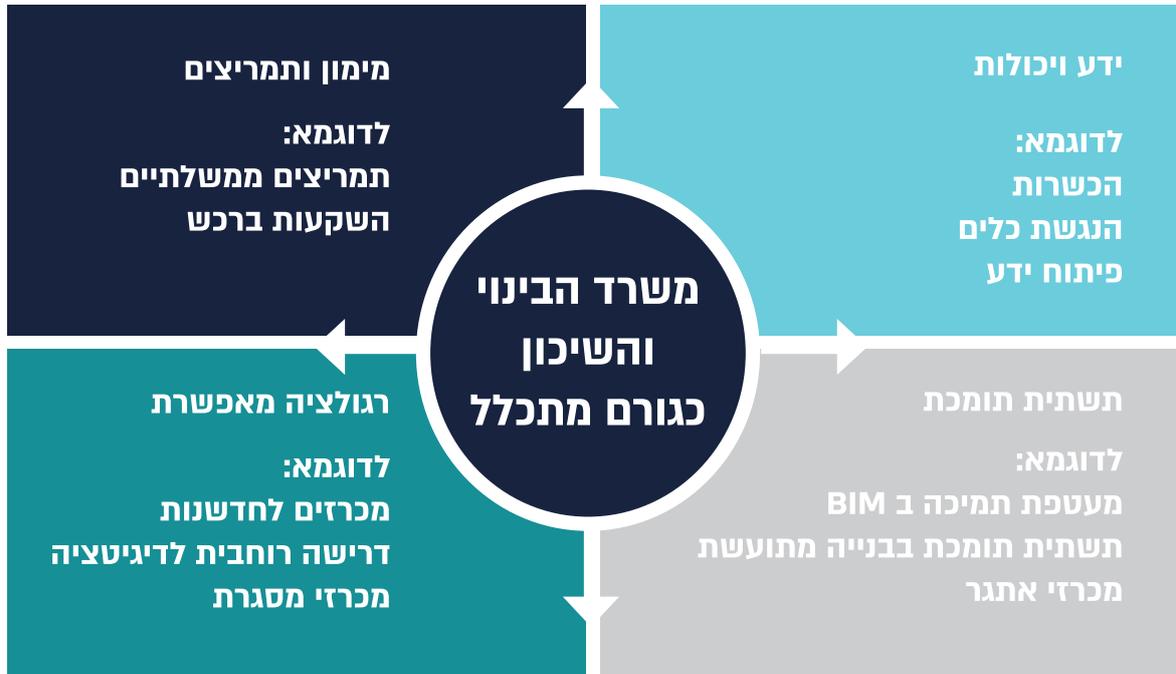
הרגולטוריים המצויים לאורך שרשרת הערך בפרויקטי הבנייה יאפשרו את הטמעתן של טכנולוגיות בנייה חדשניות תוך שמירת האינטרס הציבורי. דרכם של יזמים בתחום החדשנות בבנייה מערבת מספר רב של גורמים עד לשלב ההטמעה, ולכן על תהליכי הבדיקה והאישורים להיות מובאים לציבור באופן סדור וברור.

מ. השילוב בין חדשנות לקיימות כמפתח: חדשנות

וקיימות הינם תחומים המשולבים יחדיו, שכן חדשנות מובילה להתייעלות, וזו בתורה יכולה ולהפחית את כמות חומרי הגלם הטבעיים ורמת הפחמן הנפלטה. לדוגמה, בנייה מתועשת מאפשרת התייעלות בשלב הביצוע וכן

להקים יוזמות חדשות, להניע את השוק באמצעות תוכניות ייעודיות ולהביא לשיתוף פעולה בין כלל בעלי העניין בענף המעורבים בתהליכים השונים. משרד הבינוי והשיכון, בהיותו המשרד הממשלתי אשר אמון על ייזום וביצוע של מדיניות הממשלה בתחומי השיכון והבנייה למגורים, יכול וצריך לשמש כגורם מתכלל זה. בתור גוף בעל ראייה רובית של התחום כולו ויכולת חיבור בין בעלי

אתרי פיילוט ייעודיים לבדיקות התכנות וכו'. לצידו, הקמת תשתיות דיגיטליות מתקדמות כגון מערכות לעיבוד מודלי BIM בתהליכי הרישוי וההיתר, מאגרי מידע למידע דיגיטלי ללמידת מכונה, מערכות ניהול נתונים ואיסוף מידע בזמן אמת, שיסייעו בשיפור קבלת ההחלטות וביעול התהליכים בענף הבנייה וחיבור בין כל חלקי שרשרת הבנייה בצורה יעילה יותר, כמו גם הקמת תשתיות לשיתופי פעולה בין



העניין השונים, לרבות משרדי הממשלה, רשויות, גופים ציבוריים, שוק פרטי, מוסדות אקדמאיים וגופי מחקר יכולת זו תאפשר לו לסנכרן את הפעילויות בין הסקטורים השונים להנעת תהליכי שינוי מהותיים בענף.

6.4 אמצעים ויוזמות לשינוי

משרד הבינוי והשיכון גיבש את סל הכלים והפתרונות שמוצגים בסעיפים הבאים בכדי לקדם את השוק להטמעת חדשנות בבנייה, אך יש לציין שקידום הוא בכפוף לשיתופי פעולה, תקצוב והחלטות שייקבלו בהמשך.

כל אחת מהפעולות כוללת את תמצית המהלך המוצע, זיהוי הגורמים השותפים הרלוונטיים, הצעות למדדי הצלחה מוגדרים, מיפוי ראשוני של שותפים רלוונטיים והערכת הפרמטרים הנדרשים לתקצוב.

הסקטורים השונים, כגון התעשייה, האקדמיה ועוד.

ד. רגולציה מאפשרת:

רגולציה אשר נועדה לא רק ליצור הגבלות ואכיפת כללים, אלא גם לגבש תנאים אשר מקדמים חדשנות, פיתוח ומעודדות צמיחה בשוק. עקרונות רגולציה מאפשרת הינם בין היתר – הגדרת יעדים ומטרות (תקינה תפקודית), הסרת או הפחתת חסמים עודפים, קידום מסגרות ניסוי מבוקרות ארגזי חול, יצירת מנגנוני תמריץ, יצירת מנגנונים המעודדים שיח בין הרגולטור לגורמים בשוק להתמודדות עם חסמים, כל זאת תוך שמירה על תפקיד הרגולציה להבטחת וקידום האינטרס הציבורי.

לצורך קידום החדשנות בענף הבנייה, נדרש גורם מקצועי מתכלל שיהיה אמון על קידום הצירים המרכזיים לצורך סנכרון שוטף ביניהם. בנוסף, הגורם המתכלל יהיה אחראי

מימון ותמריצים

הערות ליישום	פעולות אפשריות
<p>שותפים אפשריים:</p> <p>משרד האוצר, משרד הכלכלה, רשות החדשנות, משרד החדשנות, המדע והטכנולוגיה, קהילת בנייה חכמה, רשות מקרקעי ישראל, מערך הדיגיטל הלאומי, איגודים מקצועיים מייצגים ועוד.</p> <p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפעול: כמות התעבורה באתר, כמות המבקרים, מספר הכניסות לאורך זמן, מדדים אחרים הקשורים לאתר האינטרנט.</p> <p>השפעה: עלייה בכמות ההגשות לתוכניות המענקים, מדד איכותני למגוון ההצעות.</p> <p>כרמטרים לגיבוש תקציב:</p> <p>תקציב יגובש בהתאם לממשק שייבנה.</p>	<p>הקמת נקודת ממשק אחת במשרד הבינוי והשיכון המרכזת את כל המסלולים ותוכניות התמריצים הממשלתיים בענף הבנייה, במקום אחד, נגיש ומתעדכן.</p> <p>מידע מרוכז, באופן נגיש ומתכלל, על כל המסלולים הקיימים לעידוד וקידום החדשנות בענף הבנייה, המיועדים למגוון רחב של בעלי העניין (מוסדות אקדמיים, חברות ביצוע, תעשייה, יזמים ועוד).</p> <p>המטרה המרכזית של הממשק היא לצמצם את הבירוקרטיה ולהגביר את השקיפות והנגישות למידע הקשור לתוכניות עידוד וקידום חדשנות. הפלטפורמה תבטיח חוויית משתמש חלקה ויעילה, ותהפוך את תהליך חיפוש המידע לפשוט ומהיר יותר.</p> <p>הממשק לא ינהל את תהליך הגשת הבקשות עצמו, אלא יספק קישורים ישירים לדפי הגשה הרלוונטיים באתרי הממשלה השונים, ויסייע לכוון את המשתמשים בדיוק לאן עליהם לפנות.</p> <p>הממשק יציג תוכניות אלו בצורה אינטואיטיבית, תוך שימוש בסינון חכם שיאפשר למשתמשים למצוא במהירות את התוכניות הרלוונטיות עבורם.</p> <p>כל תוכנית תוצג בעמוד ייעודי שיכלול הסבר מפורט על התוכנית, תנאי סף, הליך הגשה, מועדים חשובים ואנשי קשר. בנוסף, הממשק יכלול מאמרים, מדריכים וכלים שיעזרו למשתמשים להבין את התהליך.</p> <p>כשכל התוכניות מרוכזות במקום אחד, קל יותר לציבור לראות את הפעולות שנעשות לקידום התחום ואת האפשרויות הקיימות, דבר שמגביר את תחושת השקיפות ומחזק את הקשר בין האזרח לממשל.</p> <p>ריכוז המידע במקום אחד יבטיח אחידות בפרסום, השוואת נתונים בין התוכניות השונות, וגם יאפשר לגופים המפרסמים את כלי התמרוץ להגדיל את החשיפה לתוכניות ובכך גם להגדיל את מספר ההגשות והגדלת ההיצע.</p>
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>רשות החדשנות, משרד החדשנות, המדע והטכנולוגיה, משרד הכלכלה, משרד האוצר, משרד האנרגיה, משרד הגנת הסביבה.</p>	<p>תוכניות תמריצים והשקעות קיימות אשר ניתן לייעד לענף הבנייה:</p> <p>תוכניות תמרוץ ממשלתיות קיימות, כגון מענקי מחקר ופיתוח, תמיכה בהקמת חברות טכנולוגיה (סטארטאפים) וסבסוד פיילוטים, מהוות מנוף חשוב. עם זאת, נדרשת התאמה ספציפית של תוכניות אלו לענף הבנייה.</p>

מימון ותמריצים

הערות ליישום	פעולות אפשריות
<p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפעול: בניית מסלול תמריצים ייעודיים לענף הבנייה לכלל התחומים הרלוונטיים.</p> <p>השפעה: השפעה בפועל בהתאם לסוג התמריץ (יש להכניס מנגנון מדידה).</p> <p>מטרת התמריצים היא להקים ולתמוך בחברות טכנולוגיות בנייה חדשניות שנבנות ומתפתחות ולהביאן להצלחה ולהטמעה בישראל.</p> <p>כרמטרים לתקצוב:</p> <p>יצירת תוכנית עבודה שנתית לשותפויות ותקצוב השותפויות בהתאם.</p>	<p>יש ליצור מסלולים ייעודיים שמתמקדים בשיטות בנייה חדשות כגון בנייה מודולרית, חומרי בנייה חדשניים, תיעוש, טכנולוגיות חדשניות, הדפסת תלת־ממד, אוטומציה ורובוטיקה.</p> <p>בנוסף, יש להתאים את תוכניות התמריצים כך שישקפו את מחזורי הפיתוח וההטמעה הארוכים והמורכבים האופייניים לענף הבנייה. פעולה זו תעודד חברות קיימות וחדשות להשקיע בחדשנות ותסייע לענף לצמצם פערים טכנולוגיים ביחס לענפים אחרים.</p> <p>להלן תוכניות קיימות לדוגמה אשר ניתן להשתמש בהן כבסיס לתוכניות תמריצים ייעודיות לענף</p> <p>אוטומציה, רובוטיקה, בינה מלאכותית, פתרונות DEEP TECH</p> <p>רשות החדשנות:</p> <p>מסלול תנופה: מסלול תנופה מיועד ליזמים/ות בראשית דרכם המעוניינים לגבש ולקדם רעיון טכנולוגי חדשני באמצעות מענק לשלב המחקר והפיתוח הראשוני, לקראת שלב הוכחת היתכנות (POC) ו/או בניית אב טיפוס ראשוני.</p> <p>מסלול SEED: מסלול ה-Seed בקרן ההזנק נועד לעודד הנבטה וגיבוש של חברות הזנק בישראל, שפועלות בתחומים עתירי מו"פ, בעלי סיכון גבוה, בשלבים מוקדמים שחסרים בהם משקיעים מתמחים בישראל, דרך הרחבת מקורות המימון הזמינים להן.</p> <p>מסלולים לייצור מתקדם:</p> <p>מסלול היתכנות טכנו־כלכלית – קרן מופ"ת</p> <p>מסלול פיתוח מוצר – קרן מופ"ת</p> <p>מסלול מעבר מפיתוח לייצור – קרן מופ"ת</p> <p>מסלול להקמת מאיצי מופ"ת – קרן מאיצי החדשנות</p> <p>במטרה לעודד מחקר, פיתוח או חדשנות טכנולוגית בחברות תעשייה מוטות ייצור</p> <p>קרן ההון האנושי להייטק: מטרת המסלול היא לקדם תוכניות שעוסקות בגיוס, מיון, הכשרה, התמחות והשמה של עובדים/ות חדשים וקיימים בתעשיית ההייטק (דגש על תפקידי מחקר ופיתוח).</p> <p>מסלול מחקר יישומי באקדמיה:</p> <p>המסלול מתמרץ מחקר יישומי בעל היתכנות טכנולוגית חדשנית שמקורו באקדמיה והבאתו לשלב בו חברה מסחרית תעשייתית ישראלית תאמץ אותו במטרה לפתח מוצר.</p> <p>מסלול מחקר יישומי בתעשייה:</p> <p>השקעה לתאגידים תעשייתיים על מנת שיבצעו מחקר יישומי, זאת כדי לתמרץ ולחזק את פעילותם ארוכת הטווח בשלבי המחקר הטרנס־מוצריים.</p>

מימון ותמריצים

הערות ליישום	פעולות אפשריות
	<p>מסלול מאגדי מחקר יישומי: מענקים לשיתוף פעולה במחקר יישומי במסגרת של מאגד (חברות תעשייתיות ומוסדות מחקר הפועלים יחדיו לפיתוח משותף של טכנולוגיות).</p> <p>מסלול קרנות דו-לאומיות: המסלול מספק השקעה לחברות ישראליות אשר מעוניינות לעבוד או עובדות עם חברות זרות בארה"ב, הודו, סינגפור וקוריאה, על פרויקטי מו"פ של מוצרים טכנולוגיים חדשים או בשדרוג מהותי של טכנולוגיה קיימת.</p> <p>מסלול מכינת מו"פ לחברות תעשייתיות הייצור: מסלול זה נועד לסייע לחברות ייצור ומפעלים שמעולם לא התנסו במו"פ ובהובלת תהליכי חדשנות, או חברות שזקוקות למיקוד ולהכוונה של תהליכי מו"פ קיימים.</p> <p>מסלול מאגדי מגנ"ט: מממן שיתופי פעולה בין התעשייה לאקדמיה לפיתוח טכנולוגיות חדשניות.</p> <p>מסלול מעבדות לחדשנות טכנולוגית: מיועד ליזמים בראשית דרכם הזקוקים לתשתיות ולמומחיות ייחודיות לצורך הוכחת היתכנות רעיון טכנולוגי, ולתאגידים המעוניינים לשתף פעולה עם סטארטאפים בישראל.</p> <p>תוכנית פיילוטים לחברות טכנולוגיה אשר יש להן אבטיפוס והן מעוניינות להדגים זאת באתר בנייה.</p> <p>מסלול אתרי הרצה – מסייע לתאגידי הרצה שפועלים הן בישראל בין-לאומיהן בעולם להקים ולהנגיש אתרי הרצה בתחומים שונים לטובת תאגידים תעשייתיים (כמו חברות טכנולוגיות), שמעוניינים לבצע הדגמה של אב טיפוס, בסביבה המדמה את שוק המטרה, כדי לקדם את התעשייה בישראל ולחזק את היתרון הטכנולוגי ארוך הטווח שלה.</p> <p>ארגז חול רגולטורי – לאפשר לחברות לפתח מודלים טכנולוגיים ועסקיים חדשניים ובמקביל לאפשר לרגולטור ללמוד את המודל החדשני ולהחליט כיצד ראוי להתאים את הרגולציה לטכנולוגיות חדשניות.</p> <p>מיזם משנה מציאות – תוכנית המיועדת לטכנולוגיות משבשות אשר ביכולתן לשנות באופן מהותי את התחום.</p> <p>משרד הכלכלה: מענק להטמעת טכנולוגיות של ייצור מתקדם במפעל מענק להעלאת פריון העבודה במפעל באמצעות הטמעת טכנולוגיות ייצור מתקדם מתווה מפיתוח לייצור מתווה מפעל תעשייתי ראשוני מסייע לחברות תעשייה מסורתית לשדרג את עצמן טכנולוגית ולהגביר את הפריון.</p> <p>משרד האוצר: הקרן להלוואות בערבות מדינה לעסקים קטנים ובינוניים: הלוואות מועמדות במסגרת הקרנות לצורכי הון חוזר, הקמת עסקים חדשים וביצוע פרויקטי השקעה, ומאפשרות לעסקים למצות את פוטנציאל ההתפתחות שלהם ואת תרומתם לתעסוקה ולתוצר.</p>

מימון ותמריצים	
הערות ליישום	פעולות אפשריות
	תמריצים ייעודיים לחדשנות ופריון בענף הבנייה (לא מתוך מסלולים קיימים)
<p>שותפים רלוונטיים: רמ"י, משרד החשב הכללי, משרד האוצר, משרד הכלכלה, משרד הפנים, רשויות מקומיות, גופי הרישוי השונים.</p> <p>מדדי הצלחה: עלייה במספר הטכנולוגיות שהוטמעו בפרויקטי הבנייה, קיצור משך הבנייה, העלאת פריון העבודה, צמצום כוח האדם באתרי הבנייה, שיפור הבטיחות, שיפור איכות הבנייה.</p> <p>פרמטרים לתקצוב: בהתאם לתוכנית התמרוץ שתיבנה, יוקצה תקציב.</p>	<p>בניית תוכנית סדורה לעידוד ותמרוץ הטבות לטובת הטמעת שיטות בנייה וטכנולוגיות.</p> <p>דוגמאות שיכולות להוות בסיס ראשוני לתוכנית:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ הנחה בעלויות הביטוח לחברת הביצוע באמצעות הוכחת השימוש בטכנולוגיות חדשניות לשיפור הבטיחות באתרי הבנייה. ■ תמריץ ישי, החזר הוצאות או הטבת מס כתוצאה מהטמעת טכנולוגיית בנייה חדשנית. ■ הטבות (תמריצים או מס) פר יחידת דיור אשר נבנתה על בסיס הטכנולוגיה / השיטה. ■ תוספות זכויות בנייה על בסיס כל יח"ד שנבנית באמצעות שיטת הבנייה החדשנית (לדוגמה, בנייה מודולרית). <p>הטבות הצטיידות:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ החזר (מלא או חלקי) של הוצאות ההצטיידות בדומה למענק לרכישת ציוד לקבלנים המשמש לצורך בנייה מתועשת באתר הבנייה, כגון מעליות משא וכו'. הפחתת מכס על ציוד לתיעוש הבנייה באתר. ■ תמריצים ייעודיים לחברות בעלות מחזורים נמוכים: סיוע במימון ציוד לתיעוש, לקבלנים קטנים ובינוניים, במסגרת קרן ערבות מדינה, במסלול ייעודי בהיקף ערבות גבוה לתקופה של 10 שנים.
<p>שותפים רלוונטיים: רמ"י, משרד החשב הכללי, משרד האוצר, משרד הבינוי והשיכון.</p> <p>מדדי הצלחה: תפעול: כמות המכרזים שמפורסמים, כמות חברות הטכנולוגיה שמשולבות בתהליכי הבנייה, כמות ההצעות במכרז</p> <p>השפעה: שיפור איכות הביצוע, התכנון, ניהול הבנייה, שיפור בלוחות הזמנים, קיצור משך הביצוע, שיפור הבטיחות באתר, שיפור במדדים סביבתיים, ועוד</p> <p>פרמטרים לתקצוב: תקציב יוקצה בהתאם לתוכנית התמרוץ שתיבנה למעקב אחר ההשפעות של המכרזים בפועל תיעוד הפרויקטים</p>	<p>תמריצים ליזמים</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ עידוד חדשנות במכרזים ממשלתיים, לדוגמה: ■ עידוד במכרז ליזמים אשר מספקים התחייבות במכרז להעמדת תקציב ייעודי לטובת שימוש במוצרים וטכנולוגיות חדשניות. ■ עידוד במכרז לפרויקטים המשלבים שיטות בנייה מתועשות מתקדמות. ■ עידוד במכרז לפרויקטים אשר משלבים טכנולוגיות חדשניות, חדשנות תהליכית / ניהולית (BIM, Big room, IPD). ■ ניתן גם להציב נושאים אלו כתנאי סף או לשלבם בחוזה מול היזם. ■ בחינת הקצאות שטח נוספות ליזם במידה וקיים שימוש בשיטות בנייה מועדפות. ■ בחינת קידום חדשנות ובנייה מתועשת בפרויקטים ממשלתיים ציבוריים בעלי תכנון חזרתי מוטה ייצור מתועש (כגון דירות להשכרה וכו'). ■ הנחה משמעותית שהמדינה תספק ליזם על מחיר הקרקע המשווקת לצורך בנייה מתועשת. גובה ההנחה שמקבל היזם ישמש למימון עלות התיעוש העודפת. ■ הלוואה בנקאית שבגינה תספק המדינה ערבות למימון תיעוש הבנייה, בדומה למנגנון דומה בהולנד. ■ תקציב ממשלתי שיממן כ-20% מעלות הבנייה המתועשת אשר הינו מעבר לעלות הבסיסית בבנייה קונוונציונלית.

מימון ותמריצים	
הערות ליישום	פעולות אפשריות
	<p>שילוב מדדי איכות לחדשנות במכרזים (תנאי סף, מדדי איכות, תעדוף וכו')</p> <p>שילוב מדדי איכות לחדשנות במכרזי המדינה, כך שערכים הנוגעים לשילוב טכנולוגיות חדשניות לקידום פריון העבודה, האיכות, בטיחות ותועלות אחרות באמצעות חדשנות, יימדדו ויישקלו בתוך ההליך המכרזי.</p> <ul style="list-style-type: none"> • שילוב מרכיב האיכות לחדשנות במכרזי המדינה ושימת משקל בתהליך המכרזי, תנאי סף/ניקוד וכו'. • דוגמאות לפרמטרים כמדדי איכות חדשנות במכרזים: ניהול מידע וניהול התכנון, דיגיטציית הליכי התכנון והבנייה, מתודולוגיות עבודה (IPD, BR), שיטות בנייה חדשות לשיפור פריון העבודה, בנייה מתועשת לשיפור פריון העבודה, טכנולוגיות לניטור ובטיחות באתרים, טכנולוגיות המשפרות פריון באמצעות קיצור משך הבנייה בהפחתת תשומות כוח אדם. • שילוב מרכיבי תגמול במכרזים למצוינות בביצוע העבודות (לדוגמה: קיצור משך מסירת הפרויקט) בהלימה לשיטות מכרזים להשגת ידע משותף תוך מציאת אינטרס משותף של הגורמים בשרשרת הערך.
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>משרד האוצר, משרד הכלכלה, רשויות מקומיות, רמ"י, מנהל התכנון</p> <p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפעול: הקמת מפעלי בנייה מתועשת, שיפור יכולת הייצור של רכיבים מתועשים.</p> <p>השפעה: רמת ההטמעה של תיעוש בפרויקטים ושיפור פריון העבודה.</p> <p>פרמטרים לתקצוב:</p> <p>תקצוב יגובש בהתאם למספר מפעלים או קווי ייצור שמיועדים לקום באמצעות התוכנית.</p>	<p>תמיכה בהקמת פסי ייצור ומפעלים לבנייה מתועשת מתקדמת</p> <p>לצורך פיתוח תעשייה ישראלית בתחום ולייצור רכיבים הניתנים להרכבה באתר לשיפור פריון העבודה. בנוסף, פיתוח תשתית הייצור לרכיבים מתועשים תביא לשיפור איכות הביצוע בכך שבקרת הייצור במפעל אמורה להיות קפדנית יותר, ובנוסף תהיה הפחתה של כח האדם באתרי הבנייה ובכך פוטנציאל לשיפור הבטיחות באתר.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ תמרוץ הקמת מפעל בנייה מתועשת מסלולי מענקים לתעשיינים או חברות בנייה עבור הקמת מפעלים או פסי ייצור לבנייה מתועשת. ■ בחינת חסמים להקמת מפעלים חדשים בתחום הבנייה המתועשת לרבות איתור קרקעות ועבודה מול הגורמים הרלוונטיים לנושא וקידום תמריצים.

