



הטכניון
מכון טכנולוגי לישראל



US - ISRAEL SCIENCE & TECHNOLOGY FOUNDATION



מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה

אומדן הביקוש וההיצע של כוח אדם הנדסי בענף התשתיות

פרופ"ח יחיאל רוזנפלד ואדם בוכמן

מחקרי תשתיות 2028 1

אודות מוסד שמואל נאמן

מוסד שמואל נאמן שהוקם בטכניון בשנת 1978 ביוזמת מר שמואל (ס) נאמן הוא מכון למחקרי מדיניות ציבורית במגוון רחב של נושאים בתחום הפיתוח הכלכלי, חברתי ומדעי-טכנולוגי של מדינת ישראל. פעילות המחקר בתחום המדיניות הציבורית מתרכזת בתשתיות הפיזיות, המדעיות-טכנולוגיות, תעשייתיות ותשתיות ההון האנושי הקובעות את חוסנה הלאומי של מדינת ישראל. במוסד מבוצעים מחקרי מדיניות וסקירות, שמסקנותיהם והמלצותיהם משמשים את מקבלי ההחלטות במשק על רבדיו השונים. מחקרי המדיניות נעשים בידי צוותים נבחרים מהאקדמיה, מהטכניון ומוסדות אחרים ומהתעשייה. לצוותים נבחרים האנשים המתאימים, בעלי כישורים והישגים מוכרים במקצועם. במקרים רבים העבודה נעשית תוך שיתוף פעולה עם משרדים ממשלתיים ובמקרים אחרים היוזמה באה ממוסד שמואל נאמן וללא שיתוף ישיר של משרד ממשלתי. בנושאי התוויית מדיניות לאומית שעניינה מדע, טכנולוגיה והשכלה גבוהה נחשב מוסד שמואל נאמן כמוסד למחקרי מדיניות המוביל בישראל.

עד כה ביצע מוסד שמואל נאמן מאות מחקרי מדיניות וסקירות המשמשים מקבלי החלטות ואנשי מקצוע במשק ובממשל. סקירת הפרויקטים השונים שבוצעו במוסד מוצגים באתר האינטרנט של המוסד. בנוסף מוסד שמואל נאמן מסייע בפרויקטים לאומיים דוגמת המאגדים של משרד התמ"ס - מגנט בתחומים: ננוטכנולוגיות, תקשורת, אופטיקה ותקשורת, כימיה, אנרגיה, איכות סביבה ופרויקטים בעלי חשיבות חברתית לאומית. מוסד שמואל נאמן מארגן גם ימי עיון מקיפים בתחומי העניין אותם הוא מוביל.

יו"ר מוסד שמואל נאמן הוא פרופ' זאב תדמור וכמנכ"ל מכהן פרופ' משה משה. המוסד פועל במסגרת תקציב של הקרן שהותיר שמואל נאמן להטמעת החזון לקידומה המדעי-טכנולוגי, כלכלי וחברתי של מדינת ישראל.

כתובת המוסד: מוסד שמואל נאמן, קרית הטכניון, חיפה 32000

טלפון: 04-8232329, פקס: 04-8231889

כתובת דוא"ל: info@neaman.org.il, כתובת אתר האינטרנט: www.neaman.org.il

אומדן הביקוש וההיצע של כוח אדם הנדסי בענף התשתיות

נערך במסגרת פרויקט "חזון ואסטרטגיה למדינת ישראל 2028"
בחסות נציבות המדע והטכנולוגיה ישראל-ארה"ב
ומוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה

פרופ"ח יחיאל רוזנפלד
אדם בוכמן - MBA

דצמבר 2009

אין לשכפל כל חלק מפרסום זה ללא רשות מראש ובכתב ממוסד שמואל נאמן מלבד לצורך ציטוט של קטעים קצרים במאמרי סקירה ופרסומים דומים תוך ציון מפורש של המקור.

הדעות והמסקנות המובאות בפרסום זה הן על דעת המחבר/ים ואינן משקפות בהכרח את דעת מוסד שמואל נאמן.

תוכן עניינים

3	תמצית מנהלים.....	
3	1. מבוא.....	
4	2. ממצאים עיקריים.....	
4	2.1 פעילות ענף התשתית.....	
4	2.2 גזירת צורכי הענף במהנדסים והנדסאים.....	
5	2.3 השוואת הביקוש להיצע.....	
6	3. מסקנות והמלצות ראשוניות.....	
7	4. הרחבת המחקר לתחומים נוספים.....	
8	חלק א' - תמונת מצב של הפעילות בענף הנדסה אזרחית.....	
8	5. מלאי התשתיות.....	
9	6. השקעות בתשתית.....	
9	6.1 נתונים פיסיים.....	
11	6.2 מרכיב עבודות הנדסה אזרחית.....	
11	7. אומדן פעילות ענף עבודות הנדסה אזרחית.....	
12	7.1 עבודות הקשורות ישירות בהקמת תשתיות.....	
12	7.2 מרכיב התשתיות בבנייה הרגילה של מבנים.....	
13	7.3 עבודות תשתית ביטחוניות.....	
14	7.4 עבודות לאחזקת כבישים ותשתיות אחרות.....	
15	7.5 אומדן סך פעילות הענף.....	
16	חלק ב' - תחזית הפעילות לשנים 2007-2028.....	
16	8. תוכניות הפיתוח לטווח ארוך.....	
16	8.1 תוכנית 2020.....	
16	8.2 תמ"א 35.....	
18	8.3 מדיניות הפיזור המרוכז- התוכניות והתפתחויות בפועל.....	
19	9. שינויים מבניים בענף התשתיות.....	
19	9.1 שיתוף המגזר העסקי.....	
19	9.2 שינוי מעמדה של הרכבת.....	
19	9.3 הפיכת מע"צ לחברה.....	
20	9.4 תאגוד מפעלי מים וביוב.....	
20	9.5 שינוי במבנה הנמלים.....	
20	9.6 שינויים במשק החשמל.....	
21	10. אומדן של כלל ההשקעות בתשתיות בתחומים השונים.....	
21	10.1 תחבורה.....	
27	10.2 מפעלי מים וביוב.....	
29	10.3 אנרגיה-חשמל ודלק.....	
31	10.4 תקשורת.....	
31	10.5 סיכום ההשקעות בתשתית.....	
33	11. מרכיבי פיתוח בבנייה.....	
34	12. השקעות בתשתיות ביטחוניות.....	
34	13. אחזקת התשתיות.....	
35	14. סך פעילות ענף הנדסה אזרחית.....	

36	חלק ג': גזירת צורכי הענף במהנדסים בהנדסה אזרחית	
36	מזמיני עבודה	15
37	שלב התכנון המוקדם	15.1
37	שלב התכנון המפורט	15.2
37	שלב ניהול הביצוע	15.3
38	ביצוע	16
39	סיכום: חישוב תשומת מהנדסים בהשקעות בתשתית	17
39	שלב א'- שלב מזמין העבודה	17.1
41	שלב ב'- שלב הביצוע	17.2
41	סיכום	17.3
43	חלק ד': היצע והכשרה של כוח אדם הנדסי	
43	תמונת מצב	18
43	כוח אדם הנדסי בענפי המשק	18.1
44	עולים	18.2
45	"יצוא" מהנדסים	18.3
45	הכשרת כוח אדם מקצועי	19
45	מהנדסים	19.1
47	הנדסאים	19.2
48	תחזית ההיצע של כוח אדם הנדסי	20
48	תרחיש המשך המגמה הקיימת	20.1
49	תרחיש גידול במספר המהנדסים	20.2
50	חלק ה': השוואת הביקוש לכוח אדם הנדסי אל ההיצע	
50	אומדן הביקוש לכוח אדם הנדסי	21
51	השוואת הביקוש להיצע	22
53	הניסיון של תחילת שנות ה-90	23
54	בדיקות רגישות	24
55	מסקנות וצעדים נדרשים	25
55	סיכום הממצאים	25.1
55	המלצות לצעדים	25.2
56	רשימת איורים	

הקדמה

מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה בטכניון מתכוון להוציא לאור סידרת פרסומים המסכמת את המחקרים אשר בוצעו במסגרת פרויקט "אסטרטגיית פיתוח תשתיות לאומיות לשנת 2028".

תשתיות מפותחות הינן תנאי הכרחי לקיומו של משק מודרני. תכנון אסטרטגי של פיתוח התשתיות הוא חיוני הן בשל פרקי הזמן הארוכים הכרוכים בתכנון, תהליך קבלת האישורים הנדרשים, במימון ובביצוע. במקביל קיים צורך בזיהוי ושמירת אופציות לפיתוח ארוך טווח ושמירה על זכויות הדורות הבאים. עם זאת, בכדי להבטיח השגת היעדים שהוגדרו לטווח ארוך, יש לגזור מההמלצות מרכיבים מרכזיים אותם חובה ליישם כבר בטווחי הזמן המידי והקצר.

להבדיל ממרבית המדינות המפותחות בעולם, לישראל יש מספר מאפיינים המייחדים אותה ואשר להם זיקה ישירה לענפי התשתית. ישראל היא אחת המדינות המפותחות הבודדות שבהן אחוז הגידול של האוכלוסייה הוא גבוה יחסית. זאת, לעומת הקיפאון בתחום הדמוגרפי במרבית המדינות המפותחות. עובדה זו מציבה אתגר גדול הנובע מהצורך להגדיל ולהוסיף תשתיות ולא רק לשפר את התשתיות הקיימות. בנוסף, ישראל היא מדינה בעלת שטח פיזי קטן וצפיפות אוכלוסייה גבוהה יחסית. לפיתוח התשתיות יש לפיכך השפעה ישירה על איכות החיים ועל השמירה על ערכים סביבתיים.

הפרויקט מתרכז בהערכת הביקושים העתידיים לתשתיות פיזיות במדינת ישראל והיכולת להקים מערכות תשתית הולמות וברות קיימא, העונות על הביקושים הצפויים. דגש נוסף בפרויקט ניתן לבחינת מערכת יחסי הגומלין בין מרכיבי התשתית השונים לבין עצמן ובין לבין המערכות הכלכליות, החברתיות והסביבתיות הרלוונטיות.

הפרסום הראשון בסדרה נושא "אומדן הביקוש וההיצע של כוח אדם הנדסי בענף התשתיות". מחברי המאמר הם: פרופ"ח יחיאל רוזנפלד ואדם בוכמן.

פרופ' יהודה חיות
מרכז הפרויקט ועורך הסדרה

תמצית מנהלים

1. מבוא

בשנים האחרונות מורגש מחסור בכוח אדם הנדסי בענף הבנייה והתשתית¹. המחסור מורגש יותר בתחומי התשתית ופחות בבניין. בתחום התשתית, המחסור מורגש במיוחד בתפקידים של ביצוע פרויקטים בשטח, שהם הקשים והתובעניים ביותר. בצד ההיצע, מספר הבוגרים בהנדסה אזרחית נמוך מאשר בשנים עברו, למרות העובדה שבשנים האחרונות החלו גם מספר מכללות להכשיר בוגרים בהנדסה אזרחית והנדסת בניין. ירידה נרשמה גם במספר התלמידים במגמות הבנייה במוסדות להכשרת הנדסאים.

מטרתה המוצהרת של עבודה זו היא לאמוד את הביקוש ואת ההיצע לכוח אדם הנדסי – מהנדסים, והנדסאים – בענף התשתית, לאור הגידול הצפוי בעבודות תשתית בשנים הבאות והחשש ההולך ומתממש של מחסור בכוח אדם כאמור. ברם, לשם כך היה הכרח להתייחס גם אל הענף הדומה של בניית מבנים, המתחרה על אותו סוג של כוח אדם.

יעד התחזית נקבע לשנת 2028, 80 שנה להקמת המדינה. במונחים של תשתיות, זהו טווח זמן לא ארוך. יש לציין שתהליך ההכשרה הפורמאלית של מהנדסים וצבירת ידע וניסיון, הוא תהליך הנמשך כעשור. ההכשרה הפורמאלית נטו דורשת לפחות 4 שנים למהנדס ו-2 עד 3 שנים להנדסאי.

המחקר כולל את השלבים הבאים:

- אומדן היקף הפעילות בענף התשתית בשנים הבאות, על מרכיבי הפעילות שבו.
- גזירת הביקוש למהנדסים והנדסאים מהיקף הפעילות הצפוי, בכל שלבי הייצור של עבודות תשתית, משלב התכנון הראשוני ועד גמר הביצוע, ואח"כ גם בשלבי התחזוקה השוטפת.
- סקירת מצאי כוח האדם ההנדסי בענף ואומדן ההיצע לשנים הבאות.
- השוואת הביקוש וההיצע בתרחישים שונים.

מאז ביצוע העבודה ועד לפרסומה, חלו מספר התפתחויות דרמטיות שהשפיעו על לוחות הזמנים לביצוע מספר פרויקטים לאומיים. המשבר הפיננסי העולמי שפרץ בסוף שנת 2008, הביא לתמחור שונה של סיכונים פיננסיים ומקשה על גיוס המימון לפרויקטים שבביצוע הסקטור העסקי, כמו הרכבת הקלה בתל אביב ואחרים. יחד עם זאת, אין שינוי במגמה ארוכת הטווח ובתקפות המסקנות שעלו מהעבודה.

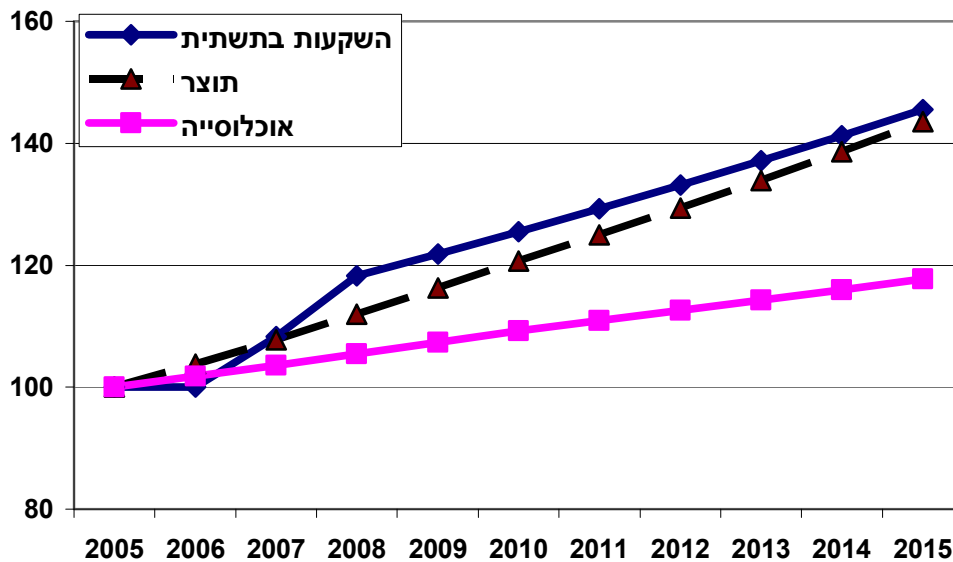
¹ יש לציין כי מזה שנים קיים חוסר בכוח אדם בענף הבנייה והתשתית בפועלים למלאכות הרטובות, מפעילי ציוד מכאני, מנהלי עבודה ועוד. עד לשנים האחרונות, מחסור זה מולא בעיקרו ע"י עובדים זרים.

2. ממצאים עיקריים

2.1 פעילות ענף התשתית

עיקר הגידול בפעילות ענף התשתית יתרחש, ככל הנראה, בטווח של 10 השנים הקרובות. בשנים אלו יבואו לידי ביטוי השינויים המבניים במשק שיאפשרו לגופי התשתית לפעול בהיקף התואם יותר את צורכי המשק. לכן, יש להוסיף את המעורבות הגדלה והולכת של המגזר העסקי במימון, בתכנון ובהקמה של תשתיות, דבר שיגדיל את כושר הביצוע הן בהיבט הניהולי והן בהיבט המימוני. בטווח הארוך יותר, יתמתנו שיעורי הגידול בפעילות הענף ויהיו, כנראה, דומים לשיעור הגידול בתמ"ג. איור 1 מציג את ההשקעות בתשתית בהשוואה לגידול באוכלוסייה ולגידול בתמ"ג.

איור 1: אוכלוסייה, תמ"ג והשקעות בתשתית, מדד - שנת 2005=100



2.2 גזירת צורכי הענף במהנדסים והנדסאים.

להלן אומדן סך תשומת שנות מהנדס/הנדסאי לתכנון וביצוע של השקעה בסך 100 מיליון ש"ח.

▪ שלב א' - שלב מזמין העבודה 26.2

▪ שלב ב' - שלב הביצוע 19.5

▪ סה"כ 45.7 שנות מהנדס.

מעבר לכך, נדרשים מהנדסים נוספים לתכנון הכולל, תכנון סטטוטורי ברשויות התכנון, רישוי וניהול.

מכאן ניתן להעריך כי לביצוע השקעות בתשתית בהיקף של 100 מיליון ש"ח, נדרשים כ- 50 שנות

מהנדס/הנדסאי במקצועות ההנדסה האזרחית.

מזה, אנו מניחים כי 60% הם מהנדסים. דהיינו 30 מהנדסים ו- 20 הנדסאים לכל 100 מיליון ש"ח.

ענף הבנייה והתשתית

כיוון שענף הבנייה של מבנים (לעומת ענף התשתיות) מהווה צרכן גדול יותר של מהנדסים והנדסאים בהנדסה אזרחית והנדסת בניין, וכיוון שגם הבנייה וגם התשתיות מתחרים על אותו כוח אדם (להוציא בהתמחויות מיוחדות, כמו הנדסת תחבורה וכו'), יש להסתכל על הביקוש הנובע מגידול בפעילות של הענף המאוחד, בנייה ותשתיות.

לוח 1: תוספת הפעילות בענף הבנייה והתשתיות ותוספת נדרשת במהנדסים והנדסאים.

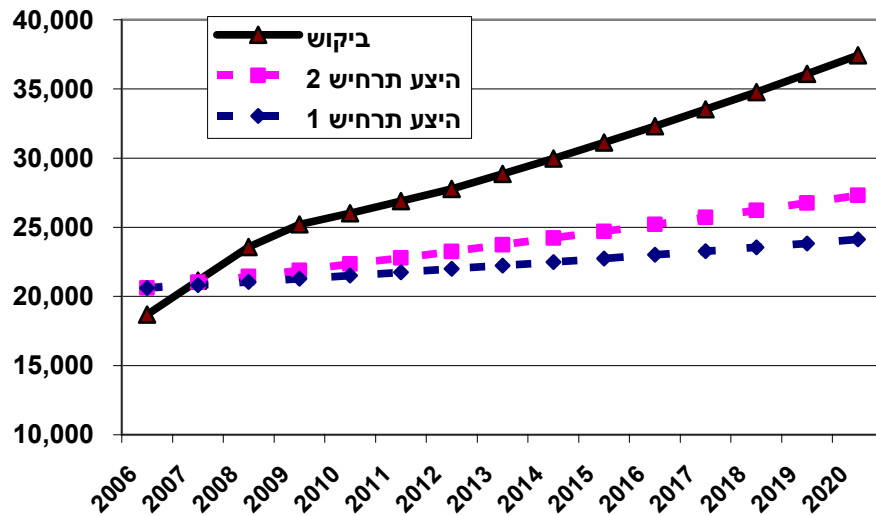
שנה	סך הפעילות מיליארד ש"ח	תוספת פעילות מצטברת מיליארד ש"ח	תוספת מהנדסים והנדסאים מצטברת
2005	50.0		
2010	66.1	16.1	8,052
2015	76.3	26.3	13,157
2020	88.9	38.9	19,472
2025	103.7	53.7	26,857
2028	113.8	63.8	31,880

דהיינו, עד לשנת היעד - 2028, יש להגדיל את מספר המהנדסים/הנדסאים בארץ ב- 168%, גידול שנתי נטו ממוצע של 4.4% לשנה ביחס למצאי הנוכחי של כ- 19 אלף. הגידול הדרוש גבוה בהרבה מן הגידול החזוי, על פי המצב כיום, של 1.2% בלבד בתרחיש הרגיל, או 1.6% בתרחיש האופטימי יותר. בשני התרחישים הגידול נטו במספרם של המהנדסים וההנדסאים (היינו - מצטרפים חדשים לעיסוק בניכוי פורשים מן העיסוק) לא יספיק לכסות על הגידול נטו בפעילות. קצב ההכשרה השנתי הנוכחי של מהנדסים והנדסאים בישראל מכסה אולי, בקושי, על הפרישה הטבעית מן הענף, של כ-500 איש בשנה, ואינו נותן כלל מענה לגידול הצפוי בו!

2.3 השוואת הביקוש להיצע.

מהנתונים עולה בבירור כי בשנים הבאות, צפוי מחסור במהנדסים, ומחסור פחות חמור גם בהנדסאים, וזאת לאור הגידול הצפוי בפעילות ענף הבנייה והתשתית. יש לציין כי שיעורי הגידול בפעילות הענף צפויים להיות גבוהים במיוחד בעשור הקרוב (ויתמתנו בשנים שלאחר מכן) דבר האומר שהמחסור במהנדסים יורגש בצורה הולכת וגוברת כבר בשנים הקרובות.

