

מדינת ישראל



משרד התחבורה
והבטיחות בדרכים



משרד האוצר

נוהל פר"ת 2021

הנחיות לבדיקת כדאיות
פרויקטים תחבורתיים

ירושלים

יוני 2021

נוהל פר"ת 2021 הגופים השותפים

משרד התחבורה והבטיחות בדרכים,
משרד האוצר, המשרד להגנת הסביבה

נוהל פר"ת 2021 צוות העבודה

מנחה העבודה

ולדימיר סימון, ראש אגף א',
מחקר ועיצוב מדיניות כלכלית

צוות היגוי וניהול

יעקב קולניק - י. קולניק, ייעוץ כלכלי ופיננסי
איתי יוגב - מנהל תחום תכנון כלכלי,
אגף מחקר ועיצוב מדיניות כלכלית (בעבר)
אריאל קפלן - מנהל תחום תכנון כלכלי,
אגף מחקר ועיצוב מדיניות כלכלית
גיא אהרון - אגף מחקר ועיצוב מדיניות כלכלית
דניאל מלצר - רכז תחבורה,
אגף התקציבים, משרד האוצר
אריאל הבר - רפרנט תחבורה,
אגף התקציבים, משרד אוצר

ריכוז ועריכת הנוהל

יעקב קולניק
יוליה רובינשטיין
אריאל קפלן
גיא אהרון
ג. פלייטמן

משתתפים בעדכון וכתובת פרקים

צ'ארלס סולומון - סמנכ"ל בכיר,
אגף תכנון כלכלי (בעבר)
יהושע כהן - משרד מת"ת בע"מ
אסף חזות - משרד מת"ת בע"מ
ד"ר אסנת ארנון - תו"פ אקוסטיקה
אלי גליקסמן - תו"פ אקוסטיקה
אייל אשבל - משרד P.G.L
יוליה רובינשטיין - משרד P.G.L (בעבר)
יעקב קולניק - י. קולניק, ייעוץ כלכלי ופיננסי
רימון רפיח - ECONOMETRIKR
אורי הלפרסון - אידע, ניהול וייעוץ כלכלי בע"מ



משרד האוצר

משרד התחבורה
והבטיחות בדרכים

נוהל בדיקת פרויקטים תחבורתיים (פר"ת) 2021

פיתוח ושיפור מערכת התחבורה תורמים לשיפור ברמת השירות והבטיחות של משתמשי המערכת ורווחת כלל התושבים. לנושא זה תרומה חשובה לפעילות הכלכלית, לפיתוח העירוני והאזורי ולצמיחת המשק.

ממשלת ישראל, ככל הממשלות במדינות המתקנות, אחראית לתכנון, להקמה, אחזקה ותפעול של מערכת התחבורה. המדינה מקדישה תקציבי פיתוח גדולים לפיתוח ואחזקת רשת התחבורה היבשתית לרבות התחבורה הציבורית. חשוב כי תקציבים אלו יוקצו בצורה יעילה שתתרום את המירב לתועלת החברה וכלכלת המשק, תוך התחשבות בשיקולים סביבתיים וחברתיים.

נוהל פר"ת נועד לספק את הכלים וההנחיות לבדיקת כדאיות של פרויקטים תחבורתיים. מטרתו העיקרית של הנוהל היא לסייע למקבלי ההחלטות בבחירת הפרויקטים לביצוע וקביעת המועד המתאים לביצועם.

הנוהל הנו מסמך מחייב בעריכת בדיקות כדאיות של פרויקטי תחבורה יבשתית. נוהל פר"ת 2021 הנו הרביעי במניין הנהלים והוא מחליף את גרסת 2012. גרסת הנוהל הראשונה, נוהל פר"ת 1996, פורסמה בתחילת שנת 1997.

בגרסה הנוכחית, נמשך תהליך שיפור הנוהל בכל הקשור למתודולוגיה לחישוב עלויות ותועלות של פרויקטים. אלו נעשו בהתבסס על עדכונים שוטפים ומחקרים חדשים שבוצעו על ידי משרדים בעלי ניסיון בביצוע בדיקות כדאיות וכן על בסיס סקירת ספרות מקצועית בעולם, לרבות נהלי פר"ת נחשבים.

הנוהל מתוכנן להתעדכן ולכלול שיפורים נוספים על בסיס תקופתי. הנוהל נערך ומתעדכן בעבודה משותפת של משרד התחבורה ואגף התקציבים במשרד האוצר.

בברכה,

ולדימיר סימון

מנהל אגף א'

אגף מחקר ועיצוב מדיניות כלכלית
משרד התחבורה והבטיחות בדרכים

עדי חכמון

סגנית הממונה על התקציבים
אגף תקציבים
משרד האוצר

תוכן העניינים

1 חלק I - מבוא

פרק 1: מבוא

- 1.1. הקדמה - נוהל בדיקת פרויקטים תחבורתיים.....2
- 1.2. נוהלי פר"ת בעולם - סקירה.....5
- 1.3. נוהל פר"ת 2021.....20

31 חלק II - מתודולוגיה ומודלים

פרק 2: מתודולוגיה.....32

- 2.1. מתודולוגיה כללית.....33
- 2.2. סיווג פרויקטים בבדיקה.....49
- 2.3. פרויקטים בתחבורה הציבורית.....54
- 2.4. שיטת חישוב הכדאיות הכלכלית.....76
- 2.5. סיכון ואי ודאות.....81
- 2.6. סבירות התוצאות.....92

פרק 3: עלויות.....94

- 3.1. מבוא.....95
- 3.2. עלויות הקמה - השקעה.....96
- 3.3. עלות הפרעות לתנועה במהלך ההקמה.....99
- 3.4. עלויות אחזקה.....109

פרק 4: השפעת הפרויקט - התועלות.....113

- 4.1. הזמן הנחסך.....114
- 4.2. חיסכון בעלויות תפעול כלי רכב.....119
- 4.3. בטיחות.....128
- 4.4. השפעה על הסביבה.....154
- 4.5. פיתוח אזורי/כלכלי.....164
- 4.6. חיסכון בחניה.....168
- 4.7. ערך האופציה.....171
- 4.8. שוויוניות וצדק חברתי.....173

178.....	פרק 5: הנחיות לעריכת הבדיקה
181.....	5.1 הנחיות כלליות
182.....	5.2 מהלך הבדיקה
184.....	5.3 המודל התחבורתי
185.....	5.4 סוגי הפרויקטים
186.....	5.5 עלויות הפרויקט
188.....	5.6 תועלות הפרויקט
191.....	5.7 בדיקת הכדאיות
196.....	5.8 הפרמטרים בביצוע הבדיקה
199.....	5.9 מקורות מידע
200.....	פרק 6: מבנה הדו"ח
203.....	חלק א: תקציר הדו"ח
206.....	חלק ב: דו"ח הבדיקה המלא
206.....	6.1 נתוני רקע והפרויקט
211.....	6.2 תנועה ותחבורה - מצב קיים
215.....	6.3 מתודולוגיית הבדיקה
216.....	6.4 תוצאות הבדיקה התחבורתית
224.....	6.5 תוצאות הבדיקה הכלכלית
229.....	6.6 סיכום ומסקנות
232.....	פרק 7: הפרמטרים וערכי המחדל
233.....	7.1 מבוא - הפרמטרים בבדיקת כדאיות
234.....	7.2 הפרמטרים - ערכי מחדל
244.....	נספח

חלק I

מבוא

פרק 1: מבוא

- 1.1. הקדמה - נוהל בדיקת פרויקטים תחבורתיים
 - 1.2. נוהלי פר"ת בעולם - סקירה.
 - 1.3. נוהל פר"ת 2021
- נספח: השוואת נהלים בעולם

1.1. הקדמה - נוהל בדיקת כדאיות פרויקטים תחבורתיים (נוהל פר"ת)

פיתוח ושיפור מערכת התחבורה תורמים ליעילות הכלכלית, לצמיחת המשק ולפיתוח העירוני והאזורי, לרווחת המשתמשים וכלל האוכלוסייה. מתוך כך, ראוי וחשוב כי המשאבים לפיתוח התשתית התחבורתית מתקציב המדינה, יוקצו לפרויקטים שייצרו את מירב התועלת הכלכלית-תחבורתית עבור המשק, תוך התחשבות בשיקולים סביבתיים וחברתיים.

מטרתו של הנוהל לבדיקה כלכלית-תחבורתית של פרויקטים תחבורתיים - להלן נוהל פר"ת, היא לספק את הכלים וההנחיות לבדיקת כדאיות של פרויקטים תחבורתיים יבשתיים. הנוהל מיועד לסייע למקבלי ההחלטות בסוגיות הבאות:

- באיזה פרויקט כדאי להשקיע?
- באיזה סדר עדיפות?
- באיזה עיתוי?

הנוהל הנו מסמך מחייב, לצורך הכנת בדיקות כדאיות של פרויקטים בענף התחבורה היבשתית בישראל.

נקודת המוצא בנוהל פר"ת היא שהכדאיות הכלכלית של פרויקט מבוססת על השפעותיו התחבורתיות המתורגמות, ככל הניתן, לערכים כלכליים כמותניים ולערכים אחרים איכותניים. ליבת הבדיקה הנה המודל התחבורתי, הכולל את מודל הביקושים לנסיעות, מודל הצבות התנועה ברשת הדרכים, ומודד את השפעות הפרויקט על היקף התנועה, מסלולי הנסיעה ורמת השרות ברשת הדרכים. כפועל יוצא מכך, הבדיקה דורשת שילוב מומחיות רב-תחומית הכוללת: תכנון הנדסי ותנועתי בתחבורה; כלכלה וניתוח מערכות; בטיחות; איכות הסביבה ונושאים חברתיים.

מאפייניו החשובים של נוהל פר"ת הם:

- הנוהל מתבסס על עקרונות בדיקות הכדאיות המקובלים בעולם עם התאמה לתנאים ולצרכים הייחודיים במדינת ישראל.
- הבדיקה נעשית בראייה כלכלית של המשק הלאומי ולא בראייה פיננסית גרידא. הנוהל אמור להתייחס גם לתועלות כלכליות וחברתיות שלא ניתנות בהכרח לתרגום לערכים כספיים.
- הנוהל מתייחס לכל סוגי הפרויקטים של תשתית תחבורתית יבשתית: כבישים ומסילות, תחבורה עירונית ובין עירונית, תחבורה ציבורית וכללית, פרויקטים קטנים וגדולים במימון ממשלתי, ציבורי או בשיתוף עם הסקטור הפרטי.

- הנוהל דינמי ומיועד להתעדכן מעת לעת, כל עוד תהליך בדיקות הכדאיות עובר שינויים ועדכונים הן בתחום המתודולוגי, בהתאם להתפתחות המודלים והמגמות בעולם, והן בתחום הפרמטרים והנתונים בבדיקה אשר משתנים לאורך הזמן.
 - הנוהל מגדיר את סיווג ורמת הבדיקה הנדרשת בהתאם לרמה והיקף הפרויקט הנבדק, עם דגש על מידת השפעתו הצפויה על המערכת התחבורתית בטווחי זמן שונים - טווח קצר, בינוני וארוך (עד 40 שנה).
 - הנוהל מיועד לספק בסיס אחיד להשוואה ולבחירה בין פרויקטים. בהתאם לכך הנחיות הנוהל מכוונות ליצירת אחידות ככל הניתן בתהליך הבדיקה, במתודולוגיה, במודלים ובמרכיבי הבדיקה השונים (ערכי פרמטרים, משתנים וכו'). בהמשך לכך, הנוהל מגדיר בצורה ברורה את מבנה דו"ח סיכום הבדיקה, ובכלל זה את הצגת מאפייני הפרויקט, השפעותיו, העלויות והתועלות הצפויות ממנו.
- נוהל פר"ת בישראל קיים כבר משנות ה-90 של המאה הקודמת ובמסגרתו נבדקו פרויקטים רבים כתנאי לביצועם. הנוהל מתעדכן מעת לעת בהתאם לשינויים המתרחשים בענף התחבורה, בכלי התכנון ותוכנות המחשוב.
- לאורך התקופה פעל משרד התחבורה להבטיח כי נוהל זה יהיה בין המתקדמים בעולם. כך, בשנת 2008, זכה הנוהל לבחינת הכדאיות של פרויקטים תחבורתיים בישראל לפרסום בספרות המקצועית הבינלאומית. מתודולוגיית הבדיקה של הנוהל הישראלי פורסמה בספרות המקצועית הבינלאומית בשנת 2016.
- כמו כן פעל משרד התחבורה להתאים את הנוהל לבחינת פרויקטים תחבורתיים מורכבים כגון מערכות מתקדמות לניהול רכבות (ERTMS).
- המהדורה החדשה של נוהל פר"ת (2021) הינה פרי של עבודה משותפת בין משרד התחבורה לבין ומשרד האוצר, ונטלו בה חלק משרדי תכנון העוסקים בתכנון פרויקטים תחבורתיים ומומחים מהאקדמיה.
- הגרסה החדשה של הנוהל כוללת שיפורים, עדכונים ותוספות של נושאים בבדיקות הכדאיות בתחום התחבורה הציבורית ורווחת הנוסע, בתחום ההשפעה על הסביבה ובתחום הבטיחות. כמו כן, במסגרת עדכון של הנוהל, נערכה סקירה מקיפה של מתודות הבדיקה בעולם ושל הנהלים הראשיים בתחום זה.
- בנוהל החדש עודכנו, על בסיס מחקרים חדשים, הנושאים הבאים: ערך זמן נוסעים, הוצאות תפעול של כלי רכב לרבות ולראשונה הכללה של כלי רכב היברידיים, עלות ההקמה (השקעה) ועלויות אחזקה שוטפות, שער הריבית להיוון ופרמטרים אחרים - מטרות הנסיעה ומקדמי מעבר תועלות על פי תקופות יום וימי תועלת שנתי. דגש ניתן בהנחיות הנוהל, על שיפור מהלך הבדיקה, רמת הביצוע ואחידותה על ידי עורכי הבדיקה.
- הצורך בשיפור הליך הבדיקה הוא רציף ונדרש בעקבות הניסיון השוטף הנרכש תוך השימוש

בנוהל הקיים, בשל השיפורים במודלים התחבורתיים ובמיוחד במודלים מבוססי פעילויות, בשל יכולות המחשוב, והצורך לכלול השפעות נוספות של פרויקטים תחבורתיים בתהליך ההערכה. למרות שנעשה מאמץ מחקרי רב לצורך עדכון והשלמות בנוהל פר"ת (2021) במתכונת הנוכחית, נדרשים וצפויים מחקרים ועדכונים נוספים. חלק מאלו יצורפו כתוספת מיוחדת לנוהל מעת לעת.

לסיכום: נוהל פר"ת מהווה כלי עבודה משמעותי בעולם של תכנון וכלכלת תחבורה, ומהווה בסיס לבחינת הכדאיות ולהקצאת משאבים לביצוע פרויקטים תחבורתיים. הבדיקה נערכת בשלבים שונים בחיי פרויקט מוצע, החל מבדיקת הפרויקט ברמת תכנון רעיוני ראשוני ועד בדיקת הפרויקט בשלב התכנון המפורט לפני הביצוע.

1.2. נוהלי פר"ת בעולם - סקירה

נהלים להערכת פרויקטים תחבורתיים, קיימים מזה שנים במדינות רבות בעולם וכן בארגונים ומוסדות כגון: הבנק העולמי (World Bank), האו"ם (UN), האיחוד האירופי (EU), הארגון לשיתוף פעולה ולפיתוח כלכלי (OECD) וכן גופים אחרים, המשקיעים בתשתית התחבורתית ומעוניינים לייצר קריטריונים מבוססים להצדקת השקעה ו/או ליצירת עדיפויות בין פרויקטים.

השיטות להערכת פרויקטים תחבורתיים התפתחו עם השנים לאור הצרכים השונים וקיבלו תנופה בתחילת שנות ה-60 ותחילת שנות ה-70, אז גובשו האמצעים הפרקטיים ליישום גישת עלות/תועלת, תוך התבססות על עבודות תיאורטיות ואמפיריות, כולל קביעת ערכים כספיים לערך הזמן ולתועלות משיפורי בטיחות.

השיפור בתהליך הערכת פרויקטים בעולם, התגבר בין היתר הודות לשיפור ביכולות המחשוב, כמו גם בגין הצורך לבחינה מורכבת יותר של מערכות פרויקטים, צורך בניהול ביקושים ודרישות הולכות וגוברות להכללת השפעות סביבתיות, בטיחות וצדק חברתי. בעשורים האחרונים גברה מודעות הציבור והדרישה למעורבות בקבלת ההחלטות או לפחות קבלת מידע לגבי תהליכי קבלת ההחלטות אשר אף היא תרמה לתהליך זה.

עם השנים התרחבה המגמה לשיפור שיטת הבדיקה עלות/תועלת והורחבה גם להשפעות סביבתיות והשפעות כלכליות אזוריות, בתחילת שנות ה-90 ושנות ה-2000, בהתאמה. כמו כן, התפתחו שיטות מימון חדשות (מעבר לתקציבי מדינה) לפרויקטים תחבורתיים, בפרט מגמה של שיתוף מימון ההשקעה בין הסקטור הפרטי והציבורי - P.P.P (Public Private Partnership).

בפרק זה ידונו:

- א. נהלים בעולם: סקירת הנהלים החשובים.
- ב. מרכיבים חדשים בנוהל: כלי הרכב ומאפייני התחבורה העומדים בפתח לעתיד הקרוב.
- ג. הערכת נוהל פר"ת המקומי בפריזמת הנהלים בעולם.

א. נהלים בעולם

למדינות רבות בעולם ישנה מתודולוגיה סדורה להערכה כלכלית-תחבורתית של פרויקטים, כאשר הראשיים שבהם ייסקרו במסגרת הפרק הנוכחי של נוהל פר"ת, כדלקמן:

- נוהלי פר"ת עיקריים במדינות אירופה, הכוללים את:
 - ◆ בריטניה - נוהל (TAG) Transport Appraisal Guidance - נחשב לנוהל הוותיק מבין הנהלים.
 - ◆ גרמניה - הנוהל שלה שימש תשתית לבחינה של תוכנית השקעות לשנים 2015-2030.
 - ◆ צרפת - הנוהל משמש בעיקר לפרויקטים עירוניים.
 - ◆ הולנד - הנוהל משמש לעריכת בדיקת פרויקטי תשתית בכלל ושל תחבורה בפרט.

- ◆ הנוהל האירופי - משמש לבדיקת פרויקטי תשתית מסוגים שונים ובכלל זה גם של פרויקטים תחבורתיים. הנוהל אינו מחייב את המדינות הכלולות בארגון.
- בארה"ב קיים נוהל בדיקה של הממשל הפדרלי, הנוהל אינו מחייב והמדינות רשאיות להפעיל שיקול דעת בנושא. בפועל קיימים מגוון נוהלי בדיקה לפי סוג הפרויקטים:
- ◆ קריטריונים לבדיקות כדאיות לקבלת מענקי השקעה פדראליים כגון TIGER, BUILD ו-INFRA-1.
- ◆ וכן מתודות בתוכנות כגון HERS, NET, BCA. אשר לכל אחד מהם מתודולוגיה מותאמת.
- ◆ מספר מדינות פיתחו נהלים משלהן לבדיקת השקעות בתשתית תחבורתית, כגון מדינת קליפורניה, פלורידה, ניו יורק ואחרות.
- ניו זילנד - הנוהל מפורט ועדכני (כולל כ-600 עמודי הנחיה לנוהל).
- ראוי להוסיף כי מדינות² אשר פונות למסודות מימון בינלאומיים, כגון הבנק העולמי או הבנק האינטר-אמריקאי לפיתוח, בדרך כלל עושות שימוש בהנחיות בדיקות הכדאיות של הבנק העולמי, כפי שאלו מיושמות בתוכנות HDM ו-RED שזוכות לשימוש ניכר בבנק. מתודולוגיות אלו ייסקרו להלן.