תשתית תומכת

הערות ליישום	פעולות אפשריות
<p>שותפים רלוונטיים: משרד האוצר, מערך הדיגיטל הלאומי, כלל גורמי הרישוי, משרד הפנים, מנהל התכנון, רשויות מקומיות, רמ"י, חברות ממשלתיות. מדדי הצלחה: תפעול: אחוז הפרויקטים המיישמים BIM. בפועל, מדריכים ותקנים שמתפרסמים</p> <p>השפעה: שיפור איכות התכנון והביצוע, ייעול הפרויקטים, קידום הטכנולוגיות באופן עקיף באמצעות יצירת תשתית של דיגיטציה, שיקוף סטטוס הפרויקט בזמן אמת.</p> <p>כרמטרים לתקצוב: עלויות נוספות בגין תקצוב פרויקט BIM. הכשרות לשימוש ב־BIM בקרב כלל הגורמים במגזר הציבורי. רכש תוכנות וציוד מחשוב מתאים. כוח אדם לצורך איסוף הנתונים וניתוחם. תקציב יגובש בהתאם לתכנית שתיבנה</p>	<p>קידום תשתית דיגיטציה ומידע בנייה דיגיטלי</p> <p>קידום BIM בסקטור הציבורי</p> <p>BIM MANDATE חיוב ו/או הנחיה להטמעת BIM בפרויקטים ציבוריים, כדומה ליוזמה הבריטית (BIM Mandate) ובמדינות אחרות בעולם אשר הנהיגו מדיניות לאומית כדי לקדם BIM בענף הבנייה. המדינות החילו חיוב על יישום שיטת BIM באופן גורף או על פרויקטים בהיקף מינימלי של תקציב או גודל. מדיניות זו, שיכולה להיות מיושמת באופן הדרגתי, תציב את ישראל בחזית קדמת הטכנולוגיה ותניב יתרונות כלכליים, תפעוליים וחברתיים משמעותיים למשק, לפרויקטי הבנייה ולציבור.</p> <p>סטנדרטיזציה ביצירת תוכניות BIM סטנדרטיזציה בתחום ה-BIM מתייחסת לקביעת קבוצה של כללים, נהלים והנחיות אחידים לכל הגורמים המעורבים בפרויקט – יזמים, אדריכלים, מהנדסים, קבלנים ועוד. מטרתה היא להבטיח שכל המודלים והנתונים נוצרים, מנוהלים ומועברים בצורה אחידה, ברורה וניתנת לשיתוף. המודלים והנתונים נוצרים, מנוהלים ומועברים בצורה אחידה, ברורה וניתנת לשיתוף.</p> <p>תקנים בין-לאומיים ומקומיים: התאמת תהליכי העבודה לתקנים מוכרים כמו ISO 19650 כדי להבטיח עקביות ואיכות.</p> <p>פיתוח סטנדרטים ומכרטים טכניים מותאמים לשוק הישראלי:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ המשך אימוץ חלקי התקן בינלאומי ל-BIM ISO 19650, עם התאמות מקומיות במידה ונדרשות ■ פרסום מדריכים בעברית לעוסקים בתחום בישראל, עם דוגמאות, מקרי בוחן, והסברים ליישום התקן הבינלאומי ל-BIM ■ הצטרפות לפורומים בינלאומיים אשר יעודדו סטנדרטיזציה והתאמה למתודולוגיות עבודה בינלאומיות, כגון שימוש ב-OPEN BIM <p>מאגר נתונים לאומי של מודלי BIM לפרויקטי הבנייה והתשתיות של המגזר הציבורי הקמת מאגר מידע לאומי של פרויקטים מבוססי BIM מהמגזר הציבורי, אשר ישמש ככלי לפיתוח ואימון אלגוריתמיים של למידת מכונה. מאגר זה, שיתבסס על נתונים שנאספו מכלל פרויקטי הבנייה והתשתית הממשלתיים, יאיץ חדשנות בענף הבנייה, יספק כלי ניתוח מתקדמים לגופים ממשלתיים ויחזק את מעמדה של ישראל כמובילה טכנולוגית.</p>

תשתית תומכת

הערות ליישום	פעולות אפשריות
	<p>הקמת מאגר נתונים ארצי: יוקם מאגר נתונים מרכזי שיכלול מידע גיאומטרי (מודלים תלת־ממדיים), נתונים לא־גיאומטריים (עלויות, חומרים, לוחות זמנים), ומידע תהליכי (דו"חות התקדמות, דו"חות התנגשויות) מכל פרויקטי ה-BIM של המגזר הציבורי</p> <p>הסרת מידע מזהה והנגשה: המידע במאגר יעבור תהליך אנונימיזציה להסרת פרטים מזהים וייפתח לשימוש חוקרים, חברות טכנולוגיה וגופים אקדמיים, בכפוף לכללי הפרטיות ואבטחת מידע.</p> <p>פיתוח כלים מבוססי למידת מכונה: המאגר ישמש לפיתוח פתרונות חדשניים, כגון:</p> <p>חיזוי בעיות תכנון: מודלים שיאתרו התנגשויות או כשלים אפשריים במודלים חדשים בשלב מוקדם.</p> <p>אופטימיזציה של תקציבים ולוחות זמנים: ניתוח נתונים מפרויקטים קודמים לצורך חיזוי מדויק של עלויות וזמני ביצוע בפרויקטים עתידיים.</p> <p>שיפור תהליכי תפעול ותחזוקה: פיתוח כלי תחזוקה חכמים ויעילים יותר עבור מבנים ציבוריים.</p> <p>הקמת צוות משימה לאומי ל-BIM:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ הקמת צוות משימה רב-תחומי אשר יכלול נציגים משרדי ממשלה רלוונטיים, נציגים מהתעשייה (יזמים, קבלנים, אדריכלים, מהנדסים, יצרנים), ונציגים מהאקדמיה. ■ מטרת הצוות: הגדרת החזון הלאומי להטמעת BIM. הגדרת מטרות ויעדים כמותיים ולוחות זמנים. בניית תוכנית עבודה מפורטת להטמעה הדרגתית של BIM. ■ פיתוח פורטל ידע לאומי ל-BIM ■ הקמת פלטפורמה אי מרכזית שתשמש כמרכז ידע לאומי ל-BIM. הפורטל יציע: ידע ומדריכים: יצירת וכתובת מדריכים, קווים מנחים ותאוריה על עבודה ב-BIM. ■ סיפורי הצלחה ופרויקטים לדוגמה: הצגת פרויקטים בישראל שכבר השתמשו ב-BIM בהצלחה, כדי להמחיש את היתרונות ולהפיג חששות. ■ כלים וספריות אלמנטים: קידום ספריות אלמנטים BIM (למשל, חלונות, דלתות, קירות), לייעל את הליך התכנון. ■ פורטל כזה יהפוך לכתובת הראשונה של כל מי שמעוניין ללמוד על BIM, ויסייע בהנגשת המידע לחברות קטנות ובינוניות. <p>הגוף יוביל מהלכים רוחביים לקידום והטמעה תוך הבנת צרכי ואתגרי השוק. הגוף יהיה בחיבור עם גופים מקבילים בעולם לצורך לימוד עמיתים ויישום מפות דרכים לקידום BIM. הגוף יפעל בדומה לגופים אחרים בעולם כגון EU BIM TASK TEAM, UK BIM FRAMEWORK, ועוד</p> <p>מדידת הטמעת BIM בענף הבנייה דו"ח מעקב אחר הטמעת BIM בענף הבנייה בכלל הפרויקטים לפי פילוחים שונים אשר ישמש לצורך קבלת החלטות וטיוב המדיניות.</p>

תשתית תומכת

הערות ליישום	פעולות אפשריות
<p>שותפים רלוונטיים: משרד הכלכלה, רשות החדשנות, משרד האוצר, אוניברסיטאות ומכוני מחקר, השוק הפרטי.</p> <p>מדדי ההצלחה: השפעה: מספר הפיילוטים שבוצעו בפועל, שיעור האימוץ של כלי AI בקרב חברות התכנון והבנייה, ייצור זמני ביצוע/תכנון בפרויקטים בהם הוטמעו הכלים. שימוש בכלי AI לצורך זירוז מתן היתרים</p> <p>פרמטרים לתקצוב: תקצוב יגובש בהתאם לתכניות העבודה שייבנו, כגון מאגרי דאטה ותשתיות ענן, פיתוח כלים ומודלים מבוססי AI בהתאמה לענף, מימון פיילוטים אצל קבלנים/זממים/רשויות, תמיכה בהכשרות מקצועיות ובניית קורסים ייעודיים, פעילות מחקר וליווי אקדמי, תמריצים.</p>	<p>קידום בינה מלאכותית ככלי עבור ענף הבנייה הישראלי תמריצים כלכליים: מתן מענקים ותוכניות תמיכה לפיילוטים ולפיתוח פתרונות AI ייעודיים לענף (זיהוי סיכונים באתר, ניתוח תהליכים, חיזוי כשלים ועוד).</p> <p>הכשרות ייעודיות: הקמת תוכניות הכשרה לעובדים, מנהלי פרויקטים ומהנדסים בנושאי AI וכלים דיגיטליים מתקדמים.</p> <p>מאגרי מידע פתוחים: פתיחת דאטה ממשלתי וסטנדרטיזציה של נתוני בנייה לצורך אימון ויישום מודלי AI.</p> <p>הסרת חסמים רגולטוריים: התאמת תקינה, רגולציה ודרישות רכש ממשלתיות כך שיאפשרו שימוש בטכנולוגיות AI.</p> <p>שיתופי פעולה בינ"ל: עידוד שיתופי פעולה עם מרכזי AI מובילים בעולם לטובת העברת ידע והטמעה מהירה.</p>
<p>שותפים רלוונטיים: משרד האוצר, מינהל התכנון, מערך הדיגיטל הלאומי, רשויות מקומיות, גופי רישוי, גוף מתכלל לצורך אינטגרציה.</p> <p>מדדי הצלחה: תפעול: הקמת המערכת הדיגיטלית, ממשק נוח יעיל, מקצועי ונוח לשימוש. הממשק יהיה באינטגרציה מלאה עם מערכות הרישוי, מסונכרן ומציג מידע עדכני.</p> <p>השפעה: תהליכי טיפול באישורים – קיצור משך הזמן בטיפול בבקשות לאישורים והיתרים וקיצור משכי הבנייה. שיפור בשקיפות ובגישה למידע: הגברת השקיפות לציבור וליזמים.</p> <p>פרמטרים לתקצוב: עלות הקמת מערכת (פיתוח הפלטפורמה: השקעה בפיתוח הממשק ובאינטגרציה עם מערכות. השקעה במערכות AI: פיתוח והטמעה של טכנולוגיות לבדיקה אוטומטית של ההגשות). הדרכות השימוש במערכת לכלל המשתמשים, הקצאת משאבים לתמיכה טכנית והדרכה. תמרוץ אם יהיה רלוונטי.</p>	<p>ממשק דיגיטלי אחד לתהליכי הרישוי הקמת ממשק לקבלת חומרים (תוכניות, גרמושקות) בתצורת BIM לצורך תהליכי הרישוי.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ ממשק מקוון המתייחס לתהליכי הרישוי והאישורים של חיי הפרויקט – התכנון, ההיתרים, הרישוי, ההיתרים ועד האכלוס. ■ קבלת סטטוס שלביות התוכנית החל משלב הבקשה להיתר ועד לקבלת טופס 4, תוך אינטגרציה וסנכרון עם מאגרי הנתונים של גופי הרישוי השונים. <p><u>הקמת מערכת תמיכה למשתמשים בממשק הן מנקודת המבט של הלקוחות (המגישים) והן מנקודות המבט של הרשויות. להלן המרכיבים לבניית הפלטפורמה:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. איסוף דרישות מכל הרשויות הרלוונטיות: הבנת הדרישות הספציפיות של כל רשות והשלב הרלוונטי לה. 2. פיתוח ממשק משותף: ממשק דיגיטלי מרכזי שמאפשר הגשת מסמכים ומידע לכל הרשויות בממשק אחד. לקחת תובנות מממשקים שנבנו לדוגמה, רישוי זמין, מערכת תיאום תשתיות. 3. אינטגרציה עם מערכות הרשויות השונות: לוודא שהמידע מסונכרן ועדכני בין מערכות גופי הרישוי השונים. 4. בדיקת ההגשות בהתאם להגדרת חוקים ותקנות בתוך המערכת: ניתן לבדוק את ההגשות והחומרים מול דרישות הרגולציה באמצעות טכנולוגיות שונות כגון בינה מלאכותית, על מנת לייעל את ההליכים ולשפר את איכות הבדיקות. 5. הקמת מערך תמיכה לכלל משתמשי המערכת.

תשתית תומכת

הערות ליישום	פעולות אפשריות
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>מינהל התכנון, משרד הפנים, רשויות מקומיות, ארגוני האדריכלים, מוסדות הכשרה, ארגונים יציגים.</p> <p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפעול: הגשת BIM בממשק</p> <p>השפעה: קיצור זמני הרישוי, שיפור איכות התכנון, קיצור משך ההמתנה</p> <p>פרמטרים לתקצוב:</p> <p>קורסים, סדנאות והכשרות. מעקב ובקרה אחר היישום לרשויות המקומיות.</p>	<p>מרכיבי דיגיטציה ברפורמת הרישוי העצמי</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ רפורמת הרישוי העצמי יוצרת הזדמנות לקיצור תהליכים מהותי. ■ ניתן לשלב את נושא החדשנות בבנייה על ידי חיוב פרויקט להטמיע דיגיטציה ו-BIM, כך ניתן יהיה לעקוב, לטייב ולפקח בצורה טובה יותר על הפרויקט לצד קידום הדיגיטציה.
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>מערך הדיגיטל, מפ"י, כלל גורמי הרישוי, משרד הפנים, מנהל התכנון, מינהל הדיור הממשלתי, משרד התחבורה, רשויות מקומיות, משרד האוצר.</p> <p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפעול: הקמת התשתית הטכנולוגיות ונגישות המידע, דיוק הנתונים, קלות הנגישות לנתונים</p> <p>השפעה: נתונים אשר ישמשו גם למקבלי החלטות על התקדמות ענף הבנייה בפרמטרים שונים לצורך קבלת החלטות מושכלות לפעולות, וכמו כן גם לציבור על סטטוס המצב בענף הבנייה והמגמות השונות.</p> <p>פרמטרים לתקצוב:</p> <p>פיתוח תוכנה וממשק, איסוף הנתונים, ניהול שוטף, אחזקה ותחזוקה, מומחי נתונים ואנליטיקה.</p>	<p>Dashboard לאומי לענף הבנייה בישראל</p> <p>ממשק אשר יהווה מערכת dashboard רוחבי, אשר יעודכן באופן עקבי ותדיר, הסוקר את כלל הפרויקטים הגדולים¹⁵⁷ בישראל ויספק בין היתר:</p> <ul style="list-style-type: none"> סקירה של פרויקטי הבנייה על-פי קריטריונים של מיקום, גודל, סוג, טכנולוגיות בנייה, שימוש ב-BIM, כח-אדם, פרויקט, סטטוס רישוי ואישורים וקריטריונים אחרים מידע לגבי פרויקטים בשוק הפרטי ופרויקטים בסקטור הציבורי, באמצעות נגישות למידע אשר זמין פומבית
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>מערך הדיגיטל הלאומי, מפ"י, כלל גורמי הרישוי, משרד הפנים, מנהל התכנון, רשויות מקומיות, משרד האוצר, חברות ממשלתיות, חברות הבנייה.</p> <p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפעול: הקמת התשתית הטכנולוגיות ונגישות המידע, דיוק הנתונים.</p> <p>השפעה: שימוש שוטף על ידי מקבלי החלטות לצורך ניהול ענף הבנייה בישראל.</p> <p>פרמטרים לתקצוב:</p> <p>מחקר ראשוני ובניית הקונספט, תשתית טכנולוגית, פיתוח ממשק, איסוף וניהול דאטה, הגנת סייבר ופרטיות, ייעוץ משפטי, תקציב ניהול שוטף, הקצאות כוח אדם (כולל עבור השותפים), ניהול שוטף, בעלי תפקידים, תקציבים לעדכון ותמיכה, מומחי נתונים ואנליטיקה.</p>	<p>הקמת תאום דיגיטלי (Digital Twin) בישראל</p> <p>ייצוג במודל וירטואלי ומתעדכן של פרויקטי הבנייה והתשתיות של ישראל, על בסיס נתונים ממקורות שונים, כגון חיישנים, תוכנות סימולציה ונתונים היסטוריים, ומספק בזמן אמת ייצוג מונחה המאפשר ניטור, ניתוח ושיפור.</p> <p>התאום הדיגיטלי יאפשר:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ ניטור תשתיות: בקרה מתמשכת על תשתיות החשמל, מים, ניקוז, כבישים וכו'. ■ מיפוי תוואי השטח והמצב הקיים בשטח באופן עדכני. ■ סימולציות וניתוח נתונים בזמן אמת. ■ מיפוי וייעול שירותי הממשלה. ■ זיהוי אתגרים וסיכונים, תחזוקה מונעת.

תשתית תומכת	
הערות ליישום	פעולות אפשריות
	בנייה מתועשת:
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>משרד האוצר, משרד הכלכלה, רשות החדשנות, קהילת חדשנות לבנייה, השוק הפרטי לרבות חברות ביצוע ותעשייה, אקדמיה, גופים יציגים ומתכננים ומהנדסים.</p> <p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפקול: מספר אירועים, עבודות (מחקרים וסקרים), חברי קהילה פעילים</p> <p>השפעה: העלאת המודעות בקרב ענף הבנייה, חיבורים חדשים, העלאת רמת התיעוש בפרויקטי הבנייה, הגדלת כמות המפעלים בבנייה מתועשת</p> <p>כרמטרים לתקצוב:</p> <p>עלויות אירועים וכנסים, עלויות כ"א שוטף, עלויות השכרת משרדים, אתר אינטרנט, מחקרים, סקרים.</p>	<p>הקמה / תמיכה בגוף לקידום הבנייה המתועשת 158 בישראל</p> <p>גוף אשר יפעל לקידום תיעוש הבנייה באמצעות קיום כנסים, קורסים, הכשרות, הקמת וניהול קהילת בנייה מתועשת, ביצוע מחקרים וסקרים, ועוד.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ הכשרות: קורסים, סיוורים מקצועיים באתרים ובמפעלים בארץ ובחו"ל. ■ קהילת בנייה מתועשת: קהילה המאגדת את הגורמים בנושא בענף, לצורך חיבורים, שיתוף ידע ואירועים. ■ מחקרים ומרכזי ידע: הפעלת מחקרים, פרסום קווים מנחים ועבודות מקצועיות, סקרים, מקרי בוחן ופרויקטי דגל, העוסקים בקידום הידע והבנייה המתועשת בראייה מתקדמת. ■ חיבור לארגונים דומים מן העולם: שיתוף ידע, הבאת מומחים. ■ כנס שנתי לעולמות הבנייה המתועשת: אירוע רב־משתתפים, עם מרצים מקומיים ובין־לאומיים, הצגת סטנדרטים, חיבורים בין המשתתפים לצורך קידום התחום. ■ בחינת התאמה למודלים מצליחים בארץ ובעולם, תוך שילוב סקטורים שונים, כגון השוק הפרטי, האקדמיה, המגזר הציבורי וכו'.
	חיבורי אקדמיה תעשייה, Deep Tech ומו"פ:
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>משרד האוצר, משרד החדשנות המדע והטכנולוגיה, מוסדות המחקר והאקדמיה</p> <p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפקול: כמות מחקרים, תוצרי ידע, טכנולוגיות חדשות.</p> <p>השפעה: הגדלת היצע טכנולוגיות הבנייה באמצעות מחקרים.</p> <p>כרמטרים לתקצוב:</p> <p>תקצוב יגובש בהתאם לתכנית העבודה שתיבנה.</p>	<p>הקמת פונקציה לקידום המחקר בתחומי החדשנות בענף הבנייה</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ קידום המחקר: גיבוש תוכניות מחקר רב־שנתיות והפעלת קולות קוראים למחקרים בתחומי החדשנות בענף הבנייה לצורך קידום טכנולוגיות חדשניות בעלי תוצרים יישומיים. קידום מחקרים בנושאים הקשורים למדיניות חדשנות, סקירות, סקרי ספרות וכו'. ■ הנגשת הידע המחקרי לציבור העוסקים בתחום בענף הבנייה. ■ עידוד וקידום שיתופי פעולה בין־לאומיים בין מכוני מחקר בארץ ובעולם. ■ תמיכה במחקר ובפיתוח בתעשייה לצורך קידום מוצרים חדשניים.

תשתית תומכת

הערות ליישום	פעולות אפשריות
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>משרד האוצר, מוסדות האקדמיה, השוק הפרטי (חברות ביצוע ועוד) מדדי הצלחה:</p> <p>תפעול: הוצאת מכרז אתגר בתדירות קבועה מראש (לדוגמה: כל רבעון או חציון או בתדירות שנתית), כמות ההגשות, קיום X פיילוטס ו-POC בשנה.</p> <p>השפעה: הפיכת ההגשות למוצרים, הטמעת המוצרים בקנה מידה רחב, השפעה על פיריון העבודה.</p> <p>פרמטרים לתקצוב:</p> <p>עלות מעטפת תמיכה לזוכים, מומחי בנייה, עלות ה-POC ופיילוטס, עלות הפלטפורמה, ניהול התהליך, אירועים והדרכות.</p>	<p>מכרזי אתגר, קולות קוראים, האקדמיה או תחרויות ממשלתיות לפיתוח רעיונות ופתרונות חדשניים הנוגעים באתגרי הענף</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ מכרזים וקולות קוראים לאתגרים לאומיים שעומים מתמודד הענף, כגון פיריון עבודה נמוך, קיצור משך הביצוע, הפחתת התלות בכוח אדם, ובדגש על עולמות מולטי-דיסציפלינריים בתחומי החומרים המתקדמים, הרובוטיקה, המכניקה וטכנולוגיות חדשניות אחרות. ■ פתיחות לטכנולוגיות דואליות מעולמות הפרקטיקה והאקדמיה. ■ קיום פיילוטס POC במימון המדינה, בחינת היתכנות לביצוע הפיילוטס באתרי הביצוע של החברות הממשלתיות. ■ יש לתמוך במכרזים אלו דרך ימי עיון, תיעוד מפורט של האתגרים וכן תמריצים מהותיים. חיוני שפעולות מודעות וחינוך מסוג זה ישימו דגש על חיבור מומחי תחומים מחוץ לענף הבנייה לפתרון אתגרים אלו (בדגש על עולמות טכנולוגיים מתקדמים).¹⁵⁹ ■ כולל אפשרות לשלב רכש של הטכנולוגיות באמצעות חברות ממשלתיות או בכריזות ממשלתיות.
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>משרד האוצר, מוסדות מחקר ואקדמיה, רשות החדשנות, השוק הפרטי - חברות תעשייה ובנייה, משרדי TTO, חממות, קרנות אירופאיות, משרד החינוך, משרד הבינוי והשיכון ומשרד החדשנות המדע והטכנולוגיה.</p> <p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפעול: מימון מו"פ ומחקרים יישומיים, כמות שיתופי פעולה ופרויקטים, כמות הגשות משותפות למסלולים שונים.</p> <p>השפעה: עלייה בכמות והשפעת המו"פ, אחוז הסטודנטים הנחשף לתחום וממשיך בו, הצלחת פיילוטס.</p> <p>פרמטרים לתקצוב:</p> <p>הון אנושי וניהול שוטף, תקציב מו"פ, מימון קורסים ופיילוטס, ליווי מקצועי ואקדמי, תשתיות, תהליכי חשיפה ו-ecosystem engagement.</p>	<p>הקמת גוף אקדמיה-תעשייה הנותן מענה מחקרי מעשי לאתגרי השטח של ענף הבנייה¹⁶⁰</p> <p>מו"פ משותף של האקדמיה והתעשייה, מסלולי יזמות, tech transfer offices (TTO), הגשות משותפות, ליווי סטודנטים.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ מודלים למימון מו"פ ומחקרים יישומיים בשת"פ משולש של הממשלה, האקדמיה והתעשייה עבור: <ul style="list-style-type: none"> ■ מחקרים לאתגרי התעשייה. ■ מסלולי מו"פ משותפים לתעשייה ולאקדמיה. ■ מכרזי אתגר ייעודיים לאקדמיה. ■ מסלולי האצת יזמות מן האקדמיה. ■ שילוב מנגנוני ה-TTO של האוניברסיטאות (Tech Transfer) בחיבור מחקרים לתעשייה. ■ הקונסורציום יקיים הידברות בין כלל הגורמים בענף, ישתף ידע ויקיים שיח שוטף בין התעשייה, האקדמיה והמדינה, יזהה צרכים, אתגרים ויפעל לשילוב משאבים ושיתוף ידע. ■ דגש על נושאים שבהם השוק הפרטי מתקשה לקדם מו"פ, כגון חומרים מתקדמים, מחזור וכו', ולפתורם ישנה תועלת מהותית למשק. ■ מסלול הגשות משותפות של האקדמיה והתעשייה למענקי מו"פ בין לאומיים. ■ שיתוף סטודנטים בצורכי התעשייה בקורסים וקולות קוראים. ■ ליווי מקצועי, חשיפה למשקיעים ומענקים, אקסלרציה לרעיונות, כולל פיילוטס.