איור 2: הביקוש וההיצע של כוח אדם הנדסי



3. מסקנות והמלצות ראשוניות

כדי להגיע לאיזון בין הביקוש הצפוי לבין ההיצע, יש להכפיל את מספר הבוגרים (לעומת המצב הנוכחי) פי שלושה במהנדסים ופי 2 בהנדסאים. רק במצב כזה, צפוי להתקבל איזון בין הביקוש וההיצע. בעשור הקודם הצטרפו לענף הבנייה כ- 7 אלפים מהנדסים עולים, בעיקר מחבר העמים, שהגדילו את ההיצע של כוח אדם הנדסי עד כדי עודף, במיוחד נוכח הפעילות הנמוכה עקב השפל הממושך של כעשר שנים שעבר על ענף הבנייה. עתה, עם התעוררות המורגשת כבר בפעילות הענף והתחזיות לגידול בפעילות (במקביל לגידול האוכלוסייה ולגידול התמ"ג), אין אפילו די בוגרים חדשים שיחליפו את המהנדסים המגיעים

בהדרגה לפרישה. מוסדות ההכשרה המקומיים מייצרים יחדיו פחות מ- 500 בוגרים לשנה!

יש לשים דגש מיוחד על תחום התשתיות, בו צפויים שיעורי גידול גבוהים יותר מאשר בבנייה, במיוחד בעשר השנים הקרובות, ובו כבר היום מורגש מחסור של ממש במהנדסים.

כדי להשיג יעדים אלה, יש צורך לנקוט, ובמהרה, במספר צעדים המשלימים זה את זה, וביניהם:

- א. מתן פומבי למחסור הצפוי במהנדסים והנדסאים בהנדסה אזרחית, ובמיוחד בתחום התשתיות. מידע כזה מבשר כי צפויה "פרנסה טובה" בתחום, והדבר עשוי למשוך סטודנטים לתחום.
- ב. לעודד תלמידים ללמוד במגמת בנייה במוסדות להכשרת הנדסאים, למשל ע"י הגדלת התמריצים לחיילים משוחררים שיבחרו במגמת הבנייה.
- ג. להקים קרנות של מלגות, במימון של גופי התשתית הגדולים במשק², אשר יעניקו מלגות לימודים לסטודנטים שילמדו במסלולי התמחות נבחרים (בעיקר תחבורה וניהול הבנייה), ויתחייבו לעבוד בתחום התשתית במשך מספר שנים לאחר סיום לימודיהם.

² בהשוואה להיקפי הפעילות הגדולים של גופי התשתית, ההוצאה לקרן מלגות היא זניחה, ותועלתה גדולה בעשרות מונים.

- ד. להתאים את מסלולי ההכשרה בפקולטה להנדסה אזרחית בטכניון, במכללות האקדמיות ובמוסדות להכשרת הנדסאים, לצרכים של ענפי התשתיות והבנייה.
- ה. הסבה של מהנדסים במקצועות אחרים במיוחד לתחום של ניהול פרויקטים.
- ו. הכשרה של הנדסאים לניהול הביצוע.
- ז. מסלולים להכשרה והסמכה של הנדסאים למהנדסים.
- ח. הכשרות והשתלמויות אינטנסיביות במסגרת לימודי המשך ולימודי חוץ לעוסקים בבנייה לשם שיפור יכולותיהם.
- ט. קידום טכנולוגי ללא הפסק של ענף הבנייה והתשתיות לצורך שיפור האיכות והפרייון לעובד.
- י. יבוא סלקטיבי של שירותים הנדסיים.

4. הרחבת המחקר לתחומים נוספים

עבודה זו היא עבודה ראשונית בלבד, והיא אומדת את הביקוש וההיצע למהנדסים והנדסאים בענף הבנייה והתשתית מבלי להיכנס לאפיון הדרישות בתחומי משנה, ומבלי להיכנס לפירוט הדרישות בדיסציפלינות השונות.

כדי להגיע לתוצאות ולמסקנות יותר מקיפות ויותר מפורטות, שתייחסו למגוון הבעיות והחסמים בענף הבנייה והתשתית, מוצע להרחיב ולהעמיק את המחקר למספר תחומים נוספים, ואלה הם:

- א. הרחבה לעיסוקים נוספים בענף, כמו מנהלי עבודה, מפעילי ציוד מכני, אדריכלים, מודדים וכו', כדי לזהות חסמים פוטנציאליים נוספים.
- ב. עריכת אומדנים לגבי חסמים פוטנציאליים בתשומות אחרות: כוח אדם בעבודות כפיים וחומרים חיוניים
- ג. השפעת התיעוש, ושיפורים טכנולוגיים, על הדרישה לכוח אדם הנדסי ומקצועי
- ד. השפעות נוספות של קידום טכנולוגי על המשק, כמו מהירות ביצוע, איכות ביצוע, עלות ביצוע
- ה. אפיון מדויק יותר של הצרכים בענף לפי תחומי משנה והשלב בתהליך הייצור.

בהיותו ענף מוביל במשק, המשפיע במישורין ובעקיפין על האפשרויות לפיתוח כלכלי בכל תחום אחר, יש לבדוק ולוודא מבעוד מועד שענף התשתיות והבנייה לא יהפוך לחסם בפני התקדמות בתחומים אחרים. יש לזכור, שזמן התגובה של ענף הבינוי והתשתיות הוא איטי, הן אם מדובר בתהליכי הכשרה של כוח אדם ברמות השונות, בין אם מדובר בתשומות ייחודיות של חומרים וציוד, ובין אם מדובר בתהליכים ממושכים של רישוי, תכנון ובנייה. לפיכך, כדאי לבדוק היטב ולעומק ולזהות את כלל החסמים הפוטנציאליים, ולהציע תרופות ופעולות שניתן לנקוט להסרתם.

חלק א' - תמונת מצב של הפעילות בענף הנדסה אזרחית

5. מלאי התשתיות

שווי מלאי התשתיות בתחילת 2005 נאמד ב- 293 מיליארד ש"ח כמפורט להלן³:

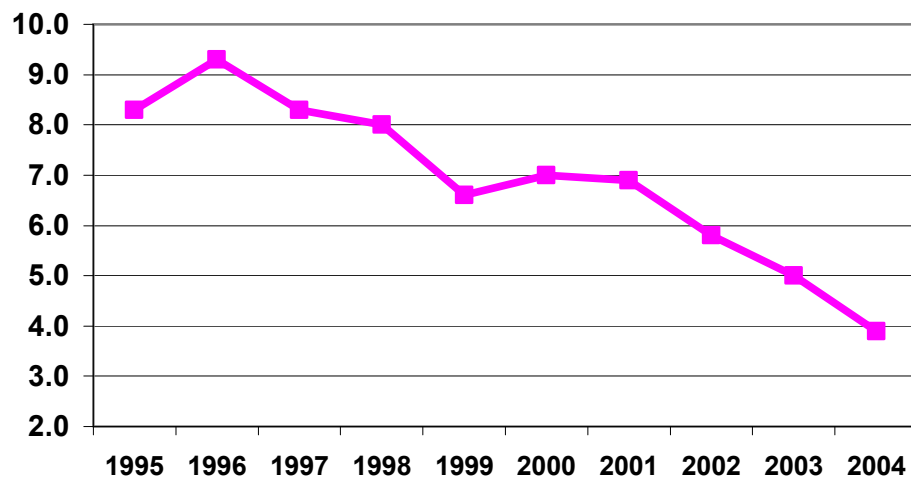
לוח 2: מלאי ההון של תשתיות-מיליארד ש"ח

100	כבישים
98	תקשורת ותחבורה אחר
78	חשמל
17	מפעלי מים
293	סה"כ

* אינו כולל תשתיות אנרגיה

בשנים האחרונות חלה ירידה בשיעור הגידול השנתי במלאי התשתיות, כפי שרואים בתרשים הבא. דבר זה נובע מירידה בהיקף ההשקעות בתשתית בשנים האחרונות במספרים מוחלטים, ויותר מכך – בהשוואה למלאי.

איור 3: שיעור השינוי השנתי ב-% במלאי התשתיות⁴



³ דו"ח בנק ישראל - 2005, לוח ב-19
⁴ עיבוד על נתוני בנק ישראל כנ"ל.

6. השקעות בתשתית

השקעות בתשתית כוללות בתוכן את התשתיות הבאות:

- תחבורה
 - תחבורה יבשתית-כבישים, מסילות ברזל, מערכות הסעה המונית, חניונים
 - תחבורה ימית-נמלים
 - תחבורה אווירית-שדות תעופה
 - תשתיות מים (כולל התפלה)
 - תשתיות לטיפול בביוב ואשפה
 - תשתיות תקשורת
 - תשתיות אנרגיה (חשמל, דלק, גז)
- לכך ניתן להוסיף תשתיות ביטחוניות, שבדרך כלל הן מהסוג שפורט לעיל, אלא שבשל הסיווג בחשבונאות הלאומית, נוהגים להתייחס אליהן בנפרד.

לוח 3: נתוני ההשקעה בתשתיות השונות בשנים 2001-2005 - במיליוני ₪ במחירי 2005:⁵

2005	2004	2003	2002	2001	
16,670	16,976	19,052	17,876	18,355	סה"כ
7,249	6,820	7,371	7,545	6,647	תחבורה
3,972	3,700	5,097	5,516	5,577	מזה: כבישים
3,710	3,731	3,359	4,206	5,753	תקשורת
4,323	4,678	6,786	4,912	4,664	אנרגיה
1,388	1,747	1,536	1,213	1,291	מים וביוב
9,702	9,060	10,366	10,589	9,986	מזה: מסווג בענף הבינוי ⁶

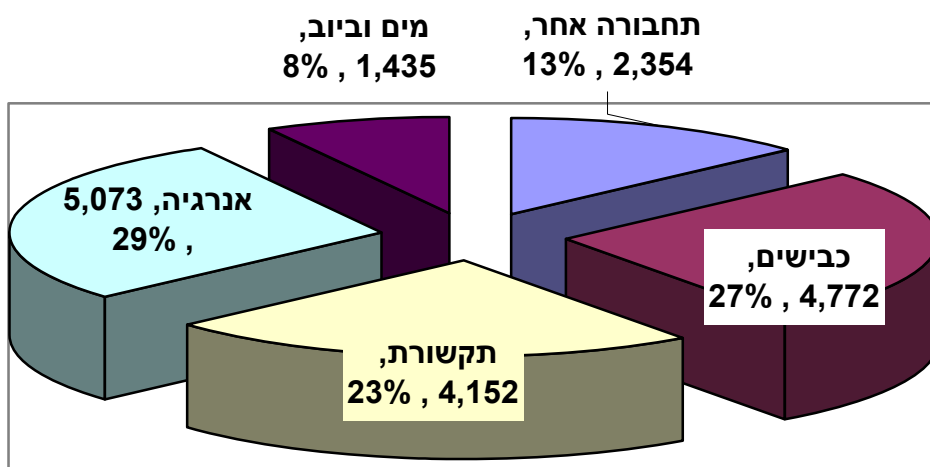
6.1 נתונים פיסיים

הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה אוספת ומפרסמת נתונים פיסיים על 3 סוגי תשתיות:

- כבישים- בכבישים חדשים, בשיקום ובהרחבות- אורך בק"מ ושטח במ"ר
- הנחת צנרת מים- אורך בק"מ
- הנחת צנרת ביוב ותיעול- אורך בק"מ

⁵ מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה- פרסום מיוחד-חשבונאות לאומית 2005, לוח 14.5 (באתר האינטרנט)
⁶ מקור: למ"ס, שנתון סטטיסטי 2006, לוח 14.4 (באתר האינטרנט)

איור 4 : התפלגות ההשקעות לפי סוג בשנית 2001-2005, באחוזים ובמיליוני ש"ח במחירי 2005



כבישים

לוח 4: שטח התחלות של כבישים - אלפי מ"ר⁷

שנה	סלילת כבישים חדשים שטח התחלות	שיקום והרחבת כבישים קיימים שטח התחלות	סה"כ
2000	4,532	2,748	7,280
2001	3,061	3,368	6,429
2002	3,426	3,404	6,830
2003	1,925	2,818	4,743
2004	1,857	⁸ 1,296	3,153
2005	2,473	3,611	6,084

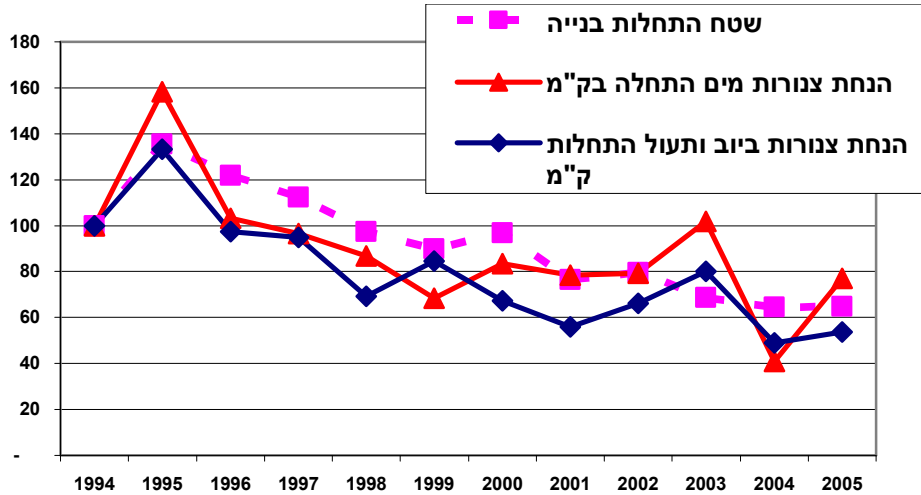
היקף הסלילה הושפע מהיקפי הבנייה, תקציבי המדינה לכבישים ועיתוי מקרי בהתחלות של פרויקטים גדולים. לאורך השנים, גם בשנות ה-90, נראית תופעה מובהקת של ירידה בשטח הכבישים בהשוואה להשקעה בכבישים. הדבר נובע ממשקל גדל והולך של עבודות גישור ומינהור שהן עתירות בהשקעות כספיות מבלי להוסיף הרבה שטח.

⁷ למ"ס, הרבעון לטטיסטיקה של תחבורה, מס 4, 2006, לוח 35.
⁸ הנתון הנמוך באותה שנה מוסבר ככל הנראה בפעילות החלקית של מע"צ בעת שינוי מעמדה לחברה ממשלתית.

הנחת צנרת מים, ביוב ותיעול

באיור הבא נראה בבירור הקשר בין כמות הצנרת לשטח הבנייה, הן למגורים והן לשימושים אחרים.

איור 5: הנחת צנרת מים, ביוב ותיעול ושטח התחלות הבנייה, מדד שנת 1994=100



6.2. מרכיב עבודות הנדסה אזרחית.

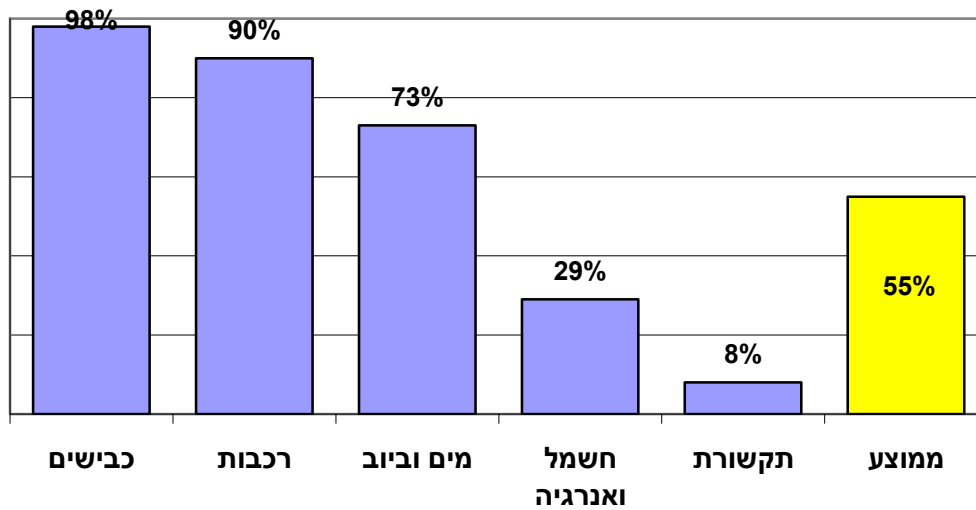
ההשקעות בתשתית כוללות מרכיב של עבודות הנדסה אזרחית (שהן הנושא העיקרי של עבודה זו) ומרכיב של ציוד, כמו טורבינות חשמל, רשתות תקשורת, מנופים בנמלים וכו'. מרכיב ההנדסה האזרחית גבוהה יחסית בתשתיות תחבורה יבשתית בעוד שבתשתיות חשמל ותקשורת, מרכיב ההנדסה האזרחית נמוך יחסית. מרכיב זה מסווג בחשבונאות הלאומית כחלק מהפעילות והתוצר של ענף הבינוי. עבודות ההנדסה האזרחית מהוות כ- 55% מסך ההשקעות בתשתית.

7. אומדן פעילות ענף עבודות הנדסה אזרחית

סך הפעילות של ענף ההנדסה האזרחית בתשתית כולל את הרכיבים הבאים:

- א. עבודות הקשורות ישירות בהקמת תשתיות
- ב. עבודות הכשרת קרקע ותשתיות המהוות חלק מהבנייה למגורים, עסקים ומבני ציבור
- ג. עבודות תשתית ביטחוניות
- ד. עבודות לאחזקת כבישים ותשתיות אחרות

איור 6 : מרכיב עבודות הנדסה אזרחית בתשתיות שונות⁹



7.1. עבודות הקשורות ישירות בהקמת תשתיות

עבודות תשתית מהוות 20% עד 25% מסך ההשקעות בענף הבנייה. התנודתיות בהיקף ההשקעות נובעת משינוי בהיקף הבנייה במשק, השינויים בתקציבי המדינה לתשתיות, והשינויים (לרוב שחיקה, דחייה וקיצוצים) בתקציבי הפיתוח והביצוע של פרויקטים גדולים במיוחד, כמו כביש חוצה ישראל בשנים 2000-2002. באיור 6 מוצגים האחוזים של מרכיב ההנדסה האזרחית בהשקעות בתשתיות, בשנים 2001-2005.

7.2. מרכיב התשתיות בבנייה הרגילה של מבנים

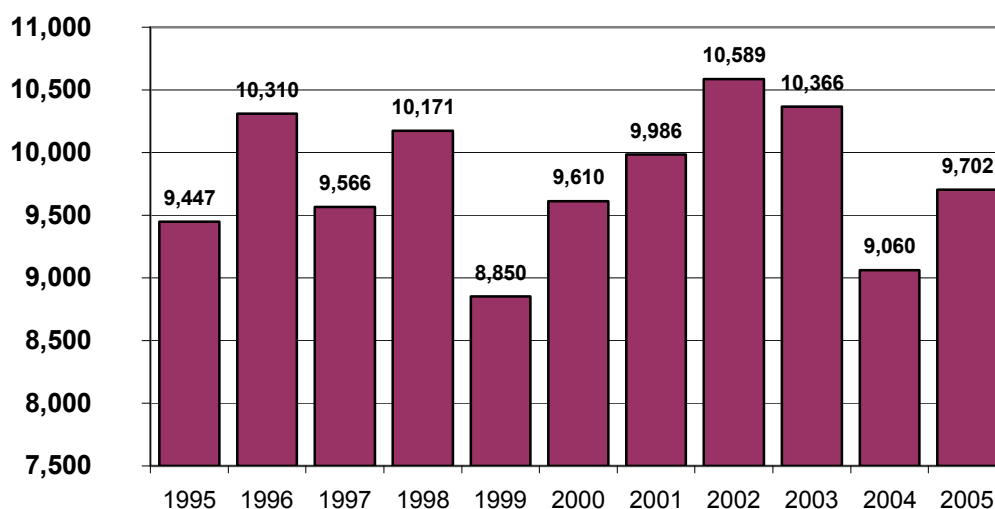
עבודות הכשרת השטח והקמת התשתיות בתוך המגרשים הפרטיים (להבדיל מהתשתיות הציבוריות) מהווים כ- 6% מעלות הבניה למגורים¹⁰. ניתן להניח כי שיעור זה נכון גם בבנייה שאינה למגורים.

לוח 5: מרכיב עבודות הפיתוח והתשתית בבנייה-מיליוני ש"ח מחירי 2005.¹¹

2005	2004	2003	2002	2001	
25,919	26,268	26,972	28,401	27,930	מבנים למגורים
12,022	12,305	14,799	16,719	16,854	מבנים לעסקים וציבור
37,941	38,573	41,771	45,120	44,784	סך ההשקעות במבנים
2,276	2,314	2,506	2,707	2,687	מרכיב עבודות עפר ופיתוח

⁹ נתונים שנמסרו ע"י הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה
¹⁰ למ"ס - ירחון לסטטיסטיקה של מחירים, נספח "סקר הוצאות הבנייה למגורים 2003". יש לציין כי בסקר זה פרק עבודות עפר כולל בפרק עפר ושולד. השתמשנו בנתון של סקר 1990, -2.05% ועוד פרק הפיתוח בסקר 2003 -3.99%, סה"כ 6%.
¹¹ מקור: למ"ס, שנתון סטטיסטי 2006, לוח 14.4 (באתר האינטרנט)

איור 7 : השקעות בתשתית (מרכיב עבודות הנדסה אזרחית), מיליוני ש"ח מחירי 2005¹²



7.3. עבודות תשתית ביטחוניות

בשנים האחרונות חל גידול ניכר בהשקעות אלו בשל הקמת גדר ההפרדה והכבישים העוקפים. בדרך כלל אין מפרסמים נתונים על הבנייה הביטחונית, הכלולה בתקציב הביטחון, שהוא בהגדרה "הוצאות" ולא "השקעות".