מתודולוגית נוהלי בדיקה בעולם

המרכיבים החשובים בנהלים להערכת פרויקטים במדינות המפותחות, הם:

- **המודלים לביקוש:** רוב המדינות משתמשות עדיין במודל הקונבנציונלי הידוע כמודל ארבעת השלבים שיתרונותיו העיקריים הם בפשטות היחסית. מודלים אלו מוגבלים ביכולת הניתוח של ביקוש מושרה (Induced Demand), חוסר אינטראקציה הדדית עם שימושי קרקע, מגבלות בחיזוי משכי הנסיעה ואמינותם ועוד. כיום יותר ויותר גופים עוברים לשימוש במודלים דינמיים ובמודלים מבוססי פעילויות³.
- **מרכיבי הערכה:** המרכיבים השכיחים והעיקריים בהערכת הפרויקט הם חיסכון בזמן, חיסכון בעלויות התפעול והבטיחות ובשנים האחרונות גם ההשפעות הסביבתיות והשפעות על פיתוח כלכלי ואזורי. עדיין קיימות הסוגיות לגבי מדידת ההשפעה וחשבונאות כפולה (double counting) כמו גם האם המשקל והמורכבות שבהערכתן מצדיקה את תרומתן של השפעות אלה.
- **ערך הזמן:** השפעת הפרויקט על משך הנסיעה היא מרכיב מרכזי בתועלות. ברוב המקרים

1 HERS - Highway Economic Requirements System (Federal Highway Administration או FHWA) אשר נמצא בשימוש רשות הדרכים הפדראלית (Federal)

2 בדרך כלל מדינות בעלות הכנסה נמוכה או בינונית-נמוכה לנפש על פי הסיווג של הבנק העולמי
3 לדוגמה: פורטלנד, אורגון; קולומבוס, אוהיו; המודל הלאומי של הולנד. ובארץ "מודל תל-אביב", ומודל מבוסס פעילות חדש נמצא בתוכנית אב לתחבורה ירושלים

החיסכון בזמן הוא הדומיננטי בחישוב התועלת הכלכלית ולכן לערך הזמן נודעת השפעה מכרעת על הכדאיות הכלכלית של הפרויקט.

- **בטיחות:** המגמה בהערכת הפרמטרים העיקריים בבטיחות היא התבססות על גישת הנכונות לשלם, מגמה שגרמה להעלאת ערכי הבטיחות במסגרת ההערכה. ישנן שתי גישות עיקריות להערכת חיי אדם ונזק גופני. הראשונה מתבססת על הנכונות לשלם כפי שנעשה באנגליה, והשנייה מבוססת על אבדן יכולת ייצור כפי שנעשה בגרמניה. לערך חיי אדם שונות רבה בין מדינות והערך נע בין 0.27 ל-9.6 מיליון דולר. ראוי לציין כי הולנד לא כוללת את ערך חיי אדם תועלת בחישוב הכלכלי, אלא באופן נפרד בהערכה הרב-קריטריונית מתוך גישה שלערך זה חשיבות מעבר לערך הכספי.
- **עלויות תפעול כלי רכב:** מרכיב תועלת מקובל בקרב הנהלים החשובים. החישוב, על בסיס נוסחאות במהירות נסיעה וכולל את הפרמטרים של צריכת דלק, חלפים וכו'. בשל השינויים הדרמטיים בצריכת הרכב מתחייבת התאמת הנוסחאות לצריכת הרכב הצפוי אשר מכיל כלי רכב חשמליים והיברידיים בהווה, ורכב אוטונומי בעתיד.
- **השפעות סביבתיות:** הנושא הסביבתי הפך לגורם חשוב בהערכת פרויקטים. ההשפעה הסביבתית המרכזית הינה זיהום אוויר ושנייה לה הרעש. רוב המדינות מכמתות לכסף לפחות חלק ממרכיבי זיהום האוויר. להערכת הרעש נפוצות שתי גישות עיקריות: אחת מבוססת על מחירים הדוניים ומקובלת בצרפת ויפן ושנייה מבוססת על עלות האמצעים להפחתת הרעש ומקובלת בגרמניה וספרד. אוסטריה, בלגיה ויוון והולנד מכניסות את רוב האלמנטים הסביבתיים לתוך ה-MCDA (Multi Criteria Decision Analysis).
- **השפעות כלכליות אזוריות:** רוב המדינות אינן כוללות השפעות כלכליות אזוריות לאור הקושי להעריך ועל מנת להימנע מחשבונאות כפולה (double counting). המלצת ארגון ה-ECMT⁴ היא לשלב הערכות של פיתוח כלכלי מתחום המאקרו כמרכיב בהערכה המבוססת בגישת עלות/תועלת.
- **צדק חברתי:** ברוב המדינות אין מתודולוגיה להכללת שיקולים חברתיים בבדיקת הכדאיות, אך קיימת מגמה של התייחסות לשיקולי שיוויון בקבלת החלטות לגבי השקעות בתחבורה.
- **מודל ההערכה:** סיכום בדיקת הכדאיות נעשה לרוב בשתי גישות:
 - ◆ **גישת עלות/תועלת CBA (Cost Benefit Analysis)** מבטאת את מידת הכדאיות במספר מדדים מצרפיים במונחים כספיים.

4 סדרת מפגשים של פורום שרי התחבורה של האיחוד האירופי (ECMT (European Conference of Ministers of Transport) במהלך שנות ה-70 סייעה לגיבוש תהליך זה ליישום באירופה. הגישה בשנות ה-70 הייתה מכוונת בעיקר להערכת פרויקט בודד הממומן על ידי הממשלה. הפרוצדורה המוכרת ביותר היא COBA (Cost Benefit Analysis) הבריטית שהיוותה תהליך פורמאלי לצורך בחינת הכדאיות של פרויקטים, המבוססת על חישוב עלות תועלת. החל משנות ה-70 ניתוח עלות תועלת יושם כמעט לכל פרויקט של הבנק העולמי וכתוצאה מכך גם בארגונים בינ"ל אחרים

◆ גישה רב-מעריכית (Multi Criteria Decision Analysis) MCDA המבטאת את כדאיות הפרויקט על פי שקלול של מספר קריטריונים: כספיים, כמותיים ונורמטיביים.

מדד עלות/תועלת הוא אחד המרכיבים בגישה הרב קריטריונית. המגמה כיום היא לכלול יותר ויותר מרכיבים הקשים לכימות כגון השפעות סביבתיות, שיקולי שוויוניות ואחרים.

כל המדינות שנסקרו משתמשות בווריאציות שונות של מדד עלות/תועלת ובכולן נכללים לפחות ערך הזמן הנחסף, בטיחות ומרכיבים מסוימים של השפעות סביבתיות. ההבדלים בין המדינות הם בשאלה האם ניתן וצריך לתרגם את כל העלויות והתועלות למונחים כספיים ולהשתמש רק במדד עלות/תועלת, או שיש לכלול חלק מהתועלות והעלויות כמשתנים נפרדים בגישה הרב קריטריונית.

בגישה הרב קריטריונית נותרה פתוח הסוגיה מי קובע וכיצד את משקלות הקריטריונים, מבצעי הבדיקה או "מקבלי ההחלטה". במדינות רבות התפתחה תפיסה משולבת לפיה מועברות למקבלי ההחלטות תוצאות הבדיקה - מדדי כדאיות וקריטריונים להשוואה, אך ללא משקלות ציון סופי מסכם, אלו נותרות בידי "מקבלי ההחלטה".

- מדד הכדאיות להערכת הפרויקט: ערך נוכחי נקי לעומת שעור תשואה פנימי או יחס עלות/תועלת. הקריטריון המקובל הוא בד"כ הערך הנוכחי הנקי (NPV) כמו בנהלים אחדים בארה"ב או יחס התועלת/עלות (BCR) הנהוג בנהלים בגרמניה ויפן. באנגליה מקובל השימוש בשניהם, ובצרפת יש שימוש בערך נוכחי מעודכן והן בשעור תשואה פנימי שבו העלות מוכפלת במקדם K המשמש כמקדם לאילוצים תקציביים.
- הצגת תוצאות ההערכה: ישנה חשיבות רבה להצגה נאותה של תוצאות ההערכה למקבלי ההחלטות. מספר מדינות פיתחו טבלאות סיכום להצגת תוצאות רבות-משתנים, כמו כן פותחו תוכנות לצורך זה.
- מדריכים ונהלים לבדיקות כדאיות: קיימים מדריכים פורמאליים שונים ממדינה למדינה. באופן כללי, באירופה נעשה שימוש במדריכים אלה, בעוד שביפן ובארה"ב מדובר יותר ברמה של המלצות כלליות, למעט במקרים בהם מוגשות בקשות למענקים מהממשל הפדרלי.

מתודות אחרות לבדיקת פרויקטים של תשתית קיימת

קיימות מתודולוגיות אחרות לבחינה של שיפור ו/או שיקום של כבישים. אלו כוללות מרכיבים שבחלקם אינם נהוגים בנוהל פר"ת. כאלו הן מתודות HDM (Highway Development and Management) RED-I (Road Economic Development) של הבנק העולמי ומודל HERS בארה"ב. מודלים אלו מתבססים על הנחה של ביקוש משתנה, לא קבוע ומבוססים לרוב על רמת השרות של הכביש (הנמדד באמצעות גליות פני המיסעה). התועלות במתודה זו, מקורן בשיפור האחזקה ושיקום הדרך, בדומה למה שנעשה במערכת ניהול מיסעות. התועלת הכלכלית

מחושבת מהחיסכון בעלויות תפעול כלי רכב כפונקציה של גליות פני המיסעה, צמצום תאונות דרכים כפונקציה של ק"מ רכב נחסך, צמצום בשימוש באנרגיה (לעתים תוך כימות כספי) וכן בחיסכון בזמן נוסעים שאינו נובע מגודש אלא ממצב הדרך.

מודל HDM של הבנק העולמי

"אבי" המודלים לבחינת השקעות הנדסיות בתשתית קיימת הינו מודל ה-HDM של הבנק העולמי, אשר פותח במקור בשנות ה-70 והורחב בשנות ה-90 ובשנת 2000 וזוכה לפיתוח מתמשך מאז (הגירסה האחרונה היא משנת 2017). הוא נחשב לאחד המודלים המפותחים ביותר בנושא עלויות תפעול כלי רכב כפונקציה של גליות, ומיושם לרוב בפרויקטים במימון של מוסדות פיננסיים בינלאומיים כגון הבנק העולמי, הבנק האינטר-אמריקאי לפיתוח ועוד.

כמו כן, המודל מאפשר בחינה של פרויקטים של פיתוח, כגון תוספת או הרחבת נתיבים, ו/או שידרוג הדרך (למשל, מכביש סלול באספלט לכביש בטון) תוך לקיחת גורם הרחבת היקף הנסיעות בעקבות השיפור. המודל מחייב מספר נתונים רב, ואינו לוקח בחשבון כלי רכב היברידיים ו/או חשמליים אשר ייתכן וייכנסו בגרסה עתידית של המודל. ניתן להריץ אותו גם על רשת שלמה של כבישים תוך מתן תוכנית השקעות מומלצת. המודל נחשב למקובל ביותר בעולם ונותן תוצאות טובות למטרות לשמן הוגדר. המתודה שלו אף אומצה על ידי הבנק האסיאתי לפיתוח, הבנק האינטר-אמריקאי לפיתוח והבנק האפריקאי לפיתוח, וכן בממשלות מקומיות באפריקה, אמריקה הלטינית וכן במספר מדינות במזרח אירופה.

מודל RED

מודל זה נולד מתוך מודל ה-HDM אך דורש פחות נתונים ממנו, וכך קל יותר להפעלה. המודל אינו מתחשב בעקומי הידרדרות לפני המיסעה ונועד בעיקר לבדיקת השקעות בכבישים דלי תנועה. אחת התכונות החשובות שלו היא היכולת לאמוד כלכלית נזקים הנובעים מפגעי אקלים כגון הצפות, חסימות דרכים משלג ו/או מסלעים החוסמים את הדרך. במודל זה הביקוש לנסיעות משתנה באמצעות induced traffic \times generated, ונכלל בחישוב התועלות. רובו מתבסס על תתי המודלים והנוסחאות של מודל ה-HDM.

מודל HERS (Highway Economic Requirements System)

מודל זה משמש את רשות הדרכים הפדראלית של ארה"ב (FHWA) להערכת מצב הדרכים בארה"ב ולתוכנית השקעות רב-שנתית. בפועל הנו מערכת ניהול מיסעות לדרכים הזכות למימון פדראלי. בבסיסו זהו מודל הנדסי כלכלי מורכב ביותר, המכיל אלפי נוסחאות, לרבות טיפול בגודש על ידי הרחבת כבישים. תועלות מודל ההערכה כוללות את החיסכון בעלויות תפעול כלי רכב; זמן נוסעים (הן מגודש והן משיפור המהירות במצב הדרך); אמינות זמן הנסיעה; תאונות דרכים ועוד. השפעות הפרויקט מבוססות על עקומי הידרדרות שפותחו מהניסיון בארה"ב, על פי איסוף אינפורמציה רב על ידי מדינות ארה"ב השונות.

המודל מהווה מרכיב חשוב בדיווח השנתי של ה-FHWA לקונגרס האמריקאי וכאמור לעיל

גם לבניית תוכנית ההשקעות העתידית לאחזקה והרחבה בארה"ב, כפונקציה של המשאבים שהממשל והקונגרס האמריקאי מחליטים להשקיע ברשת הדרכים והגשרים בארה"ב.

ב. מרכיבים חדשים בנהלים

(1) כלי רכב אוטונומיים/מתוקשרים

בשנים האחרונות חלו שינויים ותוספות בגישה לבדיקות כדאיות כלכליות בעולם. שינויים אלו הינם בשני מישורים - התמקדות באי-השוויון בין אוכלוסיות שונות, וכן בניסיון לשלב כלי רכב מחוברים/אוטונומיים (automated and connected vehicles, להלן "ACV") בתוך המתודות הכלכליות העומדות בבסיס הנהלים. נכון לכתיבת סקירה זו, גובשו מספר מודלים ל-ACV אשר דנים בהשפעותיהם על אמינות זמן הנסיעה (שבאה לידי ביטוי בשונות זמן הנסיעה), משך זמן הנסיעה, משך זמן העיכוב כפונקציה של גודש או אירוע תחבורתי אחר (תאונות דרכים, מזג אוויר), וכן מקדם השונות של זמן הנסיעה⁵. הגורמים הנ"ל מושפעים מסביבת השימוש בכלי הרכב (עירוני או בינעירוני), מידת האוטומציה של כלי הרכב (בארבעה שלבים הכוללים שבעה תתי שלבים), וכן במידת החדירה לשוק של כלי הרכב הנ"ל.

נתון נוסף המשתלב עם השפעות של כלי רכב אוטונומיים היא צורת הנהיגה המוכתבת של כלי הרכב - אשר מוגדר בארבעה שלבים - המתחלקים לשבעה תתי שלבים כדלקמן:

- Stage I ("תרחיש הבסיס"): צי הרכב הקיים ללא כלי רכב אוטונומיים / מחוברים (Legacy Fleet).
 - Stage II: אוטונומיות חלקית אך עם שליטת הנהג. דוגמאות לכך יכולים להיות כלי רכב עם בקרת שיוט, תיקוני סטייה מנתיב וכיו"ב הקיימים כבר היום.
 - Stage III: מידה רבה יותר של אוטונומיות הכוללת שלושה מצבים - נהיגה זהירה, נהיגה רגילה ונהיגה אסרטיבית. כך שישנם ארבעה מרחבי אפשרויות - זהירה, רגילה עד זהירה, אסרטיבית עד רגילה, ורק אסרטיבית.
 - Stage IV - אוטונומיות מלאה - שליטה מלאה ברכב שלא על ידי הנהג/ת.
- החלוקה הפנימית של השלבים השונים כפונקציה של חדירת כלי רכב אוטונומיים לשוק מוצגת להלן.

5 מוגדר כיחס בין זמן הנסיעה הממוצע לבין שונות זמן הנסיעה

לוח 1.1: התפלגות בין שלבי אוטונומיות שונים כפונקציה של חדירת הטכנולוגיה האוטונומית

Stage IV (אוטונומיות מלאה)	Stage III (אוטונומיות גדולה)				Stage II (אוטונומיות חלקית כגון בקרת שיוט)	Stage I (כלי רכב "רגילים")	היקף חדירת כלי רכב אוטונומיים
	רק אסרטיבי	רגיל עד אסרטיבי	זהיר עד רגיל	זהיר			
0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	תרחיש בסיס (0% אוטונומיים)
0%	1.25%	1.25%	1.25%	1.25%	20%	75%	חדירה של 25% CAV
5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	35%	50%	חדירה של 50% CAV בהיקף
10%	3.75%	3.75%	3.75%	3.75%	50%	25%	חדירה של 75% CAV בהיקף
20%	10%	10%	10%	10%	40%	0%	חדירה של 100% CAV בהיקף
100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	חסם עליון (גם 100% חדירה וגם אוטונומיות מלאה)

מקור: (Atkins, 2016), p. 31

סביב הנתונים הנ"ל נבנו תרחישי הרצה של המודל הארצי הבריטי, לשעת שיא, ברשת הדרכים הבינעירוניות. נתוני הרצות אלו מוצגים בלוח שלהלן.

לוח 1.2: נתוני הרצות במודל הארצי בבריטניה, לדרכים בינעירוניות, בשעת שיא, כפונקציה של חדירת כלי רכב אוטונומיים

מקדם השונות		סטיית תקן (זמן הנסיעה)		זמן עיכוב		זמן נסיעה ממוצע		תרחיש
שינוי באחוזים מתרחיש הבסיס	מספר	שינוי באחוזים מתרחיש הבסיס	בשניות	שינוי באחוזים מתרחיש הבסיס	בשניות	שינוי באחוזים מתרחיש הבסיס	בשניות	
-	3.74%	-	20.2	-	35.8	-	539.8	תרחיש בסיס (0% אוטונומיים)
-3.7%	3.60%	-3.9%	19.4	0.9%	36.2	-0.2%	538.5	חדירה של 25% CAV בהיקף
-11.5%	3.31%	-12.5%	17.7	-6.8%	33.4	-1.1%	533.6	חדירה של 50% CAV בהיקף
-22.3%	2.91%	-24.0%	15.3	-16.9%	29.8	-2.2%	527.7	חדירה של 75% CAV בהיקף
-45.7%	2.03%	-47.9%	10.5	-33.8%	23.7	-4.1%	517.8	חדירה של 100% CAV בהיקף
-49.0%	1.91%	-54.7%	9.1	-40.3%	21.4	-11.2%	479.3	חסם עליון (גם 100% חדירה וגם אוטונומיות מלאה)

מקור: (Atkins, 2016), p. 33

עצם השימוש בתחזית זו, מראה את ההשפעה הצפויה של כלי רכב אוטונומיים, הן בצמצום זמני הנסיעה, הן בזמני עיכוב בנסיעה (בשל רמזורים וכיו"ב) והן בסטיית התקן של זמן הנסיעה על מפת התחבורה העתידית ובצורה עקיפה גם על בדיקות כדאיות כלכליות הנובעות מהן. ככל שהיקף החדירה של כלי הרכב הנ"ל יהיה גבוה יותר, כך גם החסכונות יהיו גדולים יותר, בהינתן התאמה של התשתיות לכלי רכב מתוקשרים/אוטונומיים.

(2) אמינות משך זמן הנסיעה

בנוהלי פר"ת רבים בעולם (ביניהם גרמניה, בריטניה, ניו זילנד וארה"ב) קיים תמחור של אמינות זמן הנסיעה, גם באמצעי בודד (כלי רכב פרטי או משאית), וגם בשילוב אמצעי תחבורה (בין אמצעי פרטי לאמצעי תחבורה ציבורית כגון רכבת או אוטובוס). הדוגמה הרלוונטית ביותר למציאות הישראלית היא זו של גרמניה (PTV Group, Transport Consulting International, Hans-Ulrich Mann, 2016), ובאה לידי ביטוי בבחינת סטיית התקן של הנסיעה והשימוש במסלול הנסיעה תוך בדיקתו אם נתיב הנסיעה עובר בקטעים שבהם התפוסה עולה על 75%, וכן אם היה שינוי בתנועה בקטע הרלוונטי בין שני המצבים "עם פרויקט" ו"בלי פרויקט".

הנחת העבודה של הגדלת האמינות של אמצעי או שילוב אמצעי תחבורה היא, שהקטנת השונות בזמן הנסיעה יכולה לאפשר לאנשים לעבוד יותר ובכך להגדיל את התוצר. אחת הדוגמאות הידועות (והקיצוניות) לכך היא מערכת הסעת ההמונים ביפן, אשר ידועה בדיוקה הרב ואי התלות שלה במערכות אחרות (כגון הרכבות הבינעירוניות מכל הסוגים והן מערכות הרכבות התחתיות בטוקיו, אוסקה וקיוטו).

(3) נוחות נסיעה וביצוע פעילויות בזמן נסיעה

גם בנוהל פר"ת של ניו זילנד וגם של גרמניה, קיימת אבחנה כי פרויקטים מסוימים יכולים לגרום להסטת נסיעות מאמצעי פרטי לאמצעי ציבורי (בדרך כלל רכבת בגרמניה ובניו זילנד גם אוטובוסים), גם אם משך זמן הנסיעה שלהם גדל (לעומת רכב פרטי). אומדן זה נעשה בדרך כלל לפי עודף צרכן כפונקציה של זמן הנסיעה ומחצית הפרשי עלויות הנסיעה (במקרה של גרמניה) או לפי תחושה של הפחתת זמן כאשר אמצעי הנסיעה נוח יותר (כדוגמת המודל הניו-זילנדי בהקשר של אוטובוסים מודרניים). הנושא גם קיים באופן חלקי בצרפת, על ידי הוספת זמן בשל העמידה בצפיפות באמצעי התחבורה הציבורית.