תשתית תומכת

הערות ליישום	פעולות אפשריות
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>משרד האוצר, רשות החדשנות, קהילת חדשנות לבנייה, השוק הפרטי (חברות ביצוע), רשויות מקומיות, חברות ממשלתיות</p> <p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפעול: הקמת מאגר מידע של כל הפיילוטס, הטכנולוגיות והפתרונות, בניית תשתית לתמיכה</p> <p>סטנדרטיזציה של פיילוטס: פיתוח קריטריונים לבדיקה ואיסוף נתונים, הבטחת אובייקטיביות ומהימנות של נתוני הפיילוט.</p> <p>השפעה:</p> <p>הגדלת השימוש בטכנולוגיות חדשות, מספר הטכנולוגיות שהוכנסו לשוק הבנייה, מספר המקרים בהם נפתרו חסמים רגולטוריים, כמות החברות המיישמות חדשנות באתרי הבנייה, איכות וכמות הפתרונות המיושמים.</p> <p>פרמטרים לתקצוב:</p> <p>כוח אדם, מערכות מידע, אתר אינטרנט</p> <p>תקציבים לצורך הפעלת הפיילוטס.</p>	<p>תשתיות בדיקה, האצה והתנסות:</p> <p>גוף לקידום פיילוטס בחברות קבלניות קטנות ובינוניות בענף</p> <p>גוף אשר תפקידו לחבר בין חברות טכנולוגיה עם מוצרים חדשניים לצורך בחינת היתכנות והוכחת תועלות עם אתרי פיילוט (חברות בנייה, מתכננים, מפעלים וכו'). פעילות זו תתבצע במסגרת גוף קיים בתחום החדשנות או הקמתו של גוף חדש ייעודי לנושא זה.</p> <p>הגוף יעסוק בריכוז מידע על טכנולוגיות חדשות בענף הבנייה, מידע על אתרי בנייה לפיילוטס, ביצוע חיבורים בין הגורמים הרלוונטיים לצורך קידום הפיילוטס ולהוות כתובת ייעודית לכל העוסקים בתחום כדי לקדם את החדשנות בענף.</p> <p>להלן הצעות לפעילות הגוף:</p> <ol style="list-style-type: none"> הוצאת קולות קוראים לפיילוטס בטכנולוגיות חדשניות בבנייה תוך ליווי מקצועי בתהליך הפיילוט, וכמו כן ירכז הגוף את הקולות קוראים העדכניים לצורך מימון ותמיכה בפיילוטס. הכשרות ומתן כלים לניהול פיילוטס בחברות הבנייה. הגדרת קווים מנחים לניהול פיילוט לצורך אחידות באופן איסוף נתונים, מדידת התועלות וזאת כדי לגבש מקרי בוחן לדוגמה אשר יציגו תובנות לכלל העוסקים בתחום בענף הבנייה. במהלך הטמעת הטכנולוגיה הגוף ימפה ויזהה חסמים רגולטוריים, יגיש אתרי ניסוי והדגמה לחברות הטכנולוגיה, דרך חברות ביצוע חברות ממשלתיות, רשויות מקומיות וכו'. בחינת האפשרות לספק תמיכות תקציביות להטמעה.
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>רשות החדשנות, חברות הבנייה, חברות ממשלתיות, משרד המשפטים, רשויות מקומיות, רמ"י, יזמים - המגזר הציבורי, השוק הפרטי</p> <p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפעול: כמות החברות במסלול, אפקטיביות ה-Sandbox.</p> <p>השפעה: שילוב הפתרונות בשוק הבנייה, שינוי בפועל של רגולציות, שותפויות עסקיות והשקעות.</p> <p>פרמטרים לתקצוב:</p> <p>גיבש בהתאם לתכנית המפורטת</p>	<p>הקמת ארגזי חול רגולטורים ¹⁶¹ (Regulatory Sandboxes) ¹⁶²</p> <p>לענף הבנייה בישראל</p> <p>ארגז חול רגולטורי לבנייה הוא מסגרת ניסוי מבוקרת שמאפשרת לחברות, יזמים וקבלנים לבחון טכנולוגיות חדשניות, שיטות בנייה חדשות או תהליכים דיגיטליים – בתוך סביבה רגולטורית גמישה ובפיקוח ממשלתי. המטרה היא לאפשר חדשנות מבלי להפר את דרישות החוק הקיימות, תוך ניהול סיכונים והגנה על הבטיחות, האיכות והשקיפות.¹⁶³</p> <p>הרגולציה הקיימת בענף הבנייה מקשה על אימוץ טכנולוגיות מתקדמות (כגון רובוטיקה, הדפסה בתלת-ממד AI, וחומרים חכמים) ארגז החול מאפשר התנסות בפתרונות חדשניים בתנאים מבוקרים, מכחית חסמי כניסה לסטארטאפים ומשפר את הפריזון, הבטיחות והאיכות. בנוסף לכך, הוא מהווה פלטפורמה ללמידה רגולטורית וגיבוש כללים מותאמים, ותומך בהתמודדות עם אתגרים לאומיים כמו מחסור בדיור ובכוח אדם.</p> <p>עקרונות עיקריים של ארגז חול רגולטורי לבנייה:</p> <ul style="list-style-type: none"> קריטריונים לכניסה: טכנולוגיות בנייה שאין להם מענה בתקינה קיימת ומשפרות ערכים קיימים כגון - פריזון, בטיחות, קיימות. מרחב ניסוי ייעודי: אתר בנייה מאושר ליווי מקצועי. מרחב לבחינה רגולטורית מיסוד התוצאות: ניתוח הפיילוט והחלטה על המשכתו או עצירתו.

תשתית תומכת

הערות ליישום	פעולות אפשריות
<p>שותפים רלוונטיים: רשות החדשנות, חברות הבנייה, חברות ממשלתיות, רשויות מקומיות, רמ"י, השוק הפרטי</p> <p>מדדי הצלחה: תפעול: כמות החברות, כמות קולות קוראים. השפעה: שילוב הפתרונות במסגרת הבינוי בהסכמי הגג או בשטחי הרשות, כמות הסטארטאפים בתחומי הבינוי והתשתיות הפועלים במרחב העירוני.</p> <p>פרמטרים לתקצוב: עלות מרחב מבוקר ומפוקח, מומחים רגולטוריים, ניטור בדיקה ודיווח, הגנה ביטוחית, מומחים חיצוניים, גוף מסנכרן. עלות פרויקטור חדשנות לעיר לצורך בניית התשתית וסנכרון תהליכים מקומיים.</p>	<p>חיזוק יכולות הרשות המקומית / אשכולות בקידום טכנולוגיות וחדשנות בבנייה בתחומן</p> <p>עידוד רשויות מקומיות להקמת אזורי הדגמה לטכנולוגיות בנייה</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. הוצאות קול קורא לתמיכה ברשות (או אשכול) המעוניינת להפוך לרשות מדגימה לטכנולוגיות. יושם דגש על רשויות מקומיות בעלות תנופת בנייה משמעותית כגון רשויות עם הסכמי גג. המדינה תתמוך ברשויות אלה ותסייע בהכשרות לגורמים המקצועיים בתחומה בהיכרות עם עולם החדשנות בבנייה. 2. מומלץ לבחון מנגנון המאפשר לכל רשות להפוך שטח חום (שטחים המיועדים להקמת מבני ציבור) לאזור הדגמה זמני. שטחים אלו יאפשרו בדיקות טכנולוגיות ושיטות מסוגים שונים ויאפשרו גמישות אל מול חוק התכנון והבנייה והטמעת תובנות בתקנות העירוניות והארציות. 3. שטח זה יכול להתחבר ל־Hub טכנולוגי עירוני שאליו מוזמנים סטארטאפים ממגוון תחומים המתחברים למרחב (Climate tech, Prop Tech, Construction Tech) ומסייע לבצע איתם תהליכי האצה, ניתן לבחון תמיכה ברשויות לשם הקמת מרכזים מסוג זה. <p>תמיכה ברשויות המקומיות באמצעות הקמת תשתית של ידע ויכולות</p> <p>תמיכה בשירותי ייעוץ לחדשנות בבנייה ברשויות המקומיות בתחומי התכנון, הביצוע, האחזקה וכל תחום רלוונטי אחר. ייעוץ זה יסייע בין היתר במיפוי התהליכים והפרויקטים שבאחריות הרשות המקומית, גיבוש מטרות ויעדים ארגוניים, זיהוי טכנולוגיות שיכולות לתת מענה ליעדים אלה, בניית מדדי הצלחה, תוכנית עבודה ליישום וכו'.</p> <p>שירותי הייעוץ יביאו לבניית התשתית לחדשנות בתחום הבנייה ברשות המקומית, סנכרון תהליכים ובמטרה להביא ליישום תהליכים ושינויים אסטרטגיים ארגוניים וקידום טכנולוגיות הבנייה החדשות.</p>

ידע, יכולות והון אנושי	
שותפים רלוונטיים	פעולות אפשריות
	פיתוח יכולות:
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>משרד הכלכלה, משרד האוצר, מערך הדיגיטל הלאומי, אקדמיה, שוק פרטי</p> <p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפקול: הפעלת ה-Hub, כמות החברות הנעזרות בו, כמות החברות הקטנות והבינוניות הנעזרות בו.</p> <p>השפעה: אחוז החברות המטמיעות דיגיטציה בתשתית ובפרויקטים (לפי פילוחים).</p> <p>כרמטרים לתקצוב:</p> <p>הון אנושי, תמיכה בגוף המפעיל, הנגשת כלים דיגיטליים, הכשרות, מקרי מבחן, תמיכה בחברות, ייעוץ מקצועי, תמריצי הטמעה שונים.</p>	<p>הקמת גוף מקצועי המקדם דיגיטציה בענף הבנייה</p> <p>גוף התומך בקפיצת מדרגה דיגיטלית וסגירת הפער הדיגיטלי של חברות הבנייה, בדגש על חברות קטנות ובינוניות, וכן עבור רשויות וגורמים נוספים.¹⁶⁴</p> <p>יצירת מסגרת מקיפה של שירותי תמיכה ומגוון משאבים להאצת השימוש בדיגיטל במגזר הפרטי. הגוף יעסוק כאמור בהעלאת המודעות, מתן משאבים וכלים, ייעוץ מקצועי וגישה לשירותי הדגמה לטכנולוגיות שונות. מסגרת כזאת יכולה לכלול את פונקציות הבאות:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ כלי בדיקה בסבסוד המדינה המאפשר לחברות לבחון את הבשלות הדיגיטלית שלהן, כולל השוואה לחברות אחרות וקבלת המלצות מותאמות למצב החברה ועוד (בדומה לבלגיה¹⁶⁵ שם יצרו Digital maturity self-assessment tool, המאפשר לחברות לבחון את הבשלות שלהן ולהעריך את צורכיהן). ■ הנגשה של כלים נבחרים בסבסוד חלקי של המדינה, כולל ליווי בהטמעת השימוש בכלים. ■ הכשרה לשימוש בכלים דיגיטליים עבור אנשי מפתח בארגון, החל מהמטה ועד לדרג מנהלי עבודה ולדרג העובדים בשטח. יש לייצר הכשרה מסוג זה לפי שפות הדיבור של העובדים באתר וכן לבצע אותה באתר עצמו. ■ יצירת מקרי מבחן המדגימים את ה-ROI הנובע משימוש בכלים דיגיטליים, והמחשה כיצד הכלים תורמים לפרודוקטיביות ואיכות, בריאות ובטיחות, מודלים עסקיים, ניהול חכם של שרשרת האספקה והרכש, שימור הון אנושי וכו'. ■ מנגנון חיבור בין סטארטאפים בתחום הדיגיטציה או מוצרי מדף לבין צורכי חברות בנייה, ובין האקדמיה לפרקטיקה. ■ הוצאות ניירות עמדה, מדריכים, דו"חות ופרסומים לטובת קידום הדיגיטציה. ■ הובלת קבוצת עבודה וחשיבה לקידום הדיגיטציה. <p>לאור מסקנות מהפעלת פלטפורמות דומות בעולם יש לתת את הדגש על חברות קטנות ובינוניות וקבלני ביצוע, וכן לאפשר למידת עמיתים דרכה. חברות שנמצאות בתהליך שינוי יוכלו לשתף אתגרים ותובנות.</p>

ידע, יכולות והון אנושי

שותפים רלוונטיים	פעולות אפשריות
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>משרד הכלכלה, משרד העבודה, אקדמיה ומכוני מחקר, שוק פרטי</p> <p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפעול: כמות החברות המגישות בקשות לתמיכה.</p> <p>השפעה: הטמעת טכנולוגיות ושיטות בנייה, שיפור ביצועים והתייעלות מדידים.</p> <p>כרמטרים לתקצוב:</p> <p>יועצים מקצועיים, פיתוח תוכניות הכשרה וייעוץ, תוכניות מימון ותמיכה.</p>	<p>ייעוץ וליווי חברות ביצוע בהטמעת חדשנות והתייעלות</p> <p>שירותי ייעוץ בתמיכה ממשלתית המיועד בעיקר לחברות בנייה בינוניות וקטנות, שם התועלת היחסית תהיה גדולה יותר.</p> <p>השירות בא לאבחן את מתודות העבודה והניהול של חברות הבנייה במטרה לזהות אזורים שבהם ניתן לשפר ולייעל את דרכי העבודה והביצוע, להציע פתרונות תוך ליווי ההטמעה. להלן דוגמה לתהליך:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ מיפוי המצב הקיים בפעילות העסקית. ■ בניית תהליכים לבחינת והטמעת טכנולוגיות ומוצרים חדשים. ■ זיהוי אתגרים וחסמים מרכזיים להטמעת חדשנות – יצירת מפה של אתגרי החברה ותוכנית עבודה להתמודדות מולם. ■ פיתוח תשתיות ארגוניות לפיריון וחדשנות. ■ זיהוי הזדמנויות מימון לחברה, להתייעלות, טכנולוגיות, שותפויות ושיטות בנייה. ■ מתן כלים לדרגים השונים בחברות הבנייה, במטה ההנהלה ובשטח.
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>רשות החדשנות, שוק פרטי (יצרנים, חברות טכנולוגיה וכו'), מוסדות אקדמאיים, קהילת חדשנות לבנייה</p> <p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפעול: הקמת המרכז והשקתו, מעורבות ציבורית ומקצועית (כמות המבקרים ושיתופי פעולה).</p> <p>השפעה: שינוי התפיסה והמודעות (באופן מדיד), הטמעת טכנולוגיות, יצירת שיתופי פעולה ומחסור בענף.</p> <p>כרמטרים לתקצוב:</p> <p>הון אנושי, תשתית הקמה (מבנה), תקציב לתפעול ותחזוקה, שיווק, מחקרים ושיתופי פעולה.</p>	<p>מרכזי הדגמה לציבור ולקבלנים על מצוינות וחדשנות בבנייה</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ מרכז הדגמה פתוח לציבור המתעניינים בתחום, הנועד להציג ולהמחיש פיזית את יתרונותיהן של טכנולוגיות בנייה חדשניות בערכים השונים, לסייע להעלאת מודעות ולהפיג ספקות וליצור ודאות בקרב צרכני הקצה. ■ המרכזים יאפשרו הדגמות של טכנולוגיות תוך בניית אב"ט ייחודי, הצגת היכולות והמחשתן במרחב פיזי. ■ מרכז ההדגמה ימחיש מצוינות בטכנולוגיות, יציג מקרי מבחן ויבסס ידע מקצועי בתחום בשילוב אמצעים פיזיים וויזואליים. ■ מרכז מסוג זה יכול גם לשמש קבלנים המעוניינים להיחשף לטכנולוגיות ולשיטות חדשניות באופן ישיר ולקבל הסבר מקצועי אודותיהן.

ידע, יכולות והון אנושי

שותפים רלוונטיים	פעולות אפשריות
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>מוסדות אקדמיה, שוק פרטי (תעשייה, חברות ביצוע, חברות טכנולוגיה וסטארטאפים)</p> <p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפעול: דו"ח חדשנות: הפצה ותדירות, סושיאל: נתוני מעקב וחשיפה.</p> <p>השפעה: שינוי תפיסה ומודעות (באופן מדיד), הטמעות ושיתופי פעולה, תדמית, כמות הנכנסים לתחום, השפעת התכנים על פעולות חברות הבנייה.</p> <p>פרמטרים לתקצוב:</p> <p>איסוף חומרים, כתיבת והוצאת דו"ח חדשנות שנתי, תקצוב קמפיינים ומדיה חברתית, כנסים ואירועים, אנליטיקות ומדידת השפעה.</p>	<p>יצירת נראות וסיפורי הצלחה</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ יצירת זרוע מדיה חברתית במטרה להציג מקרי בוחן של חדשנות בבנייה, ראיונות עם גורמי מקצוע, הרצאות וכו'. ■ הפקת ופרסום דו"ח שנתי אודות מצב החדשנות בענף הבנייה בישראל, שיציג מדדים מתעדכנים על בסיס שנתי לצורך מעקב, ובהתאם לנדרש התאמת תוכניות העבודה של המשרדים הממשלתיים. בחינת אפשרות לשלב בדו"ח את מדד חברות הבנייה/ פרויקטי הבנייה החדשניים בישראל ובכך לתמרץ חברות להטמיע חדשנות בפרויקט הבנייה ולהשקיע בנושא. ■ קידום ושיווק כנסים, ימי עיון ואירועים נוספים בהשתתפות יזמים, קבלנים, חברות טכנולוגיה וגורמים נוספים.
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>שוק פרטי (חברות ביצוע, תעשייה, מתכננים), מוסדות אקדמאיים, קהילת חדשנות לבנייה</p> <p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפעול: קטלוג המוצרים: כמות המוצרים בקטלוג, מספר הכניסות, מקרי מבחן: תדירות מקרי המבחן והחשיפה אליהם.</p> <p>השפעה: מידת השימוש וההשפעה על השוק, הנגשה בפועל של פתרונות לחברות הבנייה, ביצוע עסקאות והטמעות בעקבות הנגישות למידע, שינוי תפיסה ומודעות (באופן מדיד), הטמעות ושיתופי פעולה, השפעת התכנים על פעולות חברות הבנייה.</p> <p>פרמטרים לתקצוב:</p> <p>פיתוח ותחזוק פלטפורמה מקוונת, ניהול והפעלה, איסוף ועיבוד מידע (לקטלוג ולמקרי המבחן), קידום ושיווק, השקעות בשיתופי פעולה.</p>	<p>יצירת ממשקי ידע תומכי חדשנות לשוק הבנייה</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ קטלוג החדשנות: פלטפורמה מקוונת המאחדת בממשק אחד את כל המידע אודות חדשנות בבנייה – חומרים, מוצרים, שיטות, טכנולוגיות וסטארטאפים לכל גורם המתעניין ברכישת טכנולוגיות חדשניות. ■ מקרי בוחן: הפצה באופן קבוע של מקרי בוחן בטכנולוגיות בנייה חדשניות בהתאם לסוגי מבנים שונים, תשתיות, מורכבות הפרויקט ועוד. באמצעות הצגת מקרי הבוחן יוצג מידע טכני הנדסי תכנוני לצד תוכן מעורר השראה, אשר יאפשר לימוד וגם יעניק הזדמנות לחברות העוסקות בנושא החדשנות להוות דגל מוביל בתחום ולהביא עוד חברות לקדם חדשנות. ניתן לבחון הקמת פעילות זו באמצעות גוף חיצוני קיים בתמיכת המדינה, או גוף חדש, כגון אלו שהומלץ להקיםם בסעיפים הקודמים (כגון גוף המקדם את הבנייה המתועשת בישראל או גוף התומך בפילוטרים לחברות בינוניות וקטנות).

ידע, יכולות והון אנושי

שותפים רלוונטיים	פעולות אפשריות
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>נציגים מגופי רגולציה בענף הבנייה – שלטון מקומי ושלטון מרכזי</p> <p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפקול: קהילת חדשנות לרגולטורים: הקמה, תדירות פגישות ופעילות, הכשרות: כמות המשתתפים.</p> <p>השפעה: יישום רעיונות רגולטוריים, פיילוטים, יישום ידע וכלים.</p> <p>פרמטרים לתקצוב:</p> <p>תקצוב פעילות הקהילה, מימון ייעוץ עם מומחי רגולציה מקומיים ובין-לאומיים, תקצוב הכשרות וסדנאות, השלמת חוסרי ידע.</p>	<p>פיתוח הון אנושי לחדשנות</p> <p>פורום חדשנות לרגולטורים</p> <p>קהילת חדשנות לרגולטורים:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ הקמת קהילה מקצועית של רגולטורים בענף הבנייה. הקהילה תעסוק בקידום חדשנות בהליכי הרגולציה, בחשיבה משותפת על ייעול תהליכים, בזיהוי רגולציות סותרות או כרוכות זו בזו, ועל זיהוי טכנולוגיות חדשניות ממוקדות ורוחביות היכולות לשפר את התהליכים. הקהילה תקיים ימי עיון, שולחנות עגולים ועוד. ■ שיתוף פעולה של הקהילה עם קהילות חדשנות משיקות כגון קהילת חדשנות לבנייה חכמה. <p>הכשרות לדרג פקידות:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ הכשרות וסדנאות מקצועיות בתחומי החדשנות בענף הבנייה לגורמים העוסקים ברגולציה בגופים השונים – הנגשת המידע, הכלים והידע אודות חדשנות עדכנית בתחום, מקרי בוחן ממדינות בעולם, שיפור וייעול תהליכי רגולציה באמצעות טכנולוגיות, הרצאות אורח ועוד.
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>רשות החדשנות, מכללות ואקדמיות, שוק פרטי (חברות ביצוע, חברות טכנולוגיה)</p> <p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפקול: כמות הנרשמים, כמות המשתתפים.</p> <p>השפעה: כניסת הון אנושי חדש ואיכותי לענף, הטמעות חדשנות בעקבות ההכשרות, הגדלת כמות העובדים בפועל בכל אחת מהקטגוריות, הגדלת אחוז הפרויקטים בבנייה מתועשת.</p> <p>פרמטרים לתקצוב:</p> <p>פיתוח ההכשרות, שת"פ עם מוסדות, מסלול השמה, שיווק, הכנת חומרי לימוד, מרצים ויועצים, מיקום ולוגיסטיקה, הקמת תוכניות לימוד סדורות, ניהול וסנכרון, שיתופי פעולה שונים.</p>	<p>הכשרות למתודולוגיות עבודה מתקדמות</p> <p>הכשרות ושיתוף ידע בתחום שיטות ומתודולוגיות עבודה מתקדמות בתהליכי ניהול הבנייה והביצוע, אשר מביאים להשאת ערך פרויקט הבנייה באופן המרבי.</p> <p>דוגמאות לתכנים רלוונטיים להכשרות אלו:</p> <p>הכשרה למתודולוגיות עבודה מתקדמות עבור חברות בנייה ובעלי מקצוע רלוונטיים מהענף</p> <p>לנושאים כגון</p> <p>שיטות מרכז INTEGRATED PROJECT DELIVERY</p> <p>שיטות ניהול הבנייה כגון LEAN CONSTRUCTION</p> <p>ושיטות תכנוניות כגון BIG ROOM.</p> <p>הכשרות למנהלי עבודה ומנהלי אתרי בנייה</p> <p>ההכשרה תכלול הנגשת ידע בנושא רקע בתחום החדשנות בבנייה, שיטות עבודה לניהול פיילוטים באתר הבנייה, טרמינולוגיה של טכנולוגיה וסטארטאפים, ואף תפתח אפיקים חדשים לעובדים לקידום והתפתחות.</p>

ידע, יכולות והון אנושי

שותפים רלוונטיים	פעולות אפשריות
<p>שותפים רלוונטיים: שוק פרטי, מכללות ומוסדות אקדמאיים</p> <p>מדדי הצלחה: תפעול: כמות הנרשמים, כמות המשתתפים, כמות החברות.</p> <p>השפעה: כמות מנהלי החדשנות בחברות בנייה, השפעת מנהלי החדשנות בתוך חברות הבנייה, כמות יוזמות.</p> <p>פרמטרים לתקצוב: פיתוח ההכשרה, שת"פ עם מוסדות, שיווק, הכנת חומרי לימוד, מדידת השפעה, ניהול וסנכרון.</p>	<p>הכשרות ותוכניות למנהלי חדשנות וביסוס מקצוע מנהל החדשנות בענף</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ להקים מערך הכשרות ייעודיות למנהלי חדשנות בענף הבנייה, ובכך לייצר תהליכי לימוד הדדיים, היכרות עם סטנדרטים בין-לאומיים בתחום ועוד. ■ הכשרות אלו יכולות להוביל לגיוס עובדים מתחום ההייטק לתפקידי מנהלי חדשנות בחברות הבנייה. ■ ניתן להקים במסגרת זו גם פורום מנהלי חדשנות בענף הבנייה אשר יהווה רשת עמיתים לצורך למידת מקרי בוחן לחדשנות, שיתוף ידע, הכשרות וכו'. ■ להלן דוגמאות לתוכני הכשרה מסוג זה: ■ תמיכה בתהליכי חדשנות פנים-ארגוניים בחברות הבנייה. ■ הטמעת טכנולוגיות חדשניות בפרייקטי החברה. ■ ניהול חדשנות בחברות קבלניות בינוניות וקטנות. ■ יצירת סוכני שינוי בתוך הארגון, הטמעת דיגיטציה בארגון. ■ יצירת תשתית לנהלי העבודה עם חברות סטארטאפ, לרבות יצירת מדדים ובניית מנגנון הפקת לקחים ומסקנות. ■ היכרות עם טכנולוגיות בנייה חדשניות, שיטות בנייה חדשות ועם הרגולציה הרלוונטית להטמעה. ■ ניתן לספק לבוגרי הקורס מעטפת תמיכה בהטמעת התכנים, פיילוטים, תהליכי אבחון ועוד.
<p>שותפים רלוונטיים: רשות החדשנות, חברות הבנייה, חברות טכנולוגיה ותעשייה, אוניברסיטאות ומכללות.</p> <p>מדדי הצלחה: תפעול: כמות הנרשמים, כמות המשתתפים. השפעה: אחוז בעלי ההכשרה הטכנולוגית העובדים בפועל בענף הבנייה, מידת השפעה על הענף.</p> <p>פרמטרים לתקצוב: פיתוח ההכשרה, תמריצים למשתתפים, מסלולי השמה, שת"פ עם מוסדות, שיווק, הכנת חומרי לימוד, מנגנון מעקב ומדידת השפעה, ניהול וסנכרון.</p>	<p>תוכנית הכשרה להיכרות עם ענף הבנייה לבעלי ידע טכנולוגי מתקדם</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ בדומה למסלול חירום להכשרות והשמות מהירות במקצועות ההייטק (של רשות החדשנות) מוצע לבצע הכשרות למהנדסים מתחומי הכימיה, המכניקה, הרובוטיקה, מדעי המחשב, האווירונאוטיקה ועוד, אודות אתגרי ענף הבנייה, החסמים, ההזדמנויות והאפשרויות לקדם פיתוחים. ■ באמצעות הכשרה זו יונגש הענף לאלה שאינם מעורים בתחום הבנייה, לאפשר להם הזדמנות להיכנס לתחום ולפתח היצע טכנולוגיות ושיטות בנייה. ■ הכשרות אלו יכולות להיות חלק מתוכניות הלימודים של סטודנטים הלומדים במקצועות ההנדסה או תוכניות היכרות כחלק מלימודי ההמשך של אנשי מקצוע.