על פי אומדני בנק ישראל, היקף ההשקעה השנתי נאמד בכ- 2 מיליארד ש"ח לשנה במוצע. אמנם חלק מהסכום הוא בנייה של מבנים, אך מרביתו, כ- 80%, הוא בעבודות תשתית (ראה לוח 6 להלן).

בשנים 2006 ו-2007 עומד התקציב למרחב התפר על 1.3 מיליארד ש"ח לשנה, מזה כ- 0.1 מיליארד ש"ח למערכות אלקטרוניות, מחשוב ותקשורת¹³.

לוח 6: בנייה ביטחונית¹⁴

שנה	מיליוני ש"ח
2001	1,799
2002	1,877
2003	2,316
2004	1,964
2005	2,490
ממוצע 2001-5	2,089

¹² עיבוד של נתוני הלמ"ס-כנ"ל.

¹³ הצעת תקציב הביטחון לשנת 2007, אתר משרד הביטחון.

¹⁴ עיבוד נתונים על סמך: דו"ח בנק ישראל 2005, לוח ב'-11

7.4. עבודות לאחזקת כבישים ותשתיות אחרות

עבודות האחזקה של התשתיות מתבצעות על ידי מגוון גופים במשק, בהם חברות/גופי תשתית גדולים כמו מע"צ, חברות הנמלים, הרכבת, זאת בנוסף לכ- 250 רשויות מקומיות.

7.4.1. כבישים

המרכיב העיקרי בתחום ההנדסה האזרחית, הוא בתחזוקת רשת הכבישים. מע"צ מתחזקת את מערכת הכבישים הבינעירוניים, והרשויות המקומיות מתחזקות את הכבישים העירוניים (כמו גם את מערכות המים והביוב וכו').

בשנים האחרונות עמד תקציב אחזקת הכבישים של מע"צ על כ- 0.5 מיליארד ש"ח בממוצע¹⁵. מע"צ אחראית לאחזקת הכבישים הבינעירוניים, כ-6,400 ק"מ (כולל 1,200 ק"מ ביו"ש) המהווים כ- 40% מהרשת.

במערב נהוג כי תקציב האחזקה של כבישים צריך לעמוד על 1.5%-2% משווי מלאי הכבישים. שווי המלאי של מערכת הכבישים הבינעירוניים נאמד ב- 70 מיליארד ש"ח¹⁶. לפי תוכנית החומש, תשקיע החברה הלאומית לדרכים באחזקת כבישים 550 עד 1,000 מיליון ש"ח בשנים 2006 עד 2010 בהתאמה, דהיינו כ- 0.8% עד 1.2% משווי המלאי¹⁷.

לוח 7: מערכת הכבישים הלא עירונית בשנת 2005¹⁸

אורך הכבישים	17,607	ק"מ
מזה: לא עירוני	6,248	ק"מ
משקל הלא עירוני	35%	
שטח הכבישים	139,500	אלפי מ"ר
מזה: לא עירוני	57,267	אלפי מ"ר
משקל הלא עירוני	41%	
ערך מלאי הכבישים	100,000	מיליון ש"ח
מזה: לא עירוני ¹⁹	41,052	מיליון ש"ח

¹⁵ המקור: דוחות החשב הכללי-משרד האוצר על ביצוע תקציב המדינה בשנים 2000-2004 (לאחר מכן מע"צ הפכה לחברה ממשלתית).

¹⁶ הצעת תוכנית העבודה לשנים 2006-2010, החברה הלאומית לדרכים, דצמבר 2005.

¹⁷ יש לזכור כי שווי המלאי גדל משנה לשנה.

¹⁸ נתוני הכבישים: למ"ס, השנתון הסטטיסטי 2006, לוח 24.13.

¹⁹ יש לציין כי לפי תוכנית העבודה של מע"צ שווי מלאי הכבישים 70 מיליארד ש"ח. האומדן בסך 41 מיליארד ש"ח הוא על פי משקל כבישים בין עירוניים בסך שטח רשת הכבישים. אכן ניתן להניח כי, שווי מ"ר כביש בינעירוני גבוה יחסית למ"ר של כביש עירוני ובודאי יחסית למ"ר של דרך גישה.

7.4.2. אומדן ההוצאה הכוללת לאחזקת תשתיות.

רמת התחזוקה ברשויות המקומיות אף נמוכה מזו שבמע"צ. מכאן, שניתן להניח כי השיעור הכללי של פעולות תחזוקת התשתיות, לרבות מים, ביוב, תקשורת, אנרגיה ותחבורה, עומד על 0.8%²⁰ משווי המלאי.

מכאן, שהיקף עבודות תחזוקת התשתיות שהתבצע במשק בשנת 2005, ע"י מע"צ, הרשויות המקומיות וגופים אחרים, נאמד ב- 1.3 מיליארד ₪ בשנה.

לוח 8: אומדן ההשקעה בתחזוקת תשתיות

מיליארד ₪	
293	שווי מלאי התשתיות
55%	משקל עבודות הנדסה אזרחית
161	מרכיב עבודות הנדסה אזרחית
0.8%	שיעור ההשקעה בתחזוקה משווי המלאי
1.3	אומדן הוצאות לתחזוקת תשתיות

7.5. אומדן סך פעילות הענף

היקף הפעילות בענף התשתיות-הנדסה אזרחית, עומד בשנים האחרונות על 15-16 מיליארד ₪ לשנה כמפורט להלן.

לוח 9: מרכיבי פעילות ענף התשתית- מיליוני ₪ מחירי 2005.

2005	2004	2003	2002	2001	
3,972	3,700	5,097	5,516	5,577	השקעות בכבישים
5,730	5,360	5,269	5,073	4,409	השקעות בתשתיות אחרות
9,702	9,060	10,366	10,589	9,986	סה"כ השקעות בתשתית
2,276	2,314	2,506	2,707	2,687	מרכיב הפיתוח בהקמת בנינים
1,992	1,571	1,853	1,501	1,439	השקעות ביטחוניות ²¹
1,300	1,251	1,192	1,126	1,054	תחזוקת תשתיות ²²
15,270	14,196	15,916	15,924	15,166	סה"כ פעילות הענף

אומדן לשנת 2006.

ע"פ הנתונים החלקיים, לא חל שינוי משמעותי בהשקעות בתשתית בשנת 2006 בהשוואה לשנת 2005.

²⁰ יצוין כי מדובר באחזקה של מרכיבי ההנדסה האזרחית ("הבטונים"). יש להניח כי עלות האחזקה של ציוד ומכונות הוא גבוה יותר.

²¹ כאמור, הנחנו כי 80% מהבנייה הביטחונית (אומדן בנק ישראל) היא בתחום התשתיות.

²² חושב כ- 0.8% מהמלאי. שיעור שינוי המלאי מדו"ח בנק ישראל- 2006, לוח ב-19.

חלק ב' - תחזית הפעילות לשנים 2007-2028

8. תוכניות הפיתוח לטווח ארוך

כדי לאמוד את תהליכי הפיתוח הצפויים בשנים הבאות, וההשקעות בתשתית הנגזרות ממנה, סקרנו את תוכנית 2020, תמ"א 35 ומקורות אחרים.

8.1. תוכנית 2020

תוכנית זו גובשה באמצע שנות ה-90 ע"י צוות גדול של מומחים בראשות פרופ' אדם מזור מהטכניון. התוכנית הזתה אוכלוסייה של 8.1 מיליון נפש בשנת היעד. יש לציין כי אומדן זה היה, בדיעבד, נמוך. האומדן של הלמ"ס חוזה אוכלוסייה של 8.0, 8.1 או 8.3 מיליון נפש בתחזית הנמוכה, בינונית, גבוהה בהתאמה, כבר בשנת 2015.²³

התוכנית ממליצה לאמץ מודל של "פיזור מרוכז" שמשמעו הגדלת חלקם היחסי של אזורי הצפון והדרום על חשבון חלקו של המרכז בפריסת האוכלוסייה.²⁴

כפועל יוצא מכך, נדרשת השקעה מאסיבית בפיתוח התחבורה היבשתית, יחד עם פיתוח מקורות מים ואנרגיה וריכוז מאמץ באזורי הפריפריה בפיתוח שירותי החינוך, החברה ומקורות תעסוקה.

כרך מיוחד הוקדש לנושא תחבורה ותקשוב.²⁵ התוכנית ממליצה להתחיל ול"נהל את הביקוש" לשירותי תחבורה ולא להסתפק רק בניהול היצע.

מדיניות התכנון הכללית מזינה וניזונה מתכנון התחבורה. אמצעי מדיניות מומלצים בכדי להפחית את כמות הנסיעות כוללים מניעת פרבור, הגדלת הצפיפות בערים, הקטנת היצע החנייה במרכזי הערים ועוד.

המסקנה העולה היא שלא ניתן לענות על הביקושים לשירותי תחבורה רק באמצעות רכב פרטי, אלא יש לספק מערכת תחבורה ציבורית, רחבת היקף ובמגוון אמצעים.

תוכנית ישראל 2020 שמשה כתוכנית אב מנחה בהכנת תמ"א 35.

8.2. תמ"א 35

תוכנית המתאר הארצית 35 אושרה בממשלה בשנת 2004.

במסמכי התוכנית, תחזיות והנחיות למדיניות הפיתוח לשנים הבאות. חלק מהאומדנים הכלולים במסמכי התוכנית משמשים, בהתאמות הנדרשות, עבודה זו.

²³ למ"ס, שנתון סטטיסטי לישראל 2006, לוח 2.27.

²⁴ ישראל 2020, תוכנית אב לישראל בשנות האלפיים, אדם מזור, הטכניון, 1997, כרך הסיכום.

²⁵ ישראל 2020, כרך מדיניות תכנון נושאת-תחבורה ותקשוב, סלומון, גור ופייטלסון.

הבנייה למגורים ולייעודים אחרים.

כיוון שחלק משמעותי של פעילות הענף נובע, או קשור בבנייה, אנו מסתמכים על התחזיות בתמ"א 35, בהתאמות הנדרשות, לאומדן פעילות הבנייה עד לשנת היעד.

על פי הפרוגרמה, מלאי שטחי המגורים יגיע בשנת 2020 ל- 335 מיליון מ"ר, בהשוואה למלאי של 177 מיליון מ"ר בסוף שנת 1998.²⁶ בהתחשב בשטח גמר הבנייה בשנים 1999-2005, עומד המלאי היום על כ- 220 מיליון מ"ר. מכאן, שעד שנת 2020 ייבנו עוד 120 מיליון מ"ר למגורים, כולל כ- 5 מיליון מ"ר לכיסוי הפחת, דהיינו כ- 8 מיליון מ"ר בממוצע רב שנתי. בנוסף לכך, נדרשים בממוצע 2.5 עד 3.0 מיליון מ"ר של בנייה לעסקים ומבני ציבור. סה"כ 10.5 עד 11.0 מיליון מ"ר בממוצע רב שנתי.²⁷

השקעות בתשתית

התמ"א עומדת על הצורך להגדיל משמעותית את ההשקעות בתשתית, ובמיוחד בתשתית התחבורה היבשתית. התמ"א מדגישה את הצורך לשים את הדגש על השקעות בתחבורה ציבורית, כולל סבסוד התחבורה הציבורית.

ההשקעות הדרושות במערכת תשתית התחבורה נאמדה ב- 27 מיליארד \$ לשנים 2001-2020.²⁸

ההשקעות המסיביות בתשתיות, ובמיוחד בתחבורה היבשתית, נדרשות בשל שנים רבות של השקעת חסר. בשנות ה- 80 כמעט לא בוצעו השקעות ברשת הכבישים ורק בשנת 1994 הוגדלו תקציבי התשתית בצורה משמעותית.

גם בשנות ה- 90, תקציבי ההשקעות בתשתיות היו, לעיתים קרובות, הקורבן הראשון לכל קיצוץ תקציבי.

תחום אחר של הזנחה היה פיתוח מקורות מים והטיפול במערכות המים והביוב. שנים של התנגדות משרד האוצר גרמו לדחייה של שנים בהתפלת מי ים. תשלומים עבור מים ואגרות ביוב שמשו, במקרים רבים, למימון המנגנונים הלא יעילים של רשויות מקומיות.

בשנים הקרובות, כפי שיפורט בפרקים הבאים, נראה גידול חד בהשקעות בתחום התחבורה והמים, אשר נועדו לפצות על הפיגור המצטבר.

²⁶ מסמכי מדיניות של תמ"א 35, פרק 6, עיקרי הפרוגרמה (אתר האינטרנט של משרד הפנים)
²⁷ אומדן זה גבוה ב- 0.5 מיליון מ"ר בהשוואה לאומדן שבתמ"א 35. הדבר נובע מההאטה החריפה בה שרוי הענף בשנים 1997 עד 2005.
²⁸ תמ"א 35 שם, פרק 7.13 מדיניות תחבורה.

התמ"א ממליצה לקיים מספר עקרונות בפיתוח תשתיות, בהם:

- שימוש חסכוני במשאבים מתכלים ובעיקר בקרקע ומים
- עלייה בתקני הגנה על הסביבה
- טיפול מידי במטרדים ומזהמים
- שימוש יעיל בטכנולוגיות לחיסכון במשאבים

אנו מניחים כי יישום המלצות אלו בא לביטוי בתכנון התשתיות והוא כלול באומדני העלות. אין להן השלכות ישירות על עבודה זו.

8.3. מדיניות הפיזור המרוכז- התוכניות והתפתחויות בפועל

כפי שרואים בלוח 10, יעדי פיזור האוכלוסייה אינם מושגים עד כה.

בין השנים 1990 ל- 2005, עלה משקלו של המרכז בכלל האוכלוסייה, בעיקר ע"ח הקטנת חלקו של הצפון (מחוז הצפון + נפת חיפה), ועלייה איטית בחלקו של הדרום (נפת באר שבע).

לוח 10: התפלגות גיאוגרפית של האוכלוסייה בשנים שונות³⁰

סה"כ באלפים	דרום	מרכז	צפון	
4,763	6.8%	66.4%	26.8%	שנת 1990- בפועל
5,619	7.7%	66.6%	25.7%	שנת 1995- בפועל
6,900	8.0%	67.4%	24.6%	שנת 2005- בפועל
7,498	10.0%	62.6%	27.4%	שנת 2010-תמ"א 35
8,100	11.8%	57.9%	30.3%	שנת 2020-תוכנית 2020
8,762	11.2%	60.8%	28.0%	שנת 2020-תמ"א 35

ברור שבהיבט זה, המלצות תוכנית 2020 ומדיניות תמ"א 35, אינן משיגות בינתיים את ייעודן. ייתכן, כי העובדה שהיקף ההשקעות בתשתית, כמו גם בתשתיות חברתיות, בעשור האחרון, לא תאם את ההמלצות בתוכניות אלו, לא בהיקפן הכולל ולא בפיזורן, היה גורם מרכזי באי השגת יעד הפיזור.

²⁹ תמ"א 35 שם, פרק 7.14.

³⁰ עיבוד על סמך "ישראל 2020", תמ"א 35 ונתוני הלמ"ס.

9. שינויים מבניים בענף התשתיות

9.1. שיתוף המגזר העסקי

בשנים האחרונות בולטת החדירה של המגזר העסקי בתכנון, מימון, הקמה ותפעול של תשתיות. כביש חוצה ישראל (כביש 6) הוא הדוגמא הבולטת ביותר, אך בעבר כבר בוצעו והושלמו מתקנים לטיהור שפכים, הוחל בהקמתם של מתקנים להתפלת מי ים, וכמובן, השקעות פרטיות בתחום האנרגיה והתקשורת.

בשנת 2006 הוחל בסלילת כביש 431 בין כביש 1 לראשון לציון מערב בשיטת PFI ע"י יזם פרטי. בשנת 2007 יוצע המכרז למימון וביצוע כביש 531, בין הרצליה למחלף חורשים בכביש 6, וכן מסילת ברזל בתוואי זה.

9.2. שינוי מעמדה של הרכבת

בשנים האחרונות, במיוחד החל משנת 2000, חל מפנה בהשקעות ברכבת, במידה מסוימת על חשבון ההשקעות בכבישים הבינעירוניים. תקציב המדינה לרכבת שולש תוך 4 שנים. בשנת 2004 הפכה הרכבת לחברה ממשלתית והתנתקה מרשות הנמלים. הממשלה התחייבה להעמיד לרשות חברת הרכבת מקורות הון למימון ההשקעות בהרחבת המסילה, זאת בנוסף לגיוס מימון בשוק ההון. תקציב ההשקעות של הרכבת ל- 5 השנים 2005-2009 היה אמור להסתכם ב- 22 מיליארד ש"ח. לאחרונה, עקב הקושי לעמוד בקצב הפיתוח המואץ, נערכו שינויים בתוכנית ההשקעות של הרכבת, שעיקרם, פריסת התוכנית על יותר שנים.

9.3. הפיכת מע"צ לחברה

בשנת 2004 הפכה מע"צ מיחידת סמך ממשלתית לחברה ממשלתית – החברה הלאומית לדרכים. הממשלה הבטיחה לחברה החדשה מקורות של כ- 20 מיליארד ש"ח למימון השקעות בכבישים הבינעירוניים.

בשל קשיים ארגוניים התקשתה מע"צ החדשה לתפקד והקף פעילותה בשנים 2005-2006 היה נמוך.

9.4. תאגוד מפעלי מים וביוב

על פי החוק, עד לסוף שנת 2008, מפעלי המים והביוב ברשויות המקומיות יאוגדו בתאגידי מים וביוב עירוניים, או אזוריים.

מטרת החוק להבטיח כי התשלומים הנגבים ע"י הרשויות המקומיות בעבור מים וביוב אכן יושקעו חזרה, לאחר כיסוי הוצאות התפעול, בתחזוקת התשתיות ובפיתוחן. הדבר נחוץ כדי להפחית את זליגות המים ברשת, וכדי לשדרג ולהרחיב את מתקני הטיפול בשפכים, לאור החמרת הדרישות בכל הנוגע לאיכות הקולחין המוזרמים לנחלים ולים, או להשקיה, איסור הזרמת בוצה לים ועוד. מטרה נוספת של חובת התיאגוד היא ליצור את התשתית הארגונית והפיננסית שתאפשר למגזר העסקי להיכנס לתחום זה.

9.5. שינוי במבנה הנמלים

בשנת 2005 נעשה שינוי מבני בנמלי ישראל, ורשות הנמלים פורקה לנמלי ישראל – פיתוח ונכסים בע"מ, חברה בבעלות ממשלתית מלאה המחזיקה בנכסי כל הנמלים בישראל, ול-3 חברות תפעול נמלים – חברת נמל חיפה, חברת נמל אשדוד וחברת נמל אילת. חברות התפעול חוכרות את נכסי הנמל מחברת הנכסים. הפרדת הנמלים נועדה לאפשר בעתיד הפרטה של הנמלים.

9.6. שינויים במשק החשמל

עיקרם של השינויים נועד לאפשר כניסה הדרגתית של יצרנים פרטיים. הרפורמה של הפרדת פעילויות חברת החשמל למקטעי ייצור, אספקה ראשית ואספקת קצה, מתעכבים בשל התנגדות העובדים. שינוי נוסף הוא השימוש בגז טבעי לייצור חשמל שכלל הקמת חברת נתיבי גז, הקמת מערכת להובלת גז והתקשרויות ארוכות טווח עם יצרני הגז.

10. אומדן של כלל ההשקעות בתשתיות בתחומים השונים

10.1 תחבורה

10.1.1 סיכום

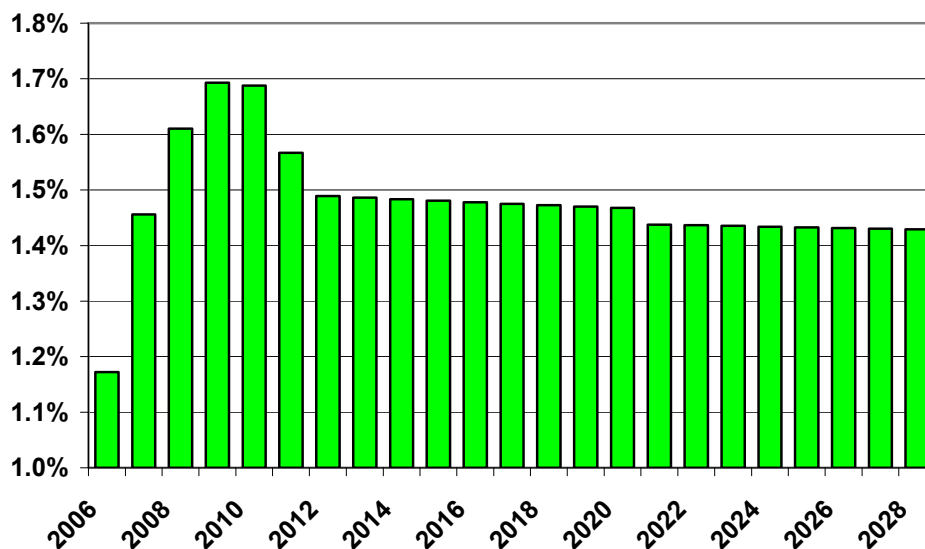
ההשקעות בתחבורה כוללות את התחבורה היבשתית, כבישים ותחבורה מסילתית, נמלי ים ושדות תעופה. ההשקעות בתחבורה הן הרכיב הגדול ביותר בהשקעות בתשתית, ובמיוחד כאשר מדובר בעבודות הנדסה אזרחית. השקעות בתחבורה יהוו מעל 70% מסך ההשקעות בתשתיות במשך.