(4) עלויות בתקופת ההקמה של פרויקט

מעבר לעלויות ההקמה המקובלות של פרויקט (עלויות סלילה, גישור, אביזרי דרך, רימזור וכיו"ב) ישנם נהלים המוסיפים את עלות תאונות דרכים המתרחשות באזורי עבודה, עלות זמני עיכוב בתנועה וכן עלויות זיהום אוויר ורעש, בתקופת הקמת הפרויקט. נהלים המוסיפים עלויות אלה להשקעה בפרויקט הם של ארה"ב, גרמניה וניו זילנד.

(5) מקדמי מילוי לפי מטרות נסיעה ולפי מרחק נסיעה

בנוהל פר"ת של גרמניה הכירו בכך שבהערכה כלכלית יש לחלק את הנסיעות לפי מטרות

נסיעה (אל/מעבודה, ללימודים, ענייני עבודה, קניות, נופש, ומטרות נסיעה פרטיות אחרות). לכל אחת מהן חושב מקדם מילוי לכלי רכב כדלקמן, תוך הפרדה לנסיעות קצרות מ-50 ק"מ ולנסיעות של 50 ק"מ ומעלה, המובאים בלוח שלהלן.

לוח 1.3: מקדמי מילוי לכלי רכב פרטי לפי מטרות נסיעה (נוהל פר"ת גרמניה)

מטרת נסיעה	נסיעות קצרות מ-50 ק"מ	נסיעות מ-50 ק"מ ומעלה
אל ומעבודה	1.1	1.1
לימודים	1.7	1.3
בענייני עבודה	1.0	1.1
קניות	1.3	1.8
נופש	2.3	2.3
מטרות נסיעה פרטיות אחרות	1.6	2.0

מקור: (PTV Group, Transport Consulting International, Hans-Ulrich Mann, 2016), עמ' 115

(6) השפעות כלכליות רחבות (Wider Economic Benefits)

קיימת הכרה גוברת והולכת בעולם שההשפעות הכלכליות מתשתית תחבורתית אינן מצטמצמות לחיסכון בזמן נוסעים, חיסכון בעלויות תפעול, וחסכון בפליטות מזהמים ורעש, אלא שמתקיימות השפעות כלכליות נוספות הנובעות מהקמת הפרויקט התחבורתי. בדרך כלל השפעות אלו מתרכזות בשלושה תחומים עיקריים:

- ריכוז של פעילויות כלכליות הנובעות מהקמת הפרויקט התחבורתי - קרוי גם אגלומרציה.
- שינויים בהיצע העבודה בעקבות קיום הפרויקט - פרויקט מסוים מאפשר ליותר אנשים להגיע לפעילויות שונות (עבודה, פעילויות פנאי ועוד).
- הגדלת התחרות בעקבות הגדלת הנגישות לאזורים מסחריים המתאפשרת בעקבות הקמת פרויקט תחבורתי.

מתוך שלושת התחומים הנ"ל, רק הראשון מופיע בנוהל. השני נסקר בצורה מפורטת במחקר שנעשה עבור משרד התחבורה, ואילו השלישי בא לידי ביטוי באופן חלקי בפיתוחים של המודל הארצי החדש למשרד התחבורה.

אחד הקשיים הגדולים בשילוב השפעות אלו בבדיקות כדאיות רגילות הינו תופעת הספירה הכפולה של תועלות. נוהל פר"ת נבנה על סמך גישת התוצר תוך שילוב גורמים מעולם הרווחה, ולכן ההשפעות הכלכליות הרחבות צריכות להיבחן על סמך תוספת התועלת/תוצר (כדוגמת בריטניה) או כבחינה נפרדת לחלוטין (שאינה קשורה לבדיקת הכדאיות) כפי שנעשה בארה"ב במסגרת Economic Impact Analysis, אשר תיסקר בהמשך פרק זה.

(7) אמצעי תחבורה אקטיביים

אחד הגורמים אשר תופסים יותר ויותר תשומת לב בשנים האחרונות הם אמצעי התחבורה האקטיביים, כגון אופניים (חשמליים ואחרים) וכן הליכה ברגל. גורמים אקטיביים אלו משמשים כתשומות להשקעות תחבורתיות נלוות כגון מדרכות וגשרי הולכי רגל (לא רק כאמצעי בטיחותי). התייחסות לאמצעים אלו מוצגת בעיקר בבריטניה וניו זילנד, ולוקחת בחשבון (בין השאר) תועלות של חיסכון בזמן וכן תועלות בריאות מפעילות גופנית.

(8) עלויות תפעול וזיהום אוויר של כלי רכב היברידיים וחשמליים

רוב נוהלי הפר"ת מהרשימה הנ"ל לוקחים בחשבון את קיומם של כלי רכב היברידיים וחשמליים, הן בפונקציות עלויות התפעול והן בפונקציות זיהום האוויר. המפורטים שבהם הם הנהלים של בריטניה, גרמניה וניו זילנד. כמו כן נכללות עלויות ייצור החשמל כפונקציה של תמהיל הייצור (אשר משתנה על פני זמן) והביקושים לחשמל על פני זמן, כולל הקמת התשתיות הנדרשות לכך.

(9) ביקוש לא קבוע לנסיעות

אחד המאפיינים הראשיים של נוהלי פר"ת שונים בעולם הוא השימוש הפוחת בהנחה של ביקוש קבוע לנסיעות, שכן קיימת הכרה הולכת וגוברת ברעיון לפיו פרויקטים תחבורתיים יכולים לייצר ביקושים נוספים מעבר לאלו שנצפו בספירות תנועה או באמצעים אחרים, שאינם תלויים בגידול האוכלוסייה על פני זמן או גידול ברמת מינוע. תופעות אלו ידועות כ-*induced traffic* או *generated traffic* ונלקחות בחשבון בספירת התועלות (לרוב על פי כלל החצי של עודף הצרכן).

ג. נוהל פר"ת בישראל - השוואה לנהלים בעולם

נוהל הערכת פרויקטים תחבורתיים עבר כברת דרך ארוכה מאז שנות ה-90 הראשונות, בהן החלה בדיקה מסודרת של פרויקטים לאישור תקציבי, ע"י אגף תכנון וכלכלה של משרד התחבורה. נוהל פר"ת הראשון, נוהל⁶ 1996, סימן את ראשית סדרת הנהלים הממוסדת ולאחריה נוספו נוהל 2006, נוהל 2012 וכיום נוהל 2021. התפתחות הנוהל וחיבתו היו פועל יוצא של גידול ההשקעות בתשתית, והפיכת נושא התחבורה מעניין שולי בשנות ה-60 לנושא כלכלי/חברתי מהדרגה הראשונה משנות ה-90 ואילך. הגידול בהיקף ההשקעות בפרויקטי תשתית לווה בגיוון מקורות הון ושילוב הון פרטי עם תקציב ציבורי. בדיקות נערכו למגוון פרויקטים, לרבות פרויקטים עתירי הון בתחבורה הציבורית - רכבות ומסילות. במקביל הורחבו נושאי הבדיקה, תוך כדי ובעקבות הגברת המודעות לערכי סביבה - זיהום אוויר, רעש, נוף. מצד היצע, התפתחות אמצעי המחשוב בשילוב פיתוח מודלים (לתחבורה) מורכבים, הכוללים משתנים של מאפייני נסיעות ושינויים ברמת השרות של הרשת ברמת פירוט של

6 למעשה הנוהל המוכר כנוהל 96 הנו גרסה 2.0 של הנוהל הראשון שפורסם בסוף 1995

קטעים ומסלולים, בהשפעת הפרויקט הנבדק, אפשרו את העמקת הבדיקה על בסיס תחזיות מבוססות יותר וניתוח מעמיק יותר של השפעות הפרויקט התחבורתיות והתועלות הנגזרות ממנו.

אין בעולם נוהל אחיד לבדיקה או כזה המתווה מסגרת מחייבת. לכל מדינה נוהל משלה ולעיתים, כמו בארה"ב אין נוהל אחיד (פדרלי) לכל המדינות.

השוואה פרטנית של נוהל פר"ת הישראלי עם הנהלים המתקדמים בעולם מצביעה כי הנוהל בארץ מכיל בתוכו את מרבית המרכיבים הקיימים בנוהלי הבדיקה האחרים בעולם. חלק מהמרכיבים בנוהל הישראלי אינם קיימים בנהלים מובילים (ערך האופציה למשל). הנוהל בישראל נראה כממוקד יותר במרכיבים הכמותיים-כלכליים, אף שמועלים בו מספר מרכיבים ערכיים.

להלן מספר נתונים ברי השואה:

- ערך הזמן: ערך הזמן בנוהל הישראלי קבוע. בשונה מכך, בנוהל הבריטי ערך הזמן דיפרנציאלי לפי אזורים, כך גם בניו זילנד. בארה"ב יש נהלים בהם ערך הזמן קבוע ובאחרים משתנה.
- הנחייה: הנוהל הישראלי גמיש יחסית, ניתנת גמישות למבצעי הבדיקה ואין הנחיות חד משמעויות לעריכת הדו"ח המסכם, למעט מספר לוחות בודדים. בנהלים האחרים קיימת הדרכה, ולעיתים טמפלייטים של גיליון לרישום הנתונים. בנוהל הבריטי הפירוט הנדרש רב יותר, וקיים אפילו טמפלייט שמכיל אל המודל הארצי הבריטי. הדרכה מעמיקה קיימת גם בנוהל הגרמני ובמידה קצת פחותה בנוהל של ניו זילנד.
- מודלים: בארה"ב אין הנחיה באיזה מודל להשתמש, שכן נוהל הממשל הפדרלי אינו מחייב ולמדינות יש בחירה במה וכיצד להשתמש. באירופה המצב דומה לארה"ב. ההעדפה בבריטניה היא שימוש במודל הארצי שלהם. בארץ, ישנם מספר מודלים תחבורתיים, ברמה הארצית והמרחבית, שניתן להשתמש בהם בהתאם למאפייני הפרויקט.
- שיטת הבדיקה: בנוהל הישראלי נהוגה בפועל שיטת CBA (Cost Benefit Analysis), שבה מרכיב החיסכון בזמן הנסיעה הוא הדומיננטי ביותר. במרבית הנהלים מדדי ה-CBA משתלבים בשיטת ה-MCDA, גם אם אין לכך התייחסות מיוחדת בנהלים האחרים עצמם. ההחלטה אינה מתקבלת רק משיקולים כמותיים/כספיים אלא משיקולים של MCDA. בצרפת יש התייחסות בנוהל לערכי איכות סביבה, ומשקל השפעות הסביבתיות (תועלות או מפגעים) יחסית משמעותי⁷.
- עדכון הנוהל: הנוהל הישראלי מתעדכן בחלקו אחת למספר שנים. נהלים אחרים מתעדכנים (בעיקר פרמטרים) על בסיס שנתי. באנגליה וגרמניה יש סטייה מסוימת מכך ובניו זילנד פחות.

7 לעתים גבוה מ-30% מסך התועלות (מקור: לא פורמלי)

- פרויקטים של תחבורה ציבורית: בכל הנהלים שנבדקו אין התייחסות ייחודית לפרויקטים של תחבורה ציבורית. לעומת זאת יש התייחסות נפרדת, בחלק מהם, להשקעות בתשתית מסילתית. בארה"ב קיים נוהל שלם של ה-Federal Rail Administration לנושא זה.
- אופניים, הליכה ברגל וכו': בנהלים השונים קיימת התייחסות מגוונת לסוגי פרויקטים לאמצעים אקטיביים (אופניים, הליכה ברגל). הנוהל בארץ מכוון לפרויקטים של תשתית כבישים וחלקם לתחבורה ציבורית מסוגים שונים. בעולם כיום נוהלי הפר"ת דנים במגוון גדול יותר של פרויקטים, כאשר הדוגמה המפורטת ביותר נמצאת בניו זילנד בלוח המובא להלן, הכולל סוגי תועלות שצריכות להילקח בחשבון על פי נוהל זה.
- עלויות תפעול: בחלק מהנהלים, כמו בארה"ב, קיימת התייחסות מפורטת יותר למצב המיסעה כמשפיעה על עלויות תפעול של כלי רכב. מרכיב זה אינו קיים בנוהל בישראל.
- השפעות מקרו כלכלה: הנוהל בארץ אינו מתייחס להשפעות המקרו כלכליות של השקעה בתשתית תחבורתית, בהקשר של תוצר לאומי, תעסוקה, שכר ומיסוי. זוהי צורת ניתוח שנקראת בארה"ב Economic Impact Analysis וחלקים מסוימים ממנה נמצאים בנוהל הבריטי. צורת הניתוח הנ"ל - במיוחד בפרויקטים עם השפעה תחבורתית ניכרת - עשויה לתת ראייה כלכלית נוספת של הפרויקט - במיוחד אם הוא עשוי לגרום לשינויי פריסת התעשייה, השירותים וכו' באזור הפרויקט ובאזורים הנמצאים בטווח ההשפעה שלו.

דוגמה: נוהל הבדיקה בניו זילנד

	סוגי פרויקטים							סוגי תועלות	
	כבישים	ניהול ביקושים	שרותי הסעה ומתקנים תחבורתיים	אמצעים אקטיביים	חינוך ושיווק לשימוש נכון בתחבורה	תניה ושינוי קרקע בשימושי	כבישי אגרה / פרויקטים פרטי במימון פרטי		מערכות תחבורה חכמות
Travel time cost savings	X	X	X	X	X			X	חיסכון בזמן נוסעים
Vehicle operating cost savings	X	X	X	X	X			X	חיסכון בעלויות תפעול
Crash cost savings	X	X		X	X	X		X	חיסכון בתאונות דרכים
Seal extension benefits	X								חיסכון בפעולות אחזקה בדרכים (ריבוד, שיקום, בנייה מחדש)
Risk reduction benefits	X	X	X		X		X	X	תועלות מירידה בסיכונים
Vehicle emission reduction benefits	X					X		X	תועלות חמצום פליטות מזהמים
Other external benefits	X	X	X	X	X	X	X	X	תועלות אחרות
Mode change benefits		X	X	X	X			X	תועלות חינוך באמצעי התחבורה (פיצול)
Walking and cycling health benefits		X		X					תועלות בריאות משימוש באמצעי אקטיבי (הליכה, אופניים)
Walking and cycling cost savings		X		X	X				חיסכון עלויות משימוש באמצעים אקטיביים
Transport service user benefits			X			X		X	תועלות מנוחות שימוש באמצעי תח"צ
Parking user cost savings		X			X	X		X	חיסכון בעלויות חניה
Journey time reliability benefits	X	X	X	X				X	תועלות מגידול באמינות זמן הנסיעה
Wider economic benefits	X		X						תועלות כלכליות מרחיבות (שניניות)
National strategic factors	X	X	X		X				גורמים לאומיים אסטרטגיים (בטחון, התחממות גלובלית וכיו"ב)

מקור: נוהל פר"ת של ניו זילנד (2018)

ניתן לראות כי מגוון הפרויקטים הנסקר באמצעות נוהל פר"ת בנוי זילנד הינו רחב, וכולל פרויקטים של ניהול ביקושים (כגון נתיבים מהירים), פרויקטים של אמצעים אקטיביים (כגון מסלולי אופניים), פרויקטים של חינוך ושיווק (למשל פרסומות וסרטונים בטלוויזיה), מערכות תחבורה חכמות (כגון שילוט אלקטרוני, אגרות מתחלפות וכד'), וכן פרויקטים שכוללים מרכיבי חניה. לא כל סוגי החיסכון והתועלות מיושמות לכל סוג של פרויקט כפי שניתן לראות בטבלה, ומספר התועלות בהן נעשה שימוש הינו מגוון, כולל תועלות חדשניות.

ד. סיכום

הערכת פרויקטים תחבורתיים נעשית מזה שנים רבות בעולם והיא מבוססת על מחקרים רבים. עד היום טרם גובשה מתודולוגיה כללית אחידה שתהיה מקובלת על כולם. עם זאת, מרכיבי הבדיקה החשובים כמו גם מדדי ההערכה, משותפים למרבית השיטות. שוני, לעיתים שוני רב, קיים לגבי הפרטים השונים של השיטה ומידת ההשפעה של תוצאות הבדיקה על קבלת החלטות. ברוב נוהלי הפר"ת אבני היסוד בהערכה כלכלית של הפרויקטים התחבורתיים הם: חיסכון בזמן נוסעים (ערך זמן), חיסכון בעלויות תפעול של כלי רכב, חיסכון בתאונות דרכים וחסכון בפליטות מזהמים. הנהלים נבדלים אחד ממשנהו במרכיבי הערכה נוספים לאלו שפורטו לעיל ושל הפרמטרים בבדיקה כגון: מס' ימי נסיעה (תועלת) בשנה, מטרות הנסיעה, שער היוון, שווי ערך זמן, ערך חיי אדם (בטיחות), אופק הערכה כלכלית ועוד (טבלה בנספח להלן).

בצד מתודת הערכה, קיימת מגמה גוברת לשימוש בהערכה רב-קריטריונית (MCDA), אשר משלבת מרכיבים שאינם ניתנים לכימות כספי או כלכלי, אך החברה המודרנית הנוכחית מעניקה להם חשיבות רבה כגון: ערכי נוף, שוויוניות, צדק חברתי, תחבורה ברת קיימות.

מתודה זו עולה בקנה אחד עם הגישה לפיה ההערכה בשיטת תועלת/עלות מציגה רק זווית אחת מני רבות בכדאיות הפרויקט. החלטה סופית לביצוע פרויקט חייבת להתקבל גם על פי ערכים ומשקלות של מקבלי ההחלטות.

בכל העולם, קיימת המשכיות במחקר ושיפורים של מדרכי בדיקה כוללים והגדרה מדויקת של הפרמטרים השונים בהערכת הפרויקט. בדיקת הכדאיות היא דינמית ומותאמת למציאות הכלכלית ולקדמה הטכנולוגית במחשבים, אינטרנט בתקשורת המקוונת, בכלי הרכב (רכב חשמלי, אוטונומי) ובמאפייני הביקוש המבוסס על שיתוף נסיעות. יש לכך השפעה על הצורך במודלים של ביקוש דינמי מבוססי פעילויות, התורמים לרציונליזציה ומהימנות של תחזיות הביקוש, ומודלים של הצבות ברשתות המדייקים בהדמיית ההשפעה התחבורתית של הפרויקט.

גם בישראל נוהל הבדיקה אינו שוקט על שמריו ומתעדכן, הן ברמת המתודולוגיה והמודלים התחבורתיים-תכנוניים הנדרשים לבדיקה, כמו גם בדרישות לעורכי הבדיקה. עם זאת, ככלל, הנוהל מתמקד במרכיבים הכמותיים/כספיים, גם אם כלולים בו ערכים ומרכיבים אחרים, השפעתם על מדדי הכדאיות מזערית. רצוי לאמץ ולהרחיב את תכולת מרכיבי הנוהל העתידי.

- מודל הבדיקה: ראוי לעבור לבדיקת כדאיות במודל הערכה רב קריטריוני (MCDA). מודל זה עונה במידה רבה להכלת מרכיבי השפעה שאינם ניתנים לכימות כספי.
 - מודל לבדיקת פרויקטים של תחבורה ציבורית: כינון מודל ייעודי לבדיקת פרויקטים של תחבורה ציבורית. תהליך בדיקה מתאים למאפייני עלות ההשקעה, תפעול ואחזקה, הביקוש וההיצע של פרויקטים אלה.
- נדרשת המשכיות בשיפור הנוהל למרכיביו השונים:
- המודלים התחבורתיים: שיפור המודלים לביקוש (כינון מודל ארצי, תפקוד מודל תל אביב, יצירת בסיס למודל אחיד לבדיקות הכדאיות בנוהל), מעבר למודלים מערכתיים דינמיים.
 - העלאת רמת הקריטריונים האיכותיים של השפעה אזורית, מדדי סיכון.
 - עדכון: ככלל נראה כי יש צורך בעדכון תקופתי קצר מזה הנוכחי של מרכיבים חשובים בנוהל. דברים אמורים בעיקר לגבי: פרמטרים, נוסחאות עלויות תפעול כלי רכב בעידן צי הרכב של השנים הקרובות, רכב חשמלי וכלי רכב אוטונומיים.
 - רציפות בעבודת מחקר, יצירת בסיסי נתונים ופיתוח מודלים להערכה וחיזוי ועדכון שוטף של הפרמטרים בנוהל.
 - לטווח זמן ארוך יותר, לשקול הרחבת מגוון הפרויקטים הנבדקים בנוהל פר"ת, תוספת לפרויקטי תשתית בלבד.