ידע, יכולות והון אנושי

שותפים רלוונטיים	פעולות אפשריות
<p>שותפים רלוונטיים: משרדי ממשלה, ארגונים יציגיים, מכללות ואקדמיה, שוק פרטי וארגונים נוספים</p> <p>מדדי הצלחה: תפועול: כמות המשתתפים, כמות הקורסים וההכשרות.</p> <p>השפעה: הטמעה בפועל של בנייה מתועשת וחדשנות בבנייה.</p> <p>פרמטרים לתקצוב: יועצים מקצועיים, פיתוח קורסים מרצים, מיקום פיזי, מנגנון תמיכה במשתתפים, קידום שיתופי פעולה עם התעשייה, מלגות.</p>	<p>קורסים והכשרות לבנייה מתועשת מוצע לתמוך בהכשרות מסוג זה באופן משמעותי על מנת להפכן לאטרקטיביות למעסיקים ולכוח האדם בענף.</p> <p>יש לייעד הכשרות לכלל הגורמים בשרשרת הבנייה, משלבי התכנון ועד לביצוע באתר הבנייה:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ מנהלי ביניים באתרי הבנייה – הכשרות בפרקטיקות עבודה חדשות, טכנולוגיות חדשות שיכולות לייעל את הפרויקטים, לקצר את העבודה ולהעלות את הפרייון. ■ מנהלים בכירים בחברות יזמות / ביצוע – התוויה אסטרטגית ארגונית להטמעת חדשנות בארגון, תוך הבנת היתרונות הכלכליים והתועלות העסקיות. ■ הכשרות למיזמניות מעשיות בהתאם לצורכי השוק – מיכוי של הפונקציות והמיזמניות החסרות בענף לצורך קידום התיעוש – תוך שיתוף הגורמים המקצועיים ממשרדי הממשלה הרלוונטיים. כשלב ביניים ניתן לבסס מסלולי הכשרה מזורזים, בתקצוב ממשלתי למנהלי עבודה במסגרות הקיימות (מכללות, אוניברסיטאות, תוכניות הכשרה). <p>מהלכים תומכים לקורסים והכשרות:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ קידום בניית מערכי לימוד סדורים בנוגע לבנייה מתועשת, במסגרת תוכניות הלימודים במוסדות האקדמיים ובהכשרות המקצועיות. ■ קיום כנסים והשתלמויות להגברת המודעות של יזמים וקבלנים, מתכננים ואדריכלים ויתר העוסקים בתחום. ■ יצירת מקרי מבחן לימודיים הכוללים מידע טכני וחישוב התועלות שנתרו בעקבות היישום (כגון ROI על ההשקעה בבנייה מתועשת בעלויות ומשך הבנייה, שיפור הבטיחות בבנייה וכו').

ידע, יכולות והון אנושי

שותפים רלוונטיים	פעולות אפשריות
<p>שותפים רלוונטיים: אוניברסיטאות ומכללות בתחומי הבנייה ובמקצועות משיקים</p> <p>מדדי הצלחה: תכעול: אחוז הסטודנטים הרלוונטיים הנחשפים לתוכני חדשנות (אדריכלות, הנדסה, מקצועות הבנייה), כמות הקורסים החדשים או המותאמים.</p> <p>השפעה: עלייה במספר היוזמות לחדשנות שמומשו במסגרת אקדמית, אחוז הבוגרים שבחרו להשתלב בתעשיית החדשנות בענף הבנייה, מספר השותפויות בין האקדמיה לתעשייה, אחוז הסטודנטים מתחומים שאינם תחומי הבנייה (כימיה, מכניקה, תעשייה) המשתלבים בתחום.</p> <p>פרמטרים לתקצוב: סקרים, ראיונות וניתוח מקרים, גורם מתכלל.</p>	<p>חיבור דור העתיד</p> <p>דו"ח סטטוס חדשנות בבנייה בעולם האקדמאי בישראל סטטוס וסקירה של הפעולות האקדמאית בנושא חדשנות בענף הבנייה-יוזמות, הכשרות, קורסים, הרצאות ועוד.¹⁶⁶ מטרות הדו"ח:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ לסקור ולקדם חשיפת סטודנטים מדיסציפלינות שונות לתחום החדשנות בבנייה, להציג יוזמות שונות כגון קורסים ומסלולים ייעודיים לתחום. ■ לקדם את היכולת והפוטנציאל של מוסדות אקדמיים לפעול לקידום החדשנות בענף, לסייע בחיבורים בין הסגל האקדמי לבין גורמי מקצוע מן האקדמיה ומחוץ לה. ■ זיהוי פערי ידע ותחומים משיקים המהווים פוטנציאל לשילוב חדשנות. ■ הצגת מקרי בוחן וסיפורי הצלחה ודוגמאות להטמעת קורסים חדשים. ■ הצגת התשתיות השונות במוסדות השונים (לדוגמה: מעבדות להדפסות תלת־ממד). <p>שיטת איסוף המידע לדו"ח:</p> <p>סקרים: פנייה למוסדות אקדמיים לאיסוף נתונים על קורסים ותוכניות חדשנות קיימות.</p> <p>ראיונות עומק: עם ראשי תוכניות, מרצים וסטודנטים.</p> <p>ניתוח מקרים: סקירה של פרויקטים מוצלחים באקדמיות בישראל ובעולם.</p>
<p>שותפים רלוונטיים: משרדי ממשלה, אוניברסיטאות ומכללות, בעלי מקצוע, שוק פרטי (חברות ביצוע, תעשייה)</p> <p>מדדי הצלחה: תכעול: אחוז סטודנטים הנחשפים לתוכני החדשנות (אדריכלים, מהנדסים ושאר העוסקים במקצועות הבנייה), אחוז הסטודנטים שנחשפו לקורס יישומי, כמות הרעיונות לאקסלרציה.</p> <p>השפעה: עלייה בכמות הקורסים וההכשרות לסטודנטים, כמות היוזמות לאקסלרציה, אחוז הבוגרים שבחרים להמשיך בתחום החדשנות בענף, אחוז הסטודנטים מתחומים שאינם תחומי הבנייה המשתלבים בתחום.</p> <p>פרמטרים לתקצוב: חומרים ומערכי שיעור תמריצים לשת"פ אקדמיה- תעשייה, תיעוד, ימי עיון, סנכרון תהליכים.</p>	<p>קידום חשיפת סטודנטים לעולמות החדשנות בבנייה במסגרת קורסים קיימים או חדשים</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ לעודד את המוסדות האקדמיים להקים מסלולי הכשרות ייעודיים לחדשנות בבנייה (לדוגמה, במסגרת התואר השני) או דרך קורסים ייעודיים אשר יחשפו את הסטודנטים לעולמות ה־construction tech, תעשיית 4.0 בבנייה וחדשנות בביצוע. ■ לייצר מערכי שיעור לחדשנות על בסיס ידע מקצועי מהשטח. ■ לסייע לאקדמיה לייצר practicum (התמחויות) לסטודנטים בוגרים על מנת שייחשפו לתחום על ידי עבודה מעשית עם חברות רלוונטיות, ובמסגרת זו לעודד חשיבה על פתרונות חדשניים. ■ לקדם מסלולי אקסלרציה לפיתוח וקידום רעיונות ויוזמות של סטודנטים לפיתוח טכנולוגיות חדשניות, כולל תמיכה וליוי עסקי ומקצועי. ■ לפרסם מענקי מחקר ייעודיים לחדשנות בבנייה. ■ במסגרת המהלך מומלץ לבצע מיפוי של הקורסים הקיימים כיום הנוגעים לתחום החדשנות, מתוך המיפוי ניתן יהיה לזהות פערי ידע, סיפורי הצלחה, מקרי בוחן לשכפול. <p>פעילות זו יש לייצר בשיתוף עם המוסדות האקדמיים בישראל (אוניברסיטאות ומכללות העוסקות בתחומי הבנייה אך גם מוסדות שבהם לומדים תחומים משיקים, כגון כימיה, מכניקה וכו').</p>

רגולציה מאפשרת	
שותפים רלוונטיים	פעולות אפשריות
<p style="text-align: center;">שותפים רלוונטיים:</p> <p>משרדי ממשלה ונציגים מגופים רגולטוריים בענף הבנייה.</p> <p style="text-align: center;">מדדי הצלחה:</p> <p>מדדי תפעול: הקמת והפעלת הפורום, תדירות פגישות ופעילויות של הפורום, מידת המעורבות בפורום.</p> <p>מדדי השפעה: זיהוי טכנולוגיות חדשות, הסרת חסמים, זיהוי מגמות טכנולוגיות לשינוי ענף הבנייה הדורשות מעורבות רב-מערכתית (כגון בינה מלאכותית, דיגיטציה).</p> <p style="text-align: center;">פרמטרים לתקצוב:</p> <p>סדנאות, סיורים, תיאום בין הגופים, תקציב מחקרים, ייעוץ מקצועי.</p>	<p style="text-align: center;">סנכרון רגולטורי</p> <p style="text-align: center;">פורום רגולטורים בין-משרדי לחדשנות בענף הבנייה</p> <p>בשל ריבוי גופים רגולטוריים המעורבים בתהליכי הבנייה, הרישוי והאישורים, יש לוודא שהגופים יהיו מסונכרנים זה לזה, ולהבטיח שיתוף פעולה בין הגופים בכל הנוגע לקידום חדשנות המייעלת ומיטיבה את ענף הבנייה. לצורך מטרה זו, מומלץ להקים פורום לחיבור בין הגורמים ברמה הבין-משרדית על בסיס יעדים משותפים וכן לנוכח מטרותיו של כל משרד.</p> <p>לצורך מטרה זו, יפעל גורם ממשלתי לריכוז פעילות הפורום, לבניית תוכנית עבודה ולתיאום פגישות על בסיס קבוע, במטרה לאפשר את כניסתן של טכנולוגיות ומתודולוגיות חדשניות לייעול תהליכי העבודה, תוך פתירת חסמים, וכמו כן לזהות אפשרויות לקידום החדשנות במסגרת העבודה הממשלתית.</p> <p style="text-align: center;">הצעות לפעילות הפורום:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ זיהוי חסמים רגולטוריים לצורך קידום החדשנות ובהצעת צעדים להסרתם, תוך שמירת האינטרס הציבורי. ■ מיפוי תהליכים בעלי פוטנציאל לשיפור באמצעות חדשנות והצעת טכנולוגיות לקידום ויישום. ■ למידה מגופי רגולציה מקבילים בעולם ביישום תהליכים חדשניים והפקת לקחים לצורך היישום בארץ. ■ קיום סדנאות וסיורים הנוגעים לחדשנות בבנייה. ■ העלאת מקרי בוחן של חסמים בקידום טכנולוגיות לצורך דיונים להסרת חסמים לצורך יישום. <p style="text-align: center;">פורום רגולציה לבנייה מתועשת בישראל</p> <p>על בסיס פורום הרגולטורים אך במיקוד נושאי על הבנייה המתועשת, הפורום יפעל כקהילה של רגולטורים לקידום מטרה זו – הסרת חסמים, ויהווה מקום אחד המחבר בין הגורמים ברמה הבין-משרדית.</p> <p style="text-align: center;">הרחבת הפורום למפגש בין הרגולטורים לתעשייה</p> <p>הפורום יוכל לפעול בשתי רמות:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ רמה 1: מפגשי חשיבה והתייעצות של משרד הבינוי והשיכון יחד עם בעלי העניין בשוק הפרטי (חברות, סטארטאפים, אקדמיה, ארגונים ועוד). ■ רמה 2: בדומה לרמה 1, אך בהיקף רחב יותר, בתוספת גופים רגולטוריים, אשר יהוו מקום מפגש ושיח בין הפרקטיקה לרגולציה. <p>הפורום ינוהל באופן מתמשך ויערוך מפגשים קבועים ותדירים. ניתן להתוותו כפורום משולש: אקדמיה, תעשייה והמגזר הציבורי.</p>

רגולציה מאפשרת

שותפים רלוונטיים	פעולות אפשריות
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>משרד האוצר, מינהל התכנון, משרד הכלכלה, משרד העבודה, רשות החדשנות, גופי בדיקה ותקינה, גופי רגולציה נוספים, שוק פרטי</p> <p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפעול: הקמת הפלטפורמה, היקף השירותים, כמות היוזמות והיזמים הנעזרים בממשק.</p> <p>השפעה: מידת הצלחת הפורום בהסרת חסמים. יישום טכנולוגיות חדשניות: מספר ואיכות הטכנולוגיות שהוטמעו בשוק.</p> <p>פרמטרים לתקצוב:</p> <p>מימון, הקמה ותפעול: תקצוב להקמת המרכז ולתפעולו השוטף.</p> <p>שיתופי פעולה וייעוץ מקצועי: תקצוב לשיתופי פעולה עם מומחים וגופים רלוונטיים, קידום והנגשת מידע, מנגנון הנגשת תמריצים ליזמים ולחברות טכנולוגיה, תמריצים לחברות שמשתתפות ומיישמות טכנולוגיות.</p> <p>מעקב ובדיקת ההשפעה: מימון מחקרים וניתוחים להערכת ההשפעה, הקמת sandbox, איוש וניהול.</p>	<p>תחנה רגולטורית אחת לפיתוח טכנולוגיות בנייה בישראל</p> <p>נקודת ממשק אחת ליזמים טכנולוגיים המיועדת לספק בהירות וודאות בפיתוח פתרונות טכנולוגיים או שיטות בנייה לענף. הגוף יספק את השירותים הבאים:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ הנגשת הידע אודות תהליכים רגולטוריים: הנגשה של תהליכי הרגולציה, מה נדרש בשרשרת הערך עד לקבלת האישורים. ■ מסלול סיוע רגולטורי: גוף אשר יסייע ליזם הטכנולוגי בתהליך קבלת האישור הרגולטורי, ליווי וסיוע והוכחת היתכנות באתר הרצה. ■ הנגשת תוכניות מימון: הגוף יתכלל את כלל מסלולי המימון הזמינים לתמיכה במחקר ופיתוח טכנולוגיות בנייה, בין אם בארץ או בחו"ל, וינגיש אותם ליזמים הטכנולוגיים. ■ ולידיציה: איתור ארגז חול רגולטורי לטכנולוגיות אשר אינה נתמכת בתקנים קיימים. בנוסף, כתוצאה מהממשק של הגוף בין הרגולציה לשטח, ייווצר מקור ידע אשר יוכל לשמש לצורך זיהוי חסמי שורש ברגולציה ולפתרונם.
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>רשות החדשנות, חברות ממשלתיות, גופי הרגולציה השונים בענף, שוק פרטי (חברות הביצוע)</p> <p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפעול: כמות החברות במסלול, אפקטיביות ה-Sandbox.</p> <p>השפעה: שילוב הפתרונות בשוק הבנייה, שינוי בפועל של רגולציות, שותפויות עסקיות והשקעות.</p> <p>פרמטרים לתקצוב:</p> <p>בניית המנגנון, הון אנושי, ועדת המומחים, מעטפת תמיכה, תהליך הכנה לשוק, מימון פיתוח.</p>	<p>מסלול האצת טכנולוגיות משבשות בשוק הבנייה¹⁶⁷</p> <p>המסלול יכלול ועדת היגוי בהשתתפות נציגים ממשלתיים, נציגי שטח ונציגי אקדמיה, אשר יבחרו חברות וטכנולוגיות על בסיס המטרות האסטרטגיות שתציב הועדה, בהתאם לצרכי המשק.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ טכנולוגיות אשר נחשבות "משבשות" בענף הבנייה ומביאות שינויים מהותיים לענף. ■ ייבחנו מודלים אפשריים למימון כגון מודלי תמיכה של רשות החדשנות. ■ תמיכה זו תכווין את השוק הפרטי ותספק עבורו ודאות ויציבות עסקית גבוהה אל מול חברות הטכנולוגיה. <p>החברות במסלול זה יוכלו להסתייע:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ ב"ארגז חול רגולטורי" (Regulatory Sandbox). ייעודי ■ ליווי וסיוע בהבנת ההליכים הרגולטוריים.¹⁶⁸ ■ אפשרות להתייעצות שוטפת עם מומחים. <p>יש לייצר מקרי מבחן ובמידת הצורך לייצר לפרויקטי הדגמה נגישים.</p>

רגולציה מאפשרת	
שותפים רלוונטיים	פעולות אפשריות
	מכרזים וחוזים
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>משרד האוצר, מינהל הרכש הממשלתי, משרד הבינוי והשיכון, משרד החינוך, משרד הבריאות, רשויות מקומיות, חברות ממשלתיות, משכ"ל, חברות כלכליות.</p> <p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפעול: מכרז מסגרת לבנייה מתועשת אשר כולל ספקים פעיל וכולל רשימת ספקים מורשים, מספר הפרויקטים שבוצעו באמצעות המכרז</p> <p>השפעה: שיפור איכות התכנון והביצוע, הפחתת ליקויי בנייה, קיצור משך הביצוע והתייעלות לוחות הזמנים בפרויקטים, שיפור תועלות סביבתיות וצמצום ארועי בטיחות</p> <p>פרמטרים לתקצוב:</p> <p>פיתוח מתווה מכרז המסגרת עם גורמי המקצוע הרלוונטיים ממשרדי הממשלה</p> <p>בניית מערך הכשרות ותמיכה ליזמים הממשלתיים בנוגע לשימוש במכרז</p>	<p>מכרז מסגרת לרכש בנייה מתועשת מתקדמת</p> <p>מכרז המסגרת מיועד לגופים ממשלתיים, חברות ממשלתיות, רשויות מקומיות וגופים ציבוריים, וניתן יהיה להתאים את המכרז בהתאם לגוף הרלוונטי. מכרז מסגרת חוסך את הצורך לקיים מכרז נפרד לכל פרויקט לצורך שימוש בשיטות בנייה חדשניות ומתועשות, אלא לאחר בחירת ספקי מוצרים מתועשים (כגון יחידות מודולריות מיוצרות במפעל, תקרות, קירות מתועשים). המזמין הציבורי יכול "לשלוף" מוצרים ויצרני שיטות חדשניות ממכרז המסגרת באופן מהיר ובכך לקצר באופן משמעותי את התהליכים הבירוקרטיים ולייעל באמצעות מכרז המסגרת, תינתן למזמין אפשרות לייעל את תהליכי הרכש וההתקשרות עם הספקים, ובכך גם לקצר את משך ביצוע הפרויקט בכללותו.</p> <p>יש להביא להגדרה סדורה של רמות לבנייה מתועשת (MMC): בדומה לתוכנית ה-MMC בבריטניה, יש להגדיר קריטריונים לאומיים ברורים לשיטות בנייה מתועשת. התקן יכלול קטגוריות</p>
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>רשות החדשנות, חברות ממשלתיות, גופי הרגולציה השונים בענף, שוק פרטי (חברות הביצוע)</p> <p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפעול: כמות החברות במסלול, אפקטיביות ה-Sandbox.</p> <p>השפעה: שילוב הפתרונות בשוק הבנייה, שינוי בפועל של רגולציות, שותפויות עסקיות והשקעות.</p> <p>פרמטרים לתקצוב:</p> <p>בניית המנגנון, הון אנושי, ועדת המומחים, מעטפת תמיכה, תהליך הכנה לשוק, מימון פיתוח.</p>	<p>מסלול האצת טכנולוגיות משבשות בשוק הבנייה</p> <p>המסלול יכלול ועדת היגוי בהשתתפות נציגים ממשלתיים, נציגי שטח ונציגי אקדמיה, אשר יבחרו חברות וטכנולוגיות על בסיס המטרות האסטרטגיות שתציב הועדה, בהתאם לצרכי המשק.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ טכנולוגיות אשר נחשבות "משבשות" בענף הבנייה ומביאות שינויים מהותיים לענף. ■ ייבחנו מודלים אפשריים למימון כגון מודלי תמיכה של רשות החדשנות. ■ תמיכה זו תכווין את השוק הפרטי ותספק עבורו ודאות ויציבות עסקית גבוהה אל מול חברות הטכנולוגיה. <p>החברות במסלול זה יוכלו להסתייע:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ ב"ארגז חול רגולטורי" (Regulatory Sandbox). ייעודי ■ ליווי וסיוע בהבנת ההליכים הרגולטוריים. ■ אפשרות להתייעצות שוטפת עם מומחים. <p>יש לייצר מקרי מבחן ובמידת הצורך לייצר לפרויקטי הדגמה נגישים.</p>

רגולציה מאפשרת

שותפים רלוונטיים	פעולות אפשריות
<p style="text-align: center;">שותפים רלוונטיים:</p> <p>משרד האוצר, מינהל הרכש הממשלתי, משרד הבינוי והשיכון, משרד החינוך, משרד הבריאות, רשויות מקומיות, חברות ממשלתיות, משכ"ל, חברות כלכליות.</p> <p style="text-align: center;">מדדי הצלחה:</p> <p>תפעול: מכרז מסגרת לבנייה מתועשת אשר כולל ספקים פעיל וכולל רשימת ספקים מורשים, מספר הפרויקטים שבוצעו באמצעות המכרז</p> <p>השפעה: שיפור איכות התכנון והביצוע, הפחתת ליקויי בנייה, קיצור משך הביצוע והתייעלות לוחות הזמנים בפרויקטים, שיפור תועלות סביבתיות וצמצום ארועי בטיחות</p> <p style="text-align: center;">כרמטרים לתקצוב:</p> <p>פיתוח מתווה מכרז המסגרת עם גורמי המקצוע הרלוונטיים ממשרדי הממשלה</p> <p>בניית מערך הכשרות ותמיכה ליזמים הממשלתיים בנוגע לשימוש במכרז</p> <p>מערכות לבקרה אחר השימוש במכרז המסגרת ומעקב אחר מדדים לשיפור הפרויקט</p>	<p style="text-align: center;">מכרז מסגרת לרכש בנייה מתועשת מתקדמת</p> <p>מכרז המסגרת מיועד לגופים ממשלתיים, חברות ממשלתיות, רשויות מקומיות וגופים ציבוריים, וניתן יהיה להתאים את המכרז בהתאם לגוף הרלוונטי. מכרז מסגרת חוסך את הצורך לקיים מכרז נפרד לכל פרויקט לצורך שימוש בשיטות בנייה חדשניות ומתועשות, אלא לאחר בחירת ספקי מוצרים מתועשים (כגון יחידות מודולריות מיוצרות במפעל, תקרות, קירות מתועשים). המזמין הציבורי יכול "לשלוף" מוצרים ויצרני שיטות חדשניות ממכרז המסגרת באופן מהיר ובכך לקצר באופן משמעותי את התהליכים הבירוקרטיים ולייעלם.</p> <p>באמצעות מכרז המסגרת, תינתן למזמין אפשרות לייעל את תהליכי הרכש וההתקשרות עם הספקים, ובכך גם לקצר את משך ביצוע הפרויקט בכללותו.</p> <p>יש להביא להגדרה סדורה של רמות לבנייה מתועשת (MMC): בדומה לתוכנית ה-MMC בבריטניה, יש להגדיר קריטריונים לאומיים ברורים לשיטות בנייה מתועשת. התקן יכלול קטגוריות שונות של בנייה בפריזן גבוה – בנייה מתועשת, בנייה מודולרית, שיטות חדשניות כגון הדפסת תלת־ממד וכו'.</p> <p>גיבוש מכרז מסגרת מעלה את הוודאות למפעלים לצפי להזמנות רכש מטעם מזמיני עבודה ציבוריים. ודאות זו מאפשרת לתכנן קדימה, לייעל את פס הייצור ולשכלל את תהליכי הייצור של רכיבי הבנייה המתועשים.</p> <p>הגדרת קטגוריות פרויקטים וטכנולוגיות רלוונטיים:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ פרויקטים ציבוריים כגון: מוסדות חינוך, מבני מערכת הבריאות, דיור ציבורי, מבני ביטחון, בתי משפט, דיור ציבורי, פרויקטי retrofitting. ■ קביעת שיטות בנייה שייכללו במכרזים, לעידוד התעשייה המקומית לפיתוח פתרונות רלוונטיים. <p style="text-align: center;">יצירת מעטפת תומכת למהלך:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ ביסוס תהליך מהיר ויעיל לרכש בנייה מתועשת, כולל הנחיות ברורות למשרדי הממשלה ולרשויות מקומיות. ■ שיתוף מידע על יתרונות הבנייה המתועשת, העלויות המשוערות וזמני ההקמה. <p>ספק פתרונות מתועשים יוכל לפעול במסגרת המכרז בפרק זמן מוגבל (לדוגמה, כ-5 שנים). לאחר פרק זמן זה, תיבחן השפעת הטכנולוגיה על קיצור הזמנים ועלויות הבנייה, ועל בסיס זה תיבחן כניסה מחודשת למכרז.</p>