לוח 10: השקעות בתחבורה - שיעורי גידול שנתיים ממוצעים בתקופות שונות

סך ההשקעות					שנה
תחבורה יבשתית			נמלים ושדות תעופה	סה"כ	
מזה: מערכות מסילתיות	מזה: כבישים	סה"כ			
23.2%	6.6%	14.6%	3.0%	13.9%	בין 2006-עד 2010
1.3%	3.8%	2.7%	4.0%	2.2%	בין 2010-עד 2015
2.7%	3.8%	3.4%	4.0%	3.4%	בין 2015-עד 2028

עיקר הגידול בהשקעות בתחבורה יתרחש בחמש השנים הקרובות. בשנים אלו יבשילו פרויקטים גדולים במיוחד בתחום התחבורה היבשתית, כפי שיפורט בהמשך.

איור 8: משקל ההשקעות בתחבורה בתוצר הלאומי הגולמי



היקף ההשקעות בתחבורה יגיע לשיא בשנים 2009-2010. בשנים אלו, ההשקעות בתחבורה יגיעו עד ל- 1.7% מהתמ"ג³¹, בהשוואה לכ- 1% המקובל במדינות המערב. בשנים שלאחר מכן, ירד משקל ההשקעות בתחבורה בהדרגה לכ- 1.4% מהתמ"ג וככל הנראה, יתייצב על רמה זו עד לשנת היעד.

10.1.2 תחבורה יבשתית

10.1.2.1 סיכום

בשנים הבאות תגדלנה ההשקעות בתחבורה יבשתית בשיעור ניכר. הגידול בא לביטוי מלא בשנים 2008 עד 2012 כפי שיוצג בטבלה שלהן. בשנים אלו תתבצענה העבודות ברכבת הקלה בתל-אביב ובירושלים, מע"צ ורכבת ישראל יפעלו בהיקף מלא על פי התוכניות הרב שנתיות ויבוצעו כבישים בשיטת PFI - גמר כביש 431, כביש 531 וכו'.

לוח 12 : השקעות בתחבורה יבשתית- ממוצע בשנים 2008-2012 - מיליוני ₪ מחירי 2005³²

מיליון ₪	
2,340	מע"צ-כבישים בינעירוניים
1,100	כבישים ע"י מגזר עסקי
1,976	כבישים עירוניים-תחבורה ועירויות
2,440	מערכות הסעה המונית
2,481	רכבת ישראל
10,335	סה"כ ממוצע שנתי 2008-2012
6,626	ממוצע שנתי בשנים 2001-2005
56%	שיעור השינוי

10.1.2.2 כבישים

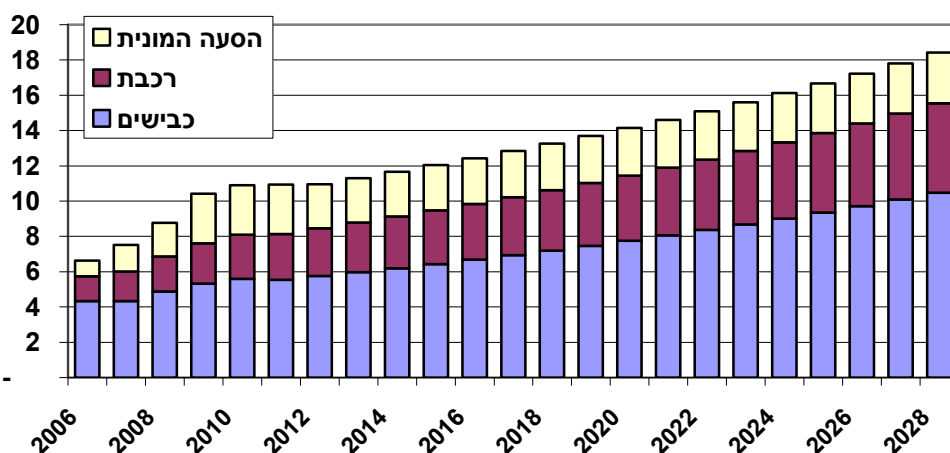
הכבישים במדינת ישראל נתונים לאחריותם של מספר גופים:

- הכבישים הבינעירוניים – ברובם באחריות מע"צ-החברה הלאומית לדרכים (כביש 6 באחריות הזכיין – דרך ארץ, הרגולטור – חברת חוצה ישראל)
- הכבישים העירוניים – באחריות הרשויות המקומיות. הכבישים העורקיים בערים הגדולות – ירושלים, גוש-דן וחيفا – מטופלים ע"י חברות עירוניות ממשלתיות – מוריה, נתיבי איילון ונתיבי כרמל בהתאמה.
- כבישי גישה, דרכי יער – אחריות קק"ל ורשויות אחרות.

³¹ ההנחה המקובלת היא כי בממוצע רב שנתי התמ"ג יגדל בשיעור של 4%.

³² ההשקעות בתחבורה אינן כוללות כלי רכב וציוד נע ברכבות. ההשקעות הן ברוטו, כולל מרכיב ציוד ומכונות (אך לא ציוד נע) שבתחום התחבורה היבשתית הוא נמוך מאד.

איור 9: תחזית ההשקעות בתחבורה יבשתית- במיליארד ₪



מקורות המימון העיקריים של הכבישים:

- תקציב המדינה – המועבר למע"צ, חברת חוצה ישראל, לעיריות, לחברות העירוניות.
- השקעות פרטיות – חלקן מוחזר ע"י המדינה על פני שנים, כמו בכביש 431 (PFI), חלקם משולם ע"י צרכני הכביש-כמו כביש 6 (BOT).
- הבנייה הפרטית – באמצעות היטלי פיתוח (כבישים ומדרכות) והיטלי השבחה המשולמים לרשויות המקומיות, או תשלום הוצאות פיתוח (מרכיב הכבישים) לחברות המפתחות – ממשלתיות, עירוניות או פרטיות.
- מקורות אחרים – קק"ל ואחרים, בהיקף מצומצם.

כבישים בינעירוניים

מע"צ-החברה הלאומית לדרכים.

על פי תוכנית החומש, תשקיע מע"צ 2.0 עד 2.8 מיליארד ₪ בפיתוח רשת הכבישים בשנים 2007 עד 2010, זאת בנוסף ל- 0.7 עד 1.0 מיליארד ₪ לשנה באחזקה ותחזוקה מונעת. בנוסף לכך, מועבר תקציב דרך החברה הממשלתית "חוצה ישראל" להשלמת הקטעים הצפוני והדרומי של כביש 6.

כבישים ע"י המגזר העסקי.

בשנים האחרונות הוחל בשיתוף המגזר העסקי במימון, תכנון, הקמה ותפעול של כבישים, בשיטת BOT, בו הזכיין מממן את הכביש מאגרה המשולמת ע"י צרכני הכביש (כביש 6), או בשיטת PFI, בה הממשלה משלמת בעבור השימוש בכביש לאורך שנים (כביש 431 ראש"צ-מודיעין).

לוח 13 : כבישים בינעירוניים בשיתוף המגזר העסקי

שנות הקמה	אומדן עלות	הסטטוס	הפרויקט
2000-2003	5 מיליארד ש"ח	הושלם שלב א-86 ק"מ	כביש 6-חוצה ישראל
2007-2010	1 מיליארד ש"ח	לפני התחלת ביצוע	מנהרות הכרמל
2006-2009	1.5 מיליארד ש"ח	הוחל בסלילה	כביש 431
2008-2010	3 מיליארד ש"ח	הושלם מיון מוקדם, מכרז	כביש 531
2009-2013	2.5 מיליארד ש"ח	לקראת מכרז למיון מוקדם	כביש עוקף קריות

כבישים עירוניים³³

אומדן ההשקעות בכבישים העירוניים מסתמך בעיקר על תחזיות הבנייה, למגורים, מבני ציבור ולתעסוקה.

הבסיס לאומדני הבנייה בתמ"א 35 מתבסס על התחזיות לגידול האוכלוסייה עד לשנת 2020, העלייה ברמת המגורים לנפש, החלפת בלאי ושינויים במבנה משקי הבית³⁴.

האומדן הוא ל-7.4 מיליון מ"ר בממוצע למגורים. בנוסף לכך, נדרשת תוספת של כ-2.5 עד 3.0 מיליון מ"ר למבנים שאינם למגורים, סה"כ 10.0 עד 10.5 מיליון מ"ר בממוצע לשנה.

מימון ההשקעות בכבישים הוא כאמור בהיטלי פיתוח, היטל כבישים וביוב, היטלי השבחה ותשלום הוצאות פיתוח.

סך היטלי הפיתוח לשנת 2010 נאמד ב-2.4 מיליארד ש"ח ולשנת 2028 ב-4.1 מיליארד, מזה קרוב למחצית מיועד לכבישים.

כמו כן, המדינה, באמצעות משרד התחבורה, תשקיע בשנים הבאות כ-1 מיליארד ש"ח בכבישים העירוניים (התקציב לשנת 2007 הוא 0.8 מיליארד ש"ח).

10.1.2.3 רכבת ישראל

במסגרת הקמת חברת הרכבת החליטה הממשלה להקצות לרכבת תקציב פיתוח של 19 מיליארד ש"ח לשנים 2003-2008.

בשל עיכובים בתכנון וביצוע וחריגות מאומדנים, נפרסת תוכנית הפיתוח עד לשנת 2010 ומעבר לה. סה"כ בתוכנית כ-19 מיליארד ש"ח, מהם כ-13 מיליארד ש"ח בעבודות הנדסה אזרחית. זאת בנוסף לפרויקטים שהוקפאו בשלב זה בהיקף של כ-5 מיליארד ש"ח, בהם קו העמק, קו אשקלון - באר שבע, וקו עכו - כרמיאל.

בשנת 2006 הסתכם תקציב הפיתוח של הרכבת ב-2 מיליארד ש"ח. הצפי לשנת 2007 (אם לא יחול קיצוץ, או שיגויסו מקורות מימון מחוץ לתקציב) הוא 3 מיליארד ש"ח.

³³ לא כולל השקעות במערכות הסעה המונית בערים הגדולות.
³⁴ תמ"א 35, פרק 6, סעיף 6.2- הביקוש לשטחי מגורים.

בשנים הבאות צפוי תקציב הרכבת לעמוד בממוצע על כ- 3 מיליארד ₪ בשנה, מזה, כשני שלישים בתשתיות. לטווח הארוך הנחנו גידול שנתי של 3%.

לוח 14 : פרויקטים עיקריים מתוכננים - מיליון ₪³⁵

הפרויקט	אומדן עלות	צפי סיום	
נתב"ג מודיעין	1,356	2007	המשכי
הכפלת מסילה תל-אביב - כפר סבא	564	2007	המשכי
עבודות בנתיבי איילון וראשל"צ מערב	913	2007	חדש
הכפלת הקו נען - באר שבע	1,645	2009	חדש
משה דיין - פלשת	645	2009	חדש
ראשל"צ מערב	784	2010	חדש
רעננה- קו החוף	1,229	2010	חדש
קו A לירושלים	3,958	2012	חדש
חשמול הרשת	1,600		
הפרדות מפלסיות	1,320		
תכנון קווים עתידיים	800		
תשתיות תחזוקה ומטענים, תקשורת ובקרה	1,250		
ציוד נייד- קטרים וקרונות	4,700		

פרויקטים לתומש הבא

בתוכניות הפיתוח של הרכבת כלולים פרויקטים נוספים גדולים, וביניהם:

- מסילה רביעית באיילון- כולל הטיית הנחל - 2 מיליארד ₪
 - המסילה המזרחית - מראש העין לחדרה, בתוואי כביש חוצה ישראל - 2 מיליארד ₪
 - מסילה ברצועת כביש 431 לכיוון ראשון לציון - כ- 1 מיליארד ₪
 - מסילה לעיר הבהד"ים (אם תקום) בצומת הנגב
- בטווח ארוך יותר, המסילה לאילת, בהיקף של כ- 7 מיליארד ₪.

³⁵ מתוך ספר התקציב לשנת 2007- משרד התחבורה

מערכות הסעה המונית

הרכבת הקלה בתל אביב

מערכת ההסעה ההמונית הגדולה ביותר המתוכננת בישראל היא הרכבת הקלה בגוש דן. שלב א' שלה, הקו האדום מפתח תקוה, דרך רמת גן ותל אביב לבת ים, באורך 22 ק"מ, מזה 10 ק"מ במנהרה תת קרקעית, מצוי בשלב התחלת הסגירה הפיננסית. אומדן העלות הוא כ- 10 מיליארד ש.ח. תחילת העבודה צפויה בשנת 2007 (אפילו לפני הסגירה הפיננסית) והסיום בשנת 2012³⁶. המדינה, באמצעות חברת נת"ע, השקיעה כ- 1 מיליארד ש.ח בתכנון והכנת התוואי. שלב ב' – "הקו הירוק" מחולון וראשל"צ לתל אביב באורך 16 ק"מ. הקו מצוי בשלבי תכנון ובשל המחלוקת בין עיריית תל-אביב למדינה, עדיין אין לוח זמנים להקמתו. שלב ג' – "הקו הצהוב" – מהרצליה, רמת השרון ורעננה לתל-אביב באורך 26 ק"מ. מצוי בשלבי תכנון ראשוני. סה"כ מדובר בעוד 42 ק"מ רכבת קלה עילית (ברובה הגדול). היקף ההשקעה נאמד ב- 6-8 מיליארד ש.ח, זאת כאמור, בנוסף להשקעה של כ- 10 מיליארד ש.ח בקו האדום.

הרכבת הקלה בירושלים

קו רכבת קלה עילית מפסגת זאב, דרך מרכז העיר עד להר הרצל, סה"כ כ- 14 ק"מ. הזכיין שנבחר החל בעבודות בשנת 2006 והסיום צפוי בשנת 2009. אומדן ההשקעה הכולל, כולל תכנון והכנת התוואי שבוצעו ע"י חברת מוריה, הוא כ- 3 מיליארד ש.ח. יש להניח שעד לשנת היעד (2028) יושלמו הקווים הנוספים ברשת, בהשקעה של כ- 5 מיליארד ש.ח.

10.1.3. נמלי ים

מדינת ישראל היא "אי יבשתי" ותלויה לחלוטין בנמלי הים בסחר החוץ שלה. יש לציין כי ישראל היא מדינה בעלת סחר חוץ מהגבוהים בעולם יחסית לתוצר, ובודאי יחסית לאוכלוסייה. בין השנים 1980 ל 2005 גדל היקף הפעילות בנמלים (פריקה וטעינה) מ- 11.8 מיליארד טון ל- 37 מיליארד טון, דהיינו גידול של פי 3.5. בתרחיש של שלום מלא, נמלי ישראל ישרתו גם את ירדן, ואולי גם מדינות ערביות נוספות.

בשנת 2004 הושלם נמל היובל באשדוד בהשקעה כוללת של כ- 3 מיליארד ש.ח. בשנת 2006 החל שלב א' בהקמת נמל הכרמל בפתח נחל הקישון. העבודות, בהיקף השקעה כולל של 1.3 מיליארד ש.ח (מזה כ- 0.5 מיליארד בעבודות הנדסה אזרחית והשאר במנופים וציוד אחר) צפויות להסתיים בשנת 2008.

³⁶ זאת בהנחה שההליכים המשפטיים שננקטו ע"י הקבוצה שלא זכתה, לא יביאו לעיכוב משמעותי בהתחלת העבודה.

לפי תוכנית האב לנמלים לשנת היעד 2015, יוקם מסוף נוסף לאוניות מכולה ענקיות בהשקעה של 700 מיליון \$, בנמל חיפה, או בנמל אשדוד³⁷.
לפי אותו פרסום, תושלם הקמתם של השלבים הבאים בהרחבת נמלי אשדוד וחיפה, בהשקעה כוללת של כ- 5 מיליארד \$ עד לשנת 2055. סכומים אלה כוללים גם את ההשקעות בצידוד, כמו מנופי גשר וכו'.

10.1.4. תעופה

בשנת 2004 הסתיימה הקמתו של פרויקט נתב"ג 2000 בהיקף השקעה כולל של כ- 5 מיליארד ₪. קיבולת שדה התעופה, כולל טרמינל 2 הישן, עומדת על 16 מיליון נוסעים לשנה, כמעט כפול מהיקף הנוסעים בשנת 2006, כ- 8.7 מיליון.
תוכניות הפיתוח עדיין בגיבוש. מדובר על הקמת שדה תעופה בינלאומי נוסף, קטן יחסית, בחיפה, במגידו או בנבטים. היקף ההשקעה נאמד בכ- 5 מיליארד ₪³⁸. לחלופת נבטים יש חיסרון בולט והוא ריחוקה מהמרכז. הקמתה תחייב גם הקמת רכבת סופר מהירה, יקרה בהקמה ובתפעול, שתחבר את השדה המתוכנן עם המרכז. היתרונות בחלופה זו הם בעיקר יתרונות סביבתיים.
כמו כן, יש תוכנית להקמת שדה תעופה באזור אילת, אולי בשיתוף ירדן. ההשקעה נאמדת ב- 1 מיליארד ₪.
סה"כ, בטווח של 10 עד 15 השנים הקרובות, היקף ההשקעה בתחום זה נאמד ב 5-8 מיליארד ₪.

10.2. מפעלי מים וביו

הגידול בצריכת המים מצד אחד, והדרישות הסביבתיות ההולכות ומחמירות, מצד שני, מחייבים השקעה ביצירת מקורות מים, טיפול בשפכים ומחזור קולחים.

10.2.1. מפעלי ביו

בשנת 2006 נוצרו בישראל כ- 440 מיליון מ"ק שפכים, מתוכם מטופלים כ- 350 מיליון מ"ק. על פי התחזית, בשנת 2010 ייוצרו כ- 560 מיליון מ"ק³⁹ ויהיה צורך לטפל בכל הכמות.
על פי התחזית הבינונית של הלמ"ס, אוכלוסיית ישראל תמנה בשנת 2025 9.26 מיליון נפש⁴⁰. מכאן, על סמך הגידול באוכלוסייה והגידול בכמות השפכים לנפש, כמות השפכים הדורשת טיפול תגיע בשנת 2025 לכ- 740 מיליון מ"ק.

³⁷ על פי הפרסום בעיתונות- גלובס 23/1/2007, עדיין לא הוחלט היכן יוקם מסוף זה.

³⁸ בתוכנית ישראל 2020 הוזכרה גם חלופת זיקים שמדרום לאשקלון.

³⁹ המקור: ספר התקציב לשנת 2007, משרד התשתיות

⁴⁰ המקור: למ"ס, שנתון סטטיסטי לישראל 2006, לוח 2.27

לפיכך, עד לשנת 2025 יש להגדיל את הקיבולת של מתקני הטיפול בשפכים מ- 350 מיליון מ"ק ל- 740 מיליון, תוספת של 390 מיליון מ"ק שהם גידול של 111%.

מעבר להגדלת קיבולת המתקנים לטיפול בשפכים, יידרשו השקעות נוספות כדי לעמוד בתקנים ההולכים ומחמירים ביחס לאיכות הקולחין וסילוק הבוצה.

סך ההשקעה ל- 20 השנים הבאות נאמדת ב- 5 מיליארד ₪.

10.2.2 מפעלי מים

הגדלת היצע המים תעשה במספר דרכים:

- התפלת מי-ים
 - התפלת מים מליחים וטיוב בארות
 - שימוש בקולחין בחקלאות ובשימושים עירוניים במקום מים שפירים
- המקור העיקרי הוא התפלת מי ים והגברת השימוש בקולחין (ראה סעיף קודם)
- טיוב בארות ומים מליחים יוסיף כמות קטנה יחסית של מים שפירים למשק המים
- התפלת מים ים⁴¹**

על פי התוכנית, יותפלו 305 מיליון מ"ק מים, המהווים תוספת של כ-18% למקורות המים השפירים בישראל (המילוי הטבעי), ב- 5 מתקני התפלה לאורך חוף הים. המתקנים הראשונים – אשקלון בכושר ייצור שנתי של 100 מ"ק, ופלמחים ושמרת, כל אחד בכושר ייצור של 30 מ"ק, – פועלים או מצויים לקראת הפעלה.

שני מתקנים נוספים – בכושר ייצור של 100 מיליון ו- 45 מיליון מ"ק – יוקמו בחדרה ובאשדוד בהתאמה.

להערכת המומחים, עד לשנת 2028 יידרשו השקעות נוספות בתחום התפלת מים כדי להגיע לכושר תפוקה של כ- 500 מ"ק לשנה. כושר התפלה זה, יחד עם השבת הקולחים וצעדים נוספים, יאפשרו לענות על צורכי המים של ישראל.

כדי להגיע לכושר התפלה של 500 מיליון מ"ק לשנה, דהיינו תוספת כושר ייצור של כ- 345 מיליון מ"ק בשנים 2007 עד 2028, יידרשו השקעות של כ- 4 מיליארד ₪.

השקעות בפיתוח רשת

מעבר להשקעות במתקנים לייצור מים וטיפול בשפכים, מתבצעות מידי שנה השקעות בהרחבת הרשת הקשורות לפיתוח שכונות מגורים, אזורי תעסוקה ומבני ציבור.