1.3 נוהל פר"ת 2021

נוהל פר"ת 2021 הנו הרביעי במניין הנהלים. גרסת הנוהל הראשונה, נוהל פר"ת 1996, פורסמה בתחילת שנת 1997 והפכה לנוהל מחייב בבדיקת כדאיות⁸.

הנוהל, שבו שולבו לראשונה המימד התחבורתי של הפרויקט עם זה הכלכלי, היה הבסיס לבדיקות הפרויקטים התחבורתיים עד לשנת 2006, בה עודכן.

נוהל 2006 נערך בשיתוף משרד התחבורה (אגף תכנון כלכלי) ומשרד האוצר (אגף התקציבים). בהכנת הנוהל שולבו לראשונה המשרדים שצברו ניסיון בביצוע בדיקות על פי הנוהל, וכן מומחים מהאקדמיה ומשרדי תכנון בתחום התחבורה ואיכות הסביבה. עודכנו פרמטרים וערכי מחדל, הוצגו מתודולוגיות חדשות לטיפול בגודש תנועה ולבחינת מרכיבי התועלות וכן מתודה להצגת השפעות הפרויקט ותרומתו בצורה אחידה ובהירה.

נוהל פר"ת 2012, אשר נכנס לשימוש בפועל בשנת 2013, כלל שיפורים במגוון רחב של נושאים, שהתבססו על מחקרים רחבי היקף, בהם שותפו רבים מהאקדמיה ומשרדי תכנון מובילים. נערכו עדכונים ותוספות בחזית רחבה של נושאים, לרבות: שידרוג המתודולוגיה הכללית לבדיקות כדאיות; הוספת תועלות הנובעות מחיסכון בחניה וערך האופציה בתחבורה הציבורית, פיתוח כלכלי אזורי; היבטים של שיווניות וצדק חברתי.

הגרסה הנוכחית, נוהל 2021, מהווה המשך בתהליך שיפור הנוהל, בהתבסס על עדכונים שוטפים ומחקרים חדשים אשר נעשו על ידי משרדים בעלי ניסיון בביצוע בדיקות כדאיות וכן על בסיס סקירות של ספרות מקצועית מהעולם, לרבות נוהלי פר"ת נחשבים.

ההתמקדות בנוהל 2021 הנה ב-"עורך הבדיקה". חלקו ה-III של הנוהל, "ביצוע הבדיקה", עניינו בהכוונת העורך לבצע את הבדיקה על פי עקרונות היסוד של הנוהל, בשקיפות וברמה המקצועית המתאימה. בין היתר דברים אמורים לגבי:

- השימוש בנוהל: בהירות ההנחיות בכל הקשור לתהליך הבדיקה; לבחירת והפעלת המודל התחבורתי, לסיכום העבודה וכתיבת הדו"ח המסכם.
- אחידות הבדיקה: יצירת מסגרת מחייבת של תהליך הבדיקה והדו"ח, על מנת שהערכת הפרויקט ותוצאות הבדיקה תהיינה על בסיס אחיד ומשותף, כך שלא תהיינה תלויות בצורה מובהקת בעורך בדיקה מסוים וכך שתוצאות הבדיקה לא תהיינה שונות בתכלית השוני בין בודקים שונים.

⁸ למעשה גירסה 01 מוקדמת של הנוהל פורסמה כבר בשנת 1995 ועודכנה לאחר מכן. הנוהל נערך ע"י אגף התקציבים של משרד האוצר בפיתוח וגיבוש של ד"ר י. גור.

בנוסף לאמור לעיל, נמשך שיפור ועדכון נוהל הבדיקה, כמפורט להלן:

- עדכון הפרמטרים וערכי המחזל.
- שיפור פרק תחבורה ציבורית:
 - ◆ הוספת מרכיב מהותי למתודולוגיה הבדיקה - "רווחת הנוסע".
 - ◆ הוספת פרק משנה של הנחיות לבדיקת פרויקטי תשתית של תחבורה ציבורית.
- שיפור המתודולוגיה של המודלים בפרקי עלות ותועלת:
 - ◆ שיכתוב המודלים של עלויות אחזקה שוטפות.
 - ◆ עדכון פרק ונוסחאות עלויות תפעול כלי רכב.
 - ◆ שכתוב פרק איכות הסביבה.
 - ◆ עדכון פרק הבטיחות.

המחקרים בגרסה 2021

להלן רשימת המחקרים שנערכו במסגרת עדכון נוהלי פר"ת האחרונים ונוהל 2021

לוח 1.4: רשימת המחקרים בנוהלי פר"ת בנהלים הקודמים ובנוהל 2021

מחקרים שנערכו בגרסה 2006	מחקרים משלימים לגרסה 2012	מחקרים משלימים בגרסת 2021
מסגרת כללית של בדיקות כדאיות	תיאוריה כללית של בדיקות כדאיות - המשך	סקירת נוהלי פר"ת בעולם
הערכת פרויקטים בגישה רבת אמצעים	בדיקת כדאיות מקדימה	מחקר ערך הזמן לנוסעים: עדכון וסקירה עולמית
הערכת פרויקטים בתחבורה ציבורית	חיסכון בחניה	עדכון שיטת חישוב עלויות האחזקה לדרכים וגשרים
הפרמטרים בבדיקה הכלכלית	הפרמטרים בבדיקה הכלכלית - עדכון	עדכון פרק הבטיחות
סקירה של מתודולוגיות לבדיקות כדאיות	שילוב בדיקות "חלון" בבדיקת הכדאיות	עדכון פרק איכות הסביבה
תועלות מחיסכון בזמן נוסעים	ערך הקרקע	פרק תחבורה ציבורית: מתודת בדיקה עבודת מחקר - מרכיבי רווחת הנוסע
השפעות הפרויקט על הסביבה	השפעות הפרויקט על הסביבה - עדכון	עדכון עלויות תפעול כלי רכב
השפעת הפרויקט על בטיחות	השפעת הפרויקט על בטיחות - עדכון	עדכון שער ריבית להיוון, על בסיס שינוי הריבית בעולם ובארץ
הפרעות לתנועה במהלך ההקמה	השפעת הפרויקט על שיוניות וצדק חברתי	עדכון עלות הקמה - מרכיבי השקעה, שווי קרקע ופיצויים (סעיף 192 - חוק התכנון והבנייה)
עלויות תפעול כלי רכב	ערך האופציה בתחבורה הציבורית	עדכון מטרות הנסיעה: שינוי על בסיס המטרות הנהוגות בעולם ועדכון ע"ב סקרי ה"נ בארץ
ניתוח עלויות אחזקת כבישים	עלויות הקמה ואחזקת כבישים - עדכון	עדכון בדיקת "פרויקטים תלויים" וסלי השקעות
ניתוח סיכונים ובדיקות רגישות	סיכונים ואי ודאות בתהליך הערכת הפרויקט	מקדמי מעבר תועלות: תקופות יום
בחינת סבירות ממצאי הבדיקה	פיתוח כלכלי	חקר ימי תועלת בשנה
תחזיות פיתוח, אוכלוסייה ומועסקים	בנק נתונים תחזיות פיתוח - המשך	התפלגות סוגי הרכב
בדיקות לפני ואחרי	מאגר נתונים בדיקות כדאיות	עדכון פרמטרים וערכי מחדל
		מקדמי מילוי הרכב

גם במתכונתו הנוכחית של הנוהל, יש לערוך מחקרים ועדכונים נוספים באופן רציף ומתמשך. חלק מההשלמות יצורפו כתוספת מיוחדת לנוהל מעת לעת, וחלקן ישולבו במסגרת גרסאות עתידיות של הנוהל.

לוח 1.5 א: עבודות להשלמה

נושא	מחקרים והשלמות
מתודולוגיה	<p>השלמות והתאמות בתחום המודלים התחבורתיים, לרבות:</p> <ul style="list-style-type: none"> • התפתחויות בתחום מודלים עם ביקוש לא קבוע (Induced Demand)* • התאמות למודלים מבוססי פעילות • הקשר בין נגישות, מודלים תחבורתיים ופיתוח שימושי קרקע • עדכון מודל עלות הפרעות לתנועה במהלך ההקמה • השפעות מאקרו כלכלה (השפעה על תעשייה, שירותים וכו' באזור הפרויקט)
תחבורה ציבורית	<p>השלמת פרק ייעודי לבדיקת פרויקטים של תחבורה ציבורית: תשתית לתחבורה ציבורית (נת"צ, מת"צ), מסופים, תחבורה מסילתית (רכבות כבדות ורק"ל), שילוב רכב רב נוסעים בנתיבי תח"צ (נר"ת)*</p>
תועלות והשפעות הפרויקט	<p>הרחבת ניתוח השפעות מאקרו כלכליות, פיתוח כלכלי ואזורי. הרחבת ניתוח תחום השוויוניות והצדק החברתי. השלמות והרחבת המתודולוגיה בתחום הבטיחות: פרויקטים בעלי השפעה מרכזית בתחום התחבורה הציבורית והמסילות, הרחבת מגוון סוגי הפרויקטים הניתנים לבחינה (סוגים שונים של הרחבות כבישים, צמתים ומחלפים). עדכון והרחבת המתודולוגיה ליישום ערך האופציה גם לפרויקטי תחבורה ציבורית. הרחבת המתודולוגיה בנושא "אי ודאות".</p>
השלמת פרמטרים	<p>ערכי מחדל: סוג כלי הרכב ומקדמי מילוי מטרות הנסיעה: עדכון על בסיס סקרי הרגלי נסיעה</p>
תוכנית השקעות	<p>הרחבת ההנחיות לעריכת בדיקת תוכנית השקעות במסגרת תקציב רב שנתי (סלי פרויקטים)</p>
תחבורה אקטיבית	<p>יצירת פרק ייעודי לבדיקת פרויקטים של תחבורה אקטיבית, כמו כן פיתוח שיטות למדידה והערכה של פרויקטים המשפיעים ומושפעים ממשתמשי תחבורה אקטיבית ותשתיות תחבורה אקטיבית (כגון שבילי אופניים)</p>

לוח 1.5 ב: עבודות מועדפות להשלמה*

נושא	2022 Q1	2022 Q2	2022 Q3	2022 Q4	2023 Q1
תחילת מחקר	פרסום העדכון	מעקב וליווי המחקר	מעקב וליווי המחקר	הגשת המלצות	<p>1. מתודולוגיה המתייחסת ל"ביקוש המושרה" ולתנועות החדשות ברכב פרטי כתוצאה מהרחבת נתיבים לרכב פרטי והתמקדות בשיפור בנגישות (היכולת או הפוטנציאל להשתתף בפעילויות) ולא בשיפור הניידות (חסכון בזמן נסיעה)</p>
					<p>2. פיתוח מודל ייעודי לתחבורה ציבורית הכולל בין היתר:</p> <p>א. מתודולוגיה המתייחסת לחישוב תועלת מנסיעות חדשות הנובעות מהגדלת קיבולת מערכתית בגין הקמה של פרויקטי מתע"ן ורכבת</p> <p>ב. התייחסות לתועלות הנובעות מפיתוח כלכלי והגדלת הפריון פרויקטים של מתע"ן</p> <p>ג. התייחסות להשפעות המערכתיות ויתרונות לגודל של תחבורה ציבורית</p> <p>ד. השלמות מודל הערכה בתחום הבטיחות: לפרויקטים מערכתיים, פרויקטים מסילתיים ושל תחבורה ציבורית</p> <p>ה. הכללת מרכיבי תועלת כגון נוחות, יכולת לעבוד וליהנות מזמן הנסיעה, אמינות, חיסכון בקרקע, פיתוח עירוני וכלכלי, תכנון משולב של שימושי קרקע ותחבורה</p>
					<p>3. חקר השפעת פרויקטים תחבורתיים בנושאי פיתוח כלכלי ואזורי כולל התייחסות לעלות הקרקע - הכללת ערך הקרקע בפרויקטים בינעירוניים ומחלפים או בהרחבות של כבישים עירוניים</p>
פרסום העדכון	הגשת המלצות	מעקב וליווי המחקר	מעקב וליווי המחקר	הגשת המלצות	פרסום העדכון

(* על פי סיכום משרדי התחבורה והאצר

מבנה נוהל פר"ת 2021

בגרסת 2021, הנוהל מוצג בשלושת החלקים הבאים:

חלק I: מבוא

פרק 1: זברי הקדמה על מהות נוהל בדיקת כדאיות של פרויקטים בתחבורה; סקירת נוהלי פר"ת החשובים בעולם, הצגת וסקירת נוהל פר"ת 2021 והמחקרים ששימשו כבסיס לעדכון הנוהל.

חלק II: מתודולוגיה ומודלים

פרק 2: מתודולוגית הבדיקה: הבסיס התיאורטי, מודלים של ביקוש והצבות תנועה, מתודות הבדיקה, מדדי הכדאיות, גורם הסיכון בתהליך הערכת הפרויקט.

פרק 3: עלויות הפרויקט - מתודה והנחיות לעלויות ההקמה והאחזקה של הפרויקט ועלויות הפרעה לתנועה בתקופת הקמת הפרויקט.

פרק 4: תועלות הפרויקט - מתודות והנחיות לחישוב התועלות הזמן. התועלות החשובות בבדיקת הכדאיות הן: החיסכון בזמן נוסעים ונהגים מקצועיים, בעלויות תפעול כלי רכב, תועלות סביבתיות ובטיחות.

חלק III: ביצוע הבדיקה - חלק זה הינו לב הבדיקה התחבורתית/כלכלית והוא מורכב משלושה פרקים:

פרק 5: הנחיות לעריכת הבדיקה - אסופת הנחיות לעריכת הבדיקה במתכונת המכוונת ולעיתים מחייבת את עורכי הבדיקה.

פרק 6: מבנה דו"ח הבדיקה - הנחיות לכתיבת הדו"ח המסכם. ההנחיות נועדו הן ליצירת אחידות בכתיבת הדו"ח, והן להבטיח כי יוצגו בצורה נאותה מרכיבי הבדיקה החשובים לרבות: מאפייני הפרויקט - מתודולוגית ותהליך הבדיקה - התוצאות, האם הושגו יעדי הפרויקט, האם הפרויקט כדאי, האם ישנן התניות לביצועו ועוד.

פרק 7: הפרמטרים וערכי מחדל - הפרמטרים וערכי ברירת המחדל. מרבית ערכי המחדל עברו בדיקה ועודכנו לנוהל זה.

נספח: השוואה עם נהלים בעולם

מוצגת להלן טבלת השוואה של מרכיבי הבדיקה והפרמטרים העיקריים, בין ארבעה מהנהלים החשובים הנוהל הבריטי (TAG), הנוהל האירופאי, האמריקאי והאוסטרלי.

מרכיב	נוהל ישראלי 2021	נוהל בריטי 2018 (TAG)	נוהל אירופאי 2014-2021	נוהל אמריקאי 2018	נוהל אוסטרלי 2018 (ATAP & NSW)
מרכיב	נוהל ישראלי 2021	נוהל בריטי 2018 (TAG)	נוהל אירופאי 2014-2021	נוהל אמריקאי 2018	נוהל אוסטרלי 2018 (ATAP & NSW)
אורך חיי הפרויקט	לפרויקטים: עד 150 מ"ש"ח - 15 שנים מעל 150 מ"ש"ח - 30 שנים מגה פרויקט - 40 שנים רכבת ומסילות 40 שנים	60 שנה מפתחתו	25-30 שנה	משתנה לפי אופי הפרויקט, לרוב 20-30 שנה מפתחתו	לרוב 30 שנים לכבישים (למעט גשרים ומנהרות להם אורך חיים גבוה יותר), 50 שנים למסילות ו-10 שנים למערכות ITS
שיטת ניתוח כלכלי	CBA סקירה למרכיבים שלא נותנים לתועלת להערכה כלכלית	CBA בשילוב עם נקוד למרכיבים שלא נותנים לשערך כלכלי (MCDA) למעשה	MCDA ליצירת רשימת האלטרנטיבות ו-CBA להשוואה ובחירת הטובה מכולן	CBA	CBA, ניתוח להשתמש בנוסף גם ב-CEA כאשר החלשות והתחלף
מדדי כדאיות	NPV, IRR, B/C Ratio, תקופת כסיו השקעה, שנות כדאיות ראשונה	NPV, B/C Ratio	NPV, IRR, B/C Ratio	NPV, B/C Ratio	NPV, B/C Ratio, IRR, החזר שנה ראשונה
ערך שארית (גרס)	בפרויקטים: עד 150 מ"ש"ח - תלוא עלות הפינויים, הפקעות ורכישת זכויות דרך + 30% מיותר מרכיב ההשקעה מעל 150 מ"ש"ח - עלות הפינויים, הפקעות וזכויות דרך, בלבד	ערך המגרט יחושב על בסיס קרקע והבניינים, כולל עלויות פינויים	יחושב ע"י הערך הנוכחי של התועלות בניכוי העלויות בירת שנות חיי הפרויקט (לאחר טווח הבדיקה)	ברירת המחדל היא שימוש בשיטת הפחתה לינארית. ניתן להשתמש במתודולוגיה אחרת אם יש לה הצדקה	שיטת הפחתה לינארית
שיעור היוון	שיעור היוון - 7%. בדיקת רגישות - 4%	3.5% עד השנה ה-30, 3% עד השנה ה-75	3.5% - 5.5%	7%. לרוב נעשה גם ניתוח רגישות בשיעור היוון של 3%	7% עם ניתוח רגישות ל-4% ו-10%

מורכב	נוהל אוסטראלי (AIP & NSW) 2018	נוהל אמריקאי 2018	נוהל אירופאי 2014-2021	נוהל בריטי 2018 (IAG)	נוהל ישראלי 2021	ערך הזמן	
ערך הזמן	<p>128% נסיעות בענייני עבודה - מהשכר השעתי הממוצע (מנוכה מס), 16.7\$ (דולר אוסטראלי)</p> <p>נסיעות אחרות - 40% מהשכר השעתי הממוצע \$5.47 (מבוטס על סקר "זכונות לשלם" 1979)</p> <p>ערכי זמן לנהגים מקצועיים:</p> <ul style="list-style-type: none"> משאית קלה - 28.62\$ משאית כבדה - 30.2\$ נהג אוטובוס - 28.97\$ <p>אין שווי בערך הזמן השעתי בנסיעות שרונות וביעורונות, אך יש שווי במקדם המילוי (גם בנסיעות מקצועיות).</p> <p>ערכי הזמן בהליכה גבוהים פי 1.5 מערכי הזמן בנסיעה. ערכי הזמן בהמתנה לתח"צ גבוהים פי 1.4 מערכי הזמן בנסיעה</p>	<p>שעת עבודה מחושבת ע"י השכר השעתי הממוצע. במחירי 2017:</p> <ul style="list-style-type: none"> 26.5\$ לנסיעות עבודה 14.8\$ לנסיעות אחרות <p>ערכי הזמן של הליכות, המתנות ומעברים כפולים ועמדים על 29.5\$.</p> <p>ערכים שונים (גבוהים יותר) לנהגים מקצועיים.</p>	<p>מוצעות 2 שיטות חישוב:</p> <ul style="list-style-type: none"> על בסיס סקרי נכונות לשלם לנסיעות בזמן עבודה ואחרות. על בסיס השכר בתוספת עלויות מעביד. <p>עלות שעה בנסיעות שלא בענייני עבודה יהיה בין 40%-25% מעלות השנה בענייני עבודה.</p> <p>ערך הזמן שונה בין אמצעי נסיעה שונים</p>	<p>מבוטס על סקרי נכונות לשלם. ערך הזמן עולה עם המרחק.</p> <p>בנסיעות בענייני עבודה משהנהג לפי אמצעי הנסיעה. ברכב פרטי ורכבת ישנה גם חלוקה ל-4 קבוצות מרחק. ערך הזמן כפול בהמתנה לתח"צ, הליכה ורכיבה על אופניים</p>	<p>מבוטס על ממוצע שכר שעת עבודה לשכיר בתוספת עלויות מעביד.</p> <p>ערך הזמן שונה לפי מטרות הנסיעה</p> <p>בענייני עבודה 100% נסיעות אחרות - 30%</p>	<p>1.5% לשנה. על פי הערכת הגידול השנתי הראלי האפיו בתח"ג לנפש</p> <p>שתי מטרות בענייני עבודה 100% מערך שעה יתר: 30%</p>	גידול שנתי בערך הזמן
מטרות נסיעה	<p>כנידול השנתי בשכר</p> <p>חלוקה ל-2 מטרות נסיעה: נסיעות בענייני עבודה ואחרות</p>	<p>כנידול השנתי בשכר</p> <p>חלוקה ל-2 מטרות נסיעה: נסיעות בענייני עבודה ואחרות</p>	<p>כנידול השנתי בתח"ג</p> <p>חלוקה ל-2 מטרות נסיעה: נסיעות בענייני עבודה ואחרות</p>	<p>כנידול השנתי בתח"ג</p> <p>3 מטרות נסיעה: בענייני עבודה = 100% מערך זמן שעת. אל ומתעבודה = 56% מערך הזמן בענייני עבודה אחר = 25% מערך הזמן בענייני עבודה</p>	<p>הפרויקטים, כולל תחבורה צבורית - 260 פרויקטים מקצרי מרחק - 275</p>	מטרות נסיעה	
מקדם מעבר (יקי תועלת) לשנה	<p>345-347 לכריש, 300 לתח"צ</p>	<p>לא נמצאה הנהייה ספציפית</p>	<p>לא נמצאה הנהייה ספציפית</p>	<p>220</p>	<p>הפרויקטים, כולל תחבורה צבורית - 260 פרויקטים מקצרי מרחק - 275</p>	מקדם מעבר (יקי תועלת) לשנה	