רגולציה מאפשרת

שותפים רלוונטיים	פעולות אפשריות
<p>שותפים רלוונטיים: משרדי הממשלה השונים</p> <p>מדדי הצלחה: תפעול: תקנות רלוונטיות, בניית אסטרטגיה כוללת, שת"פ עם הגורמים הרלוונטיים, שיפור באיכות הבנייה, קיצור זמני בנייה, הפחתת עלות בנייה ליח"ד.</p> <p>פרמטרים לתקצוב: הכשרות למתכננים, סנכרון תהליכים בירוקרטיים. תמרוץ לחברות, מענקים והטבות: הצעת מענקים והטבות לכרויקטים שמסלבים חדשנות ובנייה מתועשת.</p>	<p>עידוד בנייה מתועשת דרך מזמיני עבודה ציבוריים רלוונטי לפרויקטים במשרדי הממשלה השונים כגון החינוך, הבריאות, הבינוי והשיכון, התיירות ועוד</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ הגדרת צוות חשיבה בין-משרדי הכולל גופים ציבוריים, מזמיני עבודה, המשפיעים על פרויקטים ציבוריים בעלי חזרתיות גבוהה ופוטנציאל לאימוץ בנייה מתועשת. ■ לדוגמה, פרויקטים מסוג זה רלוונטיים לדוגמה בתי ספר עם אופי חזרתי של כיתות (משרד החינוך) ■ חשיפה ולמידה של טכנולוגיות מתועשות ויתרונותיהן, מגמות שוק, תועלות כלכליות, היבטי מכרזים והתקשרויות וכו'. ■ זאת במטרה לקדם פריון גבוה במסגרת פרויקטים ציבוריים. ■ במסגרת צוות החשיבה ניתן יהיה להציג את תוכניות העבודה של המשרדים השונים, הפרויקטים הרלוונטיים הקשורים ובהתאם לכך לזהות את ההזדמנויות לשילוב בנייה מתועשת בפרויקטים מסוג זה. לרוב אלה יהיו בעל אופי חזרתי, ללא שינויים ובנפחים קבועים.
<p>שותפים רלוונטיים: מינהל הדיור הממשלתי, משרד האוצר, משרד הביטחון, משרד הבריאות, משרד החינוך, חברות ממשלתיות, מכון התקנים, רשויות מקומיות, אקדמיה.</p> <p>מדדי הצלחה: תפעול: היקף הפרויקטים הממשלתיים המשתמשים ב-BIM, כמות ההכשרות בנושא.</p> <p>השפעה: הפחתת טעויות בבנייה, שיפור איכות הביצוע והתכנון וייעול לוחות הזמנים בפרויקטים.</p> <p>פרמטרים לתקצוב: פרסומים. קורסים, הכשרות, סדנאות. כוח אדם אופציונלי. עלויות תקינה. השפעת חובת השימוש ב-BIM.</p>	<p>חיוב שימוש ב-BIM בפרויקטים ממשלתיים בישראל קידום רגולציה המחייבת שימוש ב-BIM בפרויקטי בנייה במימון ממשלתי, מתוך מטרה לשפר את יעילות ביצוע הפרויקטים, לשפר את איכות התכנון והביצוע ולייצר תשתית למעבר לדיגיטציה מלאה בענף הבנייה.</p> <p>הטמעת חובת שימוש ב-BIM:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ הנחיה המחייבת שימוש ב-BIM (בהתאם לרמה המקצועית – כגון רמה 2) אשר תוחל על פרויקטים ציבוריים. ■ ההנחיה תהיה תקפה בהתאם ללוחות זמנים ולתקופת היערכות מתאימה. ■ הנחיה זו תהיה מבוססת על בסיס מתוים שהוטמעו בעולם במדינות מתקדמות ושקיידמו טכנולוגיה זו בפרויקטים במימון ציבורי (לדוגמה בבריטניה¹⁶). ■ במסגרת פרויקטים אלה ייאסף מידע לגבי שיפור איכות הביצוע, ייעול העבודה לצורך השוואה עם פרויקטים קונוונציונליים. ■ תמיכה בהכשרות לשימוש ב-BIM לקבלנים וחברות ביצוע: ■ הקמת מסגרות להכשרת העוסקים בתחום הבנייה בחברות הביצוע לעבודה בשיטת BIM.

רגולציה מאפשרת

שותפים רלוונטיים	פעולות אפשריות
<p>שותפים רלוונטיים: משרד החשב הכללי, משרד האוצר, רשות מקרקעי ישראל.</p> <p>מדדי הצלחה: תפקול: מספר החוזים הכוללים תנאי חדשנות מחייבים, מספר הפרויקטים המשלבים טכנולוגיות מתקדמות במסגרת החוזים.</p> <p>השפעה: השפעה בפועל על איכות הבנייה לפי פרמטרים מוגדרים.</p> <p>פרמטרים לתקצוב: תיאום בין גופים ממשלתיים לכתיבת חוזים אחידים ותואמים, תקצוב מחקר לניתוח תוצאות יישום החדשנות בחוזים, פיתוח לבדיקת ההשפעה על איכות זמני הביצוע.</p>	<p>הטמעת חדשנות באמצעות הגדרת דרישות חוזיות במכרזים ממשלתיים</p> <p>שילוב דרישות לחדשנות במסגרת החוזה. גישה זו תחייב את כלל הזוכים לעמוד בתנאים מוגדרים בהסכם השירותים עם דרישות ייעודיות ומפורטות להטמעת חדשנות באופן מדי.</p> <p>דוגמאות אפשריות להגדרת סטנדרטים חוזיים לחדשנות:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ דרישה כללית להקצאת אחוז מסוים מהתקציב לחדשנות (למשל, 5%-10%), לשיקולו של זוכה המכרז, בפיקוח חברות הבקרה. ■ הגדרה ספציפית לשימוש בבנייה מתועשת, טכנולוגיות בנייה מתקדמות, שיטות עבודה דיגיטליות לניהול הבנייה או שיתוף פעולה עם חברות טכנולוגיות. ■ גישה תפקודית בחוזה: החוזה יכלול מנגנוני תגמול למצינות מוכחת בביצועים, לדוגמה: בנייה מהירה, שיפור איכות הביצוע או הפחתת עלויות. במסגרת החוזה ניתן יהיה ליישם שיטות התקשרות שונות, כגון כאלה הכוללות חלוקת תמריצים בין היזם והקבלנים לצורך קידום המצינות והצלחת הפרויקט.
<p>שותפים רלוונטיים: המשרד להגנת הסביבה, מכון התקנים, המועצה לבנייה ירוקה, התאחדות הקבלנים בוני הארץ, ארגונים יציגים, ארגונים מקצועיים</p> <p>מדדי הצלחה: תפקול: עצם השינוי, כמות הפרויקטים בהם הסעיף המחודש מופעל, ביצוע השינוי בפרק זמן סביר.</p> <p>השפעה: הטמעת טכנולוגיות, שיטות וכלים חדשניים ולאורך זמן.</p> <p>פרמטרים לתקצוב: תקציב יגובש בהתאם</p>	<p>בנייה ירוקה וחדשנות בבנייה</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ תקן 5281 לבנייה ירוקה הינו תקן מחייב כיום במדינת ישראל. ■ אחד הפרקים בתקן זה הוא פרק החדשנות, דבר שהופך אותו למנגנון היחידי בישראל הדורש התייחסות לתחום החדשנות בכלל הבנייה הרוויה למגורים החדשים בישראל. ■ יחד עם זאת משקלו של הפרק מינורי יחסית. מסיבה זו מוצעים השינויים הבאים לפרק: ■ הגדלת משקלו של פרק החדשנות בסך הניקוד (ועל ידי כך הפיכתו לאטרקטיבי יותר). ■ בחינת יצירת תנאי סף בפרק (ועל ידי כך לחייב התייחסות לנושא). ■ להגדיר סוגי טכנולוגיות, שיטות וכלים אשר השימוש בהם ייחשב לחדשנות, גם במידה והם מבוססים על מוצרי מדף – כל עוד הם תורמים ליעילות תהליך הבנייה או תפקוד הבנייה, ועל ידי כך משלבים בין חדשנות לבין ייעודו של התקן כסביבתי. ■ לאפשר ניקוד בפרק החדשנות לפתרונות אשר חלפה יותר משנה מאז הטמעתם הראשונית, כל עוד הם אינם common practice בשוק הבנייה. ■ שינויים אלו יהפכו את התקן לאטרקטיבי יותר מאחר והוא יאפשר קבלת ניקוד בתקן לצד השיפורים ביעילות הנובעים מיישום החדשנות.

רגולציה מאפשרת

שותפים רלוונטיים	פעולות אפשריות
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>מינהל הבטיחות והבריאות התעסוקתית בזרוע העבודה שבמשרד הכלכלה והתעשייה (מינהל הבטיחות), ארגונים יציגיים, משרדי ממשלה נוספים</p> <p>מדדי הצלחה</p> <p>תפעול: קביעת מדיניות רלוונטית.</p> <p>השפעה: שיפור הבטיחות באתרי הבנייה, צמיחת טכנולוגיות בטיחות בבנייה והגדלת הטמעתן בישראל.</p> <p>פרמטרים לתקצוב:</p> <p>תמריצים כלכליים לשילוב טכנולוגיות בטיחות. תמריצים לעידוד במכרזים.</p> <p>תמריצים למימון פיתוח טכנולוגיות בטיחות. עלות הקמת ארגז חול רגולטורי לבטיחות. עלות הקמה ותחזוק ממשק דיגיטלי לידע על טכנולוגיות בטיחות. הכשרות כוח אדם.</p>	<p>טכנולוגיות לשיפור הבטיחות באתרי הבנייה</p> <p>עידוד השימוש בטכנולוגיות מתקדמות לשיפור הבטיחות באתרי הבנייה באמצעות סל תמריצים, עידוד במכרזים, הכשרות, רגולציה וקידום הידע.</p> <p>הטמעה ורגולציה:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ עידוד או חיוב לשימוש בטכנולוגיות בטיחות מתקדמות במכרזים ציבוריים, כגון: ■ חיישנים לניטור תנועות באתר. ■ מערכות בינה מלאכותית לזיהוי חריגות בטיחות בזמן אמת. ■ מערכות לבישות לניטור מיקום ועייפות עובדים. ■ קידום חקיקה שתאפשר שימוש בארגז חול רגולטורי לתחומי הבטיחות והבריאות התעסוקתית בענף הבינוי. ■ הפחתת הפרמיה של חברות הביטוח לפרויקטי הבנייה במידה והם משתמשים גם בטכנולוגיות לשיפור הבטיחות באתרי הבנייה. <p>עידוד ותמרוץ קבלנים:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ תמרוץ או עידוד השימוש בטכנולוגיות חדשניות לבטיחות בבנייה באמצעות המכרזים. ■ הגדרת דרישות מינימום לטכנולוגיות בטיחות בפרויקטים ציבוריים. <p>הקמת ממשק דיגיטלי לריכוז טכנולוגיות בטיחות בבנייה:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ יצירת ממשק דיגיטלי מרכזי להנגשת מידע על טכנולוגיות בטיחות בבנייה, לרבות תועלות, אפשרויות יישום ויצירת קשר עם החברה. ■ פיתוח מאגר ידע ומקורות המאפשר עדכונים על יישומים בעולם ובארץ, הצגת מקרי בוחן מניסיון ממשי בשימוש טכנולוגיות הבטיחות באתרי הבנייה. <p>הכשרות והטמעת ידע:</p> <p>קידום הכשרות מקצועיות להנדסאים ומהנדסים בתחומים של תיעוש הבנייה והשימוש במכונות ותוכנות לבנייה.</p>
<p>שותפים רלוונטיים:</p> <p>מינהל הרכש הממשלתי, משרד האוצר, החשב הכללי, משרד התחבורה, חברות ממשלתיות.</p> <p>מדדי הצלחה:</p> <p>תפעול: קידום החדשנות בענף הבנייה: מעקב אחר מספר הפיילוטס והטכנולוגיות החדשות שמוטמעות.</p> <p>שיפור פריון העבודה והתייעלות הבנייה. שיפור הבטיחות באתר באמצעות שימוש בטכנולוגיות חדשניות.</p> <p>פרמטרים לתקצוב:</p> <p>תקצוב חדשנות במכרז. הכשרה והעמדת כוח אדם ייעודי.</p>	<p>שילוב חברות טכנולוגיה וקידום פיילוטס בתחום הבנייה בחברות ממשלתיות</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ עידוד לשילוב טכנולוגיות חדשניות בפרויקטי הבנייה והתשתיות של חברות ממשלתיות. שילוב שיטות בנייה חדשות, טכנולוגיות של חברות סטארטאפ, מוצרים חדשניים בהליכי המכרזים. ■ הקצאת אחוז מינימלי מסך התקציב בפרויקטי החברות הממשלתיות למטרות קידום החדשנות (לדוגמה: בהולנד קיימת הקצאה של 2.5 אחוז לחדשנות בפרויקט בינוי ממשלתי).



7

מהלך אסטרטגי
לקידום הפיריון
והחדשנות בענף
הבנייה



מהלך אסטרטגי לקידום הפריון והחדשנות בענף הבנייה



המסוגל לתכלל את כל ההיבטים הללו, כגורם המוביל ומסנכרן יוזמות שונות תוך יצירת מסגרת עבודה התומכת באקוסיסטם הבנייה.

מאחר והמהלך המתואר במסמך זה הוא אסטרטגי במהותו¹⁷⁰ הוא כולל מספר מרכיבים המאפשרים להשיג מטרות ארוכות טווח הדורשות תכנון מרחיק לכת. להלן חלק מן המאפיינים העיקריים של המהלך האסטרטגי:

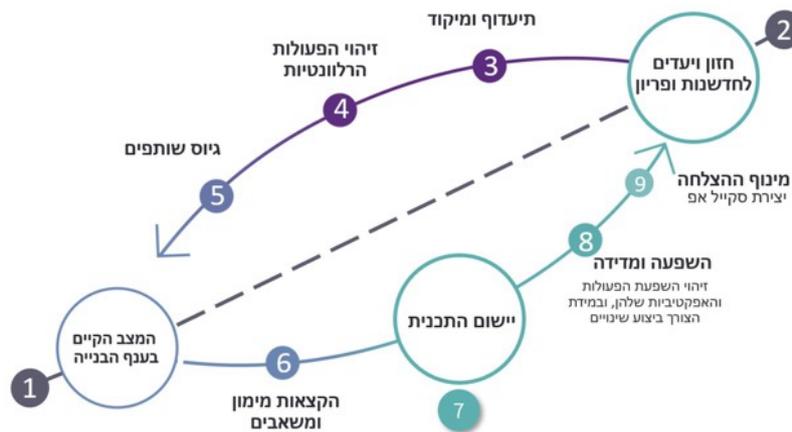
7.1 מרכיבי המהלך

על מנת לקדם שינוי אסטרטגי בתחום הבנייה ולשפר את הפריון ולהטמיע את החדשנות בענף, יש צורך במהלך אסטרטגי המחבר ומסנכרן בין כלל הצירים המרכזיים המעורבים: הון אנושי, מימון ותמריצים, תשתית תומכת ורגולציה. משרד הבינוי והשיכון מתפקד כגורם מרכזי

פירוט	שלב	
הבנה מעמיקה של מצב הענף היא תנאי בסיסי ליצירת תשתית מתאימה לקידום החדשנות. שלב זה כולל ניתוח מגובה נתונים ממקורות כמו הלמ"ס, מחקרים, ראינות וסדנאות עם גורמים מובילים מהענף, מיפוי בעיות והאתגרים המרכזיים לקידום החדשנות בענף. שלב זה בוצע על ידי שילוב של מקורות מידע איכותניים וכמותניים אך יש לחזקו על בסיס יצירת תשתית לאיסוף מידע עדכני ותשתית דיגיטלית בענף.	המצב הקיים בענף הבנייה	1
ניסוח חזון ברור וממוקד, המגדיר את הכיוונים המרכזיים לפיתוח ענף הבנייה, תוך התחשבות בחדשנות טכנולוגית, עמידות סביבתית ושיפור איכות העבודה. על החזון להיות שאפתני אך מציאותי, ולכלול מטרות ביניים שיתמכו בהתקדמות מדורגת ומתמשכת. גרסה לחזון זה נוסחה למסמך האסטרטגי.	חזון ויעדים לחדשנות ופריון בענף	2
במסגרת כתיבת המסמך נוסח סל של כלים ואמצעים, בדגש על הון אנושי, ידע ויכולות, מימון ותמריצים , תשתיות תומכות, ארגוניות, דיגיטליות ופיזיות, ורגולציה מאפשרת, מעודדת ומסירה חסמים.	זיהוי הפעולות הרלוונטיות	3
קביעת סדרי עדיפויות מתוך הבנת המטרות והאתגרים. שלב זה מתמקד בזיהוי של התחומים והפעולות החשובים ביותר להטמעת חדשנות, תוך התחשבות במשאבים הזמינים ובצורכי הענף. מסמך זה מבצע תערוף במסגרת פרק ההמלצות.	תערוף ומיקוד	4
גיוס שותפים נדרשים (רגולטורים, גורמים בענף וכו') בעלי השפעה על הענף והמרכיבים הנדרשים למימוש החזון, וכן בעלי אינטרס לקדם את החזון. מסמך זה ממפה שותפים אלו, הן ברמת האקוסיסטם המקומי והן ברמת זיהוי שותפי מפתח לכל יוזמה.	גיוס שותפים	5
הקצאת משאבים נדרשים הכוללים תמיכה כספית, כוח אדם מיומן וסנכרון זמנים. שלב זה כולל גם זיהוי מקורות ותכנון תקציבי מפורט. חלק מהפעולות יכולות להתבצע על בסיס מדיניות קיימת, כמו עידוד מכרזים ציבוריים, רכש ומכרזים, שיכולים לייצר ביקושים לחדשנות. במסגרת התוכנית בוצעה הערכה ראשונית אודות המשאבים הנדרשים ליוזמות השונות, יש לעבות חלק עבור כל יוזמה, כתנאי למימושה.	הקצאות מימון ומשאבים	6
ביצוע התוכנית בפועל, כולל מינוי אחראים לפרויקטים, תכנון קפדני של לוחות זמנים ופיקוח שוטף על תהליכי היישום. הצלחה ביישום תלויה בתכנון נכון ובניהול פרויקטים קפדני המלווה בביקורות תקופתיות.	יישום תוכנית העבודה	7

שלב	פירוט
8	השפעה ומדידה פיתוח מנגנון מדידה שיטתי ויעיל לניטור ההתקדמות ובחינת השפעה של הפעולות שננקטו. איסוף נתונים על הביצועים בשטח, כולל נתוני השפעה ותפוקות, מאפשר תיקון ושיפור מתמיד של התהליכים. יש לפתח את התשתית הדיגיטלית של ענף הבנייה בישראל על מנת לסייע במדידה וכתוצאה מכך לטייב את קבלת ההחלטות.
9	מינוף הצלחה תיעוד הצלחות ותובנות מהתהליכים שנעשו, והפיכתן לסיפורים אטרקטיביים שיכולים למנף את השוק להמשך פעילות והשקעות נוספות.
10	עדכון החזון והיעדים במידת הצורך ולאחר הצטברות נתונים, ניתן לעדכן את החזון והיעדים לפי הנתונים החדשים של המצב הקיים.

להלן תרשים המייצג את המהלך האסטרטגי של משרד הבינוי והשיכון:



הבנייה יהיה מולטי-דיסציפלינרי אשר יתועלו אליו כישורים שונים ממקצועות ההנדסה, המכניקה, המחשבים, הרובוטיקה ועוד.

ענף בנייה חכם ומתקדם: ענף הבנייה הישראלי יאופיין בפתיחות לחדשנות, בשילוב תיעוש ברמה רוחבית ובפריון ענפי גבוה, שיובילו להתייעלות בתכנון וביצוע, שיפור בהספק היצע הדיור וקידום תשתיות מתקדמות. בתהליך הביצוע ישולבו טכנולוגיות ומערכות בעלות יכולות אוטונומיות אשר יפחיתו את התלות בכוח אדם, יקצרו את משכי הביצוע וישפרו את איכות הבנייה, הבטיחות באתר והתועלות הסביבתיות.

צמיחה ופריון: ענף הבנייה יהווה מנוע צמיחה לכלל המשק באמצעות הטמעת שרשרת ערך מתקדמת ויעילה של ייצוק, תכנון, בנייה ותחזוקה, קידום, פיתוח והטמעה של כלים ופיתוחים טכנולוגיים בעלי פוטנציאל ייצוא, אשר

7.2 הגדרת החזון והמטרות

מסמך זה הינו תוכנית אסטרטגית לחדשנות בענף הבנייה. אסטרטגיה במהותה היא מבט על התמונה הגדולה, והגדרת החזון והיעדים שאליהם אנו שואפים להגיע, ומתוך הבנת יעדים אלה, ייצור דרכים המובילים אליה. החזון והיעדים המוצעים במסמך זה מבוססים על המתווה שאותו יקדם משרד הבינוי והשיכון, והוא נתמך, בין היתר, בשיח שנערך עם מעל ל-130 בעלי עניין וגורמים בענף הבנייה.

א. בשנת 2035 סקטור הבנייה הישראלי יאופיין ב:

כוח עבודה חכם וטכנולוגי: ענף הבנייה יהווה מוקד אטרקטיבי להון אנושי בעל כישורים טכנולוגיים, שיהנה מתנאי וסביבת עבודה בטוחים ומתקדמים טכנולוגית. ענף

למתקדם ופריזוני. שוק זה יאופיין על ידי:

קידום היצע לחדשנות בבנייה: יצירת תנאים לצמיחת היצע רחב של פתרונות איכותיים ומותאמי שטח, פתרונות טכנולוגיים, מוצרים חדשניים ושיטות בנייה חדשניות בעלות היתכנות ליישום בתנאים המקומיים בישראל.

עידוד הביקוש לחדשנות בבנייה: יצירת תנאים לעידוד משתמשים (קבלנים, חברות ביצוע, מתכננים ועוד) לאמץ חדשנות ולהעלות את הביקושים לטכנולוגיות, מוצרים ושיטות חדשניות.

לצד קידום המנגנונים לזרימה בין היצע והביקוש לחדשנות בבנייה בישראל, יש לפעול לקידום תשתית לחדשנות בענף הבנייה. תשתית זו מבוססת על:

דיגיטציה לעומק ולרוחבו של הענף: דיגיטציה מלאה של תהליכי התכנון, הרישוי, הביצוע והניטור של הבנייה בישראל, שימוש חכם בדאטה, שימוש בבניה מלאכותית לתועלות בענף ויעול תהליכים בירוקרטיים.

תיעוש, ייצור מתקדם והפחתת התלות בכוח אדם: יצירת התנאים לתיעוש מרבי של ענף הבנייה וייצור מתקדם כ- Construction 4.0 לצורך קידום פתרונות טכנולוגיים מתקדמים והפחתת התלות בכוח אדם.

יובילו להעלאת פריון העבודה הענפי והגדלת התוצר.

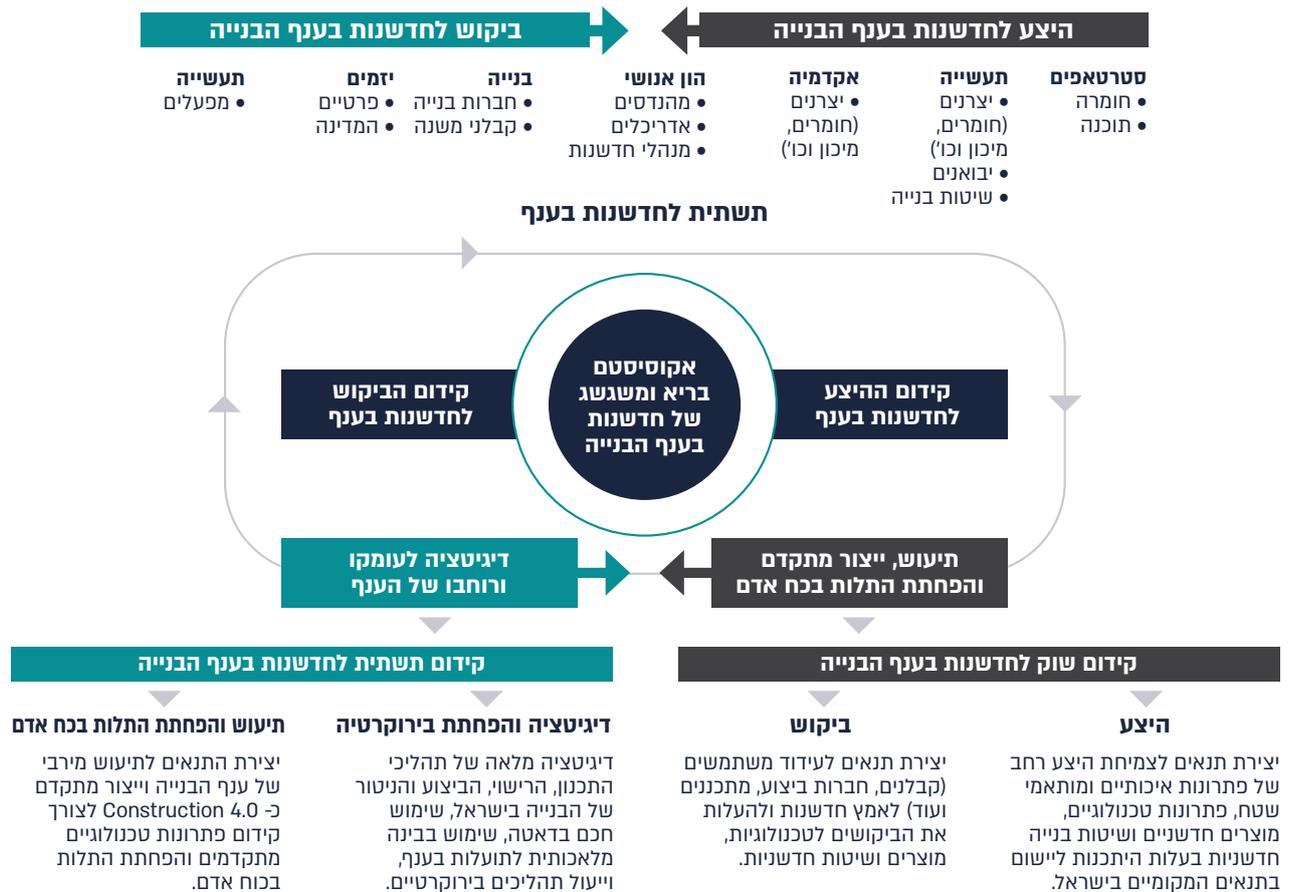
חיבוריות וסנכרון: ענף הבנייה יאופיין בדיגיטציה גבוהה, יהיה מבוסס דאטה בכל שלבי התכנון והבנייה – החל מתהליכי הרישוי והתכנון המוקדמים ועד לתכנון מפורט, ביצוע, ניהול הבנייה ותחזוקה. לצורך פיתוח פתרונות טכנולוגיים והטמעתם, וכן לצורך קידום דור חדש של בעלי תפקידים מוטה טכנולוגיות חדשנות, הענף יכלול מנגנונים רבים לשיתופי פעולה בין הגורמים השונים, מן האקדמיה ועד לבנייה בשטח.