רובן מבוצעות ע"י מקורות, הרשויות המקומיות, חברות פיתוח וגורמים נוספים.

⁴¹ המקור: אתר נציבות המים במשרד התשתיות הלאומיות וסמנכ"ל פיתוח בחברת מקורות.

מקורות

היקף ההשקעות של חברת מקורות בפיתוח הרשת (צנרת, מכוני שאיבה, מאגרים וכו') הגיע מ- 0.5 מיליארד ש"ח בשנים 2003-2004, עד 0.7 מיליארד בשנת 2007. היקף ההשקעה השנתי יעמוד בשנים הקרובות על כ- 1 מיליארד ש"ח בשנה. מרבית ההשקעה תמומן ע"י שוק ההון, בעיקר השוק המוסדי.

רשויות מקומיות

מקור המימון העיקרי של הרשויות המקומיות הוא היטלי הפיתוח המשולמים ע"י יזמי הבנייה. על פי תמ"א 35, אומדן שטח הבנייה למגורים הוא 7.4 מיליון מ"ר בממוצע. בנוסף לכך, נדרשת תוספת של כ- 2.5 עד 3.0 מיליון מ"ר למבנים שאינם למגורים, ובסה"כ 10.0 עד 10.5 מיליון מ"ר לשנה. סך היטלי הפיתוח בשנת 2010 נאמד ב- 2.4 מיליארד ש"ח ולשנת 2028 ב- 4.1 מיליארד, מזה, קרוב למחצית מיועד למפעלי מים וביוב.

הקמתם של תאגידי מים וביוב יוצרת מקור מימון נוסף מהתשלומים השוטפים עבור מים ואגרות ביוב.

10.2.3 סיכום מים וביוב

סך ההשקעות במפעלי מים וביוב נאמד ב- 3 מיליארד ש"ח בממוצע רב שנתי כמפורט להלן, מזה כ- 70% בעבודות הנדסה אזרחית והיתרה בציוד (מתקני התפלה, משאבות וכו'):

לוח 15 : אומדן רכיבי ההשקעה השנתית הממוצעת בתחום המים והביוב - מיליוני ש"ח

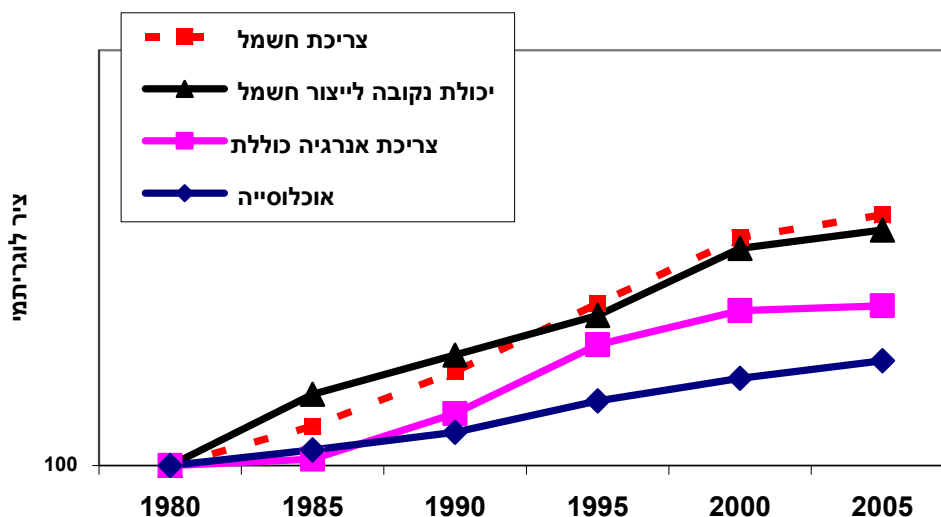
304	השקעות במתקנים לטיפול בשפכים
277	השקעות בייצור מים, התפלת מי ים ואחרים
1,213	השקעות בפיתוח הרשת, מקורות
1,218	השקעות בפיתוח הרשת, רשויות מקומיות וגורמים אחר'
3,013	סה"כ-ממוצע רב שנתי

10.3 אנרגיה-חשמל ודלק

השקעות באנרגיה וחשמל היוו כרבע מסך ההשקעות בתשתית בשנים 2001-2005 (ראה לוח 3 לעיל), התחום הגדול ביותר לאחר תחבורה. בפעילות ענף ההנדסה האזרחית, תחום האנרגיה תופס משקל נמוך יותר זאת, מאחר ומרכיב ההנדסה האזרחית הוא נמוך יחסית, כ- 30%, לעומת מרכיב גבוה של ציוד, ובמיוחד בייצור חשמל.

בשנים האחרונות הואט קצב הגידול של צריכת החשמל והאנרגיה בכלל, לכדי 4% לשנה.

איור 10: השינוי בצריכת חשמל ואנרגיה - מדד לוגריתמי



ייצור חשמל

בשנים האחרונות גדל הביקוש לחשמל בשיעור שנתי ממוצע של 4%. בשנים האחרונות מצויה מערכת החשמל במצב של רזרבות נמוכות ועודף ביקוש לחשמל. בטווח של 20 השנים הבאות יש הכרח להכפיל את כושר ייצור החשמל. ההשקעה הנדרשת בהקמת יחידות ייצור בכושר של 10,000 מגאוט נאמדת בכ- 40 מיליארד ₪. כמו כן, יידרשו השקעות נוספות ברשת. סה"כ מדובר בהשקעה שנתי ממוצעת של כ- 3 מיליארד ₪. כאמור, מרכיב עבודות ההנדסה האזרחית מהוות כ- 30% מסך ההשקעות בתשתיות אנרגיה, דהיינו, ההשקעה השנתית ברשת החשמל נאמדת ב- 900 מיליון ₪. לשנים 2006-2010 מתוכננת הקמתן של 7 יחידות ייצור בשיטת המחזור המשולב בכושר ייצור של 2,560 מגאוט. בנייתן של 2 מהיחידות, באלון תבור ובגזר כבר הושלמה⁴².

גז טבעי

בשנים האחרונות התפתח מאד משק הגז הטבעי, המהווה מקור דלק זול יחסית וידידותי לסביבה לייצור חשמל ולשימושים אחרים, כמו התפלת מי-ים, תעשייה ועוד. במערכת ההולכה הושקעו כמיליארד ₪ וסכום דומה יושקע ב- 5 השנים הבאות.

סך ההשקעות באנרגיה.

בשנים האחרונות מרכיב עבודות הנדסה אזרחית בתחום האנרגיה נאמד בכ- 1.4 מיליארד ₪ לשנה. אנו מעריכים כי היקף השקעות זה יישמר גם בשנים הבאות, עם גידול רב שנתי של 4% לשנה (כמו שיעור גידול התמ"ג).

⁴² מתוך תוכנית ההשקעות של חברת החשמל, באתר האינטרנט של החברה.

10.4. תקשורת

מרכיב עבודות ההנדסה האזרחית בתחום התקשורת הוא נמוך מאד, כ- 8%. סך רכיב ההנדסה האזרחית בהשקעות בתקשורת נאמד בשנים האחרונות בכ- 300 מיליון ש"ח לשנה. הנחנו כי ההשקעות בתקשורת יגדלו בשיעור שנתי קבוע של 4% ובהתאם לכך יגדל מרכיב ההנדסה האזרחית בענף זה.

10.5. סיכום ההשקעות בתשתית

סך ההשקעות בתשתית כולל, כאמור, את הרכיבים הבאים:

- תחבורה
- מים וביוב
- אנרגיה וחשמל
- תקשורת

לוח 16: השקעות בתשתיות - במיליארד ש"ח ושיעורי השינוי בתקופות שונות.

תקשורת	אנרגיה	מים וביוב	תחבורה	סה"כ	
0.3	1.3	1.0	7.2	9.7	2005
0.4	1.7	1.7	12.0	15.8	2010
0.4	2.1	2.0	13.4	17.9	2015
0.5	2.5	2.3	15.8	21.1	2020
0.7	3.1	2.6	18.7	25.0	2025
0.7	3.5	2.9	20.7	27.8	2028
4.0%	5.7%	10.9%	10.7%	10.2%	שינוי שנתי ממוצע בין 2005 ל- 2010
4.0%	4.4%	4.6%	4.7%	4.7%	2005-2028 ממוצע רב שנתי

עיקר הגידול בפעילות ענף התשתית יתרחש, ככל הנראה, בעיקר בטווח של 5 השנים הקרובות.

תקופת השיא בפעילות צפויה להיות בשנים 2010 עד 2013.

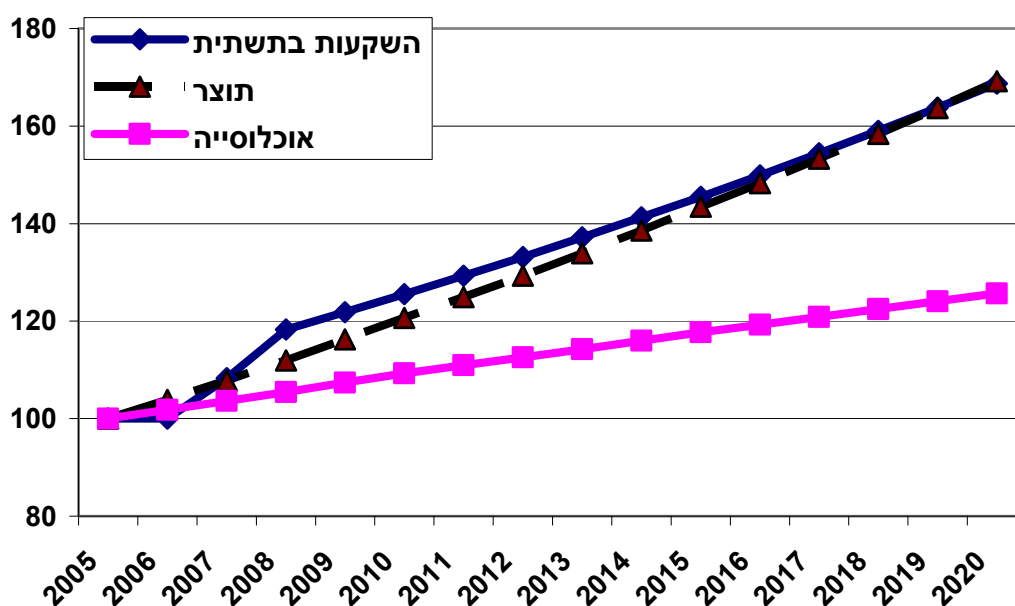
בשנים אלו יבואו לביטוי השינויים המבניים במשק שיאפשרו לגופי התשתית לפעול בהיקף התואם יותר את צורכי המשק. במיוחד יש לציין את המעורבות הגדלה והולכת של המגזר העסקי במימון, תכנון והקמה של תשתיות, דבר שיגדיל את כושר הביצוע הן בהיבט הניהולי והן בהיבט המימוני.

בשנים שלאחר מכן, יתמתנו, ככל הנראה, שיעורי הגידול בהשקעות בתשתית לרמה של 3% עד 4%,

דומה לשיעור גידול התוצר, וגבוה משיעור גידול האוכלוסייה, כ- 2%.

תרשים 10 להלן ממחיש מגמות אלו. ראה גם תרשים 8 המתייחס להשקעות בתחבורה, המהוות מעל ל- 70% מסך ההשקעות בתשתיות (מרכיב עבודות הנדסה אזרחית).

איור 11 : אוכלוסייה, תמ"ג והשקעות בתשתית, מדד- שנת 2005=100⁴³



"מגה פרויקטים" גדולים בעתיד.

אנו יודעים ברמת ודאות גבוהה אילו פרויקטים גדולים צפויים להתבצע עד לשנת 2015. מעבר לשנה זו, איננו יודעים בשלב זה, אילו פרויקטים גדולים ("מגה פרויקטים") צפויים אכן להתבצע בטווח רחוק יותר. מדברים על ביצוע של מגה-פרויקטים בתחומים רבים, אולם עדיין לא ידוע טווח הזמן, ואם בכלל ימומשו.

בין המגה-פרויקטים הבולטים שמדובר בהם נציין:

- תעלת הימים שתחבר את ים סוף לים המלח. בדיקות היתכנות ראשוניות נערכות בימים אלה.
- הקמת אי, או מספר איים מלאכותיים מול חופי תל-אביב.
- פיתוח מקורות אנרגיה חלופיים. מרכיב ההנדסה האזרחית ככל הנראה לא יהיה גדול.
- הקמת עיר הבה"דים בדרום. זה יהיה פרויקט גדול מבחינת השפעותיו על שוק הנדל"ן במרכז הארץ, וייתכן גם על אזור באר שבע. ההשלכות על תחום התשתית פר-סה יהיו מתונות יותר. בין היתר, מדובר על רכבת מבאר-שבע לעיר המתוכננת, שדרוג רשת הכבישים ופיתוח התשתיות הנלוות.

⁴³ מקור נתונים לאוכלוסייה ותמ"ג: ישראל 2050- חיוץ מגמות לטווח ארוך, אמנון פרנקל, הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, הטכניון.

11. מרכיבי פיתוח הבנייה

על פי תמ"א 35, אומדן שטח הבנייה למגורים הוא ל-7.4 מיליון מ"ר בממוצע עד לשנת 2020. בנוסף לכך, נדרשת תוספת של כ- 2.5 עד 3.0 מיליון מ"ר למבנים שאינם למגורים, סה"כ 10.0 עד 10.5 מיליון מ"ר לשנה⁴⁴.

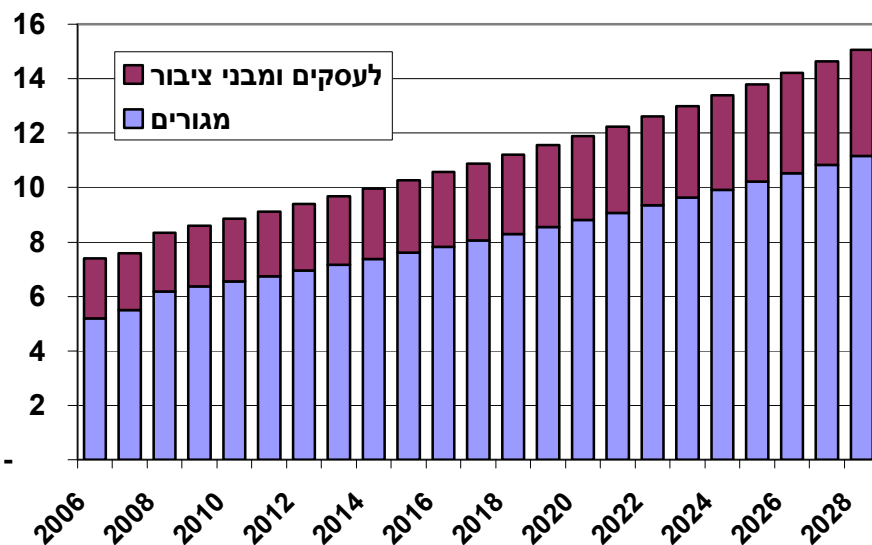
בשנים האחרונות, היקף התחלות הבנייה עומד על כ- 5 מיליון מ"ר למגורים וכ- 2 מיליון מ"ר לשימושים אחרים, סה"כ כ- 7 מיליון מ"ר. ההנחה היא כי היקף הבנייה יעלה בהדרגה, כפונקציה של הגידול באוכלוסייה ובפעילות המשקית, עד להיקף של כ- 15 מיליון מ"ר בשנת 2028.

יש לציין כי כבר בשנת 1995 הגיע שטח התחלות הבנייה קרוב ל- 14 מיליון מ"ר ולאחר מכן ירד לשפל של 6.5 מיליון מ"ר בשנת 2004. גם בעתיד יש לצפות לתנודות בהיקפי הבנייה, בסטייה מקו המגמה. היקף ההשקעות יעלה בהתאם מרמה של כ- 38 מיליארד ש"ח בשנת 2006 ל- 81 מיליארד ש"ח בשנת 2028, גידול שנתי ממוצע של 3.5%.

עבודות הכשרת השטח ופיתוח החצר מהווים כ- 6% מעלות הבניה למגורים. ניתן להניח כי שיעור זה נכון גם בבנייה שאינה למגורים (בעניין זה ראה פרק 7.2 לעיל).

יש לציין כי היטלי הפיתוח, המממנים עבודות תשתית, כבישים, מים, ביוב, מדרכות וכו', המתבצעות ע"י הרשויות המקומיות, גם הן פונקציה ישירה של היקפי הבנייה (ראה התייחסות בפרקים 7.1 ו- 7.2 לעיל) סך עבודות פיתוח השטח עבור הבנייה נאמדים בשנת 2006 ב- 2.3 מיליארד ש"ח ויגיעו לכ- 5 מיליארד ש"ח בשנת 2028. מרכיב זה מהווה כ- 20% מסך פעילות ענף ההנדסה האזרחית.

איור 12: שטח התחלות הבנייה-מיליוני מ"ר



⁴⁴ כאמור בפרק 8.2, בשל המשך ההאטה בהתחלות הבנייה עד וכולל שנת 2005, נגזרת מכך תוספת ממוצעת של 8 מיליון מ"ר לשנה. למרות זאת, התחזית ממשיכה להתבסס על האומדן שבתמ"א 35.

12. השקעות בתשתיות ביטחוניות

בשנים האחרונות חל גידול ניכר בהשקעות בתשתיות ביטחוניות. עיקר הגידול נובע מהקמת גדר ההפרדה והכבישים העוקפים.

בדרך כלל אין מתפרסמים נתונים על הבנייה הביטחונית, הכלולה בתקציב הביטחון, שהוא בהגדרה "הוצאות" ולא "השקעות".

על פי אומדני בנק ישראל, היקף ההשקעה השנתי נאמד בכ- 2 מיליארד ש"ח לשנה במוצע. אמנם חלק מהסכום הוא בנייה של מבנים, אך מרביתו, כ- 80%, הוא בעבודת תשתית (ראה לוח 6). האומדן הוא להשקעה של כ- 2 מיליארד ש"ח בשנת 2007 וחזרה הדרגתית להיקף של כ- 1 מיליארד ש"ח עד לשנת 2010. בטווח הארוך, אנו מניחים גידול שנתי של 2% בהשקעה בתשתיות ביטחוניות.

13. אחזקת התשתיות

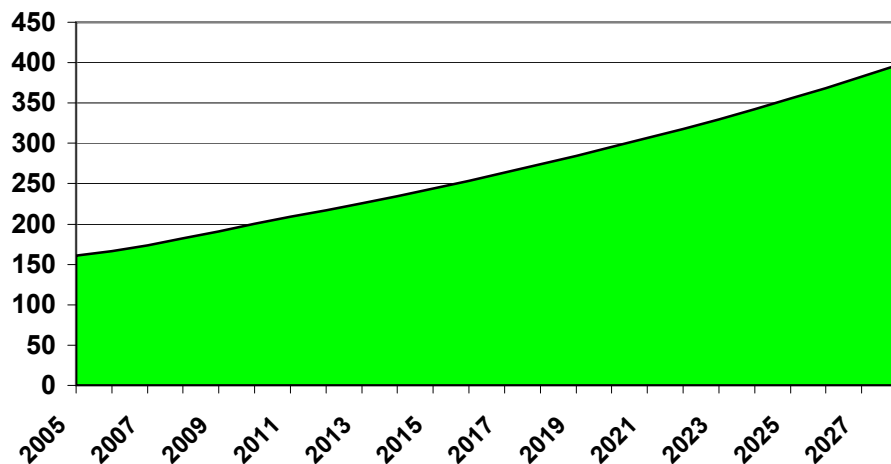
עבודות לאחזקת מלאי התשתיות (מרכיב הנדסה אזרחית של התשתיות) מהוות קרוב ל- 10% מסך פעילות ענף הנדסה אזרחית.

כאמור בפרק 7.4 הערכנו כי הוצאות האחזקה מהוות 0.8% משווי המלאי. יש להניח כי השיעור באחזקת ציוד ומכונות גבוה יותר.

בתחזית לטווח ארוך הנחנו שיעור פחת שנתי של 3% משווי המלאי ועלות אחזקה של 0.8%.

על פי התחזית, שווי מלאי התשתיות (מרכיב הנדסה אזרחית) יעלה מ- 161 מיליארד ש"ח בשנת 2005 ל- 397 מיליארד ש"ח בשנת 2028, גידול שנתי ממוצע של 4.0%.

איור 13: מלאי התשתיות - מרכיב הנדסה אזרחית - מיליארד ש"ח



14. סך פעילות ענף ההנדסה האזרחית

פעילות ענף התשתית כולל את המרכיבים הבאים:

- השקעות בתשתית - המהוות כשני שלישי מסך הפעילות בענף (מזה, ההשקעות בתחבורה יבשתית מהוות את הרכיב הגדול ביותר)
- מרכיב עבודות הפיתוח בבנייה - למגורים, עסקים, מבני ציבור וכו'
- אחזקת התשתיות
- מרכיב התשתיות בבינוי ביטחוני

עיקר הגידול בפעילות ענף התשתית יתרחש, ככל הנראה, בעיקר בטווח של 10 השנים הקרובות. הגורם העיקרי לכך הוא הגידול החד בהשקעות בתשתית, כאמור בפרק 10.

לוח 17: פעילות ענף התשתית - במיליארד ש"ח ושיעורי השינוי בתקופות שונות.