מרכיב	נוהל ישראלי 2021	נוהל בריטי 2018 (TAG)	נוהל אירופאי 2014-2021	נוהל אמריקאי 2018	נוהל אוסטרלי (ATAF & NSW) 2018	
מקדמי מילוי לרכב	קיימים ערכי מחדל לפי 6 סוגי רכב ו-3 תקופות יום	לפי 3 מטרות נסיעה ו-4 תקופות יום: 1.15 בנסיעות יומיות אחרות. 1.48 בנסיעות אחרות. ערך ממוצע ליום עבודה- למשאיות קלות (1.23), משאיות כבדות (1.0), ואוטובוסים (1.22)	משתנים לפי אזור הפרויקט וסקרים שגששו	ברירת מחדל של 1.68 לרכב פרטי. אך יש להשתמש בסקרים ככל שקיימים באזור הפרויקט ולפרט לסוגי רכב נוספים	באזור העירוני חלוקה לשעות שא (10-19), 16-19, 17-19, 18-19, 19-20, 20-21) ושעות עבודה (10-16) ושעות אחרות, 1.39-1.41, 1.41-1.43 בהתאמה לרכב פרטי	
צריכת דלק/עליות תפעול כלי רכב	על פי נוסחאות של עלויות תפעול משתנות (דלק, שמן צמיגים וכו') כחללות במהירות הנסיעה. ל-6 סוגי רכב: פרטי, מסחרי, אוטובוס עירוני ב"ע ומשאיות עד 12 טון ו-12 טון ומעלה.	צריכת הלק היא במונחי ליטר/ק"מ מחושבת בנוסחה המכללת 4 פרמטרים ומשתנה מסביב מהירות הנסיעה. ישנם 7 סוגי כ"ר. הפרמטרים משתנים מיד שנה (עד 2034) בהתאם ליעילות כלי הרכב. צריכת חשמל ממוצעת לרכב חשמלי 0.15 kWh/אח קבועה ללא תלות במהירות, בעתיד יחושבו פרמטרים לביטוי הצריכה כחללות במהירות.	עלויות תפעול כלי הרכב כוללות דלק, שמן, צמיגים, תקינות, ביטוח וכו'. העלויות משתנות כחללות במהירות הנסיעה אך גם משתנות בהתאם לתאפיוני הדרך (גאומטריה, מסעה). יש להפריד בין סוגי רכב שונים (רכב פרטי, מסחרי, משאיות ואוטובוסים)	כוללות דלק, תחזוקה, צמיגים ופחית. עלות קבועה לחייל: רכבים מסחריים קלים-0.39\$ לחייל, משאיות-0.90\$ לחייל	החישוב על פי טבלאות ופונקציה הקושרת את צריכת הדלק בליטר ל100 ק"מ עם מהירות הנסיעה, שיפוע הדרך, עקמוניות הכביש, ומספס (נסות) החיסועה	עלויות התפעול כוללת דלק, שמן, צמיגים, תקינות ותחזוקה (בניכוי מיסים). ישנם שני מודלים: האחד לנסיעה עירונית עד 60 קמ"ש השני לנסיעה בינוני-הירה החל מ-60 קמ"ש.
	נוסחאות החישוב לעתיד משתנות על פי החיידות ארגוניות של כלי הרכב וגוון צי הרכב (חדירי רכב חשמלי וכו')	לפי 3 תלוויה במהירות ובנסיעות האחרות העלות היא קבוע לכל אחד מ-5 סוגי הרכב	יש להפריד בין סוגי רכב שונים (רכב פרטי, מסחרי, משאיות ואוטובוסים)	החישוב על פי טבלאות ופונקציה הקושרת את צריכת הדלק בליטר ל100 ק"מ עם מהירות הנסיעה, שיפוע הדרך, עקמוניות הכביש, ומספס (נסות) החיסועה	החישוב על פי טבלאות ופונקציה הקושרת את צריכת הדלק בליטר ל100 ק"מ עם מהירות הנסיעה, שיפוע הדרך, עקמוניות הכביש, ומספס (נסות) החיסועה	

מורכב	נוהל ישראל 2021	נוהל בריטי 2018 (TAG)	נוהל אירופאי 2014-2021	נוהל אמריקאי 2018	נוהל אוסטרלי 2018 (ATAP & NSW)	
<p>הפרעות לתנועה בתקופת התשקעה</p>	<p>החיישן לפרויקטים מעורכתיים עתירי הון, במודל הצבה מעורכתי. יש צורך לחשב את מקדמי הפרעה</p>	<p>יש לבחון את ההפרעות לכל משתמי הדרך, ניתן לחישוב באמצעות מודל הצבה</p>	<p>עלות המאונות מורכבת מ-2 מרכיבים: <ul style="list-style-type: none"> עלויות ישירות- כוללות את עלויות הטיפול הרפואי, המשטרה, שירותי מערכת המשפט, שירותי חירום וביטוח. עלויות עקיפות- כוללות את הנזק למשק, כמו אובדן הפוקה של הנפגע </p>	<p>המתודות: מתחור התאונות והערכת שיעור התאונות שימנע בזכות ביצוע הפרויקט. קיימים לחות לתמחור פצועים לפי חומרת פגיעה (הרוג \$6 מיליון, \$ במחירי 2017) ולתמחור תאונות לפי חומרה</p>	<p>מבוסס על שיטת נכוחות לשלם ולא על Human Capital אשר יכולה לבוא כשיטת עזר. ישנם ערכים לכל חומרת תאונה וחומרת פגיעה בנפד לדרכים עירוניות ובינעירוניות</p>	<p>אין להתעלם מהפרעות לתנועה בזמן הקמת פרויקט חדש, קיימת נוסחה לחישוב הפרעות</p>
<p>ביטוח: תאונות דרכים</p>	<p>קיימים מקדמי עלות מפורטים לפי חומרת הפגיעה, סוג הדרך, סוג התאונה וסוג הנפגע. קיימים מקדמי הפחתה במספר התאונות בזכות שיפור מבנה הדרך או תנאי הנסיעה</p>	<p>ערכי החיסכון מנפגי תאונות דרכים כוללים- עלויות אנושיות (אצט, כאב וסבל לנפגע ולמשפחתו), מבוסס על סקרי WTI ועלויות המבטאות את הפסד התפוקה של הנפגע</p>	<p>בבדיקת הכדאיות של הפרויקט יש להחשיב בהשפעה החיובית/שלילית על איכות האוויר. ישנם דוחות שונים במדינות אירופה המציגים דרכים שונות לתמחור המוחמים</p>	<p>יש להתחשב בהשפעות זיהום האוויר מתמבור. ישנן טבלאות לערכים כספיים של מזהמים עיקריים מתמבור (CO2, VOC, NOX, PM, SO2)</p>	<p>ישנם ערכים לזיהום אוויר (וגם לגז חממה) בסוגי רכב שונים</p>	
<p>זיהום אוויר</p>	<p>מתבסס על הגידול ברמת התמותה בשל תוספת החשיפה לרמת זיהום האוויר בשל צריכת הדלק בתמבורה חישוב עלות הזיהום נכלל בנוסחאות עלות התפעול של כלי הרכב ע"י ערכי מחל של המשד להגנת המבנה</p>	<p>יש לכלול בבדיקת הכדאיות השפעות על איכות האוויר. ישנם מקדמי פליטה לק"ח כוללות במהירות הנסיעה למגוון מזהמים (CO2, NO2, NOX, PM) ושייך עלות לכל יחידת פליטה</p>	<p>פרויקט מעורכתי חינו כזה שעלותו נבוהה מ 50-75 מיליון איר. מודלים ברזולוציה שונה בהתאם לאופי/מודל/מיקום הפרויקט</p>	<p>הנוהל הפרדלי לא מבחין בין פרויקט בד"ד למערכתי</p>	<p>אין אזורים לזיהום שונים של פרויקטים תאבה סטטית אך גם נפוץ להשתמש במקור-סימולציה (אין הכרח)</p>	
<p>מודל הצבת תנועה פרויקט בד"ד/מערכתי</p>	<p>ישנה הבחנה בין פרויקט מערכתי ובד"ד. בפרויקט בד"ד לא מתחשבים בהשפעות מערכתיות והבדיקה נערכת בחלון מצומצם סביר בפרויקט מערכתי במודל הצבה סטטי או דינמי</p>	<p>ישנה הפרדה בין פרויקט מערכתי ובד"ד. בפרויקט בד"ד לא מתחשבים בהשפעות מערכתיות והבדיקה נערכת בחלון מצומצם סביר בפרויקט מערכתי במודל הצבה סטטי או דינמי</p>	<p>פרויקט מעורכתי חינו כזה שעלותו נבוהה מ 50-75 מיליון איר. מודלים ברזולוציה שונה בהתאם לאופי/מודל/מיקום הפרויקט</p>	<p>הנוהל הפרדלי לא מבחין בין פרויקט בד"ד למערכתי</p>	<p>אין אזורים לזיהום שונים של פרויקטים תאבה סטטית אך גם נפוץ להשתמש במקור-סימולציה (אין הכרח)</p>	

מרכיב	נוהל ישראל 2021	נוהל בריטי 2018 (TAG)	נוהל אירופאי 2014-2021	נוהל אמריקאי 2018	נוהל אוסטרלי 2018 (ATAP & NSW)
תקופות יום למידול	מומלץ חמש תקופות יום. בתקופות עמית הן לפחות תקופות בוקר וערב רצוי גם שפל. פרויקטים דלי הון, רצוי תקופת בוקר וערב	לפחות 3 תקופות: שיא יום, שפל יום ושיא ערב. במקרים מסוימים יהיה צורך במידול שעות השפל בערב וסופי השבוע	אין הנחיה מיוחדת	לפחות תקופת שיא אחת בנוסף לתקופת שפל	תקופות יום: מותנית בפרויקט ובמבצע הבדיקה, המינימום הוא שעה אחת בשיא בוקר ושעה אחת בשיא ערב
מידול תקופות/שעות שיא	תקופת יום ממוצעת: בוקר: 07:00-09:00 שפל 1: 09:00-12:00 שפל 2: 12:00-15:00 ערב 1: 15:00-18:00 ערב 2: 18:00-20:00	בטוול נעשה על ממוצע לשעה בתקופת השיא. אם אפשר יש לבחור את השעה הממוסה ביותר, או אפילו להריץ כל שעה בנפרד	פרויקטים של החברה ציבורית מתחשבים בשינוי פיצול הנסיעות בין האמצעים שמשפיע על החיסכון בזמן, עלויות תפעול, תאונות וזיהום אוויר	אין הבדל בין פרויקט תח"צ לפרויקט אחר, אך יש נהל נפרד לפרויקטים מסילתיים	ניתן למדל שעת שיא בודדת/שעתיים/35 שעות שיא ולכל תקופה יש מקדמי הכפלה שונים ליום ממוצע
תחבורה ציבורית	אין נוהל שלם לפרויקטים של תחבורה ציבורית, יש התייחסות עינית ברמת המודלים לשימוש, מרכיבי עלות תועלת ופרמטרים מאופיינים לתח"צ	אין הנהיגות מיוחדת לביחונת פרויקטים של תחבורה ציבורית, ניתן לשלב ברשת הדרכים נתיבים בהם אין חיתך כניסה למכונית אפשר גם להריץ מודל האבה ויעודי לתחבורה ציבורית ולבחון את המשפעה על רשת הכבישים	פרויקטים של תחבורה ציבורית מתחשבים בשינוי פיצול הנסיעות בין האמצעים שמשפיע על החיסכון בזמן, עלויות תפעול, תאונות וזיהום אוויר	אין הבדל בין פרויקט תח"צ לפרויקט אחר, אך יש נהל נפרד לפרויקטים מסילתיים	יש מודל האבה משולב לכל האמצעים (MST) ויש מודל האבה לפרויקטי תח"צ גדולים (PTM).

חלק II

פרק 2: מתודולוגיה

פרק 3: עלויות

פרק 4: תועלות



פרק 2: מתודולוגיה

תוכן העניינים

- 2.1 מתודולוגיה כללית
- 2.2 סיווג פרויקטים בבדיקה
- 2.3 פרויקטים בתחבורה ציבורית
- 2.4 שיטת חישוב הכדאיות הכלכלית
- 2.5 סיכון ואי ודאות
- 2.6 סבירות התוצאות

2.1 מתודולוגיה כללית

2.1.1 הבסיס התיאורטי

מקסום הרווחה

מנקודת ראות נורמטיבית המטרה של כל פרויקט תחבורתי היא מקסום הרווחה החברתית תוך ראייה של אספקטים של שוויוניות וחלוקת משאבים. מנקודת ראות תחבורתית מקסום הרווחה החברתית יכול לבוא לידי ביטוי בהקטנת זמן הנסיעה, שיפור הניידות והנגישות, שיפור הבטיחות והפחתת הזיהום. יחד עם זאת, מקסום התועלת החברתית צריך לקחת בחשבון אילוצים של משאבים מוגבלים, בעיקר של תקציב ושל קרקע ואנרגיה, וזאת תוך התחשבות באי ודאות לגבי העתיד.

הבסיס של גישת עלות/תועלת אומר שיש להקצות את המשאבים בין פרויקטים שונים כך שתוספת הנטו של הרווחה החברתית שלהם תהיה הגדולה ביותר. במסגרת זו נוהל הערכת פרויקטים אמור לספק כללים המבוססים על תיאוריית הרווחה ומתארים את מידת הגדלת הרווחה המושגת על ידי השקעת משאבים ציבוריים בפרויקט ציבורי, או לחליפין, לספק מידע בונה ומקדם למקבלי ההחלטות לצורך החלטה על הקמת הפרויקט.

העדפות הפרט או התועלת שלו הן המרכיב הבסיסי של המושג רווחה חברתית, כלומר, הגדלת הרווחה החברתית נעשית על ידי הגדלת התועלת של הפרטים השונים המרכיבים את החברה ובאה לידי ביטוי דרך העדפות הפרט. הבסיס לתורת הרווחה החברתית הוא שבשוק תחרותי צרכנים מביאים לידי ביטוי את ההעדפות שלהם על ידי רכישת מוצרים ושירותים, והמחיר שהם מוכנים לשלם עבור מוצרים ושירותים אלו מבטא את הערך הכספי של התועלת שהם מקבלים מהם. לדוגמה, אם אנשים מוכנים לשלם סכום מסוים כדי לנסוע בכביש אגרה ולחסוך זמן, התועלת מחיסכון הזמן באה לידי ביטוי במחיר שהם מוכנים לשלם עבור הזמן הנחסך. תרגום התועלת לכסף מאפשר גם סיכום התועלות של הפרטים השונים כדי להגיע לסך התוספת לרווחה חברתית מפרויקט מסוים. כמובן שהנושא מורכב הרבה יותר ונכנסים לתוכו שיקולים וסיבוכים אחרים וישנה אף ביקורת על הגישה. לדוגמה, האם זה נכון לעשות חיבור מצטבר של התועלות של הפרטים השונים והאם זה שוויוני, כאשר לפרטים בחברה יש מאפיינים סוציו-כלכליים והעדפות שונות. אך זה הבסיס התיאורטי של תורת הרווחה המשמש להערכת התועלות השונות של פרויקטים וסיכומם על פני הפרטים למדד של רווחה חברתית.

פרטו אופטימום

מכיוון שהשקעות בפרויקטים ציבוריים משקפות הקצאת מקורות, הן מעלות את השאלה מה היעילות של הקצאה מסוימת. הקצאת מקורות לסט חלופות מסוים שמשפר את מצבו של

פרט אחד לפחות בלי לפגוע באף פרט אחר מוגדרת כהקצאת פרטו. הקצאה נחשבת לפרטו אופטימום אם לא ניתן לשפר אותה על ידי הקצאת פרטו אחרת. כלומר, לא ניתן לשפר את הפרויקט המוצע בלי לפגוע באחד הפרטים. חשוב להבין שהקצאה יכולה להיות פרטו גם כאשר יש מפסידים ומרוויחים מהפרויקט בהנחה שהמרוויחים יכולים לפצות את המפסידים כך שלא יפסידו, והמרוויחים עדיין יישארו ברווח גם אם הפיצוי הזה לא נעשה באופן ישיר (מה שידוע כ-Kadlor-Hicks compensation criteria). לפי עקרון זה כל עוד שיפור בפרויקט מביא לתוספת רווחה לחברה כולה, המרוויחים יכולים לפצות את המפסידים ומכאן ניתן להשתמש בסך כל תוספת הרווחה החברתית כמדד שהוא פרטו אופטימום.

פונקציית הרווחה החברתית

פונקציית הרווחה החברתית (social welfare) SW משמשת בדרך כלל לחישוב ההשפעה של פרויקט מסוים על הרווחה החברתית. השינוי ברווחה החברתית ΔSW מוגדר על ידי:

$$\Delta SW = \Delta CS + \Delta PS + \Delta E$$

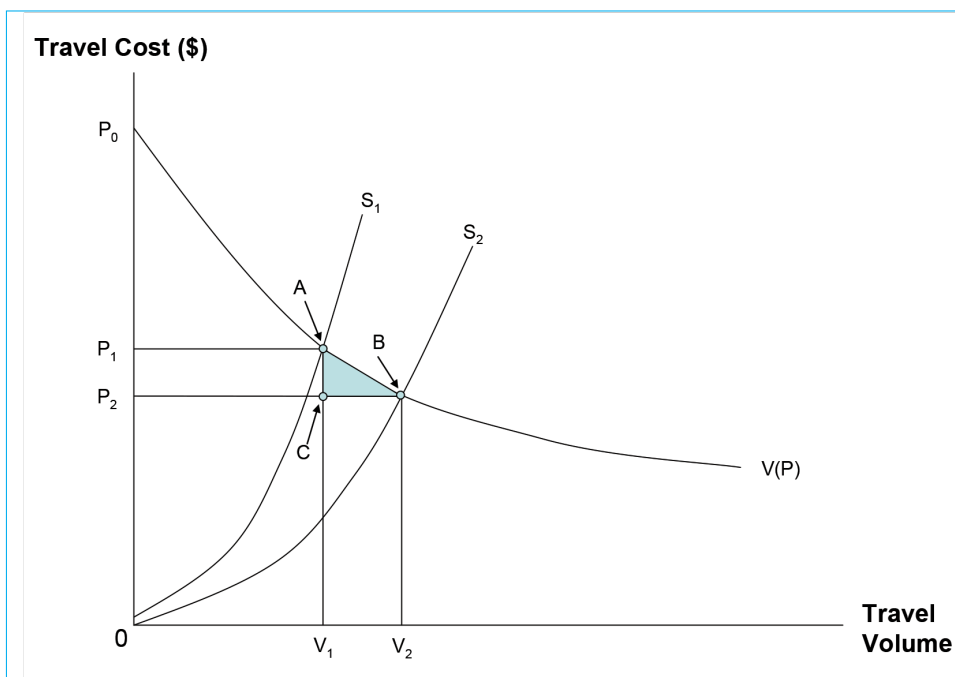
כאשר,

ΔCS - השינוי בעודף הצרכן

ΔPS - producer surplus שינוי בעודף היצרן

ΔE - Externalities שינוי בהשפעות החיצוניות

תרשים 2.1: השינוי בפונקציית הרווחה החברתית



הביטוי הראשון במשוואה משקף את השוני בעודף הצרכן שהוא המדד המקובל ביותר למדוד את התועלת של פרט מסוים מהשקעה מסוימת. אנליטית הביטוי הזה משקף את השטח מתחת לעקומת הביקוש המוגבלת במחיר השרות לפני השינוי ואחרי השינוי המוצע, שהוא השטח ABP1P2 בתרשים להלן.