ישראל תהיה ערוכה לאתגרי העתיד בבנייה, העומדים לפתחה של מדינה המתקרבת לשנתה המאה, ותהיה אחת מן המדינות המובילות בחזית הפיתוח הטכנולוגי לבנייה ויישומו בפועל.

חזון זה יתממש באמצעות שילוב צעדי מדיניות בקידום הון אנושי וידע, הקצאות תמריצים ומנגנוני מימון, פיתוח תשתיות תמיכה לדיגיטציה, תיעוש וטכנולוגיות והובלת רגולציה מאפשרת.

ב. מהלכים למימוש החזון:

על מנת לממש חזון זה יש לקדם שוק חי, פעיל ועתיר פעילות אשר מניע חדשנות ומקדם את ענף הבנייה



הגדרת תפקיד משרד הבינוי והשיכון לקידום הפריון והחדשנות בענף:

בהינתן מורכבות הענף, מתוך הבנת השינויים הנדרשים לענף בישראל וכן מתוך הבנת תהליכים דומים בעולם, ניתן להגדיר את תפקידה של המדינה בקידום החדשנות בענף.

האחריות והסמכות לשינוי בענף אינן רק בתחומי משרד הבינוי והשיכון, אך למשרד יש יכולת ייחודית לאגד את הגופים המקצועיים השונים כגון בתחומי הרגולציה, התמריצים ועוד. ההזדמנות העומדת לפתח המשרד היא מנהיגות והובלת אסטרטגיה, כגוף היחיד בעל המסוגלות לתכלל את הנושאים והמשימות, להניע תהליכים, לגייס את כל הגורמים ולבסס שינוי לאורך זמן. גישה זו תאפשר למשרד הבינוי והשיכון להוביל שינוי מעמיק ולרכז פעילות רוחבית ומתואמת עם הגורמים השונים. משרד הבינוי והשיכון מצוי במרכז הצירים הקריטיים לשינוי באקוסיסטם והוא הגורם המתכלל והמסנכרן לתהליכים אלו:



7.3 תעדוף הצעדים לביצוע

כאמור, הצעדים מחולקים לשתי קטגוריות עיקריות:

(1) עידוד הביקוש לחדשנות בענף וכן קידום היצע הפתרונות, המוצרים והשיטות הרלוונטיים לענף הבנייה הישראלי.

(2) קידום התשתית לחדשנות בענף הבנייה על ידי עידוד הדיגיטציה וכן עידוד התיעוש בענף.

לכל מטרה מוצעות פעולות המתייחסות לידע ויכולות, מימון ותמריצים, רגולציה ומנגנוני תמיכה שונים. ראייה זו מוודאת כי האתגרים מקבלים מענה בראייה רוחבית ומקיפה. זמן ההקמה מתייחס לטווח קצר (עד שנתיים), טווח בינוני (שנתיים עד חמש) וטווח ארוך (חמש שנים ומעלה). הערכת העלות מתייחסת לעלות נמוכה (עד מיליון ₪), עלות בינונית (מיליון עד 10 מיליון ₪) ועלות גבוהה (מעל ל-10 מיליון ₪). סדרי גודל אלו הינם בהערכה בלבד, תידרש בחינה מפורטת לכל אחד מהצעדים. ניתן לבחון מהלכים בעלות גבוהה על ידי בדיקות היתכנות בסדרי גודל נמוכים יותר.

א. עידוד הביקוש לחדשנות בענף הבנייה – חברות בנייה וקבלנים, יזמים, מהנדסים, מתכננים ועוד.

עידוד הביקוש לחדשנות בענף הבנייה

קהל היעד		חברות בנייה וקבלנים, יזמים, מהנדסים, מתכננים ועוד		
אתגרים	ניהול סיכונים ואיזודאות, היבטים פיננסיים ושולי רווח, תרבות שמרנית והרגלי עבודה, חוסר תשומות זמן, פערי ידע, תרבות עבודה באתר הבנייה, מחסור בכוח אדם, קשיי סנכרון, אתגרים ייחודיים לקבלנים קטנים וקבלני משנה, בירוקרטיה.			
המטרה		יצירת תנאים לצמיחת היצע רחב של פתרונות איכותיים ומותאמי שטח, פתרונות טכנולוגיים, מוצרים חדשניים ושיטות בנייה חדשניות בעלות היתכנות ליישום בתנאים המקומיים בישראל		
מדדים	יישום שיטות בנייה מתקדמות וטכנולוגיות באתרי הבנייה בישראל. שיפורים במדדי הביצוע של הבנייה בישראל: פיריון העבודה, משך הבנייה, איכות הבנייה, בטיחות, תלות בכוח אדם, רמת התיעוש, רמת הדיגיטציה.			
קטגוריה	פעולה לביצוע	השפעת המהלך	זמן הקמה	הערכת עלות
הון אנושי, ידע ויכולות	יעוץ ולייווי חברות ביצוע בהטמעת חדשנות והתייעלות בדומה לתהליך שבוצע לחברות תעשייה	הטמעת טכנולוגיות ושיטות בנייה, הפצת ידע ויכולות, שיפור ביצועים והתייעלות מדידה.	קצר	בינוני
	הכשרות וקורסים לקידום טכנולוגיות, בנייה מתועשת ושיטות עבודה הכשרות למנהלי עבודה, מנהלי אתרי בנייה ולעובדים באתרי הבנייה, מתן סל כלים מתודולוגי וטכנולוגי.	אחוז הפרויקטים שבהם מיושמים שיטות וטכנולוגיות, אחוז בעלי המקצוע העוסקים בחדשנות בבנייה, יוזמות חדשות.	קצר	בינוני-גבוה
	הכשרות ותוכניות למנהלי חדשנות וביסוס מקצוע מנהל החדשנות בענף מתן כלים לקידום חדשנות בחברות הבנייה, לימוד הדדי, היכרות עם סטנדרטים בין-לאומיים וכו'.	כמות מנהלי החדשנות בענף (בדגש על חברות קטנות ובינוניות), מידת החדרת טכנולוגיות ושיטות, ביסוס החדשנות בענף	קצר	נמוך-בינוני
	הכשרה למתודולוגיות עבודה מסנכרנות (IPD, Big room, דיגיטציה) עבור חברות בנייה ובעלי מקצוע מהענף.	אחוז הפרויקטים שבהם מיושמים שיטות וטכנולוגיות, אחוז בעלי המקצוע העוסקים בחדשנות בבנייה, יוזמות חדשות.	קצר	נמוך-בינוני
מימון ותמריצים	הקמת נקודת ממשק אחת המכילה את כל התמריצים לענף, במקום אחד, נגיש ומתעדכן תהליך מהיר, בתנאים מתאימים לענף, כולל חברות קטנות ובינוניות	הגדלת כמות החברות העוסקות בחדשנות, השפעה בפועל על הפיריון בהתאם לסוג התמריץ	קצר	נמוך
	עיבוי משקל מרכיב החדשנות והתיעוש בת"י 5281 לבנייה ירוקה.	כמות הפרויקטים במסגרת 5281 אשר מיישמים חדשנות	בינוני	נמוך
	תמריצים לחדשנות המקדמים היבטים סביבתיים קרן הלוואות להפחתת פליטות גזי חממה ע"י טכנולוגיות ושיטות בנייה	פליטות שנחסכו כתוצאה מן היישומים הטכנולוגיים	קצר-בינוני	בינוני-גבוה

הערכת עלות	זמן הקמה	השפעת המהלך	פעולה לביצוע	קטגוריה
גבוה	בינוני	השפעה בפועל בהתאם לסוג התמריץ (יש לכלול מנגנון מדידה)	תמריצים ייעודיים ליזמים הלוואות, הטבות פר דירה, תוספת זכויות, מסלול מהיר להיתרים, החזר אחוז מעלויות מרכש הקרקע לאחר הוכחת יעילות / פטור מלא או חלקי מהיטל השבחה לאחר הוכחת מצוינות בבנייה, תעדוף במכרזים.	מימון ותמריצים
נמוך	בינוני	השפעה בפועל על איכות ופריון הבנייה לפי פרמטרים מוגדרים במכרז	תעדוף מכרזי (תנאי סף ותעדוף בניקוד) לחדשנות דרך קרקעות המדינה	
בינוני	קצר בינוני	הגדלת כמות הפיילוטרים והטמעת הטכנולוגיות, השפעה על מדדי בטיחות ואיכות בחברות ממשלתיות	עידוד שילוב טכנולוגיות ופיילוטרים בתחום הבנייה בחברות ממשלתיות בחברות ממשלתיות כמו רכבת ישראל, חברת חשמל וכד'. מכרז בינוני החל ממ"ר מסוים יחייב שילוב ובדיקת טכנולוגיות או הקצאת אחוז מתקציב הפרויקט לחדשנות. יינתן דגש על טכנולוגיות מקומיות.	רגולציה מאפשרת
בינוני	קצר בינוני	הגדלת כמות פיילוטרים והטמעת הטכנולוגיות, השפעה על מדדי הבטיחות והאיכות בחברות ממשלתיות.	עידוד השימוש בטכנולוגיות מתקדמות לשיפור הבטיחות באתרי בנייה באמצעות סל תמריצים, עידוד במכרזים, הכשרות, רגולציה וקידום הידע.	
נמוך	בינוני	השפעה בפועל על איכות ופריון הבנייה לפי פרמטרים מוגדרים בחוזה.	הגדרת הדרישות החוזיות לחדשנות במכרזים ממשלתיים שילוב דרישות לחדשנות במסגרת החוזה עם הזוכים במכרז, גישה זו תחייב את כלל הזוכים לעמוד בסטנדרטים מוגדרים.	
בינוני	קצר	השימוש וכמות הטכנולוגיות שהוכנסו לשוק הבנייה, באתרים ובחברות.	יחידת פיילוטרים ארצית לחברות קטנות ובינוניות בענף. גוף או יחידה המיועדים לקידום חיבורי סטארטאפים, מוצרים חדשניים, תיעוש ודיגיטציה לשוק הבנייה ובדגש על חברות קטנות ובינוניות מן הענף.	תשתית תומכת
גבוה	בינוני	שילוב הפתרונות במסגרת הבינוני בהסכמי הגג או בפרויקטי הרשויות המקומיות, כמות הסטארטאפים בתחומי הבינוי והתשתיות הפועלים במרחב העירוני.	קול קורא לתמיכה ברשות המעוניינת להפוך לרשות מדגימה לטכנולוגיות, עידוד רשויות מקומיות להקמת אזורי הדגמה לטכנולוגיות בנייה.	
נמוך-בינוני	קצר		תמיכה ברשויות המקומיות באמצעות הקמת תשתית של ידע ויכולות סיוע לרשויות באמצעות הקמת תשתית של ידע ויכולות	

קידום היצע לחדשנות בבנייה

קהל היעד	סטארטאפים (חומרה ותוכנה), חברות טכנולוגיות, תעשיינים (חומרים, שיטות בנייה, מוצרים), אוניברסיטאות ומכללות, מהנדסים ואדריכלים, יבואנים וספקי פתרונות לסוגיהם.			
אתגרים	עלויות הון ראשוניות, השקעות בפיתוח, תקינה, פערי ידע, אישורים רגולטוריים.			
המטרה	יצירת תנאים לצמיחת היצע רחב של פתרונות איכותיים ומותאמי שטח, פתרונות טכנולוגיים, מוצרים חדשניים ושיטות בנייה חדשניות בעלות היתכנות ליישום בתנאים המקומיים בישראל.			
מדדים	נכחות ויישום שיטות בנייה מתקדמות וטכנולוגיות באתרי הבנייה בישראל. כמות ואיכות הפתרונות הזמינים אחוז הסטארטאפים העובדים בשוק המקומי, מידת הטמעת הבנייה המתועשת ושיטות בנייה מתקדמות, שיפורי במדדי הביצוע של הבנייה בישראל על ידי טכנולוגיות ומתודולוגיות עבודה.			
קטגוריה	פעולה לביצוע	השפעת המהלך	זמן הקמה	הערכת עלות
הון אנושי, ידע ויכולות	דו"ח שנתי מתעדכן: סטטוס החדשנות בבנייה באקדמיות בישראל מיפוי האקדמיה ליוזמות, קורסים ומרצים העוסקים בחדשנות בבנייה. ¹⁷²	זיהוי הסטטוס העדכני של הכשרות הדורות הבאים, זיהוי הזדמנויות לשיתופי פעולה עם האקדמיה.	קצר	נמוך
	קידום חשיפת סטודנטים לעולמות החדשנות בבנייה במסגרת קורסים קיימים או חדשים ומסלולי האצה.	אחוז הבוגרים שבחרים להמשיך בתחום החדשנות בענף, אחוז הסטודנטים מתחומים שאינם תחומי הבנייה המשתלבים בתחום.	קצר	נמוך
	מרכזי הדגמה ומצינות בבנייה מרכזי הדגמה הממחישים ומדגימים טכנולוגיות בנייה, מממנים ומקדמים פיילוטים, מיועד לקבלנים וכן לציבור הרחב.	היכרות עם טכנולוגיות, שינוי תפיסה ומודעות (באופן מדיד), הטמעות ושיתופי פעולה, מימוש פיילוטים.	קצר בינוני	קצר בינוני-גבוה
מימון ותמריצים	הכשרות לבעלי ידע טכנולוגי מחוץ לענף הבנייה וכניסתם לחברות הבנייה. מוצע לבצע הכשרות למהנדסים מתחומי הכימיה, המכניקה, הרובוטיקה, מדעי המחשב, האווירונאוטיקה ועוד.	כניסת הון אנושי חדש ואיכותי לענף, הטמעות חדשנות בעקבות ההכשרות.	בינוני ארוך	נמוך
	הקמת נקודת ממשק אחת המכילה את כל התמריצים לענף, במקום אחד, נגיש ומתעדכן (ייעודי לחברות טכנולוגיה ומוצרים).	השפעה בפועל על הפריזון בהתאם לסוג התמריץ.	קצר	נמוך
מימון ותמריצים	התאמת תמריצים קיימים לפיתוח טכנולוגי בענף הבנייה כגון תנופה, SEED, מו"פ, מגנט"ט וכו' (בהתאמה לצעדים ליצירת ביקוש).	השפעה בפועל בהתאם לסוג התמריץ	קצר בינוני	נמוך (תת-משימה)
	עידוד ותמרוץ הטבות לטובת הטמעת שיטות בנייה וטכנולוגיות חדשניות תמריץ ישיה, החזר הוצאות או הטבת מס	השפעה בפועל בהתאם לסוג התמריץ (יש להכניס מנגנון מדידה).	קצר בינוני ארוך	בינוני-גבוה (בתלות בהיקף)

קידום ההיצע לחדשנות בנייה				
קטגוריה	פעולה לביצוע	השפעת המהלך	זמן הקמה	הערכת עלות
רגולציה מאפשרת	מסלול האצת טכנולוגיות משבשות בשוק הבנייה כניסה מהירה לתהליך בדיקה טכנולוגית, תמיכה רגולטורית, מימון, חיבורים וייעוץ.	שילוב פתרונות פורצי דרך בשוק הבנייה, שינוי בפועל של רגולציות, שותפויות עסקיות והשקעות.	בינוני	נמוך
	תחנה רגולטורית אחת לפיתוח טכנולוגיות בנייה בישראל נקודת ממשק אחת ליזמים טכנולוגיים המיועדת לספק בהירות ודאגות בפיתוח פתרונות טכנולוגיים לענף או שיטות בנייה.	קיצור משכי הזמן לפיתוח טכנולוגיות בנייה חדשנות בכדי להביא להטמעתן בשטח.	בינוני	נמוך
תשתית תומכת	מרכזי אתגר, קולות קוראים או תחרויות ממשלתיות לפיתוח רעיונות ופתרונות חדשניים הנוגעים באתגרי הענף מכרזים וקולות קוראים לאתגרים לאומיים שעומדים מתמודד הענף בדגש על עולמות החומרים המתקדמים, כגון: רובוטיקה, מכניקה וכו'.	יצירת רעיונות חדשניים בענף, פתרונות טכנולוגיים חדשניים, פתרון לאתגרי הענף, יצירת חברות חדשות.	קצר	נמוך-בינוני
	הקמת קונסורציום אקדמיה-תעשייה הנותן מענה לאתגרי השטח של ענף הבנייה מו"פ, מסלולי יזמות, TTO, הגשות משותפות (בהלימה לצעדים ליצירת ביקוש), ליווי סטודנטים.	עלייה בפרויקטי המו"פ, אחוז סטודנטים הנחשף לתחום וממשיך בו, הצלחת פיילוטס, פיתוח פתרונות.	קצר בינוני	גבוה
	הקמת פונקציה לקידום המחקר בתחומי החדשנות בענף הבנייה גיבוש תוכניות מחקר רב-שנתיות והפעלת קולות קוראים למחקרים בתחומי החדשנות בענף הבנייה לצורך קידום טכנולוגיות חדשניות בעלי תוצרים יישומיים.	עלייה בפרויקטי המו"פ האקדמאיים, עלייה בתוצרי הידע היישומיים, עלייה בפיתוחים הטכנולוגיים.	קצר בינוני	נמוך (הקמת הפונקציה) גבוה (תקצוב מחקרים)
	הקמת ארגון חול רגולטורים (Regulatory sandboxes) הבנייה בישראל. אתרי בנייה פעילים לצורך איסוף נתונים, ביצוע design partnership ובדיקת המוצר לצורך אפיון רגולטורי.	עלייה בכמות הטכנולוגיות המוטמעות ומפותחות, הסרת חסמים, טיוב רגולציה.	בינוני	בינוני

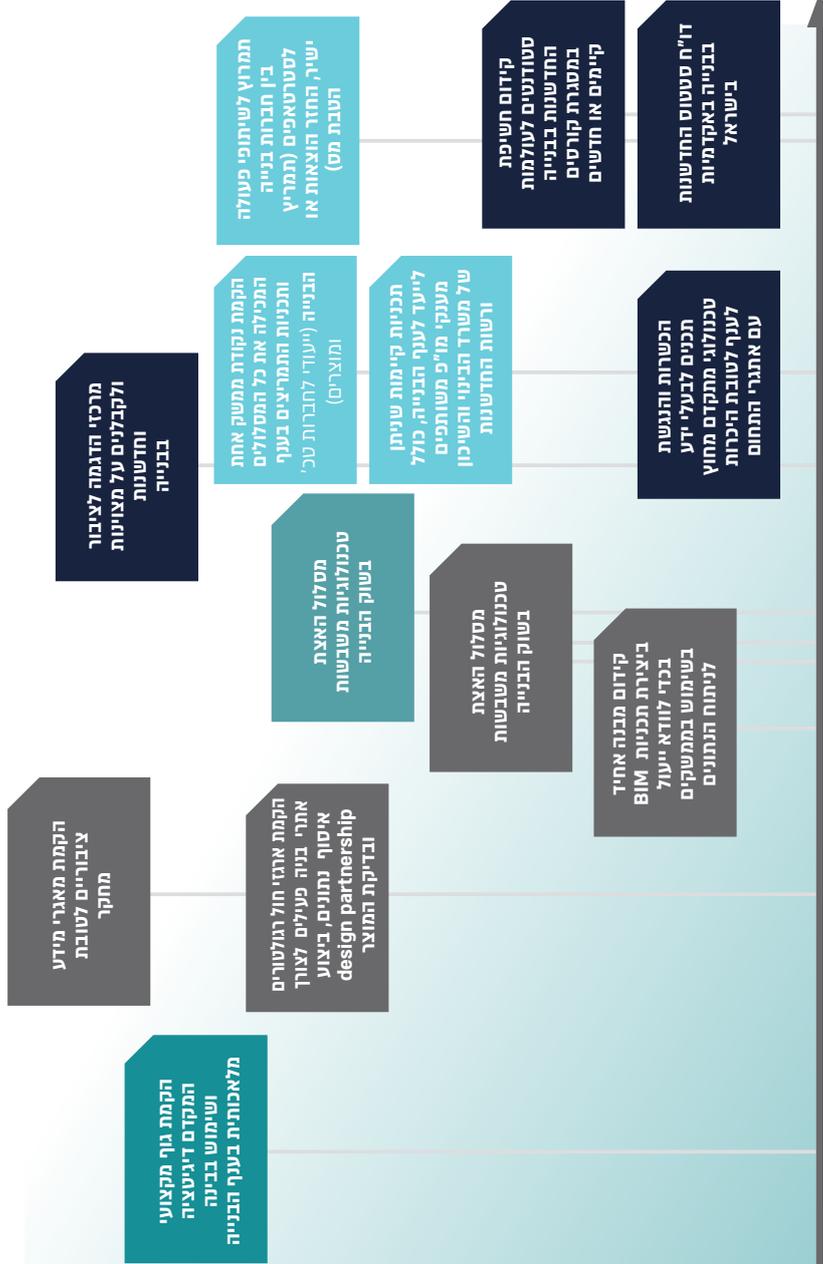
ישימות ואימפקט משתנה קידום ההיצע לחדשנות בבנייה

ישימות מהירה
ואימפקט גבוה

אימפקט

מהלך
ארוך טווח
ואימפקט
גבוה

מהלך
טווח
ואימפקט
נמוך



קטגוריות אמצעים

ידע ויכולות

מימון ותמריצים

רגולציה מאפשרת

תשתית תומכת

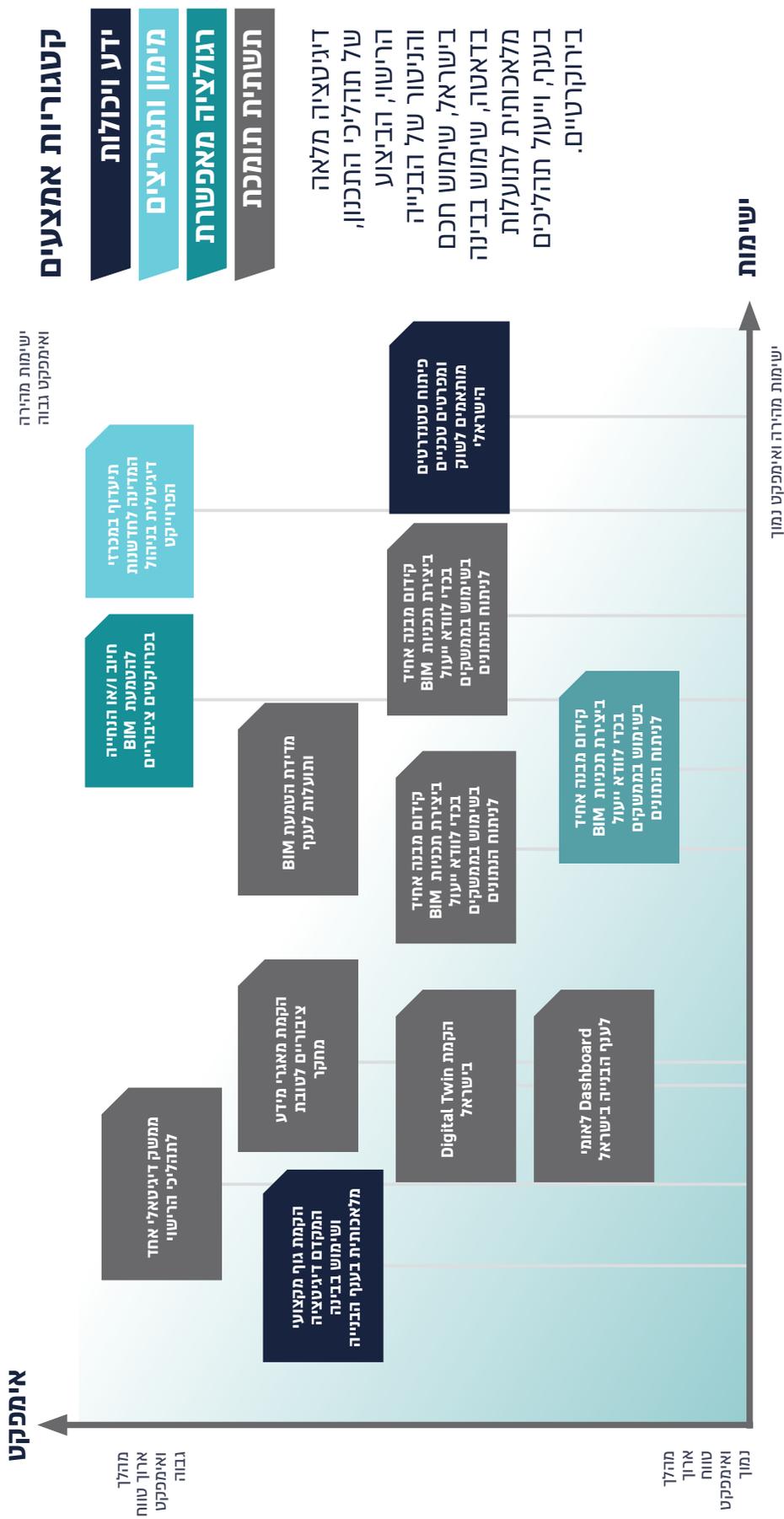
יצירת תנאים לצמיחת היצע רחב של פתרונות איכותיים ומותאמי שטח, פתרונות טכנולוגיים, מוצרים חדשניים ושיטות בנייה חדשניות בעלות היתכנות ליישום בתנאים המקומיים בישראל.