סך פעילות ענף התשתיות	פעילויות אחרות			השקעות בתשתית			
	עבודות בטחוניות	אחזקת התשתיות	מרכיב עבודות פיתוח בבנייה	תשתיות אחרות	תחבורה	סה"כ	
15.2	2.0	1.3	2.2	2.5	7.2	9.7	2005
21.3	1.0	1.6	2.9	3.8	12.0	15.8	2010
24.3	1.1	2.0	3.3	4.5	13.4	17.9	2015
28.7	1.2	2.5	3.8	5.3	15.8	21.1	2020
33.9	1.3	3.0	4.5	6.4	18.7	25.0	2025
37.4	1.4	3.4	4.9	7.1	20.7	27.8	2028
6.9%	-12.9%	4.4%	5.2%	9.0%	10.7%	10.2%	שינוי שנתי ממוצע בין 2005 ל- 2010
4.0%	-1.4%	4.2%	3.5%	4.7%	4.7%	4.7%	בין 2005 ל- 2028, כללי

חלק ג': גזירת צורכי הענף במהנדסים בהנדסה אזרחית

15. מזמיני עבודה

בפרק זה נחלץ את רכיבי הפרויקט המחייבים עבודה של מהנדסים⁴⁵ אצל המזמין, לא כולל מהנדסים אצל הקבלן המבצע. רכיבים אלה יוגדרו באחוזים מהעלות הכוללת של פרויקט תשתית ובהמשך יתורגמו לשנות מהנדס. הניתוח מתבסס על נתוני מע"צ, החברה הלאומית לדרכים, כמזמין תשתית גדול בתחום עבודות הנדסה אזרחית, עם בדיקות, אימות נתונים והשלמות, אצל מזמיני עבודה נוספים⁴⁶.

במהלך העבודה הסתבר, שלמזמיני התשתית אין נתונים מדויקים מה היו בפועל מרכיבי עלויות התכנון, על שלביו השונים, וניהול הביצוע, בעלות הכוללת של הפרויקטים שבוצעו על ידם. הרכיבים ייגזרו בשלבים השונים במהלך חיי הפרויקט, משלב התכנון הראשוני ועד גמר הביצוע.

לוח 18: אומדן רכיבי תכנון, ניהול ופיקוח - באחוזים מסך העלות.

מסקל תשומת מהנדסים אזרחיים	מרכיב תשומת מהנדסים אזרחיים	סך משקל הרכיב (ברוטו) בסך העלות למזמין	
1.0%	50%	2.0%	תכנון מוקדם
4.3%	85%	5.0%	תכנון מפורט
2.6%	85%	3.0%	ניהול ביצוע ופיקוח צמוד
0.7%	70%	1.0%	מדידות, יועצים נוספים וכו'
8.5%		11.0%	סה"כ

שירותים הנדסיים לתכנון וניהול הביצוע מהווים 11% מעלות הפרויקט אצל המזמין. מזה, 8.5% מעלות הפרויקט, מיועד לשכירת שירותיהם של מהנדסים והנדסאים בוגרי הנדסה אזרחית. היתרה, תקורות, כוח עזר ובעלי מקצוע אחרים, כמו אדריכלות, כלכלה, שמאות, ליווי משפטי וכו'. תוצאה זו נתמכת בכלל "האצבע" המקובל המדבר על 10% הוצאות תכנון ופיקוח.

ניהול הפרויקט

המזמינים נוהגים להעסיק מנהלי פרויקטים, אשר מנהלים מטעמם את הפרויקט, כולל קשר עם גופי התכנון והרישוי, רשויות מקומיות וכו'. אצל חלק מהמזמינים מנהל הפרויקט מלווה את הפרויקט משלב הייזום ועד גמר הביצוע. אצל חלק אחר, יש מנהל פרויקט לשלב התכנון ומנהל פרויקט אחר לשלב הביצוע.

⁴⁵ "מהנדסים" הכוונה בדרך כלל גם להנדסאים, מודדים וכו'.
⁴⁶ מוריה, נתיבי איילון, רכבת ישראל, חברת מקורות.

במע"צ תפקידו של מנהל הפרויקט הוא לנהל את המתכננים והיועצים, לתאם את התכנון, לבדוק ולאשר חשבונות מתכננים, להיות איש הקשר בין למוסדות חיצוניים בכל שלבי התכנון⁴⁷ עד תחילת הביצוע. התמורה היא 1.0% מהעלות, על פי תוצאות המכרז, ועד 1.2% במידה ומנהל הפרויקט מטפל גם בהפקעות. בשלב הביצוע, מועסק מנהל פרויקט האחראי גם על הפיקוח הצמוד. ברכבת ישראל, מנהל הפרויקט מלווה את הפרויקט משלב הייזום עד גמר הביצוע.

15.1. שלב התכנון המוקדם

שלב זה כולל טיפול בזמינות השטח, פינויים, הפקעות, טיפול במטרדים, העתקת קווי תשתית, הכנת תוכנית בינוי וטיפול בהליכים הסטטוטוריים, עד לאישור התב"ע. שלב זה כולל בעלי מקצועות נוספים כמו אדריכלים, שמאים, כלכלנים, ליווי משפטי ועוד. העלות הכוללת בסעיף זה נאמדת במוצע ב- 2.0% מסך עלות הפרויקט. אנו מניחים כי 50% מהעלות בשלב זה, מיועדים למימון בעלי מקצוע הנלווים כאמור.

15.2. שלב התכנון המפורט

שלב זה מתחיל עם מתן תוקף לתב"ע. הוא כולל הכנת תוכנית מפורטת, אומדן עלות, הכנת כתב כמויות, והכנת מסמכי מכרז עד בחירת הקבלן הזוכה. למעשה, המתכננים ממשיכים ללוות את הפרויקט עד לגמר הביצוע. בשלב זה אנו מניחים כי 15% מהעלות מכסה תקורות ובעלי מקצוע הנלווים כאמור. שלב זה מבוצע, ברובו הגדול, ע"י משדרי תכנון מתמחים בדיסציפלינות השונות של הנדסה אזרחית. בתחשיבי מע"צ מניחים כי התכנון המפורט מהווה 5% מעלות הפרויקט. הנתונים מראים כי העלות עמדה על 4.5% מסך תקציבי הפיתוח⁴⁸.

15.3. שלב ניהול הביצוע

שלב זה מתחיל עם פרסום הקבלן הזוכה וחתימת החוזה עמו ועד גמר העבודה, ולאחר מכן עד תום שנת הבדק. שלב זה כולל שתי מטלות משנה עיקריות:

- ניהול הביצוע - כולל תאום עם מתכננים, מוסדות חיצוניים וכו'.
- פיקוח צמוד

יש לציין כי יש מזמיני עבודה המוציאים החוצה רק את הפיקוח הצמוד, בעוד שניהול הפרויקט נעשה ע"י עובדי המזמין.

במע"צ, נהוג למנות משרד הנדסי המבצע את שתי הפונקציות. התעריף הוא 2.5% מאומדן העלות על פי תוצאות המכרז. יש לציין כי בפרויקטים קטנים וממושכים, התעריף עשוי להגיע עד 8.3% מהעלות⁴⁹. כיוון שהשוק מורכב גם מפרויקטים קטנים יחסית, לצד הפרויקטים הגדולים, רכיב עבודות המהנדסים, כולל ניהול הפרויקט, נאמד לצרכינו ב- 3.0%.

⁴⁷ במע"צ, מרכיב התכנון המוקדם הוא כבד יחסית, הן מבחינת הזמן והן מבחינת עלות.

⁴⁸ למעשה המספרים תואמים. בהנחה שהעלויות הנוספות בפרויקט הן כ- 10%, עלות התכנון 5% חלקי 110% הם כ- 4.5%.

⁴⁹ מע"צ- החברה הלאומית לכבישים-חווה מנהל פרויקט, נספח ח'.

16. ביצוע

במדד תשומות הסלילה, "צוות ניהול ופיקוח" מהווה 9.36% מהמדד⁵⁰ (סה"כ סעיף שכר העבודה מהווה 29.9% מהמדד). סעיף זה כולל את מנהלי הפרויקט ומהנדסי הביצוע, אך גם את מנהלי העבודה, מחסנאי אתר וכו'.

כוח אדם הנדסי מועסק אצל הקבלן הראשי (6%-9%), אך גם, אם כי בשיעור נמוך יותר, גם אצל קבלני המשנה (כ-3%)⁵¹. בעבודה זו הנחנן, כי 50% מהיקף הביצוע מועבר מהקבלן הראשי לקבלני משנה, אשר נעזרים בכוח אדם הנדסי.

אומדן עלות ביצוע

האומדן, הוא ממוצע המבוסס על מידע שנמסר ע"י קבלני תשתית, חלקם מהגדולים במשק וחלקם בינוניים. צורכי כוח האדם ההנדסי לצורך ניהול הביצוע תלויים במספר גורמים:

- גודל הפרויקט - ככל שהפרויקט גדול יותר ניתן לנצל טוב יותר את כוח האדם ההנדסי
- משך הפרויקט - ככל שהפרויקט ממושך יותר, נדרש יותר שירותי ניהול ביצוע.
- מורכבות הפרויקט - למשל, עבודות גישור הכלולות בפרויקט סלילה
- דרישות מיוחדות מצד המזמין לניהול, בקרת איכות וכו'

לוח 19 להלן, מסכם את מרכיבי השירותים ההנדסיים אצל הקבלן המבצע ואת החלק ההמיועד למימון תשומת העבודה של מהנדסים והנדסאים. ההפרש מממן עובדי עזר, למשל במדידות ובמעבדות, ותקורות. בממוצע, שירותים הנדסיים מהווים 9.5% מעלות הביצוע, מזה, 7.1% מעלות הביצוע מיועד לשכירת שירותיהם של מהנדסים והנדסאים.

לוח 19: אומדן רכיב שירותי הנדסה בביצוע

משקל תשומת מהנדסים אזרחיים	מרכיב תשומת מהנדסים אזרחיים	סך משקל הרכיב בסך העלות לקבלן	
1.5%	100%	1.5%	ניהול ביצוע
0.9%	90%	1.0%	בקרת איכות
0.9%	60%	1.5%	מדידות
0.8%	40%	2.0%	בדיקות
0.5%	100%	0.5%	ייעוץ הנדסי מתמחה
4.6%		6.5%	סה"כ ישיר בפרויקט
1.0%	100%	1.0%	ניהול טכני, מכרזים, תמחיר
5.6%		7.5%	סה"כ קבלן ראשי
1.5%	50% (מהעלות)	3.0%	קבלני משנה
7.1%		10.5%	סה"כ-כולל

⁵⁰ למ"ס, ירחון לסטטיסטיקה של מחירים, לוח ב-3

⁵¹ לעיתים קרובות, גם קבלני המשנה מעסיקים קבלני משנה מטעמם, אך בעבודה זו לא חישבנו מרכיב זה בנפרד.

17. סיכום: חישוב תשומת מהנדסים בהשקעות בתשתית.

נחשב להלן את תשומת מהנדסים (והנדסאים) אזרחיים בהשקעות בתשתית במונחים של משקלם בעלות הפרויקט ובמונחים של שנות מהנדס. התחשיב ייעשה להשקעה בעלות כוללת של 100 מיליון ₪.

ניכוי המע"מ

על פי כללי החשבוונאות, סך ההשקעות נמדד על פי עלותם לגוף המזמין. בגופי תשתית שהם עוסק מורשה, למשל במשק החשמל, ההשקעות אינן כוללות מע"מ. גופים שאינם עוסק מורשה, למשל בתחום סלילת הכבישים (ברובם), סך ההשקעות כולל מע"מ. על פי התפלגות הפעילות בענף, פחות ממחצית הפעילות היא ע"י עוסקים מורשים. מכאן, שבממוצע במשק, המע"מ "האפקטיבי" הוא כ- 8%.

לוח 20: חילוף המע"מ מסך ההשקעות

מיליון ₪	
100	סך התקציב
8%	מע"מ אפקטיבי
92.6	סך התקציב ללא מע"מ

17.1. שלב א' - שלב מזמין העבודה

היוזמים של מרבית ההשקעות בתשתית הם גופי תשתית גדולים אשר יוזמים את הפרויקט, מזמינים את התכנון המוקדם והמפורט, מפרסמים מכרז בין קבלנים לביצוע, ומפקחים על הביצוע ע"י מנהלי פרויקט. שלב זה עוסק בהוצאות החלות על המזמין. יש לציין כי לא כל התשלומים שהמזמין משלם מגיעים למהנדסים והנדסאים. חלק ממנו מממן תקורה והוצאות ניהול (משפטיות, רו"ח) ובעלי מקצוע אחרים. בחלק משלבי התכנון מעורבים בעלי מקצוע כמו אדריכלים, במיוחד בשלב התכנון המוקדם, אדריכלי נוף, כלכלנים, שמאים, משפטנים, מלווי תכנון שאינם בהכרח מהנדסים או אדריכלים וכו'. בשלב המדידות והבדיקות, מעבר לתקורות, מעורבים עובדי עזר מתחומים אחרים. בלוח 18 לעיל, אמדנו את סך רכיב התכנון שהמזמין משלם ואת מרכיב תשומת המהנדסים/הנדסאים בו. סך עלות שירותים הנדסיים - 11%, מזה: למימון תשומת כוח אדם הנדסי - 8.5% (היתרה מממנת בעלי מקצוע אחרים ותקורות).

נחשב להלן את תשומת המהנדסים במונחים של שנות מהנדס כדלקמן:

מיליוני ₪	92.6	סך עלות הפרויקט - ללא מע"מ
מיליוני ₪	7.9	הנדסה אזרחית- 8.5%
	300,000	עלות שנת מהנדס (₪)
	26.2	מספר שנות מהנדס

חישוב עלות שנת מהנדס/הנדסאי

ירחון "חשב"52 נוקב בטווחי שכר למהנדסים:

לוח 21: שכר מהנדסים - ברוטו לחודש

משקל	שכר ממוצע	טווח שכר		סוג מהנדס
		מ-	עד-	
10%	6,800	7,300	6,300	מהנדס מתחיל
30%	11,550	12,600	10,500	מהנדס מתחיל עם 5 שנות ניסיון
50%	20,450	23,100	17,800	מהנדס בכיר עם 10 שנות ניסיון
10%	28,850	31,500	26,200	מהנדס ראשי
	17,255			שכר ממוצע משוקלל

לשכר יש להוסיף 40% עלויות סוציאליות, כולל חופשה ומחלה. העלות למעביד היא 24,100 ₪, סך העלות השנתית כ- 300,000 ₪.

עלות מהנדס ממוצע בחברות הגדולות היא בממוצע 25,000 ₪ לחודש ועלות הנדסאי כ- 20,000 ₪.

כשליש מכוח האדם ההנדסי הם הנדסאים, אשר עלותם נמוכה ב- 20%-30% מעלות מהנדס. מצד שני, יש לזכור כי בתחום זה מספר גבוה של מהנדסים מועסקים כעצמאיים, אשר עלותם, בדרך כלל, גבוהה מעלות השכירים.

לכן, להערכתנו, עלות שנתית ממוצעת של 300,000 ₪, משקפת בממוצע שנת מהנדס/הנדסאי.

⁵² ירחון חשב- אוקטובר 2006.

17.2. שלב ב' - שלב הביצוע.

בלוח 19 לעיל, אמדנו את סך רכיב שירותי הנדסה מעלות הביצוע של הקבלן, ושל קבלני המשנה, ואת מרכיב תשומת המהנדסים/הנדסאים בו. סך עלות שירותים הנדסיים - 10.5%, מזה: למימון תשומת כוח אדם הנדסי - 7.1% (היתרה מממנת כוח עזר בבדיקות ומדידות, תקורות וכו')

נחשב את תשומת המהנדסים במונחים של שנות מהנדס כדלקמן:

סך עלות הפרויקט-ללא מע"מ *	82.4	מיליוני ₪
הנדסה אזרחית 7.1%	5.85	מיליוני ₪
עלות שנת מהנדס	300,000	₪
מספר שנות מהנדס	19.5	

* העלות למזמין בניכוי 11% הוצאות תכנון וניהול פרויקט

17.3. סיכום

להלן אומדן סך תשומת שנות מהנדס/הנדסאי לתכנון וביצוע של השקעה בתשתיות בסך 100 מיליון ₪.

- שלב א' - שלב מזמין העבודה 26.2
- שלב ב' - שלב הביצוע 19.5
- סה"כ 45.7 שנות מהנדס.

מעבר לכך, נדרשים מהנדסים נוספים לתכנון הכולל, תכנון סטטוטורי ברשויות התכנון, רישוי וניהול.

מכאן ניתן להעריך כי לביצוע השקעות בתשתיות בהיקף של 100 מיליון ₪, נדרשים כ- 50 שנות מהנדס/הנדסאי במקצועות ההנדסה האזרחית.

בלוח 22 להלן, מוצגת התוצאה הסופית של מרכיב השירותים ההנדסיים, ובתוכו, מרכיב תשומות המהנדסים וההנדסאים, מסך העלות הכוללת של פרויקט תשתית.

לוח 22: עלויות שירותים הנדסיים מסך העלות הכוללת של פרויקט תשתית

<u>תשומת של מהנדסים/הנדסאים</u>	<u>שירותים הנדסיים כללי</u>	
7.9%	10.2%	אצל המזמין
5.9%	8.7%	אצל הקבלן המבצע
13.8%	18.9%	סה"כ

סבירות המפתח ביחס למצב הנוכחי

סך הפעילות של ענף התשתית והבנייה הסתכמה בשנת 2005 בכ- 50 מיליארד ש"ח ובמשק הועסקו כ- 19 אלף מהנדסים והנדסאים בהנדסה אזרחית. מכאן, נגזר מפתח קיים של 38 מהנדסים והנדסאים לכל 100 מיליון ש"ח של פעילות. למרות זאת, לתוספת הפעילות, מפתח של 50 מהנדסים והנדסאים ל- 100 מיליון ש"ח נראה סביר יותר מהסיבות הבאות:

- במצב הנוכחי, חלק מהבנייה, בעיקר בבנייה הפרטית למגורים (במיוחד של צמודי קרקע) נעשית ללא תשומות מספקות של כוח אדם הנדסי. חלקה בנייה לא חוקית, או בנייה שלא ע"י קבלנים רשומים. תוספת ההשקעות בעתיד, בעיקר בתשתית וגם במבנים, תופנה ברובה לבנייה יותר "ממוסדת", כזו המלווה בכוח אדם הנדסי מתאים בתכנון ובביצוע.
- החלק היחסי של התשתיות בתוך ההשקעה הכוללת (בבנייה ותשתיות יחדיו) עתיד לגדול.
- תוספת ההשקעות, במיוחד בתשתית, חלקה בפרויקטים מורכבים, כמו רכבת תחתית, התפלת מים וכו', דורשת תשומות גדולות יותר של כוח אדם הנדסי.
- עבודות נוספות בעתיד, כמו חיזוק מבנים קיימים לעמידות ברעידות אדמה דורשות כוח אדם הנדסי מעבר לשיעור המקובל כיום.
- בשנים האחרונות הולכת וגוברת הדרישה מצד מזמיני העבודות לתכנון מתקדם יותר, בקרת איכות בביצוע, הבטחת איכות ועוד. יש לציין כי ועדת זיילר⁵³ המליצה על שורה של צעדים להגברת הבטיחות של מבנים. כל אלה ידרשו תשומות נוספות של כוח אדם הנדסי.
- תיעוש ומיכון הבנייה⁵⁴ יחייבו יותר תשומות של כוח אדם הנדסי לעומת הפחתה בכוח אדם לא מקצועי⁵⁵.

עם כל זאת, בבדיקות הרגישות בפרק 24 נבחן גם מפתח של 40 מהנדסים לכל 100 מיליון ש"ח של פעילות.

⁵³ ראה המלצות ועדת החקירה הממלכתית לעניין בטיחות מבנים ומקומות המשמשים ציבור (עדת זיילר) דצמבר 2003.

⁵⁴ מחסור מתמשך בכוח אדם בענף הבנייה והתשתית והפסקה הדרגתית ביבוא עובדים זרים, מהווה תמריץ להפיכת הענף ליותר ממוכן.

⁵⁵ ראה גם "תיעוש ענף הבנייה-מכשולים ודרכי התמודדות, ורשבסקי, בקר, רוזנפלד, המכון הלאומי לחקר הבנייה, 1999.

חלק ד': היצע והכשרה של כוח אדם הנדסי

18. תמונת מצב

18.1. כוח אדם הנדסי⁵⁶ בענפי המשק

בשנת 2005 הועסקו במשק כ- 19 אלף מהנדסים והנדסאים בהנדסה אזרחית והנדסת בניין. יש לציין כי בין השנים 2001 ל- 2005 חלה ירידה של 7-10% במועסקים בענפים אלה. בנוסף, הועסקו במשק גם 7.5 אלף אדריכלים ומתכנני ערים.

לוח 23: כוח אדם הנדסי (באלפים)⁵⁷

השינוי	2005	2001	
-10.3%	12.2	13.6	מהנדסים אזרחיים
-7.1%	6.5	7.0	הנדסאים
-9.2%	18.7	20.6	סה"כ מהנדסים והנדסאים

אין נתונים על התפלגות כוח האדם ההנדסי בין ענפי המשק. ענף הבנייה מעסיק כ- 31 אלף עובדים בעלי הכשרה על תיכונית. אולם, אין נתונים כמה מהם בעלי הכשרה בהנדסה אזרחית ובהנדסת בניין וכמה במקצועות אחרים, אדריכלים, כלכלנים, משפטנים וכו'.