הבסיס לתאוריית "עודף הצרכן" הוא מושג הנכונות לשלם (Willingness to Pay WTP) המבטא את הסכום המקסימלי שפרט מוכן לשלם עבור השיפור בשרות. עודף צרכן נוצר כאשר פרט מסוים מקבל שיפור בשרות תמורת תשלום הקטן מהמחיר המקסימלי שהוא מוכן לשלם עבור השינוי בשרות. בהתאם, תחת הנחות סבירות, השינוי בעודף הצרכן כתוצאה משיפור השרות, משקף את הנכונות לשלם עבור שינוי זה.

מדידת השינוי בעודף הצרכן

בעזרת המושגים מתורת הרווחה ניתן למדוד ולכמת בכסף תועלות מפרויקט תחבורתי כגון בניית כביש חדש. כפי שנאמר למעלה, השטח ABP1P2 בגרף 3.1 מראה שינוי זה. העקום $V(p)$ מראה את הביקוש בכלי רכב לשעה לנסיעות בכביש כפונקציה של מחיר הנסיעה. עקום ההיצע $S1$ חותך את עקום הביקוש.

השינוי בעודף הצרכן מבוטא על ידי ההפרש בין עודף הצרכן אחרי השינוי ועודף הצרכן לפני השינוי.

עבור משתמשים שהשתמשו בשרות גם לפני השינוי, השינוי בעודף הצרכן מבוטא על ידי השינוי במחיר לפני ואחרי השרות כפול מספר המשתמשים (שטח ACP1P2) בגרף 3.1 או אנליטית:

$$V1x(P1-P2)$$

בהנחה שאפשר להניח קירוב לינארי לפונקציית הביקוש בין הנקודות A ו-B, אזי שטח המשולש ABC משקף בקרוב חצי ממספר המשתמשים החדשים כפול ההפחתה בעלות (מ- $P1$ ל- $P2$), או, לחליפין, ניתן לראות בביטוי זה את ממוצע ההפרש של השינוי בעודף הצרכן של כל המשתמשים החדשים. אנליטית שטח זה הינו:

$$0.5x(V2-V1) x(P1-P2)$$

סך השינוי בעודף הצרכן הינו השינוי בעודף הצרכן למשתמשים הקיימים ותוספת עודף הצרכן למשתמשים החדשים ושווה ל:

$$V1x(P1-P2)+0.5x(V2-V1) x(P1-P2)$$

או

$$0.5x(P1-P2) x(V2+V1)$$

בספרות התחבורתית מושג זה מוכר כ**חוק החצי**. על סמך חוק זה, כדי להעריך את השינוי בעודף הצרכן, אין צורך לדעת את פונקציית הביקוש אלא רק את מספר המשתמשים והמחירים לפני ואחרי השינוי.

עודף היצרן

עודף היצרן משקף את הרווח של היצרן כתוצאה מעליה בביקוש, הפחתה בעלות או שניהם. עודף היצרן משקף את ההבדל בין העלות האלטרנטיבית (opportunity cost) של הוספת יחידת שרות כפי שבאה לידי ביטוי בעקום ההיצע.

בשוק תחרותי עקום ההיצע משקף את העלות השולית ליצרן ולכן העלות הכוללת ליצרן או ספק השירותים מבוטאת על ידי השטח מתחת לעקום ההיצע (AOV_1 לפני השינוי). הפדיון של היצרן הנו הכמות הנמכרת כפול המחיר $P_1 \cdot V_1$ או השטח $P_1 \cdot A V_1$. בהתאם עודף היצרן הנו ההפרש בין הפדיון והעלות כלומר השטח $P_1 \cdot A O$.

סך הרווחה החברתית הנה עודף הצרכן פלוס עודף היצרן או השטח $P_0 \cdot A O$. דרך אחרת להסתכל על סך הרווחה החברתית הינה סך הנכונות לשלם (השטח $P_0 \cdot A V_1$) פחות העלות (השטח $P_0 \cdot A O$) הנותן את אותו שטח של $P_0 \cdot A O$.

תוספת הרווחה החברתית מהשינוי הוא השטח $A B O$.

השפעות חיצוניות

השפעות חיצוניות הן עלויות או תועלות שנגרמות מפעילות כלכלית, המוטלות על אנשים או פירמות שלא מעורבים ישירות בפעילות. השפעות חיצוניות קיימות כאשר יש הבדל בין העלות השולית לפרט והעלות השולית לחברה. בתחבורה עלויות חיצוניות נובעות מכך שהנוסע, מבצע ההחלטה, אינו נושא לבדו בכל העלויות הכרוכות בנסיעתו. כתוצאה מכך, העלויות השוליות לחברה גדולות מאלו של הפרט, מבצע הנסיעה. ההשפעות החיצוניות של פרויקט תחבורתי מהווים עלות נוספת לחברה שיש לקחת בחשבון בהערכת הפרויקט.

בתחבורה מרכיב ההשפעות החיצוניות מהווה כשל שוק משמעותי בהקצאה יעילה של המקורות וההחלטות של הפרט על ביצוע נסיעות.

ההשפעות החיצוניות העיקריות בתחבורה הינן: גודש, זיהום אוויר, רעש והשפעות סביבתיות אחרות, תאונות, שימושי קרקע, והנזק לכביש. עלות הגודש היא עלות הזמן והעלויות הנגרמת לנהגים נוספים כתוצאה מכך שפרט נוסף החליט לנסוע. עלות זו באה לידי ביטוי בנוהל על ידי חישוב של סך זמן הנסיעה והעלויות במערכת של כל הנוסעים. פרט לגודש, העלויות החיצוניות העיקריות של תחבורה הן השפעות סביבתיות ותאונות דרכים ולכל אחד מאלה מוקדש פרק נפרד בנוהל. השפעות חיצוניות של שימושי קרקע יכולות להיות מהסוגים העיקריים הבאים: שינויים בנגישות התורמים לתועלות של פיתוח כלכלי, שינויים בערכי קרקע, פגיעה בשטחים פתוחים והפרעות נופיות. הערכת השפעות אלו מורכבת ביותר ודורשת מחקר וטיפול נוסף. השפעות חיצוניות של נזק לכביש משמעותיות בעיקר כאשר מדובר ברכב כבד הגורם נזק למסעה.

2.1.2. שיטות הערכת פרויקטים ושיטת CBA

מסגרת ההערכה של בדיקת הכדאיות נעשית לרוב בגישת CBA אך ישנן מספר גישות עיקריות להערכת פרויקטים המקובלות בבדיקות כדאיות של פרויקטים תחבורתיים:

1. גישת עלות/תועלת (CBA - Cost-Benefit Analysis) המתארת את מידת הכדאיות במספר מדדים מצרפיים במונחים כספיים.

2. גישה רב-קריטריונית (MCDA - Multi Criteria Decision Analysis) מתארת את מידת הכדאיות באמצעות שקלול של השפעות ותועלות הפרויקט בסדרה של קריטריונים.

3. גישה מאקרו-כלכלית (Macroeconomic Approach) מעריכה את תועלות הפרויקט על בסיס של מאקרו כלכלה באמצעות הערכת הגידול בפרודוקטיביות באזור בו מבוצע הפרויקט התחבורתי.

ניתוח עלות/תועלת מהווה את התהליך הפורמאלי המרכזי שמשמש לבחינת כדאיות של פרויקטים. החל משנות ה-70 מיושמת שיטת ה-CBA כמעט בכל פרויקט של הבנק העולמי וכתוצאה מכך גם בארגונים בינלאומיים אחרים. מרבית המדינות משתמשות בווריאציות שונות של CBA להערכת כדאיות פרויקטים.

עם השנים היה ניסיון להרחיב את גישת העלות/תועלת למערכות פרויקטים ולכלול השפעות עקיפות ורחבות יותר (לדוגמה השפעות סביבתיות, השפעות על פיתוח כלכלי ואזורי וכו'). כל עוד משתמשים בשיטות עקביות, ניתן להשוות את סך העלויות והתועלות של הפרויקטים בשיטת ניתוח עלות/תועלת.

גופים רבים עוסקים כיום במחקר ושיפור של שיטות ההערכה, כאשר הבולטים ביניהם הם פורום שרי התחבורה של השוק האירופי (ECMT), הבנק העולמי (World Bank), האו"ם (UN), תוכניות המחקר לתחבורה ציבורית של משרד התחבורה האמריקאי (TCRP) ומוסדות מחקר שונים, כולל תוכניות המחקר של האיחוד האירופי, ובייחוד פרויקט ה-EUNET.

נוהל פר"ת 2021 מבוסס על ניתוח כלכלי בגישת תועלת עלות - CBA. הנחיות הנוהל כוללות הערכה נורמטיבית להשפעות בתחומי סביבה, בטיחות, ופיתוח כלכלי במקרים בהם לא ניתן לחשב ערכים כלכליים של ההשפעות הללו.

יש מקום לשפר את הנוהל ביצירת מדדים ערכיים ושילוב גישת MCDA.

2.1.3. דגשים לשימוש במודלים התחבורתיים

סוגי מודלים בשימוש בארץ

בישראל יש שימוש במודלים שונים כולל מודלים מהמתקדמים בעולם היום. המודלים העיקריים התומכים בהערכת פרויקטים תחבורתיים הם מודלים של ביקוש לתחבורה. במודלים אלו נתן להבחין בשני סוגים עיקריים של מודלים: מודל 4 הצעדים (Four Steps Model) שהינו המודל המקובל ברב העולם היום. מודל זה פותח בשנות ה-50 וה-60 בארה"ב כשהמטרה העיקרית הייתה פיתוח מערכת הכבישים המהירים בארה"ב. עם השנים מודל זה שוכלל ונוספו בו מרכיבים שונים כך שיתאים גם לפיתוח תחבורה ציבורית. בעשור האחרון גובר הפיתוח והשימוש במודלים מתקדמים יותר, המוכרים כמודלים מבוססי פעילויות (Activity Based Models). הצורך בפיתוח מודלים אלו עלה עם הצורך לנתח מגוון אמצעי מדיניות רחב יותר, כגון אגרות גודש ומדיניות חניה, שהמודל הישן לא היה רגיש אליהם. המודלים החדשים הם מודלים דיסאגרטיביים המסבירים טוב יותר את התנהגות הפרט וכך ניתן באמצעותם להבין טוב יותר את תגובת הנוסעים לאמצעי מדיניות, ומכאן גם להעריך טוב יותר את השלכות המדיניות.

בארץ משתמשים בחמישה מודלים עיקריים של ביקוש לתחבורה, אחד לכל אחד מארבעת המטרופולינים: תל אביב, ירושלים, חיפה, באר שבע ומודל ארצי לניתוח פרויקטים ברמה הארצית. כל המודלים למעט המודל של תל-אביב הם מסוג מודל ארבעת הצעדים.

מודל תל אביב הוא מודל שיווי משקל רב אמצעים על בסיס פעילויות - (Multiclass Activity Based Equilibrium Model)

בירושלים המודל שפותח הנו 4 שלבי "היברידי", המתבסס על "אוכלוסייה סינתטית". לאחרונה הסתיים שלב התיקוף והכיול של מודל מבוסס פעילויות. המודל המדובר בונה בו-זמנית פעילויות וסיוורים לאורך היום לכל פרט ופרט, תוך מידול אינטראקציות בין בני משק בית (נסיעות משותפות וכד'). השימוש במודל עדיין מוגבל ויורחב עם ההתנסות בו.

מודל חיפה והצפון הינו מודל מצרפי מבוסס סיוורים. מודל זה מרחיב את המודל הקלאסי של 4 שלבים, המבוסס נסיעות, למודל מבוסס סיוורים. המודל פותח עבור מטרופולין חיפה המצומצם, והורחב למרחב מטרופולין חיפה המורחב, ולמרחב תכנון מחוזות חיפה והצפון.

המודל הארצי הוא מודל אסטרטגי 4 שלבי המתייחס לכל שטח המדינה. המודל מכיל כ-1,250 אזורי תנועה, ברובם אגרציה של אזורי התנועה המטרופולינים. כיוול המודל התבסס על "נתוני עתק" של נסיעות שנתקבלו מחברות הסלולר.

בנוסף לשני סוגי המודלים הנ"ל נעשה שימוש בדרכי קיצור, מודלים אינדיקטיביים וגישות אמפיריות פשוטות יותר, או מה שמוכר בספרות כ-sketch planning methods. לא מדובר במודל ספציפי אלא בגישות פשטניות יותר לניתוח פרויקטים בסדר גודל קטן עד בינוני, המבוססות בדרך כלל על תוכנת Excel או תוכנות פשוטות אחרות.

חלק גדול של הפרויקטים מצויים באחד המטרופולינים או ברשת הארצית ואז יש להשתמש במודל הקיים המתאים. עבור פרויקטים מערכתיים בערים קטנות יותר בתוך המטרופולינים, מומלץ להשתמש במודל המטרופוליני. במידת הצורך, כאשר לפרויקט אין השפעות מערכתיות ניתן לבצע בדיקת חלון בהתאם להנחיות בסעיפים להלן. כמו כן, ניתן להשתמש במודל פשטני או בגישת sketch planning בבדיקות כדאיות של פרויקטים בערים שאינן בתחומי אחד המטרופולינים.

לפרויקטים מערכתיים יכולה להיות השפעה גם על התפתחות שימושי הקרקע, וזו יכולה להשפיע חזרה על מערכת התחבורה. המודלים הנמצאים היום בשימוש, כולל מודל מבוסס פעילות החדש, לא לוקחים בחשבון השפעה זו. כדי לטפל בהשפעה זו יש צורך במודלים משולבים של תחבורה ושימושי קרקע. מודלים אלו הינם מודלים מורכבים למדי וכיום אין בהם כמעט שימוש פרקטי בעולם. בהתאם, נוהל פר"ת אינו מותאם לחישובי כדאיות על בסיס מודל משולב שימושי קרקע.

המודלים לביקוש תחבורה הם ברמת המאקרו, כאשר ההצבה נעשית על כלל רשת הדרכים ואינה מטפלת בהיבטים מקומיים של הנדסת תנועה. בפרויקטים בהם לתכנון התנועה יכולה להיות השפעה על ביצועי הרשת, לדוגמה קו רכבת קלה על פני הקרקע בציר ראשי עם העדפה ברמזורים, יש לבצע בדיקות מיקרו-סימולציה. מודלים של מיקרו-סימולציה מדמים את התנועה באופן מפורט ודינמי ומאפשרים בחינה ואיתור של בעיות שלא ניתן לבחון במודלים של ביקוש לתחבורה ברמת המאקרו. ניתן ליישם מודלים של מיקרו-סימולציה ברמה של צומת או ציר אך לא על כל המרחב. כיום ישנם גם מודלים "מזו" (Meso scopic) שהינם בין מודל המאקרו למודל המיקרו. כמו כן ניתן לבנות מודל מאקרו המשלב חלונות של "מזו" ומיקרו. תחום זה דורש מחקר נוסף, כיצד להשתמש בו בצורה המיטבית ולהפיק ממנו קלט להערכת פרויקטים תחבורתיים.

דרישות בבחירת ושימוש במודלים התחבורתיים

- על עורך הבדיקה לבחור את המודל התחבורתי המתאים לבחינת הפרויקט.
- העורך נדרש להקפיד על בדיקת נכונות של המודל התחבורתי, לרבות בדיקת הרשת, בדיקת סבירות של מטריצת הנסיעות לשנת היעד, כיוול המודל לשנת הבסיס וכו'.
- הבודק נדרש לבצע כיוול של המודל למצב קיים על בסיס סקרים וספירות תנועה.
- על הבודק להקפיד על פירוט אזורי התנועה במודל באזור הפרויקט. יש להקפיד על רזולוציית אזורי התנועה כך שבאזור הפרויקט תהיה רמת פירוט גבוהה במידה שתשקף את תועלות הפרויקט.
- יש לבצע מס' גדול של איטרציות על מנת למזער שגיאות אקראיות ברשת. סף מינימום של איטרציות יהיה זה המתאים ל-NGAP=0.08 (שהם כ-300 איטרציות) ורצוי יותר עד להתייצבות התוצאות. עבור פרויקטים מערכתיים "גדולים" יהיה סף המינימום 0.02 (כ-1,000 איטרציות).

- בבדיקות הכדאיות יש לשאוף לעבוד עם בנקי נתונים מעודכנים, אחידים וזמינים לכל הבודקים.

בדיקת "חלון"

- בבדיקת הכדאיות יש למפות את התועלות בהיקפים ובאחוזים לפי אזורי על. באחריות הבודק להגדיר את אזור השפעה של הפרויקט, לבחון את היקף התועלות שמחוץ לאזור ההשפעה ולהסבירן.
- עורך הבדיקה ימליץ על בסיס מיפוי התועלות של הפרויקט ושיקולים נוספים, האם יש צורך בהערכה של בדיקת חלון.
- בדיקת חלון בשיטת Focusing נראית כנכונה יותר מ-Windowing, בשל קשרי הגומלין עם כלל המערכת. עם זאת לחלון w יתרונות מעשיים שיש לשקול אותם. על כן, בפרויקטים בסדר גודל בינוני/קטן, שבהן ההשפעה המערכתית שולית, ישנה עדיפות למודל חלון w.
- קביעת גבולות החלון תערך על בסיס הערכה מקצועית של עורך הבדיקה בדבר תחום ההשפעה של הפרויקט וביצוע בדיקות והצבות מוקדמות.
- בהצבות במודל חלון יהיה סף מינימום להצבות $0.08=NGAP$ (כ-50 הצבות) ורצוי לבצע הצבות נוספות עד להתייצבות התוצאות.

2.1.4. ביקוש קבוע וחישוב התועלות

תיאור המצב

אחת ההנחות בפרקטיקה המקובלת כיום בהערכת פרויקטים היא הנחת הביקוש הקבוע. כלומר, מניחים מטריצה קבועה של נסיעות ללא תלות בחלופות המוצעות. בפועל, השקעה בתחבורה אשר מעלה את ההיצע, יכולה למשוך נסיעות נוספות מאמצעים אחרים, מיעדים אחרים או לשנות את זמן ביצוע הנסיעה, וכן לגרום ליצירת נסיעות נוספות. לכן, שיפור בתשתית בהחלט יכול להביא לעליה במספר הנסיעות ולכן הנחת הביקוש הקבוע יכולה להטות את תוצאות ההערכה הכלכלית.

הנחת הביקוש הקבוע יוצרת אי דיוקים בהערכת הפרויקט הנובעים משתי תופעות המשפיעות באופן מנוגד על תוצאות ההערכה. מצד אחד, תוספת הנסיעות תגרום לכך שזמן הנסיעה בפועל של אלו שנסעו בכביש לפני השיפור, יהיה לאחר השיפור ארוך יותר מזה הנאמד על ידי המודל, כיוון שרכבים נוספים יכנסו למערכת ויגרמו להקטנת מהירות הנסיעה, ונקבל הערכה מוטה כלפי מעלה. מצד שני, ההערכה אינה לוקחת בחשבון את התועלת של הנוסעים החדשים ובכך מוטה כלפי מטה. ההשפעה הכוללת של שתי התופעות הללו תשפיע על כיוון ומידת ההטיה של ההערכה תחת הנחת הביקוש הקבוע.

תרשים 2.2 עוזר להמחיש את הבעיה. נניח קטע כביש בודד עם פונקציית עלות כללית (המורכבת משקלול של זמן הנסיעה ועלות) שהיא פונקציה של נפח התנועה:

$$C=S(V,Q)$$

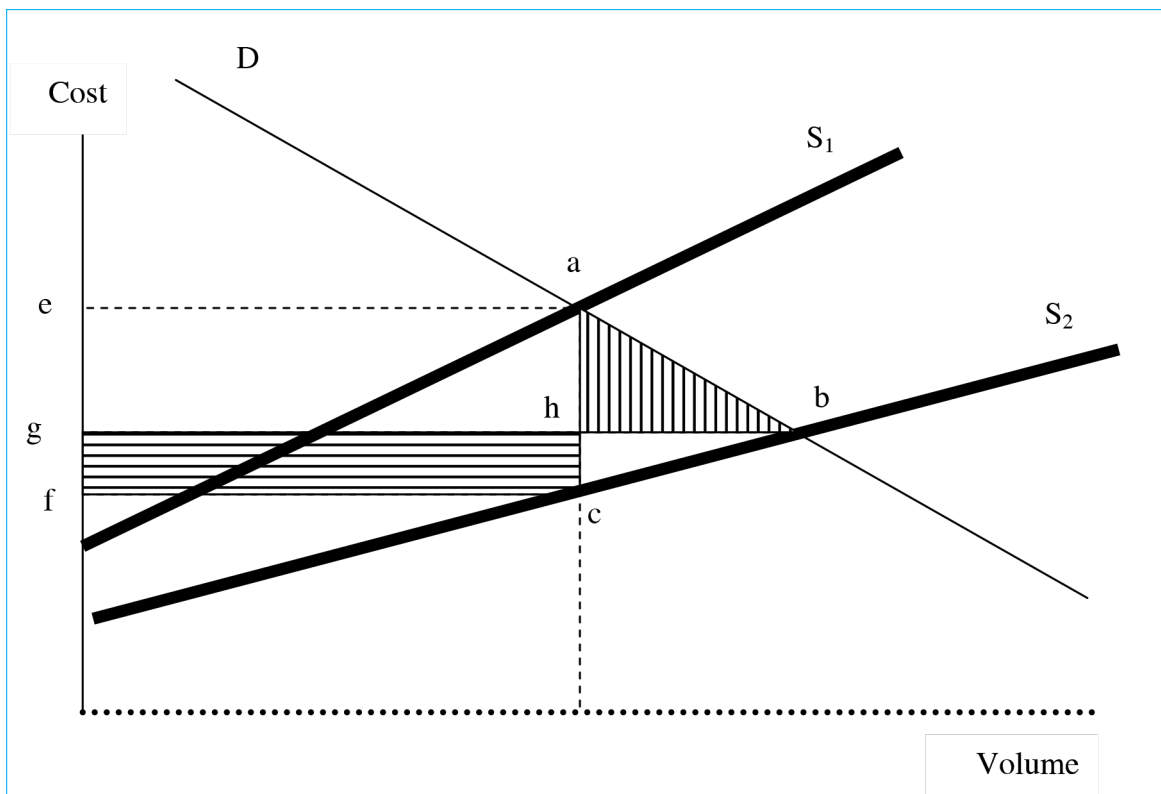
כאשר,

C הינה העלות הכוללת לנסיעה.