דיגיטציה לעומק ורוחבו של הענף	
קהל היעד	תשתית הנוגעת לכלל הגורמים בענף.
המטרה	דיגיטציה מלאה של תהליכי התכנון, הרישוי, הביצוע והניטור של הבנייה בישראל, שימוש חכם בדאטה, שימוש בבנייה מלאכותית לתועלות בענף וייעול תהליכים בירוקרטיים.

קטגוריה	פעולה לביצוע	השפעת המהלך	זמן הקמה	הערכת עלות
תשתית תומכת	ממשק דיגיטלי אחד לתהליכי הרישוי פישוט, שקיפות, סנכרון מידע וכו'. כלל תהליכי האישורים בנקודה דיגיטלית אחת.	קיצור משך הזמן לאישורים, ייעול תהליכים.	קצר בינוני	גבוה (כולל הכשרות וסנכרונים)
	Dashboard לאומי לענף הבנייה בישראל הקמת פונקציה לסנכרון ועיבוד המידע ויצירת Dashboard לאומי לענף הבנייה בישראל Overview פרקטלי לפי אזורים, סוגי בנייה, וגודל הפרויקט, סוגי טכנולוגיות ופילוחים שונים.	מידע לגבי התקדמות הפרויקטים, ייעול תהליכים.	קצר בינוני	נמוך- בינוני
	הקמת תאום דיגיטלי (Digital Twin) למדינת ישראל ניטור תשתיות, סטטוס רישוי, מיפוי מכרזים, ראייה רחבה לסך הבינוי ומצבו, ראייה רחבה לאתרי הבנייה בישראל וכו'.	שימוש שוטף על ידי מקבלי ההחלטות לצורך ניהול המבנים והתשתיות בענף הבנייה בישראל וטיוב החלטות.	ארוך	בינוני- גבוה (כולל תחזוק)
	הקמת צוות משימה לאומי ל- BIM גוף מקצועי אשר כולל נציגים מהשוק הפרטי, האקדמיה, הגופים הציבוריים/אקדמיה, גופים ציבוריים, ממשל ועוד - אשר מטרתו לקדם את התחום.	מהלכים רוחביים לקידום והטמעה תוך הבנת צורכי ואתגרי השוק.	בינוני	נמוך (הקמת הצוות)
	סטנדרטיזציה ביצירת תכניות BIM מטרתה היא להבטיח שכל המודלים והנתונים נוצרים, מנוהלים ומועברים בצורה אחידה, ברורה וניתנת לשיתוף.	יצירת סטנדרטיזציה ועידוד שימוש רחב היקף.	בינוני	נמוך
	מאגרי מידע ל- BIM	יצירת מאגרי מידע של מודלי BIM לצורך פיתוח וקידום טכנולוגיות הבנייה	בינוני	בינוני
	מדידת הטמעת BIM	מינוף ידע לטובת טיוב קבלת החלטות והנגשת נתונים לפיתוח האקוסיסטם.	בינוני	בינוני

דיגיטציה לעומקו ורוחבו של הענף				
קטגוריה	פעולה לביצוע	השפעת המהלך	זמן הקמה	הערכת עלות
הון אנושי, ידע ויכולות	<p>הקמת גוף מקצועי המקדם דיגיטציה ושימוש בבנייה מלאכותית בענף הבנייה</p> <p>גוף התומך בקפיצת מדרגה דיגיטלית וסגירת הפער הדיגיטלי של חברות הבנייה, בדגש על חברות קטנות ובינוניות שנועד גם לרשויות וגורמים נוספים.</p>	אחוז החברות המטמיעות דיגיטציה בתשתית ובפרויקטים.	קצר בינוני	בינוני
	<p>פיתוח סטנדרטים ומפרטים טכניים המותאמים לשוק הישראלי פרסום מדריכים בעברית לעוסקים בתחום בישראל, המכילים דוגמאות, מקרי בוחן והסברים ליישום התקן הבין-לאומי BIM-7.</p>	ביסוס ידע מעשי להטמעת ה-BIM בישראל ויצירת מכפלות לכמות המשתמשים והשפעת הכלי על הענף.	קצר בינוני	נמוך
	<p>הכשרות לשימוש ב-BIM לקבלנים וחברות ביצוע.</p>		קצר בינוני (תלוי מכפלות)	נמוך-בינוני (תלוי מכפלות)
מימון ותמריצים	<p>תעודף במרכזי המדינה לחדשנות דיגיטלית בניהול הפרויקט (BIM, Big room, IPD).</p>	השפעה בפועל על מהירות ואיכות הבנייה, זיהוי הפחתת טעויות.	קצר בינוני	נמוך
רגולציה מאפשרת	<p>חיוב / הנחיית שימוש ב-BIM בכרויקטים ממשלתיים בישראל</p> <p>הטמעת חובת שימוש ב-BIM – רמה 2. לצורך האופטימיזציה מהלך זה יכלול תמיכה בהכשרות BIM לקבלנים קטנים ובינוניים, הקמת צוות משימה ל-BIM (פורטו כצעדים נפרדים אך מומלץ לביצוע לצד אמצעי זה).</p>	קידום הטמעת ה-BIM בישראל וכתוצאה מכך השפעה בפועל על מהירות ואיכות הבנייה, סנכרון תהליכים.	קצר בינוני	בינוני-גבוה (תלוי בעלויות היקפיות)
	<p>מרכיבי דיגיטציה ברפורמת הרישוי העצמי, חיוב פרויקט מסוג זה להטמיע דיגיטציה ו-BIM.</p>	ייעול תהליכי הרישוי, הטמעת BIM.	קצר בינוני	נמוך

ישימות ואימפקט משתנה דיגיטציה לעומק ורוחבו של הענף



תיעוש והפחתת התלות בכוח אדם.				
קהל היעד				תשתית הנוגעת לכלל הגורמים בענף.
חזון				יצירת התנאים לתיעוש מרבי של ענף הבנייה וייצור מתקדם כ- Construction 4.0 לצורך קידום פתרונות טכנולוגיים מתקדמים והפחתת התלות בכוח אדם.
קטגוריה	פעולה לביצוע	השפעת המהלך	זמן הקמה	הערכת עלות
תשתית תומכת	הקמה / תמיכה בגוף לקידום הבנייה המתועשת בישראל הכשרות, פיתוח ושיתוף ידע, קהילה, מחקרים, ייצוג, כנסים וכו' (על ידי גוף חיצוני הנתמך על ידי הממשלה והמגזר הפרטי).	רמת התיעוש (פרויקטים, אחוזים), כמות החברות החדשות בתחום.	בינוני	נמוך-בינוני
	הוצאות קול קורא לרשויות להפיכה לרשות מדגימה לבנייה מתועשת בקנה מידה גדול תמיכה בליווי וייעוץ, הכשרות לגורמי המקצוע, תמיכה במימוש תיעוש בהסכמי גג.	לדוגמא, שילוב טכנולוגיות מתועשות במסגרת הבינוני שתחת הסכמי הגג או בפרויקטי שבתחום הרשות.	קצר בינוני	בינוני
הון אנושי, ידע ויכולות	ייעוץ וליווי חברות ביצוע בהטמעת חדשנות והתייעלות במיקוד בנייה מתועשת שירות מסובסד מטעם המדינה אשר מיועד בעיקר לחברות בנייה בינוניות וקטנות, שם התועלת היחסית תהיה גדולה יותר.	סיוע בהטמעת טכנולוגיות ושיטות בנייה, שיפור ביצועים והתייעלות מדידים, בדגש עם פתרונות מפחיתות תלות בכ"א.	קצר	בינוני (תלוי מכפלות)
	קורסים והכשרות לבנייה מתועשת מנהלי ביניים באתרי הבנייה, מנהלים בכירים בחברות יזמות או ביצוע, הכשרות למיומנויות מעשיות בהתאם לצורכי השוק.	הגדלת כמות העובדים בענף המיומנים, הגדלת אחוז הפרויקטים בבנייה מתועשת, שיתוף ידע.	קצר	נמוך-בינוני (תלוי מכפלות)
	יצירת ממשקי ידע תומכי חדשנות לשוק לבנייה קטלוג online אודות חלופות חומרים, מוצרים וטכנולוגיות תומכי בנייה מתועשת הוצאה קבועה של מקרי מבחן.	מידת השימוש וההשפעה על השוק, הנגשה בפועל של פתרונות לחברות הבנייה, הטמעות ושיתופי פעולה, השפעת התכנים על פעולות חברות הבנייה.	קצר	נמוך

קטגוריה	פעולה לביצוע	השפעת המהלך	זמן הקמה	הערכת עלות	
מימון ותמריצים	מסלולי מענקים עבור הקמת פסי ייצור לבנייה מתועשת תמרוץ הקמת מפעל בנייה מתועשת מסלולי מענקים לתעשיינים או חברות בנייה עבור הקמת מפעלים או פסי ייצור לבנייה מתועשת.	הרחבת היצע המוצרים והרכיבים של בנייה מתועשת בשוק הבנייה בישראל.	קצר	גבוה	
	תמרוץ רכש ציוד מתקדם והטמעת שיטות בנייה חדשות תמרוץ על בסיס יישום תיעוש פר יח"ד או באחוז מהפרויקט, צבר תמריצים אפשריים על בסיס הטבות מס, תוספות זכויות בנייה, החזר הוצאות ההצטיידות, מסלול מהיר להיתרים.	השפעה בפועל על רכש ציוד או הטמעת שיטות בנייה, בעדיפות לתמרוץ בעל השפעה המבססת שינוי קבוע ולא פרוייקטלי.	בינוני ארוך (בתלות בתמריץ)	גבוה	גבוה
	קידום תיעוש בבנייה ירוקה עיבוי משקל מרכיב התיעוש בת"י 5281 לבנייה ירוקה.	מינוף תחום הבנייה הירוקה כמקדם חדשנות ותיעוש, על בסיס חובת עמידה בת"י 5281.	בינוני	נמוך	נמוך
רגולציה מאפשרת	הקמת פורום רגולציה לבנייה מתועשת בישראל קהילה של רגולטורים בעלי מטרה משותפת (קידום תיעוש הבנייה בישראל והפחתת התלות בכוח אדם) לחיבור בין הגורמים ברמה הבין-משרדית.	מידת הצלחת הפורום בקידום רגולציות תומכות והסרת חסמים.	קצר	נמוך	נמוך
	עידוד בנייה מתועשת דרך מזמיני עבודה ציבוריים על ידי גורמים כגון משרד התיירות וחברות הדיור הציבורי, משרד הביטחון והדיור הציבורי.	הגדלת כמות הבנייה המתועשת בקרב גופים ממשלתיים, יצירת ביקוש מתמשך לבנייה מתועשת וביסוס השוק.	קצר בינוני	נמוך-בינוני	נמוך-בינוני
	מרכז מסגרת לרכש בנייה מתועשת מתקדמת מיועד לגופים ממשלתיים ורשויות מקומיות וגופים, הנגשת ספקים מורשים המציעים פתרונות מתועשים ומתן אפשרות להתקשרות פשוטה ויעילה.	כמות הפרויקטים הציבוריים הכוללים מרכיבי תיעוש (באחוזים).	קצר בינוני	נמוך	נמוך
	שיווק קרקעות אזורי הטמעת שיטות בנייה מתועשות בחזרתיות גבוהה של אלמנטים במספר אתרי בנייה (חיבור חלקות על מנת להגדיל את כדאיות התיעוש).	יצירת כדאיות כלכלית לנכח ייצור ושימוש בבנייה מתועשת כמות ה־Beta Sites, ההשפעה בפועל על סוג ואיכות הבנייה, כמות יח"ד הדיור בבנייה מתועשת וכו'.	קצר בינוני	נמוך	נמוך

קטגוריה	פעולה לביצוע	השפעת המהלך	זמן הקמה	הערכת עלות
רגולציה מאפשרת	<p>חיוב הדרגתי לבנייה מתועשת לכרויקטים בקנה מידה גדול</p> <p>חיוב אחוז מסוים לבנייה מתועשת או רכיבי בנייה מתועשת, בהתאם למ"ר הכרויקט (הממוקם על קרקעות המדינה) עם עלייה בדרישה באחוזי הנדרשים. המהלך יכלול צעדי תמיכה בשוק, בתמרוץ, בידע, וכו'.</p>	שינוי מדיד, מהותי והדרגתי בהטמעת הבנייה המתועשת בישראל.	ארוך	בינוני-גבוה (תלוי בעלויות היקפיות)
	<p>הקמת פורום לקידום הבנייה המתועשת עם הרשויות המקומיות ופורום ה-15</p> <p>תהליך עם הרשויות המקומיות ופורום ה-15, מהנדסי הערים ומערכות הרישוי העירוניות.</p>	קידום הבנייה המתועשת בקרב הרשויות המקומיות.	קצר בינוני	נמוך

ישימות ואימפקט משתנה תיעוש והפחתת התלות בכח אדם

אימפקט

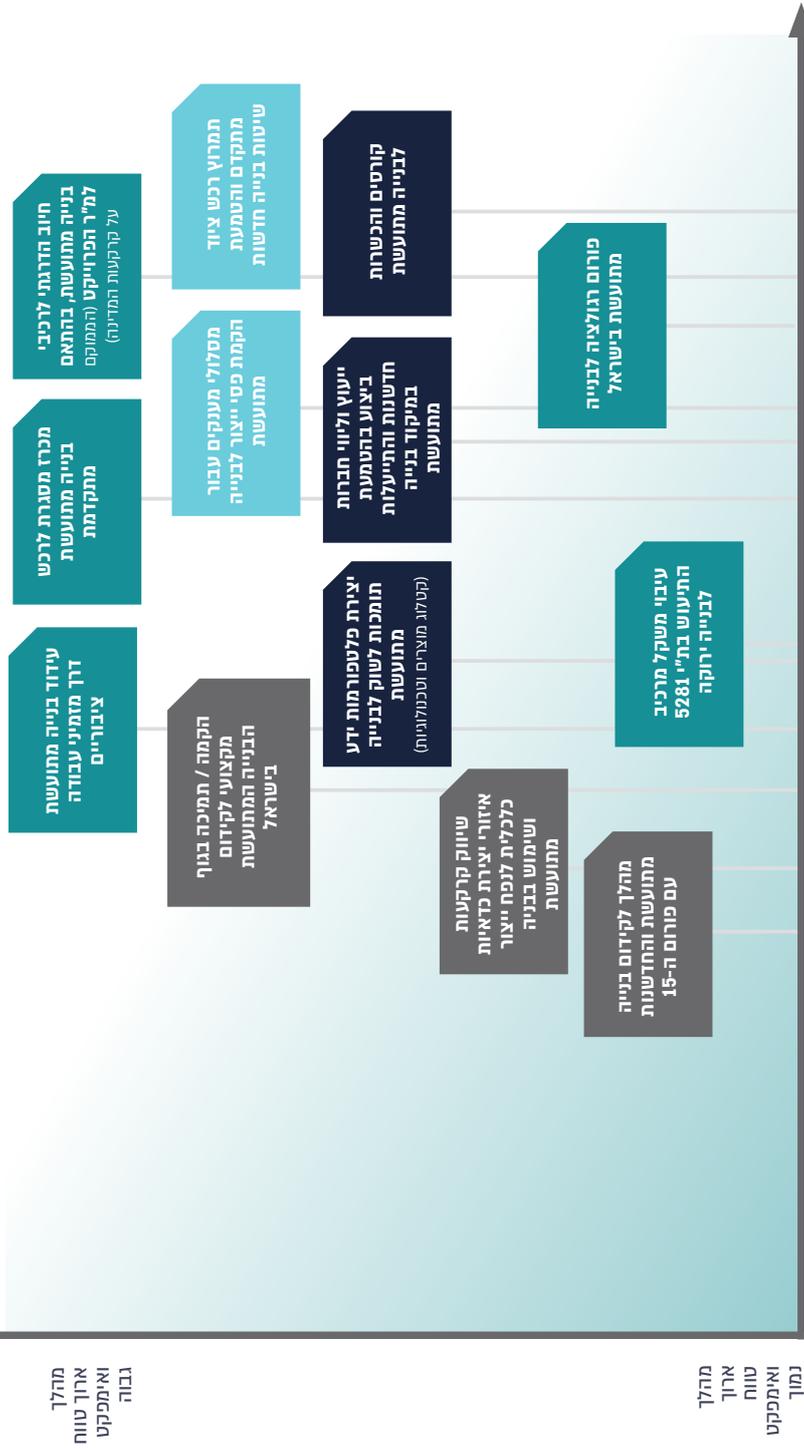
ישימות מהירה
ואימפקט גבוה

- קטגוריות אמצעים
- ידע ויכולות
- מימון ותמריצים
- רגולציה מאפשרת
- תשתית תומכת

יצירת התנאים
לתיעוש מרבי של ענף
הבניה וייצור מתקדם
כ- Construction 4.0
לצורך קידום פתרונות
טכנולוגיים מתקדמים
והפחתת התלות בכוח
אדם.

ישימות

ישימות מהירה ואימפקט נמוך



מהלך ארוך טווח ואימפקט גבוה

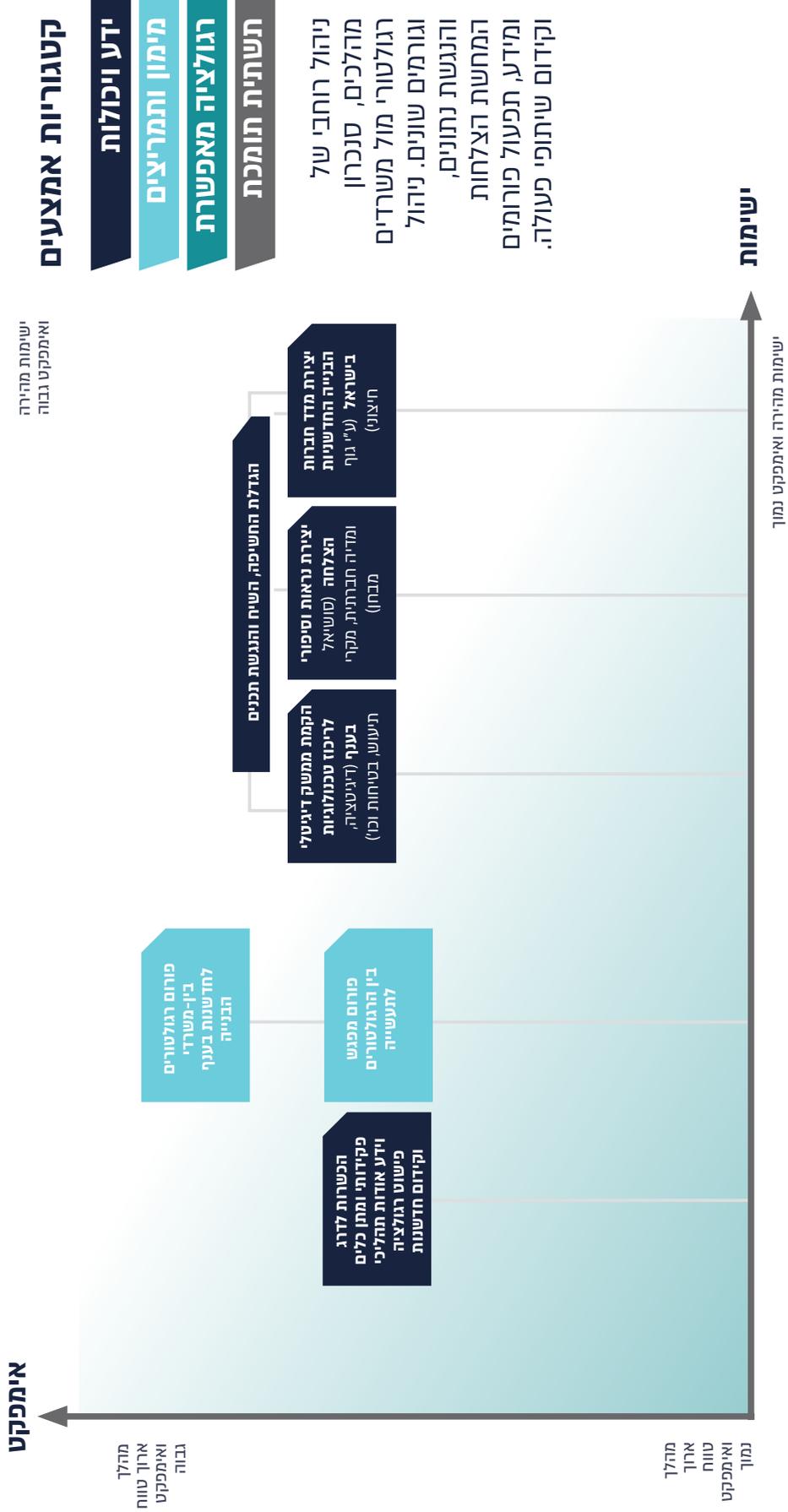
מהלך ארוך טווח ואימפקט נמוך

מהלכי סנכרון תומכים המשפיעים על כלל הענף			
הערכת עלות	זמן הקמה	השפעת המהלך	פעולה לביצוע
נמוך	קצר	יישום רגולציות מתקדמות וחדשניות, זיהוי והסרת חסמים רגולטוריים, קידום תוכניות תומכות.	כורום רגולטורים בין-משרדי לחדשנות בענף הבנייה קהילה של רגולטורים למטרות חיבורים, הסרת חסמים וקידום חדשנות, התאמת והשלמת תקינה לחדשנות, קהילת חדשנות לרגולטורים.
נמוך	קצר	יזמות משותפות, חיבורים, זיהוי חסמים, קשב לשטח.	הקמת כורום מפגש בין הרגולטורים לתעשייה מפגשי חשיבה והתייעצות של משרד הבינוי והשיכון וגופים רגולטורים, יחד עם מחזיקי העניין בשוק הפרטי (חברות, סטארטאפים, אקדמיה, ארגונים).
נמוך (תלוי היקפים)	קצר	שיתוף ידע, היכרות, יישום רעיונות רגולטוריים, פיילוטס, יישום ידע וכלים.	הכשרות לדרג פקידותי מתן כלים וידע אודות תהליכי פישוט רגולציה וקידום חדשנות עבור בעלי תפקידים העוסקים בתחום ובעלי יכולת השפעה.
בינוני	קצר	שינוי מדיד בתפיסת הענף, הפצת ידע, הגדלת אטרקטיביות הענף, חיבור גורמים חדשים ואיכותיים לענף.	הגדלת החשיפה, השיח והנגשת תכנים, יצירת נראות וסיפורי הצלחה, יצירת אימפקט תודעתי ע"י: <ul style="list-style-type: none"> ■ יצירת זרוע סושיאל ומדיה חברתית המציגה מקרי מבחן, תהליכי עבודה, שתראיין בעלי מקצוע ועוד באופן אטרקטיבי. ■ הקמת ממשק דיגיטלי לריכוז טכנולוגיות בענף (דיגיטציה, תיעוש, בטיחות וכו'). ■ דו"ח אודות מצב החדשנות בענף הבנייה בישראל. ■ יצירת מדד חברות הבנייה החדשניות בישראל (על ידי גוף חיצוני). ■ תמרוץ חברות להצגת סיפורי הצלחה ליישום טכנולוגיות והגדלת הפריזון
		קידום תיעוש הבנייה באופן רוחבי, מתוכלל ומעמיק בשוק הבנייה בישראל.	מהלך אסטרטגי רחב היקף לקידום התיעוש בישראל, סעיף זה כולל שילוב צעדים שונים שעלו במסגרת המסמך. מהלך מסוג זה יש לגבות בתמיכה לשוק, בצעדים כגון: 1. חיוב הדרגתי במכרזי המדינה: עידוד בנייה מתועשת במכרזי המדינה באמצעות דרישה ייעודית במכרזים, בהתאם למדיניות ייעודית לנושא כאחוז מסך כל הפרויקטים או מ"ר נדרש או קריטריונים אחרים. 2. תמרוץ יישום שיטות בנייה מתועשות בפרויקטי הבנייה בקרב חברות קטנות ובינוניות, בחינה בהתאם לאופי הפרויקט, עידוד והשקעה בהקמת פסי ייצור ומפעלים לבנייה מתועשת מתקדמת מודולרית, הגדלת היצע השיטות המתועשות בדגש על שיטות מתקדמות המשלבות אמצעים מתקדמים. השקעה בהכשרת כוח אדם לעבודה בשיטות בנייה מתועשות – מנהלי עבודה, מהנדסי ביצוע, מתכננים, קבלנים וכו'. תמיכה בתהליכי דיגיטציה: השקעה בקידום שימוש במודלי מידע בניין (BIM) ובפתרונות דיגיטליים אחרים, עם דגש על חברות בינוניות וקטנות.