לוח 24: התפלגות המועסקים בענף הבינוי (אלפים)⁵⁸

2005	2003	
127.1	129.0	סה"כ מועסקים ⁵⁹
18.6	18.4	בי"ס על תיכוני
7.2	6.7	תואר ראשון
5.1	5.1	תואר שני
30.9	30.2	סה"כ על תיכוני
24%	23%	שיעור בעלי השכלה על תיכונית

ניתן להעריך כי רובם מרוכזים בענף הבנייה ובענף אדריכלות, הנדסה ופעילויות טכניות. בלוח 25 להלן, מפורטים הענפים וענפי המשנה בהם להערכתנו, מועסק כוח אדם הנדסי בכמות משמעותית. סדר הענפים על פי חלקם בתעסוקת כוח האדם ההנדסי.

⁵⁶ כוח אדם הנדסי: מהנדסים אזרחיים בהתמחויות השונות, מהנדסי בניין (בוגרי מכללות) והנדסאי בניין, בוגרי מוסדות הכשרה בישראל או עולים..

⁵⁷ המקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, סקר כוח אדם, לוח 2.18

⁵⁸ למ"ס, שם: לוח 2.8

⁵⁹ לא כולל פועלים פלסטינים ועובדים זרים

לוח 25: כוח אדם הנדסי זה הועסק במספר ענפים עיקריים⁶⁰:

מספר המועסקים הכולל בענף- אלפים	ענף משנה	ענף ראשי-סיווג אחיד של הלמ"ס
38.6	763- אדריכלות, הנדסה ופעילויות טכניות	I שירותים עסקיים-
127.1	ענפי משנה בינוי, תשתיות	D בינוי
31.4	770- מנהל ציבורי כללי, כולל תשתיות	J מנהל ציבורי
28.2	78- מנהל הרשויות המקומיות	
21.3	ענפי משנה חשמל ומים	C חשמל ומים
3.9	11,13 כרייה וחציבה	B תעשייה
26.7	805 מוסדות אקדמיים	K חינוך

כוח אדם זה עוסק במספר תחומים ומועסק במסגרות שונות:

- תכנון מדיניות, תכנון כולל וניהול - במסגרת משרדי ממשלה ורשויות מקומיות
- אישורים סטטוטוריים, רישוי ופיקוח - במסגרת מוסדות התכנון והרשויות המקומיות
- תכנון כולל, יזמות, ניהול ובקרה - במסגרת גופי התשתית - מזמיני העבודות העיקריים, כמו מע"צ, הרכבת, מקורות, חברת החשמל, עיריות וכו'.
- תכנון מוקדם וסטטוטורי - בעיקר במסגרת משרדי תכנון
- תכנון מפורט - בעיקר במסגרת משרדי תכנון
- ניהול ופיקוח צמוד - בעיקר במסגרת משרדי הנדסה, חלק גם בחברות היזמיות והקבלניות
- ניהול הביצוע - במסגרת החברות הקבלניות ובסיוע משרדי הנדסה
- ניהול אחזקה - במסגרת גופים עסקיים גדולים, חברות תשתית, רשויות מקומיות, מוסדות וכו'.
- הכשרה מקצועית ומחקר - במסגרת הטכניון, אוניברסיטאות ומכללות

18.2. עולים

בנוסף למוסדות הלימוד בישראל, מקור נוסף ומשמעותי מאד לכוח אדם הנדסי היה העלייה. במיוחד יש לציין את גלי העלייה בראשית שנות התשעים שהביאו אלפי מהנדסים וטכנאים, בעיקר מבר"מ לשעבר (ראה גם פרק 24).

גל העלייה מברית המועצות כלל אחוז גבוה של אקדמאים. על פי האומדן, כ- 7 אלפים מהם הועסקו בענף הבנייה.

⁶⁰ על פי סיווג ענפי המשק של הלמ"ס.

אין נתונים כמה מהאקדמאים מקרב העולים, מועסקים בתחומי ההנדסה האזרחית והבניין. מאגר כוח האדם המקצועי שהגיע בגל העלייה הוא "מלאי הולך וכלה", ולכן, תוספת של כוח הנדסי מתאים חדש תלויה בעיקר בתפוקה של מוסדות ההכשרה בישראל. בהנחה שהתפלגות הגילאים שלהם זהה להתפלגות הכללית בקרב העולים (הדומה מאד להתפלגות של כלל המועסקים), הרי מאגר זה ילך ויפחת. תוך 10 שנים, כ- 12% ממאגר המהנדסים העולים יגיעו לגיל פרישה. תוך 20 שנה, יגיעו לגמלאות כשליש מהם.

18.3. "יצוא" מהנדסים

בשנים האחרונות הלך ונוצר צרכן נוסף במהנדסים בפעילות של חברות ישראליות בתחום יזמות הבנייה והתשתיות בחו"ל, במיוחד במזרח אירופה. בשנים האחרונות יש זליגה של כוח אדם מקצועי מישראל לחו"ל, אם בדרך של הגירה אישית (זמנית או קבועה) או בשהייה בחו"ל כמועסקים אצל חברות יזמות וקבלנים ישראלים הפועלים בחו"ל. בהקשר זה יש לציין את הפעילות הנרחבת והבולטת של חברות ישראליות בתחום הבנייה במדינות מזרח אירופה ובעבודות קבלניות במדינות אפריקה. אין נתונים רשמיים על היקף פעילותן של חברות ישראליות בחו"ל⁶¹, אך פעילים בענף אומדים את היקף התופעה במאות אחדות של מהנדסים ישראלים.

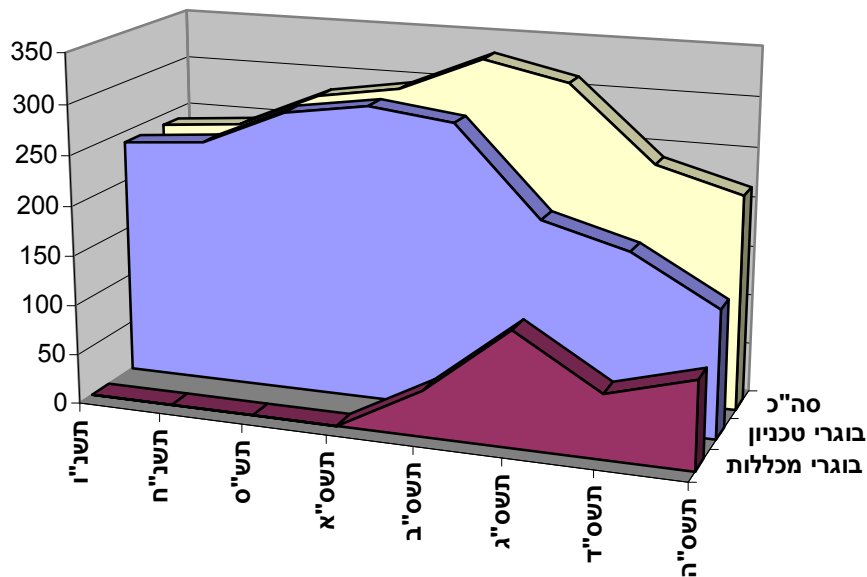
19. הכשרת כוח אדם מקצועי

19.1. מהנדסים

הטכניון בחיפה הוא הספק העיקרי של כוח אדם מקצועי בהתמחויות השונות של ההנדסה האזרחית. בשנת תשס"ב נוספו לראשונה גם בוגרי מכללות. בשנתיים האחרונות הוכשרו, בטכניון ובמכללות, רק כ- 230 מהנדסים בהנדסה אזרחית, לא כולל אדריכלים. זאת לעומת כ- 300 בשנים הקודמות. בנוסף לכך, מכשירים הטכניון והמכללות מידי שנה כ- 200 בוגרים באדריכלות ותכנון ערים ובאדריכלות נוף. כמו כן, מכשיר הטכניון מידי שנה 50-70 מהנדסים אזרחיים לתואר שני ושלישי.

⁶¹ מרבית הפעילות של החברות הישראליות נעשית באמצעות חברות זרות.

איור 14 : בוגרים בהנדסה אזרחית (והתמחויות גלות)



לוח 26: בוגרי מוסדות אקדמיים ומכללות לפי תחום לימוד בשנים נבחרות.⁶²

שנת לימודים	תשנ"ו	תשנ"ז	תשנ"ח	תש"ס	תשס"א	תשס"ב	תשס"ג	תשס"ד	תשס"ה
סה"כ בוגרים	239	246	246	282	295	331	313	239	216
תואר ראשון-טכניון ⁶³	239	246	246	282	295	285	198	175	128
הנדסה אזרחית	205	203	240	257	214	150	124	96	
הנדסה סביבתית					23	20	25	21	
הנדסה גיאודטית	34	43	42	38	48	28	26	11	
תואר ראשון-מכללות	0	0	0	0	0	46	115	64	88
הנדסה אזרחית					46	30	14	40	
הנדסת בניין						85	50	48	

מספר הבוגרים בטכניון בשנת תשס"ו יהיה דומה לזה שבתשס"ה.

⁶² למ"ס - פרסומים שנתיים - מקבלי תארים מהמוסדות האקדמיים והמכללות (פרסום שנתי מיוחד)
⁶³ אוניברסיטאות תל-אביב ובאר שבע החלו להכשיר מהנדסים בתחום הנדסה סביבתית.

19.2 הנדסאים

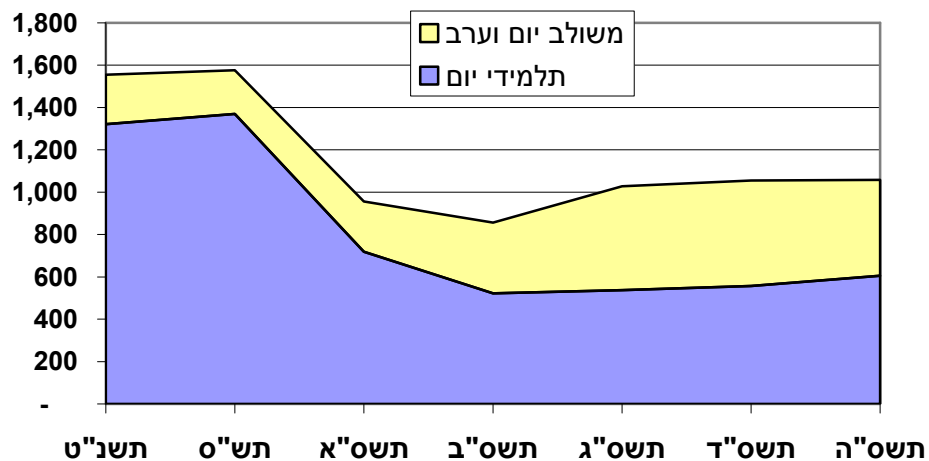
בשנת הלימודים תשס"ה, למדו כ- 1,060 תלמידים לתואר הנדסאי בנייה ב- 12 מכללות שונות. כ- 60% לומדים במסלול יום, והאחרים במסלול משולב.

מספר זה יציב יחסית ב- 5 השנים האחרונות, אך נמוך משמעותית בהשוואה לשנים 1999-2000.⁶⁴ כמו בטכניון, ניכרת לאחרונה ירידה נוספת במספר התלמידים במגמת בניה במכללות. מספר מכללות סגרו את המגמה לחלוטין, בשל היעדר תלמידים.

בשנת 2005 קבלו הסמכה 240 הנדסאים בהנדסה אזרחית ובהנדסת בניין⁶⁵. המספר בשנת 2006 צפוי להיות נמוך יותר.

נראה כי מקצועות כמו תוכנה ואלקטרוניקה, ולאחרונה מגמות חדשות כמו תקשורת, קולנוע וכו', נתפסות אטרקטיביות יותר.

איור 15: תלמידים במגמת בנייה במוסדות להכשרת הנדסאים



⁶⁴ נתונים מתוך ספרי התקציב של משרד התעשייה, המסחר והתעסוקה, או משרד העבודה והרווחה, לשנים 2000-עד 2007.

⁶⁵ נתונים אלו נמסרו על ידי גב' דליה זילכה מהמחלקה להכשרה טכנולוגית של משרד התמ"ת.

20. תחזית ההיצע של כוח אדם הנדסי

20.1 תרחיש המשך המגמה הקיימת

בהנחה שהעלייה לא תהווה בשנים הבאות גורם משמעותי באספקת מהנדסים והנדסאים, המקור העיקרי להחלפת הפרישה הטבעית והגדלת ההיצע של מהנדסים והנדסאים, בכדי לענות על תוספת הביקוש החזויה בשנים הבאות, הם מוסדות ההכשרה האקדמית והמקצועית בישראל. כאמור, בשנים האחרונות מספר הבוגרים בהנדסה אזרחית בטכניון ובמכללות ירד לסדר גודל של 250 בלבד. המכללות להנדסאים מכשירות כ- 250 הנדסאי בנייה מידי שנה, ומספר זה מצוי במגמת ירידה.

מנגד, יש פרישה טבעית. בהנחה שהתפלגות הגילאים בקרב המהנדסים וההנדסאים זהה לזו שבקרב כלל המועסקים⁶⁶, שיעור הפורשים ב- 10 השנים הקרובות יעמוד על כ-1.5% מהמלאי ההתחלתי (של שנת 2005) ויעלה בהדרגה ל- 3%.

תרחיש המשך המגמה הקיימת - ההיצע:

ההנחות:

- מספר המהנדסים וההנדסאים הבוגרים יגדל ב- 2% לשנה, כשיעור גידול האוכלוסייה (למרות שהנתונים בטווח המידי מראים דווקא ירידה במספר הבוגרים).
- הפרישה הטבעית תהיה כמצוין לעיל
- המלאי ההתחלתי של מהנדסים הוא ע"פ מספרם בשנת 2001, דהיינו גבוה ממספר המועסקים בפועל במקצועם בשנת 2005. ההנחה היא שהירידה במספר המועסקים בין 2001 ל- 2005 נבעה בעיקר מנטישת העיסוק בשנות השפל בענף, וכי מהנדסים והנדסאים אלה יכולים עדיין להיחשב כחלק מההיצע.

התוצאה היא כי מספר המהנדסים יגדל בשיעור מזערי של 0.5%, מספר ההנדסאים יגדל בשיעור סביר יותר של 2.2%, שהוא נמוך משיעור הגידול בפעילות ענף הבנייה והתשתית. משקל המהנדסים בכלל המהנדסים וההנדסאים יפחת מ- 66% בשנת 2005 ל- 58% בלבד בשנת 2025.

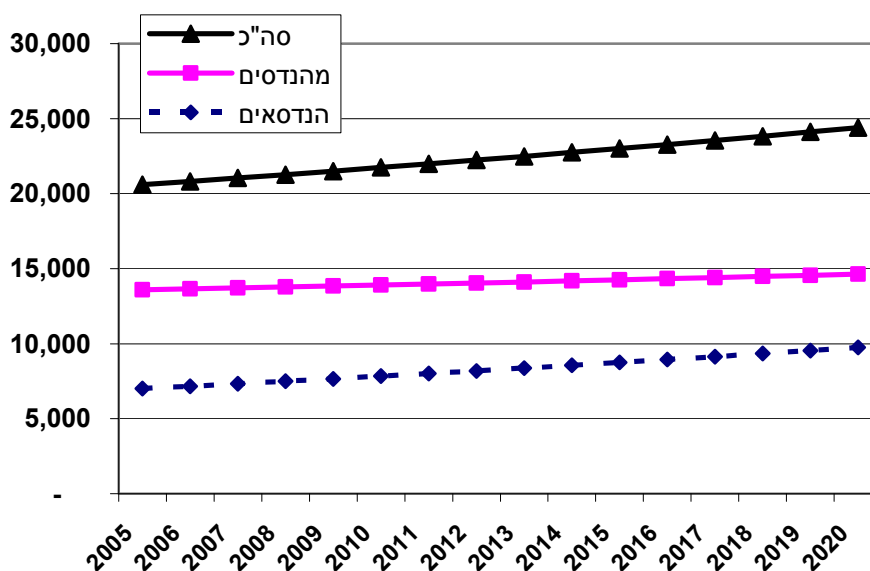
ראה לוח 27 להלן.

⁶⁶ יש מספר התמחויות בהם התפלגות הגילאים שונה ומבוגרת יותר. למשל, מהנדסי מים הם בממוצע בגילאים גבוהים.

לוח 27: היצע מהנדסים והנדסאים עד לשנת 2025 - תרחיש המשך המגמה הקיימת

משקל המהנדסים	סה"כ	הנדסאים			מהנדסים			שנה
		בוגרים חדשים	פרישה	מספר כולל	בוגרים חדשים	פרישה	מספר כולל	
66%	20,600	240	80	7,000	220	160	13,600	2005
64%	21,745	265	88	7,833	243	177	13,912	2010
62%	23,009	293	98	8,752	268	195	14,257	2015
60%	24,405	323	108	9,767	296	215	14,638	2020
58%	25,945	357	119	10,888	327	238	15,058	2025
	25.9%			55.5%			10.7%	שיעור גידול מצטבר
	1.2%			2.2%			0.5%	שיעור גידול שנתי ממוצע

איור 16: היצע כוח אדם הנדסי- תרחיש המשך מגמה קיימת



20.2 תרחיש גידול במספר המהנדסים

בהנחה שהיחס הקיים הנוכחי, 2 מהנדסים להנדסאי 1, הוא היחס הרצוי שיש לשמרו, נדרש גידול במספר המהנדסים הבוגרים מידי שנה, וזאת עוד לפני שבוחנים את הביקושים הצפויים בשוק. נבחן את התרחיש בהנחה שמספר הבוגרים השנתי יחזור לרמתו מלפני 3-4 שנים, דהיינו 320 בוגרים לשנה⁶⁷, תוספת של כ- 100 מהנדסים לעומת תרחיש המשך המגמה (יש לציין כי בתשס"ב הצטרפו לראשונה בוגרי מכללות בהנדסה אזרחית).

בתרחיש כזה, שיעור הגידול המצטבר במהנדסים יהיה 28.6% במקום 10.7%, גידול שנתי ממוצע של 1.3% בלבד. שיעור המהנדסים בכוח האדם ההנדסי ימשיך וירד, אם כי בצורה מתונה יותר (בשנת 2025 יהיה 62%).

⁶⁷ ההנחה היא שבטווח הארוך, יהיה גידול "טבעי" במספר הבוגרים ע"פ קצב הגידול של האוכלוסייה - 2% לשנה.

חלק ה': השוואת הביקוש לכוח אדם הנדסי אל ההיצע

21. אומדן הביקוש לכוח אדם הנדסי

התחשיב צריך לקחת בחשבון גם את הבנייה של מבנים. בניית מבנים, למגורים, לעסקים, מבני ציבור ולשימושים אחרים, מהווים כ- 70% מסך פעילות ענף הבנייה והתשתית וככזה, מהווה צרכן גדול של מהנדסים והנדסאים בהנדסה אזרחית, לצד ענף התשתית.

על פי אומדני הפעילות בענף, בתחום התשתיות ובתחום הבנייה, צפוי עד שנת 2010 גידול מצטבר של כ- 16 מיליארד ש"ח, ועד שנת 2015, גידול מצטבר של כ- 26 מיליארד ש"ח בסך הפעילות, כפי שמפורט בלוח 27 להלן:

לוח 27: אומדן הפעילות בענף התשתית והבנייה

שנה	פעילות-מיליארד ש"ח מחירי 2005		גידול שנתי ממוצע -מיליארד ש"ח	
	ענף התשתית	בניית מבנים *	ענף התשתית	בניית מבנים *
2005	15.2	34.8		
2010	21.3	44.8	1.2	2.0
2015	24.3	52.0	0.6	1.4
2020	28.7	60.3	0.9	1.7
2025	33.9	69.9	1.0	1.9
2028	37.4	76.3	1.2	2.2

* בניכוי מרכיב פיתוח שטח הכלול בפעילות ענף התשתית

מכאן, ועל בסיס של תוספת נדרשת של 50 מהנדסים והנדסאים לתוספת של 100 מיליון ש"ח פעילות שיוחל הן על ענף התשתיות והן על בניית מבנים (ראה פרק 17.3 לעיל), ניתן לגזור את תוספת המהנדסים וההנדסאים הנדרשת בשנים הבאות כמפורט בלוח 28:

לוח 28: תוספת הפעילות בענף ותוספת דרושה בכוח אדם הנדסי

שנה	סך הפעילות מיליארד ש"ח	תוספת פעילות מצטברת מיליארד ש"ח	תוספת מהנדסים והנדסאים מצטברת
2005	50.0		
2010	66.1	16.1	8,052
2015	76.3	26.3	13,157
2020	88.9	38.9	19,472
2025	103.7	53.7	26,857
2028	113.8	63.8	31,880

דהיינו, עד לשנת היעד- 2028, יש להגדיל את מספר המהנדסים/הנדסאים ב- 168%, גידול שנתי נטו ממוצע של 4.4% לשנה. זאת בהשוואה לגידול ממוצע בהיצע של 1.2% עד 1.6% בתרחיש הרגיל, או בתרחיש האופטימי יותר בהתאמה (ראה פרק 20.1 לעיל)

22. השוואת הביקוש להיצע

להלן אומדן הביקוש וההיצע למהנדסים והנדסאים, אשר נעשה בשתי תרחישים:

- תרחיש 1 - מספר הבוגרים יישאר כפי שהיה בשנה-שנתיים האחרונות, דהיינו הכשרה של 220 מהנדסים ו-240 הנדסאים מידי שנה, ואח"כ יגדל ב- 2% לשנה, ע"פ קצב גידול האוכלוסייה.
- תרחיש 2 - מספר הבוגרים יחזור (תוך מספר שנים מצומצם) לרמתו מלפני 5-6 שנים, תוספת של 100 בוגרים בשנה כבר בעתיד המיידי (אצל הנדסאים זמן המחזור קצר יותר), דהיינו 320 ו-340 בוגרים בהתאמה.