V הינו נפח התנועה (כ"ר לשעה).

Q סט פרמטרים המאפיין את הכביש כולל קיבולת הכביש.

תרשים 2.2: השפעת הנחת הביקוש הקבוע על התועלות למשתמש



בהתאם, נפח התנועה V הוא פונקציה של העלות:

$$V=D(C,X,d)$$

כאשר,

X הוא סט פרמטרים חיצוניים (כגון הכנסה ובעלות רכב).

d הם מאפיינים של פונקציית הביקוש.

שיווי משקל מושג כאשר יש התאמה בין הנפח והעלות. בתרשים 2.2 מוצג עקום ביקוש D ועקום היצע S₁. נקודת שיווי המשקל היא a עם עלות C(a) ונפח D(a). כאשר יש השקעה בתשתית עקום ההיצע זז ימינה, נניח על ידי העקום המיוצג על ידי S₂. בהנחת ביקוש קבוע נקודת שיווי המשקל החדשה תהיה הנקודה c עם עלות C(c), בעוד בהנחת ביקוש גמיש המיוצג על ידי העקום D נקודת שיווי המשקל החדשה תהיה הנקודה b, עם עלות C(b) ונפח D(b).

במונחי רשת, אם ההשקעה בתשתית גרמה לתנועה רק לשנות מסלולי נסיעה אזי נקודות הביקוש הקבוע a ו-c עקביות עם עקרון שיווי המשקל של Wardrop, והביקוש D מייצג שינוי בתנועה עקב כל הגורמים כולל שינוי אמצעי, יעדים ונסיעות נוספות.

הערכת התועלת מההשקעה בתשתית מחושבת על ידי השינוי בעודף הצרכן, שהוא מינוס האינטגרל של פונקציית הביקוש מהעלות ההתחלתית (לפני ההשקעה) ועד העלות הסופית (אחרי ההשקעה). בהנחה של פונקציית ביקוש ליניארית, בקירוב מתקבל מה שמוכר כחוק החצי:

$$CS = \frac{1}{2} \times [D(1) + D(2)] \times [C(1) - C(2)]$$

התועלת מההשקעה בהנחת ביקוש קבוע מיוצגת בתרשים 1 על ידי השטח eacf ומייצגת את התועלת לנוסעים הקיימים. התועלת מההשקעה בהנחת הביקוש הגמיש מיוצגת על ידי השטח eabg ומורכבת מהתועלת לנוסעים הקיימים (השטח eahg) ותועלת לנוסעים חדשים (השטח abh). מכאן רואים שהנחת הביקוש הקבוע מצד אחד עושה הערכת יתר של התועלות (השטח ghcf - השטח המקווקו אופקית בתרשים) ומצד שני עושה הערכת חסר של התועלות (השטח abh - השטח האנכי המקווקו אנכית בתרשים). ההפרש בין שטחים אלו הוא מידת ההטיה של התועלות תחת הנחת הביקוש הקבוע.

Williams & Moore (1990) חקרו את ההפרש הנ"ל למצבים שונים והראו שהוא פונקציה של גמישות הביקוש, רמת הביקוש הראשונית, מאפייני פונקציית ההיצע והשיפור התחבורתי. הם מצאו שבמצבים של גודש וגמישות ביקוש בינונית עד גבוהה, יתקבלו הערכות יתר משמעותיות של התועלות תחת הנחת הביקוש הקבוע. במצבים בהם המערכת עוברת ממצב של גודש למצב ללא גודש, יתקבלו הערכות יתר קטנות ויכולות להתקבל אף הערכות חסר בהנחת הביקוש הקבוע. Williams & Yamashita (1992) הרחיבו את הניתוח לאורך חיי הפרויקט.

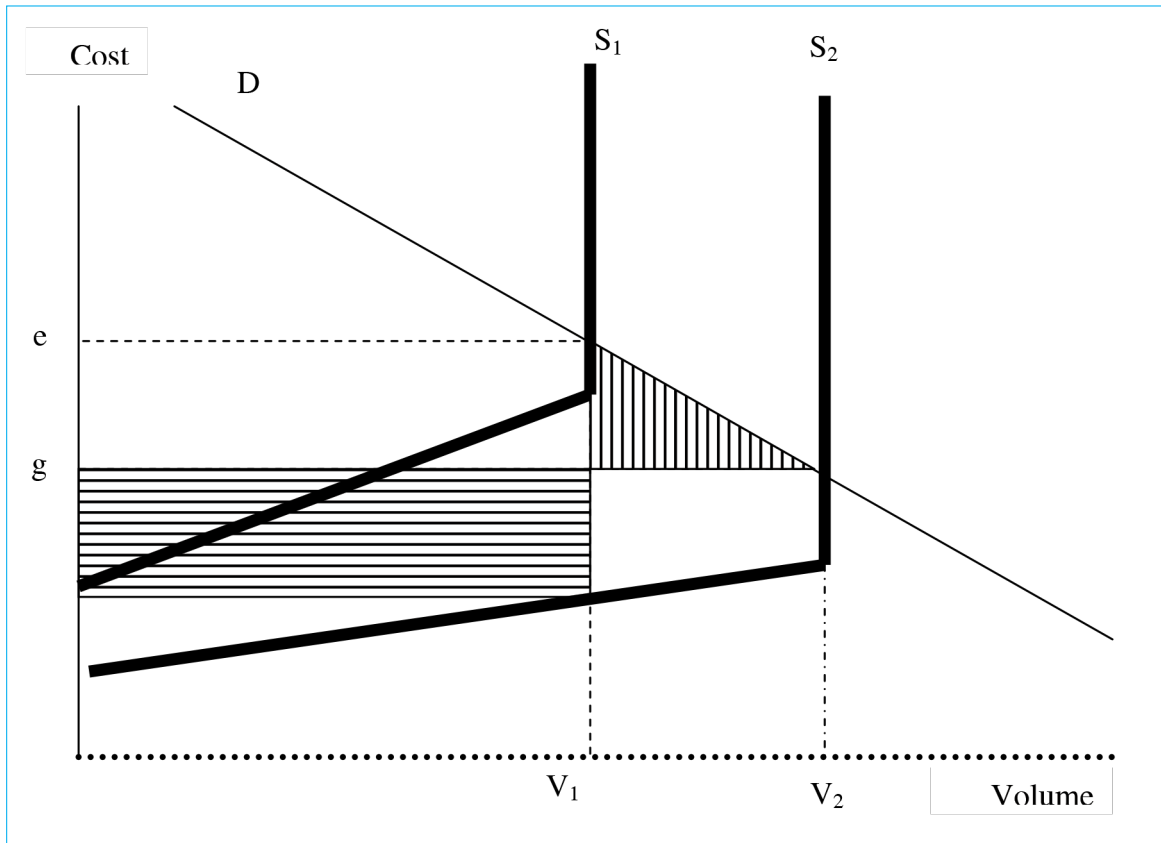
הניתוח הנ"ל הוא יחסית ניתוח מופשט של הבעיה לקטע כביש בודד, אך עוזר להמחיש את הבעיה של הנחת הביקוש הקבוע. בפועל, הניתוח הרבה יותר מסובך כאשר מסתכלים על רשת שלמה, על מספר אמצעי נסיעה ועל השינויים השונים בביקוש כולל שינוי אמצעי, שינוי זמן, ושינוי יעד.

בעיה נוספת הקשורה לגודש היא בעיית אילוץ הקיבולת. בפועל יש לכביש קיבולת מוגבלת ולעתים רבות הנפח העובר בכביש מאולץ על ידי הקיבולת. חשוב להבין שלאילוץ הקיבולת אין

משמעות אילוץ על העלות. במלים אחרות אין משמעותו של אילוץ הקיבולת שיש זמן מרבי למעבר הקטע, אלא שיש נפח מרבי שמסוגל לעבור בזמן מסוים.

בתרשים 2.3 מוצגת דוגמה בה קטע כביש נמצא בגודש ונפח התנועה לפני וגם אחרי השיפור נקבע על ידי אילוץ הקיבולת.

תרשים 2.3: ההיצע מאולץ על ידי קיבולת לפני ואחרי השיפור



כפי שניתן לראות בתרשים 2.3 הנפח נקבע על ידי אילוץ הקיבולת, V_1 לפני השיפור ו- V_2 אחרי השיפור, אך העלות נקבעת על ידי הביקוש, הנקודה e לפני השיפור והנקודה g אחרי השיפור. אם הביקוש היה גדול יותר גם עלויות (זמני הנסיעה) היו גדולות יותר. עלויות אלו מייצגות את התור לנסוע על פני הקטע, וכמובן שניתוח מפורט יותר היה צריך להתייחס לקטע הכביש ולצומת בנפרד - דבר שכמעט ולא נעשה בפרקטיקה של רוב המודלים. במקרים בהם הדבר מהותי מומלץ להשתמש במיקרו-סימולציה כדי לבחון את התנהגות התנועה ביתר פירוט.

נושא נוסף הקשור לביקוש הקבוע וראוי להבהרה הוא נושא הביקוש הסמוי או המושרה (Induced Demand). בתחבורה משתמשים רבות בביטוי זה, אך אין לו הגדרה חד-משמעית והוא נושא שנוי במחלוקת. הביקוש הסמוי אינו דבר אמיתי, אלא ביטוי הנובע ממגבלות המודלים

לתחבורה. הביקוש אינו סמוי, ביקוש הוא פונקציה של עלות. כאשר יש מגבלות קיבולת, העלות גבוהה מאד, וכאשר משפרים את התשתית העלות יורדת ובנקודת שיווי המשקל החדשה יש יותר משתמשים במערכת, זו בדיוק התכונה הבסיסית של שיווי משקל בין ביקוש והיצע ואין צורך בביטוי "ביקוש סמוי".

הביטוי "ביקוש סמוי" התפתח בגלל ההנחה של הביקוש הקבוע. אנו מניחים ביקוש קבוע, משפרים את התשתית, כלומר מורידים את המחיר, ופתאום יש משתמשים חדשים, אך מכיוון שהנחנו ביקוש קבוע אנו טוענים שהמשתמשים החדשים באים בגלל הביקוש הסמוי. בפועל, הם באים כי הביקוש גמיש ולא קבוע כפי שהנחנו. לאור זאת, מוצע להגדיר את הביקוש הסמוי כביקוש שאינו מטופל במסגרת המודל התחבורתי.

המשמעות של הגדרה זו היא שהביקוש הסמוי תלוי במודל התחבורתי שבו משתמשים. לדוגמה, אם המודל מניח מטריצת נסיעות אדם קבועה אך כולל מודל פיצול והצבה, אזי משתמשים חדשים בכביש הבאים מתח"צ מטופלים במודל ואינם חלק מהביקוש הסמוי (במצב זה בהחלט נקבל מטריצת נסיעות רכב חדשה שתשפיע על זמני הנסיעה ויש להתחשב בה בהערכת התועלות). לעומת זאת, נסיעות ששינו יעד ומקודם לא נסעו בכביש וכעת כן נוסעים בכביש, וכן נסיעות חדשות לגמרי, נובעות מהביקוש הסמוי, פשוט כי המודל לא מסוגל לאמוד אותם. בדוגמה אחרת המודל כולל מודל פילוג ומסוגל לטפל בשינויי יעד, לכן נסיעות ששינו יעד יכללו בביקוש המושרה כי המודל מסוגל לטפל בהן. יחד עם זאת, נסיעות שנוצרו כתוצאה מפיתוח שימושי קרקע חדשים בעקבות השיפור בתשתית, יחשבו כביקוש מושרה כי המודל לא מטפל באינטראקציה בין תחבורה ושימושי קרקע.

נקודה נוספת שראוי להבהיר בהקשר זה היא, שבהחלט יתכן שיהיה שינוי בביקוש, כלומר שפונקציית הביקוש תזוז בגלל תנאים חיצוניים שאינם כלולים בה. אם פונקציית הביקוש לוקחת בחשבון כאחד הפרמטרים את זמן הנסיעה, וזמן הנסיעה מתקצר, יש עליה בנפח שיווי המשקל אך אין שינוי בביקוש. לעומת זאת, אם פונקציית הביקוש לא לוקחת בחשבון בעלות רכב, או התפתחות שימושי קרקע באזור, אז כאשר אלו יעלו פונקציית הביקוש תזוז ימינה ונאמר שיש עליה בביקוש. עליית הביקוש היא בעצם ביקוש חדש הנוצר לאור גורמים שפונקציית הביקוש לא לוקחת בחשבון, מצב זה דומה בעצם למה שאנו מגדירים כביקוש מושרה.

לאור הדברים האלו ראוי לציין שכל הבעיות נובעות מכך שהמודלים לתחבורה אינם מושלמים. אם היה לנו מודל מושלם או אידיאלי שהיה יכול לאמוד באופן מדויק את כל התופעות משיפורי תשתיות ואמצעי מדיניות שונים, והיה מסוגל לאמוד באופן מדויק את הנפח וזמן הנסיעה תחת כל תרחיש, לא הייתה לנו כל בעיה להעריך נכון את התועלות מפרויקטים תחבורתיים. הבעיות נובעות מכך שהמודלים אינם מושלמים. ישנה ספרות רבה על המגבלות והבעיות של המודלים המצויים בשימוש כיום לצורך הערכת הביקוש לתחבורה, וישנם גם מאמצים רבים לשפר מודלים אלו. מודלים מבוססי פעילות (Activity Based Models), כגון מודל תל-אביב, מסוגלים לטפל בחלק מהבעיות האלו, אך באופן חלקי בלבד.

בעיות במודלים עם ביקוש קבוע

להלן הבעיות העיקריות המשפיעות על ההטיה בהערכה במודל ביקוש קבוע סטנדרטי. כמובן שמבחינה תיאורטית הגישה הנכונה ביותר לשיפור ההערכה הכלכלית היא שיפור המודלים התחבורתיים כך שיוכלו לאמוד במדויק את נפחי התנועה, זמני הנסיעה ואת כל התגובות האפשרויות לשינויים במערכת התחבורה.

המודלים העדכניים, מודל תל אביב ומודל ירושלים החדש, עשויים לטפל באופן טוב יותר בחלק מהבעיות האלו, אבל גם הם לא ייתנו פתרון לכל הבעיות. לפיכך, יש להמשיך לחקור באופן שוטף ולמצוא דרכים להעריך את מידת ההטיה בהערכת פרויקטים הנובעת מבעיות אלו:

- **ההשפעה של ביקוש קבוע על פרויקטים של כבישים לעומת על פרויקטים של תח"צ -** הערכת יתר של תועלות מתקבלת בעיקר בפרויקטים של כבישים, שכן בפועל החיסכון בזמן הנסיעה שהוא התועלת העיקרית מפרויקט תחבורתי יהיה קטן מכפי שהמודל חוזה, והערכת יתר זו, כפי שצוין למעלה, גדולה בהרבה מהתועלת למשתמשים חדשים במצבים של גודש. בנוסף לכך, סך קילומטר רכב במערכת יהיה גדול יותר מהחזוי, דבר שבנוסף להטיה בזמני הנסיעה יגרום ליותר זיהום והשפעות חיצוניות שליליות אחרות מהפרויקט לעומת מה שיתקבל בהערכה. בפרויקטים של תח"צ לעומת זו, להנחת הביקוש הקבוע השפעה שולית על רמת השרות, אך הנחת הביקוש הקבוע תגרום לכך שהמודל יחזה פחות נוסעים, ובכך ייתן הערכת חסר לתועלות שכן לא יתחשב בנוסעים חדשים הנהנים מרמת השרות המשופרת. בנוסף המודל יחזה פחות הכנסות מהכרטיסים, דבר שיוסיף להערכת חסר של כדאיות השיפור. לסיכום, הנחת הביקוש הקבוע מטה לטובה פרויקטים של כבישים לעומת פרויקטים של תח"צ.
- **חסר התחשבות בהשפעות מערכת התחבורה על שימושי הקרקע -** שיפורים במערכת התחבורה יכולים לגרום לאנשים לעבור למקומות רחוקים יותר. כאשר המודל לא מתחשב בתופעה זו, נקבל מהמודל אומדן חסר של סך הק"מ רכב. דבר זה גם יגרום להערכת יתר של התועלות, שכן המודל לא לוקח בחשבון את תוספת הק"מ רכב על ההשפעות השליליות שלו כולל זמן נסיעה וזיהום אוויר.
- **אמידה לא ריאלית של זמני הנסיעה -** אחת הבעיות העיקריות של המודל היא אמידה לא ריאלית של זמני נסיעה בתנאי גודש. מודלים סטטיים אינם מסוגלים לטפל בתורים ואינם מביאים בחשבון בצורה נכונה את אילוצי הקיבולת ותפקוד צווארי הבקבוק. מכיוון שהקשר בין זמן הנסיעה לנפח התנועה תלול ביותר באזור הגדוש, כל הפחתה בנפח גורמת במודל לחיסכון משמעותי בזמן הנסיעה. זו הסיבה העיקרית שהנחת הביקוש הקבוע מטה את ההערכה לטובת פרויקט כבישים באופן משמעותי תחת תנאי גודש. אחד הפתרונות המקובלים הוא לפתח Post Processor שלוקח את תוצאות ההצבה ונתוני הכבישים ואומד את מהירויות הנסיעה לאחר ההצבה באופן שלא ישפיע על ההצבה. בתהליך זה ניתן באופן

חלקי לפצות על הנחת הביקוש הקבוע בהנחה של סף תחתון למהירויות, אך כל פתרון כזה הוא חלקי ולא נותן אינפורמציה לגבי מידת ההטיה של התוצאות.

- **העדר רגישות לזמן ביצוע הנסיעה ביום** - ברוב המודלים לתחבורה אין רגישות לשינויים בזמן ביצוע הנסיעה. מחקרים רבים מראים שזוהי אחת התגובות המאפיינות תגובה לגודש או למדיניות של אגרות גודש. גם תופעה זו תגרום להערכת יתר של התנועה בתנאי גודש, שכן המודל יניח למצב עתידי עם גודש רב יותר היום אותה התפלגות על פני היום, בעוד שבפועל הגודש יווסת את התנועה על פני היום. גם תופעה זו תגרום להערכת יתר של התועלות משיפורי תשתית הכבישים.

- **חסר רגישות לאמצעי מדיניות** - בהמשך לנקודה הקודמת, המודלים הקיימים היום לא רגישים לאמצעי מדיניות כגון אגרות גודש, ולא מסוגלים לאמוד את מכלול התגובות האפשריות של נהגים לאמצעי מדיניות. גם כאן, במידה רבה בגלל העדר הרגישות לזמן ביום, תהיה הטיה באומדני הביקוש ובהתאם הערכת חסר של התועלות.

מחסור בנתונים לחישוב השפעות חיצוניות - המודלים הנוכחים אינם מספקים פלט הנדרש לצורכי אומדנים טובים של השפעות חיצוניות כגון זיהום אוויר, החל מחוסר באומדן של התחלות קרות וחמות, מהירות ממוצעת בלבד ולא פרופיל מהירויות ועוד. גם על חלק מבעיות אלו ניתן להתגבר במידה חלקית באמצעות Post Processor.