מהלכי סנכרון תומכים המשפיעים על כלל הענף

הערכת עלות	זמן הקמה	השפעת המהלך	פעולה לביצוע
		קידום הבנייה המתועשת בקרב הרשויות המקומיות.	<p>מהלך לקידום בנייה מתועשת וחדשנות עם פורום ה-15</p> <ul style="list-style-type: none"> • ניהול שיח עם הרשויות המקומיות ופורום ה-15 המייצג את הערים הגדולות בישראל להצבת בנייה מתועשת וחדשנות כאסטרטגיה תכנונית וביצועית בפרויקטי הבנייה והתשתיות העירוניים. • מומלץ לתעדף מהלך מסוג זה יחד עם הרשויות העומדות בפני מימוש הסכמי גג.

ישימות ואימפקט משתנה מהלכי סנכרון תומכים המשפיעים על כלל הענף



7.4 מימוש האמצעים

על מנת שיתממשו הצעדים המפורטים במסמך זה, יש לוודא כי מתקיימים מספר אבני יסוד הכוללים משאבים ייעודיים, הקצאות כוח אדם ואסטרטגיה ארוכת טווח:

א. ניתוח כלכלי של הפרמטרים לתקצוב:

את הצעדים והפעולות המוצעים יש לנתח באופן מקיף ומפורט מבחינת עלויות, על ניתוח זה לכלול הערכה של ההשקעה הנדרשת לצורך יישום התשתיות, ההכשרות והמשאבים הנדרשים בכל שלב. בנוסף, יש לזהות את התועלות הצפויות מהצעדים המיושמים, כגון שיפור הפריון בענף, צמצום ליקויי בנייה, קיצור זמני הביצוע והפחתת עלויות הבנייה. ההשפעה על הפריון יכולה להימדד בהשפעה ישירה של צמצום התלות בכוח אדם, העלאת הפריון לעובד, קיצור משך הביצוע ועוד.

ב. תיאום רב-מערכתי בין היוזמות ע"י משרד הבינוי והשיכון:

הצלחת המהלכים תלויה בתיאום רב-מערכתי בין כל הגורמים הרלוונטיים: משרדי ממשלה, רשויות מקומיות, תעשייה, חברות בנייה, מתכננים, סטרטאפים, האקדמיה, גופים רגולטוריים ועוד. מוצע כי משרד הבינוי והשיכון ישמש כגורם מוביל ומתכלל, המסנכרן בין השחקנים ובעלי העניין השונים ויוצר מסגרת אחידה לפעולה.

בנוסף, הצלחת המהלכים המוצעים במסמך תלויה לא רק בהפעלה נפרדת של כל אמצעי, אלא ביכולת לחבר ביניהם למהלכים אסטרטגיים רחבים ומשולבים. קיימים צעדים רבים בעלי זיקות מהותיות, שכשמחברים ביניהם – נוצרת מכפלת ערך תפעולית, כלכלית ומערכתית.

לדוגמא:

■ תחום הבנייה המתועשת מופיע במסמך במגוון כלים ואמצעים: החל מהקמת פסי ייצור, דרך תמריצים ליישום תיעוש בכרויקטים, הכשרות כוח אדם, רגולציה תומכת ועד עידוד תיעוש במרכזים. כיום, כל כלי מתוכנן בנפרד. אולם, ניתן ורצוי לחברם לכדי מהלך כולל של "מסלול תיעוש לאומי" שיפעל תחת מעטפת משולבת אחת. כך גם בתחום הדיגיטציה, אותו ניתן לאחד תחת מספר צעדים.

■ הקמת מרכזי הדגמה ומצוינות, תכניות הכשרה ומרכזי ידע, כל אלו מתקיימים בהקשרים שונים (חדשנות, תיעוש, אקדמיה) וניתן לאחדם תחת פלטפורמה.

■ קולות קוראים, תמריצים ותיעודי במרכזים, מופיעים תחת מספר קטגוריות. אפשר לאגדם ל"מסלול פיתוח מואץ" לכרויקטים המצטיינים בשילוב בין חדשנות, תיעוש ודיגיטציה.

■ תמיכה באקדמיה (דוחות, הכשרות, קונסורציום מו"פ של האקדמיה לאתגרי התעשייה) לצד הכשרות בשטח ובחברות – ניתן לבסס מרכז ידע לאומי לחדשנות בבנייה, שייאגד את הפעולות האלו תחת גג משותף.

מהלך כזה של זיהוי ואיגום אמצעים קיימים מאפשר ניצול יעיל של תקציבים ויכולת ליעד השקעות גדולות במסלול אחד עם תתי-רכיבים.

ג. חיזוק משאבים:

גם בהקשר לסעיף הקודם, וכן כתנאי להצלחת המהלכים השונים, ולהעצמת החדשנות בבנייה בישראל – נדרש חיזוק המשאבים הממשלתיים וכמו כן הקמת צוותי עבודה בין-משרדיים לצורך מימוש יעדים אלו בראייה ארוכת טווח, לטובת רציפות תהליכים. לשם כך יש להביא:

■ חיזוק יחידת החדשנות במשרד הבינוי והשיכון, עיבוי המשאבים לצורך העצמת הפעילות וביצוע תכניות העבודה שיגובשו במסגרת עקרונות ופעולות מסמך זה (כוח אדם ותקצוב). היחידה תפעל לתכלול כלל הפעולות הנדרשות לקידום החדשנות בענף הבנייה, תכנון וניהול המהלכים והפעולות, סנכרון עם גופים ממשלתיים וגורמים נוספים, ניהול נתונים, הקמת והפעלת פורומים שונים ועוד.

■ הקמת צוותי משימה מקצועיים ייעודיים למטרות ממוקדות (Task Forces) הקמת צוותים ייעודיים שיפעלו בנושאים ממוקדים שפורטו במסמך זה. לדוגמא: צוות משימה בנושא דיגיטציה ו/או BIM, צוות משימה המקדם תיעוש בענף, צוות משימה הנוגע בחיבורי אקדמיה ותעשייה ועוד. צוות המשימה יכול נציגים ממשרדי הממשלה, השוק הפרטי והאקדמיה, שיפעלו למימוש יעדים ממוקדים, ויפעל לקידום מהלכים הנדרשים לצורך מימוש המטרות והיעדים.

ד. יצירת המשכיות וודאות:

ביסוס תקצוב התכנית לצורך הפעלת תכניות לקידום חדשנות בבנייה באופן המשכי תוך מתן ודאות ויציבות לשוק הבנייה לטווח הארוך. ודאות זו מאפשרת למשקיעים לתכנן תכניות ארוכות טווח ובייחוד למיזמים אשר להן נדרשת תקופת הקמה והפעלה רב-שנתית כגון תשתיות ייצור ומפעלים. כמו כן, הדבר מקבל משנה תוקף כאשר מדובר בטכנולוגיות בנייה אשר בסקטור זה נדרש להן זמן ארוך בכדי להגיע לבשלות מסחרית.

ה. מדידה והערכה:

יש לבצע מדידה שוטפת לגבי ההשפעה של התכניות בפועל, בכדי להעריך את התועלות, לדייק את אופן העבודה ולקבל נתונים לצורך גיבוש החלטות. כמו כן, יצירת נראות וסיפורי הצלחה מיישום בפועל יתרמו להעלאת המודעות והאמון שבשימוש בשיטות ומוצרים חדשניים. לשם כך יש לוודא:

■ פעילות למינוף הצלחות ושיתוף ידע: מינוף ושיתוף הצלחות ומהלכים מוצלחים צריכים להוות בסיס למודלים להתרחבות וליישום בפרויקטים נוספים. יש לתעדם ולמנפם לטובת שיתוף הידע וליצירת שינוי בתפיסת החדשנות בענף הבנייה.

■ קיום תשתית למדידה שוטפת: פיתוח מנגנוני מדידה להערכת ההתקדמות, הן במונחי תפעול (מספר הפעולות שבוצעו) והן במונחי השפעה (שיפור הביצועים בפועל). ובמסגרת זו ניטור שוטף של התקדמות המהלכים ותוצאותיה, עדכון תכניות ופרויקטים בהתאם לצרכים בשטח ולשינויים בסביבה הכלכלית והרגולטורית.

ביבליוגרפיה



- 1 תחזית אוכלוסייה, הלמ"ס, 2023.
- 2 לפי ענף כלכלי, למ"ס, 2020.
- 3 Lu, Y., Wu, Z., Chang, R., & Li, Y. 2017.)"Building Information Modeling [BIM[for green buildings: A critical review and future directions ."Automation in Construction, 83, 134-148; Miozzo, M., & Dewick, P. 2004. "Innovation in Construction: A European Analysis ."Industry and Innovation, 101-112.
- 4 The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail, Clayton Christensen, 1997.
- 5 Assessment of the cybersecurity vulnerability of construction networks, Bharadwaj R.K. Mantha, Borja García de Soto, 2020.
- 6 Construction 4.0 Market Size, Share, Competitive Landscape and Trend Analysis Report, by Solution, by Technology, by Application, by End User : Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2021-2031, Allied Market Research.
- 7 <https://publications.aecom.com/MEH/report/global-construction-prospects-2024/>
- 8 https://www.gov.il/he/departments/guides/what_is_prefabricated_building
משרד הבינוי והשיכון.
- 9
- 10 <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/modular-construction-from-projects-to-products>
- 11 Proposal for a New Approach to Building: Call for Evidence, infrastructures and projects authority, 2020, UK. https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5fce9cf1e90e07562966793d/2020-12-8_response_-_Proposal_for_a_New_Approach_to_Building.pdf
- 12 Environment Common Data. כולל ISO 19650 לפי תקן BIM-ניהול מידע ו
- 13 Review of digital twin applications in manufacturing, 2019, Chiara Cimino, Science Direct.
- 14 Drone Fleet Uses 3D Printing to Build Large-Scale Structures, Mark Crawford, The American Society of Mechanical Engineers, Jan 26, 2023. <https://www.asme.org/topics-resources/content/drone-fleet-uses-3d-printing-to-build-large-scale-structures>.
- 15 International Federation of Robotics (IFR)
- 16 SAE International ארגון הרכב הבין־לאומי
- 17 Construction 4.0: An Innovation Platform for the Built Environment, 2019.
- 18 Element selection for crystalline inorganic solid discovery guided by unsupervised machine learning of experimentally explored chemistry. Nature Communications, 2021.
- 19 דדי קדישביץ, אוטודסק, ניהול מוצר טכנולוגי לענף הבינוי. 2023
- 20 <https://leanconstructionblog.com/THE-5-BENEFITS-OF-THE-BIG-ROOM-IN-LAST-PLANNER-SYSTEM.html>
- 21 <https://www.hdrinc.com/insights/6-advantages-integrated-project-delivery>
- 22 DBIA - Design-Build Institute of America, 2023 Design-Build Data Sourcebook.

- 23 <https://theleanstartup.com/>
- 24 <https://www.construction.com/resource/lean-construction/>
- 25 מתוך: צעדים לקידום חדשנות בענף הבנייה בישראל, המכון הלאומי לחקר הבנייה, 2022
- 26 Demographia International Housing Affordability, 2024, Chapman University.
- 27 <https://www.bls.gov/cps/cpsaat11b.htm>
- 28 REINVENTING CONSTRUCTION: A ROUTE TO HIGHER PRODUCTIVITY, MCKINSEY 2017
- 29 University of Minnesota, Construction Labor Productivity: Identifying and Addressing Causes, Mahesh Madan Gundech, 2012
- 30 Global Status Report for Buildings and Construction 2024/2025, UNEP.
- 31 https://www.oecd-ilibrary.org/finance-and-investment/oecd-financing-smes-and-entrepreneurs-scoreboard-2023-highlights_a8d13e55-en
- 32 Construction 2025, <https://www.gov.uk/government/publications/construction-2025-strategy>
- 33 <https://www.weforum.org/stories/2025/06/how-china-is-reinventing-the-future-of-global-manufacturing/>
- 34 https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/point/sosei_point_tk_000021.html
- 35 EU Construction 2020 Strategy
- 36 Shaping the Future of Construction, World Economic Forum, 2016
- 37 Code of Practice on Buildability, 2022
https://www1.bca.gov.sg/docs/default-source/docs-corp-news-and-publications/publications/codes-acts-and-regulations/code-of-practice-on-buildability-2022-edition-_addendum4701f5e120d046988baf88152bc487d7.pdf?sfvrsn=efd1b3ae_0
- 38 Building and Construction Authority (BCA), Singapore
- 39 <https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Dossier/regulatory-sandboxes.html>
- 40 Industrial Safetytech Regulatory Sandbox, 2023. <https://www.hsl.gov.uk/training/sandbox>
- פרטי <https://safetytechaccelerator.org/> של משרד המדע הבריטי יחד עם אקסלרטור פרטי
<https://www.gov.uk/government/news/science-innovation-and-technology-backed-in-chancellors-2023-autumn-statement>
- 41 https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/construction_en
- 42 Front page - www.kiradiqi.fi
- 43 <https://www.vinnova.se/en/calls-for-proposals/circular-and-biobased-economy/build-for-the-future-innovation-for-a-2022-02717/>
- 44 https://www.icom.uni-hannover.de/fileadmin/icom/BIM_EXPO_2019/Vortraege/Yamaguchi-The_strategic_approaches_to_enhance_the_BIM_and_CIM_application_in_Japan.pdf
- 45 <https://business.gov.nl/subsidy/innovation-box/>

- 46 Built environment sector guide for the R&D Tax Incentive | business.gov.au
- 47 <https://www.reincarnate-project.eu/>
<https://www.reincarnate-project.eu/demonstrators/>
- 48 <https://constructioninnovationhub.org.uk/our-projects-and-impact/information-management>
- 49 <https://www.fraunhofer.de/en.htm>
- 50 <https://www.cdbb.cam.ac.uk/resources/casestudies>
- 51 <https://www.darpa.mil/news-events/2020-12-16a>
- 52 <https://msd.unimelb.edu.au/research/directions/practice-and-construction-innovation>
- 53 <https://www.btc.ac.uk/csic-empowering-the-construction-industry-with-specialised-skills-and-training/>
- 54 <https://www.bmi.bund.de/EN/topics/building-housing/building/construction-sector/future-building/future-building-node.html>
- 55 Centre for Digital Built Britain (CDBB) and the BIM Task Group
- 56 <https://www.globalbim.org/info-collection/the-digital-transition-plan-for-buildings-ptnb-final-report/>
- 57 <https://background.tagesspiegel.de/digitalisierung/digitalisierung-soll-auch-bei-der-bauplanung-helfen>
- 58 <https://ised-isde.canada.ca/site/innovative-solutions-canada/en/innovation-and-procurement-secret-sauce>
- 59 <https://english.rvo.nl/topics/growing-or-upscaling-your-business/research-development>
- 60 Innovation in Green Building Projects: An Exploratory Inquiry, <https://www.mdpi.com/2075-5309/13/9/2359>
- 61 <https://www.gov.uk/government/collections/biodiversity-net-gain>
- 62 <https://www.digitalwallonia.be/en/posts/edih/>
- 63 <https://bygg40.se/home-en>
- 64 <https://www.zukunftbau.de/>
- 65 <https://www.fona.de/en/topics/research-for-more-efficiency.php>
- 66 <https://www.fertigbau.de/>
- 67 <https://www.bau.fraunhofer.de/en.html>
<https://www.energy.gov/national-laboratories>
- 68 Fraunhofer Building Innovation Alliance
- 69
- 70

71

72 <https://www.gov.uk/government/publications/construction-2025-strategy>

73 <https://www.gov.uk/government/publications/construction-sector-deal/construction-sector-deal>

74 <https://www.ukri.org/what-we-do/browse-our-areas-of-investment-and-support/transforming-construction/>

75 <https://constructioninnovationhub.org.uk/>

76 Home | Construction Innovation Hub

77 Competition overview - Transforming UK construction: demonstrator projects - Innovation Funding Service

לדוגמה

78 כלי המסייע לניתוח תועלות בענף, בעיקר בעזרת דיגיטציה, Value Toolkit-Transforming Construction, דוגמה, ה

79 [n_round_one_small_projects_call_outline_0.pdf](#)

80 <https://constructionmanagement.co.uk/bryden-wood-partner-lead-governments-new-construct/>

81 <https://www.buildoffsite.com/news/core-innovation-hub-to-transform-uk-construction/>

82

83 <https://www.thenbs.com/knowledge/introducing-the-national-bim-report-2016>

84 <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a79b2eae5274a18ba50e280/12-1327-building-information-modelling.pdf>

85 רמה 2: שיתוף פעולה בין צוותים באמצעות סביבת נתונים משותפת; רמה 3: שימוש ב"תאום דיגיטלי" בזמן אמת, מודל אחד משותף לכל המידע והצוותים ותמיכה בכל מחזור חיי המבנה.

86 https://www.waldeckconsulting.com/latest_news/what-you-need-to-know-about-bim-compliance-in-2023/

87 <https://www.crowncommercial.gov.uk/agreements/RM6184>

88 <https://www.gov.uk/government/publications/the-construction-playbook>

89 <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/631222468fa8f5423fb0c7c0/20220901-MMC-Guidance-Note.pdf>

90 <https://www.fixfirm.com/blog/view/winners-announced-for-uk-government-s-10bn-offsite-framework>

91 <https://www.gov.uk/government/publications/procurement-policy-note-0621-taking-account-of-carbon-reduction-plans-in-the-procurement-of-major-government-contracts>

92 <https://publications.parliament.uk/pa/cm201719/cmselect/cmcomloc/1831/1831.pdf>

93 <https://www.gov.uk/government/publications/procurement-policy-note-0621-taking-account-of-carbon-reduction-plans-in-the-procurement-of-major-government-contracts>

94 <https://lordslibrary.parliament.uk/modern-methods-of-construction-in-the-housing-industry/>

- 95 <https://www.gov.uk/government/publications/the-construction-playbook>
- 96 https://assets.publishing.service.gov.uk/media/6312230fd3bf7f2d3d3b524b/220901-HMG-Model-Clause-Subsurface-Data-Sharing__1_.odt
- 97 <https://www.cdbb.cam.ac.uk/>
- 98 <https://www.hse.gov.uk/construction/assets/docs/improving-health-and-safety-outcomes-in-construction.pdf>
- 99 <https://www.cdbb.cam.ac.uk/DFTG/GeminiPrinciples>
- 100 <https://www.cdbb.cam.ac.uk/system/files/documents/DFTGRoadmap.pdf>
- 101 <https://digitaltwinhub.co.uk/>
- 102 <https://cp.catapult.org.uk/>
- 103 Home - The Catapult Network
- 104 <https://www.digicatapult.org.uk/>
- 105 <https://ct.catapult.org.uk/>
- 106 <https://sa.catapult.org.uk/>
- 107 [High Value Manufacturing Catapult - HVMC](#)
- 108 <https://www-smartinrastructure.eng.cam.ac.uk/>
- 109 BIM mandates and initiatives, 2023, bimobjects global guide
- 110 <https://eubim.eu/>
- 111 [Handbook-EU BIM Task Group](#)
- 112 <https://eubim.eu/cost-benefits/>
- 113 <https://eubim.eu/workshops/>
- 114 <https://www.youtube.com/watch?v=Golv5ritEiM&t=140s> The Center for Digital Built Britain is working on a National Digital Twin initiative
- 115 <https://infra.global/singapores-digital-twin-from-science-fiction-to-hi-tech-reality/>
- 116 https://www.spatial.nsw.gov.au/digital_twin#nsw-spatial
- 117 <https://www.digitalurbantwins.com/>
- 118 <https://aecmag.com/features/news-dassault-systemes-helps-build-virtual-singapore/>
- 119 <https://portal.spatial.nsw.gov.au/explorer/index.html>
- 120 <https://energy.cusp.nyu.edu/>
- 121 <https://explore.dot.gov/t>
- 122 <https://public.tableau.com/views/NABERSbyNumbers/NABERSbyNumbers?:showVizHome=no>

- 123 <https://energy.cusp.nyu.edu/#/>
- 124 <https://maps.london.gov.uk/lbsm-map/public.html>
- 125 <https://data.london.gov.uk/dataset/london-building-stock-model>
- 126 <https://www.scottishconstructiondata.org/employment-earnings>
- 127 <https://www.geoweeknews.com/news/singapore-land-authority-digital-twin-bentley-systems-3d-mapping>
- 128 <https://www.smart-energy.com/industry-sectors/digitalisation/twineu-to-pilot-digital-twins-across-11-countries/>
- 129 <https://cordis.europa.eu/project/id/315274/reporting>
- 130 <https://bau-muenchen.com/en/trade-fair/key-themes/modular-building/>
- 131 https://www.gdw.de/media/2019/11/m10b_praesentation_serieller_wohnungsbau.pdf
- 132 <https://www.citf.cic.hk>
- 133 https://citf.cic.hk/Product_Photo/files/Framework%20and%20T%26C/CITF%20App%20Framework_Eng.pdf
- 134 https://www.hkic.edu.hk/eng/career_path
- 135 https://www1.bca.gov.sg/docs/default-source/docs-corp-news-and-publications/publications/codes-acts-and-regulations/code-of-practice-on-buildability-2022-edition-_addendum4701f5e120d046988baf88152bc487d7.pdf?sfvrsn=efd1b3ae_0
- 136 <https://www.hdb.gov.sg/about-us/our-role/public-housing-a-singapore-icon>
- 137 <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/productivity/design-for-manufacturing-and-assembly-dfma>
- 138 Singapore's largest integrated construction and prefabrication hub opens
- 139 https://www1.bca.gov.sg/docs/default-source/docs-corp-news-and-publications/media-releases/ibew-opening_media-release.pdf
- 140
- 141 מקור: דו"ח מור פערים ובעיות יסוד במערכת הרגולטורית בישראל, 2021.
- 142 https://www.gov.il/he/pages/tochnit_letius_anaf_habniya
- 143 ענף הבנייה בישראל, Coface Bdi 2023, יוני
- 144 יוני, Coface Bdi 2023, ענף הבנייה בישראל, תהילה ינאי מנכ"לית משותפת
- 145 <https://data.gov.il/dataset/pinkashakablanim>
- 146 Coface Bdi 2023. סקר קבלנים שנתי
- 147 Coface Bdi 2024. סקר קבלנים שנתי
- 148 https://www.gov.il/he/departments/news/press_230622 – משרד האנרגיה מודיע: עכשיו זה רשמי – לראשונה בישראל, חובת הצגת דירוג אנרגיה לדירות חדשות, 2022

- 149 תוצר מקומי גולמי (תמ"ג) של כלל המשק, לפי ענף כלכלי, למ"ס, 2020
- 150 Built Environment Tech Landscape Map, Startup Nation Central <https://startupnationcentral.org/>
- 151 https://www.gov.il/he/pages/news_strategy01022017
- 152 עובדים לא ישראלים בענף הבנייה ותיקון החלטות ממשלה משרד ראש הממשלה, החלטה מספר 189 של 01.08.2021. הממשלה מיום
- 153 הגדלת מכסות עובדים זרים בענף הבנייה בעקבות מלחמת "חרבות ברזל" ותיקון החלטות ממשלה משרד ראש הממשלה, החלטה מספר 1002 של הממשלה מיום 27.10.2023.
- 154 Built Environment Tech Landscape Map, Startup Nation Central <https://startupnationcentral.org/>
- 155 Greer, F., & Horvath, A. (2023). Modular construction's capacity to reduce embodied carbon emissions in California's housing sector. Building and Environment, 240, 110966
- 156 כפי שתואר במסמך זה, Construction Sector Deal כדומה לגישה הבריטית, במסגרת תוכנית ה־
- 157 'ניתן לקבוע גודל לפי מ"ה, כמות יחידות דיור וכו
- 158 בדומה למודל המועצה הישראלית לבנייה, גוף עצמאי המהווה מכפיל כוח לפעילות המדינה בתחום הזה
- 159 בדומה למסלול חירום להכשרות והשמות מהירות במקצועות ההייטק. הנגשת אתגרי הענף וההזדמנויות הפי־ננסיות בו למהנדסים מתחומי הכימיה, המכניקה, הרובוטיקה, מדעי המחשב, האווירונאוטיקה ועוד
- 160 המפורט במסמך זה Fraunhofer כדומה למודל
- 161 גישה המאפשרת להתנסות בטכנולוגיות או תהליכים שהרגולטור אינו יודע "לעכל", למשך פרק זמן מוגבל, ומהווה הראה לרגול־Mobility וה־fintech באזור סדור ותחת בקרה וניטור. גישה זו מיושמת בבריטניה בתחומי ה־<https://www.gov.uk/government/consultations/future-of-transport-regulatory-review-regulatory-sandboxes/future-of-transport-regulatory-review-regulatory-sandboxes> טורים ברחבי העולם לאמץ ולהסדיר את המודל
- 162 Safetytech Accelerator joins forces with Discovering Safety to build a Smarter Regulation Sandbox - Safetytech Accelerator או בתחומי התעשייה UK HSE to launch regulatory sandbox for industrial safety tech | Computer Weekly
- 163 <https://www.gov.il/BlobFolder/reports/sandbox/he/Sandbox.pdf>



תוכנית אסטרטגית לחדשנות בענף הבנייה

מפת דרכים לשינוי

2025