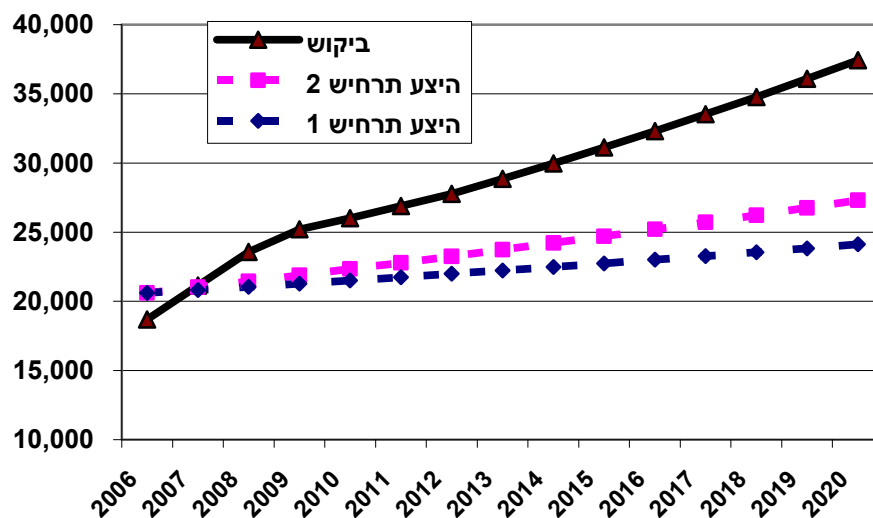
התחשיב נעשה בשתי נקודות מוצא:

- נקודת המוצא היא כי השוק מצוי בשיווי משקל, למרות טענות על מחסור שכבר מורגש.
- נקודת המוצא השנייה היא כי יש עודף של מהנדסים והנדסאים שפרשו מהענף בין 2001 לשנת 2005, וכי הם יחזרו לעיסוקם ויתרמו מידית להגדלת ההיצע.

המסקנה היא, גם תחת הנחות מקלות כנ"ל, כי בשני התרחישים, גם באופטימי יותר, המחסור בכוח אדם הנדסי (מהנדסים והנדסאים) עלול להיות חסם אפקטיבי על ענף הבנייה והתשתית. המחסור יורגש כבר בטווח המיידי. כבר בשנת 2010 המחסור יעמוד על 4,000 עד 5,000 איש, המהווה כ- 20% מהצרכים.

בשל תקופת הכשרה הארוכה יותר הנדרשת ממהנדסים בהשוואה להנדסאים, המחסור במהנדסים קשה יותר לפיתרון, גם אם יינקטו צעדים מידיים.

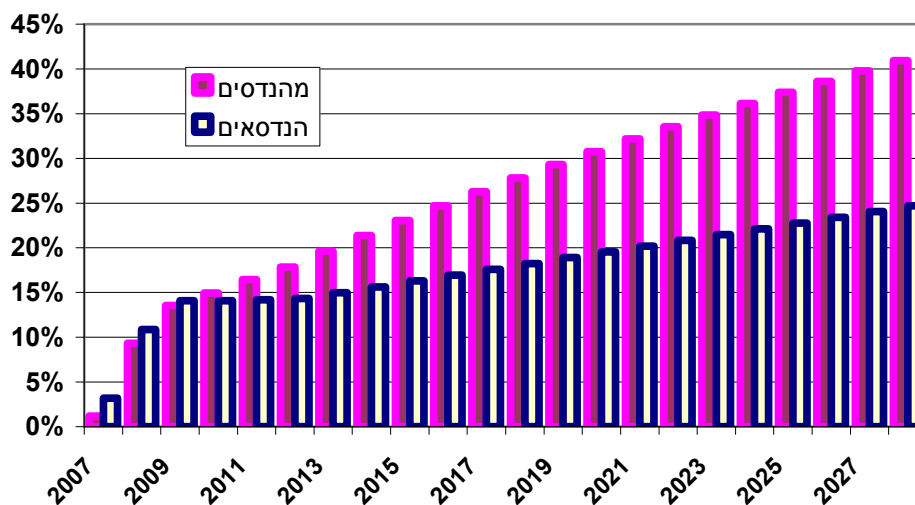
איור 17: הביקוש וההיצע של כוח אדם הנדסי



כאמור, בפרק 20 אובחן שהמחסור צפוי להיות חריף יותר במהנדסים מאשר בהנדסאים. לכן, יש לבחון בנפרד את הביקוש למהנדסים ולהנדסאים. ההנחה היא שההתפלגות הנוכחית בין מהנדסים 66% והנדסאים 34% היא הנכונה. אולם, בשל המחסור החמור הצפוי במהנדסים, הנחנו בתחזית כי תגבר המגמה של החלפת מהנדסים בהנדסאים. לכן, הנחנו כי 60% מתוספת כוח האדם הם מהנדסים, דהיינו 1.5 מהנדס להנדסאי 1, בהשוואה למצב הנוכחי של 2 מהנדסים להנדסאי. מכאן, שלכל 100 מיליון ש"ח תוספת של פעילות בענף הבנייה והתשתית, נדרשת תוספת של 30 מהנדסים אזרחיים בהתמחויות השונות ו- 20 הנדסאים.

באיור 17 מוצג שיעור המחסור במהנדסים ובהנדסאים בשנים הבאות. שיעור המחסור מוגדר כיחס שבין מספר המהנדסים וההנדסאים החסרים לבין הביקוש. המחסור מוצג כאשר היצע הוא על פי תרחיש 2 האופטימי כנ"ל, דהיינו מספר הבוגרים חוזר לרמתו מלפני כ-5 שנים (תוספת של 100 בוגרים ביחס למצב הנוכחי)

איור 18 : שיעור המחסור במהנדסים והנדסאים ביחס לביקוש



23. הניסיון של תחילת שנות ה-90

בראשית שנות ה-90 עבר ענף הבנייה והתשתית מהפך. תוך 3 שנים, בין 1989 ל-1992, גדלה פעילות הענף ב-90% במונחים של סך ההשקעות בענף⁶⁸. התחלות הבנייה למגורים גדלו תוך שנתיים ב-320%!! מכ-20 אלף יחידות דיור בשנת 1989 ל-84 אלף בשנת 1991. עד שנת השיא-1997 גדלו ההשקעות בענף פי 2.5 בהשוואה לשנת 1989.

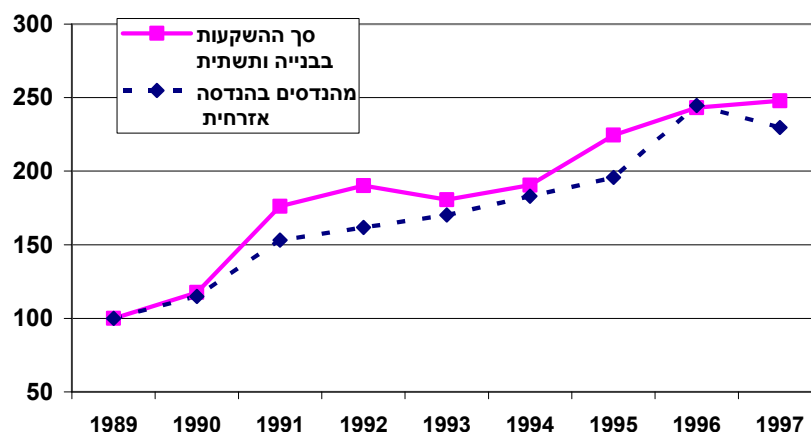
מסתבר, שבשנים אלו חל גידול דומה גם במספרם של המהנדסים, זאת בעיקר הודות לעלייתם של מהנדסים רבים וקליטתם בענף הבנייה, בענף שירותי אדריכלות, הנדסה ושירותים טכניים ובענפים נלווים אחרים, כולל המנגנון הממשלתי והמוניציפאלי.

מספר המהנדסים האזרחיים גדל מ-4.7 אלף בשנת 1989 ל-7.6 אלף בשנת 1992 ועד ל-11.5 אלף בשנת 1996⁶⁹. איור 17 ממחיש את התאמת כוח האדם ההנדסי במשק לגידול בפעילות הענף.

למרות העובדה ששיא גל העלייה ארע בשנים 1990 ו-1991, הרי טבעי הוא כי קצב קליטתם של המהנדסים העולים היה איטי מקצב השינוי הפעילות בענף.

עד שנת 1995 הוכפל מספרם של המהנדסים האזרחיים שהועסקו במשק. אין נתונים על מספר ההנדסאים (והטכנאים) באותן שנים, אך ניתן להניח כי תהליך דומה חל גם שם.

איור 19: השקעות בענף הבנייה והתשתית ומספר המהנדסים, מדד - שנת 1989=100



⁶⁸ כל הגידול היה בהשקעות בבנייה למגורים. גידול חד בהשקעות בתשתית ובבנייה לעסקים הורגש החל בשנים 1993-1994. ⁶⁹ מתוך סקרי כוח אדם של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. יש לציין כי עד לשנת 1995 לא פורסם נתון בדבר מספרם של הנדסאים וטכנאים בהנדסה אזרחית ו/או הנדסת בניין.

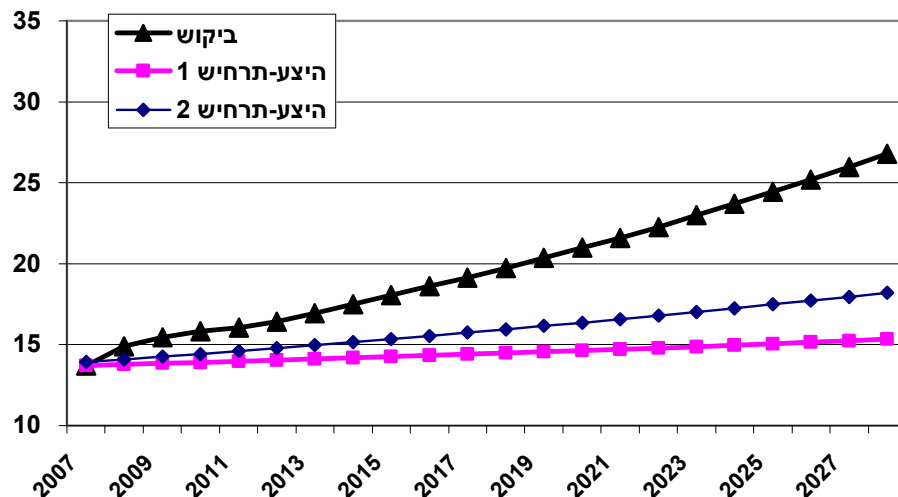
24. בדיקות רגישות

בדיקות רגישות יכולות להיעשות על כמה משתנים המרכיבים את התחזית של הביקוש וההיצע. **אומדן הגידול בפעילות הענף** - יש לציין כי למעט "תנופה" בפעילות הענף בשנים הקרובות, עד 2015, האומדן הרב שנתי לפעילות הענף מניח גידול שנתי ממוצע של 3.6% (מזה: גידול שנתי ממוצע של 4.2% בהשקעות בתשתית). זהו שיעור נמוך משיעור גידול התמ"ג בתחזית הרב שנתי. יש לציין כי במוסד נאמן בוחנים (ומקווים) לתרחיש של גידול שנתי ממוצע של התמ"ג בשיעור של 5% ואף 6% לשנה. תרחיש כזה, משמעו, שיעורי גידול גבוהים יותר בהשקעות בתשתית ובבנייה בכלל. **תרחישים אלו לא נבחנו בעבודה זו, והם רק יהמירו עוד יותר את בעיית המחסור בכוח אדם הנדסי. גזירת הביקוש לכוח אדם הנדסי בתוספת הפעילות** - ייתכן כי יש הטיה מעלה של תוספת כוח האדם הנדסי הדרוש בכדי לבצע את תוספת הפעילות.

נימוקים להפחתת המפתח של 50 שנות אדם לכל 100 מיליון שם פעילות יכולים להיות:

- ייעול בניצול כוח האדם הנדסי הודות לכניסת המגזר העסקי לניהול והקמה של פרויקטים.
 - "התקורה הנדסית" דהיינו המהנדסים וההנדסאים המועסקים במגזר הציבורי ובמגזר העסקי, יכולים להגדיל תפוקה מבלי צורך בתוספת כוח אדם.
- אם נניח שתוספת כוח האדם הנדסי לכל 100 מיליון שם תוספת פעילות, תעמוד על 40, בדומה למצב הנוכחי (38) ולא 50 כמפורט בחלק ג', אזי תמונת המצב משתפרת. נבחן את התוצאות לגבי ביקוש והיצע למהנדסים, בהנחה של 24 מהנדסים לכל 100 מיליון שם פעילות, במקום 30. הבחינה תעשה בשני תרחישים ובאותן הנחות כמו בפרק 17.
- עדיין צפוי מחסור במהנדסים, אם כי ברמה פחותה יותר**

איור 20: היצע וביקוש למהנדסים אזרחיים עפ"י מפתח של 40 שנות אדם (במקום 50) לכל 100 מיליון שם של תוספת בפעילות - באלפים



25. מסקנות וצעדים נדרשים

25.1 סיכום הממצאים

מהנתונים עולה בבירור כי צפוי מחסור במהנדסים, ומחסור פחות גם בהנדסאים, בשנים הבאות, לאור הגידול הצפוי בפעילות ענף הבנייה והתשתית מחד, וקצב הגידול הנמוך בהיצע כוח אדם הנדסי מצד שני. יש לציין כי שיעורי הגידול בפעילות הענף צפויים להיות גבוהים במיוחד בעשור הקרוב (ויתמתנו בשנים לאחר מכן) דבר האומר שהמחסור במהנדסים יורגש בצורה הולכת וגוברת כבר בשנים הקרובות. פעילות הענף תגדל תוך 5 שנים בשליש ואין דרך מעשית להכשיר את כל תוספת כוח האדם הנדרש. מה עוד, שיש רבים בענף, הגורסים כי כבר היום מובחן מחסור במהנדסים. יש לציין כי בראשית שנות ה-90 התמודד המשק עם שיעורי גידול גדולים פי כמה, אלא שאז זכה המשק לתוספת גדולה של כוח אדם אקדמאי, ובהם גם במקצועות הבנייה (ראה בפרק 23 לעיל).

25.2 המלצות לצעדים

נוכח המחסור הצפוי בכוח אדם הנדסי בענף, ובמיוחד נוכח המחסור החמור הצפוי במהנדסים, יש לנקוט בצעדים מידיים כדי להגדיל בצורה משמעותית (פי 2.5 עד פי 3) את מספר הבוגרים בהנדסה אזרחית ובהנדסת בניין, במסלולי ההתמחות השונים והן את מספר ההנדסאים. חשוב לזכור כי תהליך ההכשרה של מהנדסים והנדסאים הוא ארוך, ולכן תוצאות הצעדים שיינקטו יורגשו רק כעבור 3 עד 5 שנים. יש לשים דגש מיוחד על תחום התשתיות, בו צפויים שיעורי גידול גבוהים יותר, במיוחד ב-10 השנים הקרובות, ובו כבר היום מורגש מחסור במהנדסים. כדי להשיג יעד זה, יש לנקוט במספר צעדים המשלימים זה את זה:

- א. מתן פומבי למחסור הצפוי במהנדסים והנדסאים בהנדסה אזרחית, ובמיוחד בתחום התשתיות. מידע כזה מבשר כי צפויה "פרנסה טובה" בתחום. הדבר עשוי למשוך סטודנטים לתחום.
- ב. לעודד תלמידים ללמוד במגמת בנייה במוסדות להכשרת הנדסאים, למשל ע"י הגדלת התמריצים לחיילים משוחררים שיבחרו במגמת הבנייה.
- ג. להקים קרן מלגות, במימון של גופי התשתית הגדולים במשק⁷⁰, אשר יעניקו מלגות לימודים לסטודנטים שילמדו במסלולי התמחות נבחרים ויתחייבו לעבוד בתחום התשתית במשך מספר שנים לאחר סיום לימודיהם.
- ד. להתאים את מסלולי ההכשרה בפקולטה להנדסה אזרחית בטכניון, במכללות האקדמיות ובמוסדות להכשרת הנדסאים, לצרכים של ענף התשתיות והבנייה.
- ה. הסבה של מהנדסים במקצועות אחרים להנדסה אזרחית, במיוחד לתחום של ניהול פרויקטים.
- ו. הכשרה של הנדסאים לניהול ביצוע.
- ז. מסלול להכשרה והסמכה של הנדסאים למהנדסים.
- ח. יבוא (סלקטיבי) של שירותים הנדסיים.

⁷⁰ בהשוואה להיקפי הפעילות הגדולים של גופי התשתית, ההוצאה לקרן מלגות היא זניחה ותועלתה גדולה בעשרות מונים.

רשימת איורים

- איור 1 : אוכלוסייה, תמ"ג והשקעות בתשתית, מדד - שנת 2005=100 4
- איור 2 : הביקוש וההיצע של כוח אדם הנדסי 6
- איור 3 : שיעור השינוי השנתי ב-% במלאי התשתיות 8
- איור 4 : התפלגות ההשקעות לפי סוג בשנים 2001-2005, באחוזים ובמיליוני ש"ח במחירי 2005 10
- איור 5 : הנחת צנרת מים, ביוב ותיעול ושטח התחלות הבנייה, מדד שנת 1994=100 11
- איור 6 : מרכיב עבודות הנדסה אזרחית בתשתיות שונות 12
- איור 7 : השקעות בתשתית (מרכיב עבודות הנדסה אזרחית), מיליוני ש"ח מחירי 2005 13
- איור 8 : משקל ההשקעות בתחבורה בתוצר הלאומי הגולמי 21
- איור 9 : תחזית ההשקעות בתחבורה יבשתית- במיליארד ש"ח 23
- איור 10 : השינוי בצריכת חשמל ואנרגיה - מדד לוגריתמי 30
- איור 11 : אוכלוסייה, תמ"ג והשקעות בתשתית, מדד- שנת 2005=100 32
- איור 12 : שטח התחלות הבנייה-מיליוני מ"ר 33
- איור 13 : מלאי התשתיות - מרכיב הנדסה אזרחית - מיליארד ש"ח 34
- איור 14 : בוגרים בהנדסה אזרחית (והתמחויות נלוות) 46
- איור 15 : תלמידים במגמת בנייה במוסדות להכשרת הנדסאים 47
- איור 16 : היצע כוח אדם הנדסי- תרחיש המשך מגמה קיימת 49
- איור 17 : הביקוש וההיצע של כוח אדם הנדסי 51
- איור 18 : שיעור המחסור במהנדסים והנדסאים ביחס לביקוש 52
- איור 19 : השקעות בענף הבנייה והתשתית ומספר המהנדסים, מדד - שנת 1989=100 53
- איור 20 : היצע וביקוש למהנדסים אזרחיים עפ"י מפתח של 40 שנות אדם (במקום 50) לכל 100 מיליון ש"ח של תוספת בפעילות - באלפים 54

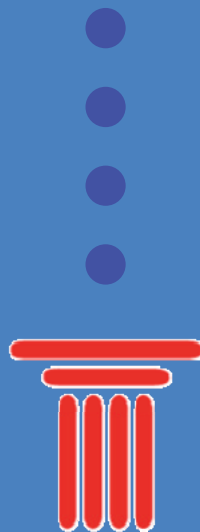
אדם בוכמן, בוגר כלכלה ומוסמך במנהל עסקים באוניברסיטה העברית בירושלים. את מרבית חייו המקצועיים עשה בתחום הבנייה והתשתיות בתפקידי ניהול כספים וכלכלה.

הוא החל כרפרנט באגף התקציבים באוצר ומרכז צוות שיכון. לאחר מכן מונה לחשב ומנהל אגף כספים במע"צ. לאחר פרישתו מהשרות הציבורי מילא התפקיד של חשב בחברת בנייה ותשתיות בניגריה. בשנים 1993 עד 2003 שימש יועץ כלכלי ומנהל אגף כלכלה בהתאחדות הקבלנים והיה שותף בפיתוח רעיונות ומודלים כלכליים בתחום של חיזוק מבנים (תמ"א 38), פינוי בינוי, שיתוף מגזר עסקי בפיתוח תשתיות ועוד.

בשנים האחרונות הוא בעל משרד לייעוץ כלכלי המתמחה בתחום הנדל"ן, התשתיות וכלכלת תחבורה.



פרופ' יחיאל רוזנפלד הוא ראש המחלקה לניהול וכלכלת הבניה, וראש המעבדה לאוטומציה ורובוטיקה בבניה, בטכניון. הוא גם חוקר בכיר במכון לחקר הבניה בו הוא מוביל מחקרים ופרויקטים ממשלתיים כמו גם עבור ארגונים אחרים. פרופ' רוזנפלד הוא גם פרופסור מבקר במכון הטכנולוגי של מסצ'וסטס M.I.T שם הוא לימד במשך ארבע שנים.



מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע ומטכנולוגיה

המכניון - מכון טכנולוגי לישראל

טל. 04-8292329, פקס 04-8231889

קרית המכניון, חיפה 32000

www.neaman.org.il