חישוב התועלות

כפי שהוצג לעיל, מודלים עם ביקוש קבוע סובלים מהטיות באומדן התועלות למשק. בגרסה 2006 פותחו על ידי צוות הפרויקט הנחיות ועקרונות חדשים לטיפול בנושא הביקוש, המבוססים על מחקר והניסיון הבינלאומי. המחקר בנושא טרם הושלם ויהיה צורך גם בבדיקות מעשיות למספר פרויקטים עד שתגובש מתודולוגיה מפורטת לטיפול בנושא בגרסאות הבאות. בנוהל זה, נשארות בתוקף ההנחיות שפותחו בנוהל 2006, המובאות להלן.

היות ומרבית המודלים התחבורתיים המשמשים לבדיקת הכדאיות בישראל הינם מסוג מודל 4 שלבי קלאסי המניח ביקוש קבוע, חישוב התועלת ימשיך להיעשות בשיטת הביקוש הקבוע בהתאם.

החידוש העיקרי שהוכנס בגרסה 2012 הוא טיפול בביקוש באמצעות הערכה של השפעת הגמישויות על טווח התועלות למשק, אשר יעשה לצורך בדיקת רגישות. כלומר אם המערכת עובדת בתנאי גודש ומניחים ביקוש קבוע, מומלץ להניח מספר גמישויות לביקוש (לדוגמה 0.25 ו-0.5), להניח גידול בביקוש בהתאם לגמישויות אלו, לחשב את התועלת (כעת יש לחשב לפי חוק החצי שכולל את התועלות לנוסעים החדשים) ולקבל הערכה מסוימת לגבי ההטיה של התועלות עקב הנחת הביקוש הקבוע.

להלן פרוט ההמלצות למספר מצבים עיקריים:

1. **מודלים עם ביקוש גמיש** - במידה ולרשות עורך הבדיקה מודל עם ביקוש גמיש הלוקח בחשבון את ההשפעות האפשריות באופן סביר, אזי יש לחשב את התועלות כשינוי בעודף הצרכן על פי חוק החצי (Rule of Half).
לדוגמה: פרויקט שיפור של רשת התח"צ כאשר המודל כולל מודל פיצול, אזי יש לאמוד בעזרת המודל את מטריצת הנסיעות לפי אמצעי נסיעה לפני ואחרי הפרויקט, ולהעריך את תועלת הזמן לפי חוק החצי בהתאם להנחיות והדוגמה בסעיף להלן.
2. **ביקוש קשיח, פרויקט בודד** - בהערכה של פרויקט בודד, הנמצא בתנאי גודש, ומודל הערכה המניח ביקוש קבוע, מומלץ לבצע מבחן רגישות לתועלות על ידי הנחות של ביקוש גמיש ברמות גמישות שונות, מומלץ ערכי גמישות של 0.25 ו-0.5.
החישוב ייעשה באופן הבא: בשלב ראשון יחושב זמן הנסיעה לפני ואחרי הפרויקט, כאשר בהנחת הביקוש הקבוע התועלת מבוטאת על ידי ההפרש בזמן הנסיעה כפול מספר הנוסעים. בשלב שני יבחנו רגישויות התועלת להנחות שונות של גמישות הביקוש. אם מניחים למשל גמישות של 0.5 והפרויקט שיפר את זמן הנסיעה ב 20%, הרי שהנפח אמור לעלות ב-10%. כעת נגדיל את הנפח ב-10%, נחשב שוב את זמן הנסיעה עם הפרויקט לאחר שגם הנפח עלה ב-10%. כעת נחשב את התועלת לנוסעים שהשתמשו בכביש לפני הפרויקט כהפרש זמן הנסיעה (החדש) כפול מספר הנוסעים הקיימים ועבור 10% הנוסעים החדשים נחשב את התועלת לפי חוק החצי, כלומר תועלת הזמן היא חצי ההפרש בזמן הנסיעה לפני ואחרי הפרויקט.
3. **ביקוש קשיח, ניתוח מערכתי** - כאשר הביקוש קשיח אך הניתוח הוא מערכתי, הגישה דומה לגישת הפרויקט הבודד רק שכעת הנחת הגמישות נעשית לכל מוצא-יעד. בהתאם לחיסכון בזמן הנסיעה כתוצאה מהפרויקט, עבור כל מוצא-יעד, מחשבים נפח חדש לכל מוצא-יעד ומציבים את הנפחים החדשים על המערכת. מתוך ההצבה ניתן לקבל זמני נסיעה מעודכנים, ושוב מפעילים את חוק החצי על בסיס מוצא-יעד.

2.1.5. הטיפול בגודש

כמתואר בפרק הקודם, הגודש ברשת הדרכים מקשה מאוד על אמידה נכונה של תועלות הפרויקט. בגירסת 2006 אומצה הגישה לטיפול בגודש שפותחה במשרד התחבורה בשיתוף עם עורכי בדיקות הכדאיות. גישה זו משמשת כיום דה-פקטו לביצוע רוב בדיקות הכדאיות.

להלן הנחיות אודות הטיפול בגודש. הרחבה של השיטה ותוספות ינתנו מעת לעת בהתאם להתקדמות המחקרים והצרכים של המודלים התחבורתיים שבשימוש.

- עדיפות תינתן לניתוח מפורש של משכי הנסיעה או אמידתם במודל מיקרו סימולציה או מודל תורים, אשר מסוגל לשחזר בצורה סבירה את משכי הנסיעה והיווצרות התורים ברשת.
- בכל מצב של הצבה במודל 4 שלבי סטנדרטי, או כל שיטה אחרת המשתמשת במודל

הצבה עם פונקציות עכבה סטנדרטיות, יחושבו זמני הנסיעה מחוץ למודל התחבורתי (Post Processing) בהתאם להנחיות להלן:

א. משך הנסיעה בקטע - חישוב משך הנסיעה יערך מחדש עם פונקציית העכבה המקורית בהצבה כאשר החישוב יוגבל ליחס $V/C=1.2$ (יחס נפח-קיבולת).

ב. משך ההמתנה בצומת - חישוב העיכוב בצומת יערך אף הוא מחדש עם פונקציית העכבה המקורית בהצבה כאשר החישוב יוגבל ליחס $V/C=1.2$. משך ההמתנה בצומת לא יעלה על 5 דקות.

בכל מצב של חישוב משכי הנסיעה בשיטת Post Processing, יציג עורך הבדיקה את השפעת תוצאות החישוב החדש על זמני הנסיעה הממוצעים, סך שעות במערכת, מהירות ממוצעות וכו' לעומת החישוב המקורי במודל.

בכל שיטת בדיקה עורך הבדיקה יציג, עד כמה שניתן, נתונים אודות משכי נסיעה בפועל בפרויקט ובסביבתו, ויציג בנספח לדו"ח ניתוח המשווה את זמני הנסיעה בפועל וזמני הנסיעה במודל.

2.2. סיווג פרויקטים בבדיקה

מבנה הבדיקה, הסוג וההיקף תלויים באופי הפרויקט המוצע; במידת ההשפעה על מערכת התחבורה; במידת תלותו בפרויקטים אחרים המועמדים לביצוע; בבשלות הביצועית שלו. סיווג אחר של בדיקות פר"ת נקבע גם לפי אמצעי הנסיעה המיועד. סוגי הפרויקטים השונים נבדלים ביניהם משמעותית בתהליך הניתוח התנועתי ובדרישות הדיווח.

2.2.1. מידת השפעה על מערכת התחבורה

סיווג פרויקטים על בסיס השפעתם על תפקוד רשת התחבורה הנו בעל חשיבות ממדרגה ראשונה בבניית תוכנית הבדיקה של הפרויקט. נהוג להבחין בין שני סוגי פרויקטים:

- **פרויקטים בדידים:** בהם השפעת הפרויקט הנה בתחום הפרויקט עצמו ואיננה חורגת מתחום זה, או שהשפעתו מעבר לתחום זה היא זניחה. בפרויקטים בדידים ניתן להתרכז בבדיקת ההתרחשות במתקן המתוכנן עצמו: עלות הפרויקט והתועלת למשתמשי המתקן בו מטפל הפרויקט. תחום ההשפעה של הפרויקט מצומצם ואין צורך לבדוק את השפעתו על רשת התחבורה סביבו.
- **פרויקטים מערכתיים:** לפרויקט מערכתי השפעה על רמת השרות בקטעי רשת אחרים, ולפרקים ההשפעה מורגשת על הרשת כולה. הפרויקט עשוי להשפיע על מסלולי נסיעה קיימים במסגרת מוצא-יעד קיימים, ובכך לשנות היקפי תנועה בכבישים אלו ואחרים ברשת. אלו הם פרויקטים בעלי השפעה מערכתית, שם עשויה להיות תלות רבה.
- בפרויקטים מערכתיים, קיימת בפרויקטים זיקת גומלין בין הפרויקט ובין רשת הכבישים שהיא בתחום ההשפעה שלו. הפרויקט עשוי להשפיע על מסלולי נסיעה ברשת ואף מעבר לכך. חלק גדול מהתועלת (חיובית או שלילית) של הפרויקט נובעת מהשפעתו על מתקנים אחרים והמשתמשים בהם. השפעות יכולות להיגרם עקב שינויים בפילוג, בפיצול או שינויים במסלול הנסיעה:
- **הרגלי נסיעה:** פרויקטים מערכתיים מיועדים לשנות את פילוג הנסיעות בעקבות שינוי מהותי ברמת הנגישות, שבגינו יבחרו יעדי נסיעה שונים.
- **התייעלות המערכת:** הסטת תנועה ממתקנים אחרים אל המתקן המתוכנן תביא לשיפורים ברמת השירות גם למשתמשים שנותרו במתקנים האחרים, עקב הירידה בגודש. לעתים, הסטת התנועה אל המתקן הנבדק תביא להיווצרות גודש במתקנים המזינים, ולהורדת רמת השירות של המשתמשים במתקנים אלו. לעתים, נפחי התנועה במתקן הנבדק מוגבלים עקב הקיבולות של הרשת המזינה. יש להתחשב במגבלות אלו.

סיווג הפרויקט מוביל למבנה בדיקה מתאים

פרויקטים בדידים מאופיינים בכך שניתן להניח שהביקוש אינו משתנה בתחום החלופות הנבדק. הדבר מפשט משמעותית את הבדיקה, מה שפחות נכון בפרויקטים מערכתיים גדולים. הפרויקטים הבדידים נוטים בד"כ, אך לא בהכרח, להיות קטנים יותר מהמערכתיים, ו/או להתייחס לדרכים ללא בעיות גודש מופלגות. ככלל, יש לנתח פרויקטים מערכתיים תוך שימוש במודל תחבורתי מתאים המחשב את ההשפעות התחבורתיות של הפרויקט על רשת כבישים רחבה.

2.2.2. פרויקטים לפי אמצעי הנסיעה

ראוי להבחין בין קטגוריות של פרויקטי תשתית:

- **פרויקטים של דרכים:** כבישים, צמתים/מחלפים. הפרויקטים מיועדים לשיפור תשתית מערכת הדרכים, הגדלת קיבולת ושיפור ברמת השרות לכל משתמשי הדרך, לרבות כלי רכב של תחבורה ציבורית. בפרויקטים אלו נבחנת השפעת הפרויקט על נפחי התנועה ומשכי הנסיעה בכלי הרכב ברשת.
 - **פרויקטים של תחבורה ציבורית - כבישים:** נת"צים או מת"צים, כולל נר"תים (נתיבי רבי תפוסה). אלו, מוכוונים לשיפור מערכת התח"צ בתשתית מערכת הדרכים, על ידי סלילת או קביעת נתיבים ייעודיים ו/או מתן העדפה תפעולית בתנועה (ניהול תנועה). נתיבי הנר"ת מיועדים לשימוש יעיל ומלא של התשתית.
 - **פרויקטים של מסילות:** מסילות כבדות, רכבת קלה וכו' מיועדים להסעת נוסעים והובלת מטענים באמצעי המסילתי.
- ככלל, מתודת בדיקת הכדאיות לסוגי פרויקטים אלה וכן המודלים דומים ביותר, השוני העיקרי הנו בדגשים ובפרמטרים.
- בפרויקטים של תח"צ, ניתן דגש לרמת השרות לנסיעת נוסע ולא לרכב. בפרויקטים מסילתיים, מתחייב בדרך כלל גם מודל מורכב הכולל את פיצול הנסיעות ובקווי מטען הסטת נסיעות מרכב משא לקרונות המטען, שיש בו תרומה לצמצום תנועה ברשת הכבישים. התועלות של פרויקטים אלה, כוללים גם שיפור תנאי נסיעה ברשת הדרכים, ככל שלפרויקט קיימת השפעה על מעבר נסיעות רכב לתחבורה ציבורית. שוני נוסף קיים גם בהרכב ההשקעה ועלויות התפעול והאחזקה, בעיקר בתחבורת המסילות הכוללת השקעה משמעותית בציוד נייד, תחנות ותשומות משמעותיות של כוח אדם ואחרות לתפעול ואחזקה.

2.2.3. פרויקטים בלתי תלויים ופרויקטים תלויים

סיווג הפרויקטים להלן הנו לפי מידת תלותם בהחלטה בדבר היתכנות ביצוע פרויקטים אחרים בתחום הרשת הנבדקת. יש להבחין בין פרויקטים "בלתי תלויים" ("עצמאיים"), לבין "פרויקטים תלויים".

פרויקטים בלתי תלויים: אלו הם הפרויקטים שאינם מקיימים זיקת גומלין משמעותית עם הפרויקטים האחרים המועמדים לביצוע.

פרויקטים תלויים: אלו הם הפרויקטים שקיימת תלות בינם לפרויקטים אחרים. תלות זו עשויה להיות ביחסי תחלופה או השלמה, לפיה תועלת, כדאיות, הפרויקט הנבדק (ולעתים אף עלותו) תלויה משמעותית בהחלטה אם ומתי יוקמו הפרויקטים האחרים.

פרויקטים בלתי תלויים נבדקים לכשעצמם, ע"י השוואת ביצועי המערכת עם וללא הפרויקט. פרויקטים תלויים ייבדקו בהשפעת הפרויקטים האחרים, מתחרים או משלימים, ברשת הנבדקת. בפרויקטים משלימים, ביצועי הפרויקט הנבדק יהיו משופרים, בשל התמיכה מפרויקטים אלה, שעשויה להתבטא בתוספת תנועה ו/או רמת שרות. בפרויקטים מתחרים ההשפעה הפוכה, באשר פרויקטים אלה מצמצמים את תועלת הפרויקט ברשת הבדיקה.

אין בגרסה הנוכחית נוהל מחייב לבדיקת פרויקטים תלויים. המתודה הכללית המוצעת להלן היא עריכת הבדיקה בשני שלבים:

שלב א - רשת הבדיקה: בתיאום עם מזמין הבדיקה, יש לערוך את תחזית רשת הבדיקה, את תוספת "מתקני התחבורה" המתוכננים (ברמת ודאות סבירה ומעלה) לשנות היעד הרלוונטיות. לחילופין ניתן להסתמך על תוכנית השקעות קיימת, ברמה ארצית ("נתיבי ישראל") או ברמה אזורית/מקומית על פי תוכניות אב לתחבורה ודומיהם ברשות המקומית.

בשלב זה יש לקבל נתונים על מאפייני הפרויקטים העתידיים, סדר חשיבותם ועיתוי הקמתם, השפעתם הצפויה ובכלל זה זיקת הגומלין עם הפרויקט הנבדק (יחסי השלמה או תחלופה).

שלב ב - ביצוע הבדיקה: ביצוע מספר הצבות תנועה עם/בלי הפרויקט, על רקע מבנה הרשתות שעובדו בשלב הראשון. ניתן ורצוי לבצע בדיקות רגישות ע"י הכללה ואי-הכללה של הפרויקטים בעלי השפעה על הפרויקט הנבדק.

2.2.4. תוכנית השקעות - יצירת "סלי השקעה"

מתודת עריכת תוכנית השקעות, דומה במידה רבה לזו של בדיקת "פרויקט תלוי".

שלב א: בחירת הפרויקטים לטווח השנים המוגדר בתוכנית ההשקעות (בדרך כלל עשר שנים).

שלב ב: הגדרת רשת הזרכים לשנות היעד (40-10 שנים).

שלב ג: כל פרויקט בחבילת הפרויקטים נבחן לבד על גבי רשת הבסיס. סדר הצבירה של

הפרויקטים לסל נעשית על פי גודל התרומה הכלכלית של הפרויקט (במונחי ערך נוכחי נקי). חלופה למתודה זו היא יצירת סלי השקעות חליפיים (עם או בלי מגבלת תקציב). עורך הבדיקה, בתאום עם מזמין העבודה, יגבשו מספר חלופות של שילוב הפרויקטים בהתאם לניתוח ראשוני של מידת ההשלמה ותחלופה.

בבדיקת הכדאיות יבחנו סלי הפרויקטים, כל אחד מול האחרים. סל ההשקעה הנבחר יהיה זה בעל הערך הנוכחי הגבוה מבניהם.

2.2.5. מחזור החיים בתכנון פרויקט

נוהל פר"ת 2021 מגדיר שילוב של בבדיקת הכדאיות בשלב מוקדם ככל שניתן במחזור חיי הפרויקט. ניתן להגדיר מספר שלבים במחזור החיים של הפרויקט:

- **תכנון רעיוני:** בשלב זה נערך תכנון רעיוני של הפרויקט לפי תוכנית אב תחבורתית, תב"ע וכיו"ב.
 - **תכנון מוקדם:** שלב התכנון המוקדם מתבצע כאשר יש סיכוי סביר שהפרויקט יתבצע. בשלב זה מוגדר הפרויקט, או חלופת הפרויקט. לאחר בחינה הנדסית/תחבורתית של החלופות, נקבעת חלופה מועדפת לביצוע, ונקבעים נתונים מדויקים למדי של תוכנית הפרויקט, לרבות התוואי, חתכי אורך ורוחב, עלויות וכו'.
 - **תכנון מפורט:** בשלב התכנון המפורט נקבעים הפרטים ההנדסיים של הפרויקט במלואם ומתקבלים פרטים טכניים מדויקים המאפשרים אומדן אמין יחסית של צרכי הקרקע, עלויות ההפקעה וההקמה. שלב זה מסתיים בהכנת כתבי כמויות ומסמכי מכרז.
 - **ביצוע:** ביצוע הפרויקט בשטח.
- נוהל פר"ת עשוי להידרש בכל אחד משלבי מחזור החיים של הפרויקט, עד להחלטה בדבר הביצוע. סוגי הבדיקות עשויים להיות שונים בהתאם לשלב התכנון: בבדיקה מקדמית, בבדיקה ראשית.

בדיקה מקדמית: בבדיקה המתאימה בעיקר לשלב התכנון הרעיוני, כאשר לא נדרשת עדיין החלטה בדבר מבנה הפרויקט או מועד הקמה אלא הכדאיות התחבורתית/כלכלית בלבד. הבדיקה המקדמית זולה ומהירה, ואינה דורשת השקעה רבה באיסוף והכנת נתונים. הניתוח הכמותי מתבסס בעיקר על שימוש במקדמים כלליים. חלק מרכזי בדו"ח הבדיקה המקדמית הוא להגדיר את הצרכים עליהם צפוי הפרויקט לענות, יעדיו, השפעותיו הצפויות, וסדרי גודל של העלויות והתועלות. חלק חשוב בבדיקה הוא החלטה בדבר קידום זמינות הפרויקט להחלטה מבוססת יותר, להעלאת חלופות הרלוונטיות אותן יש לבדוק.

הבדיקה ראשית: הבדיקה הראשית מתאימה לשלב התכנון המוקדם או המפורט, בעיקר אם

לתכנון המפורט עשויה להיות השפעה גדולה על משתני הבדיקה ההנדסיים/תחבורתיים או של עלויות ביצוע. הבדיקה תעשה על פי פרטי תכן מבוססים של הפרויקט, כולל: תוואי, חתך לרוחב, מהירות תכן, סוגי צמתים/מחלפים וכיו"ב לרבות עלויות הפרויקט על פי מרכיבי ביצוע. תוצאות הבדיקה הן בסיס להחלטה על ביצוע הפרויקט, מידת הכדאיות ומועד ביצוע מתאים.

2.3 פרויקטים בתחבורה הציבורית

2.3.1. הקדמה

הצורך בפרק ייחודי לפרויקטים של תחבורה ציבורית נובע מרמת החשיבות הגדולה שמשרד התחבורה מייחס לאמצעי תחבורה זה. בשנים האחרונות בוצעו השקעות גדולות בפרויקטים של תחבורה ציבורית והשקעות ענק נוספות נמצאות על הפרק, להלן כמה מהן:

- הוספת קווים למערכת הרכבת הקלה בירושלים.
- מטרונית בחיפה.
- הקמת רכבת קלה בת"א, הקו האדום.
- נתיב מהיר נתב"ג ת"א.
- הקמת נתיבי תחבורה ציבורית ייעודיים.
- קווי רכבת: מודיעין - ת"א, ת"א - אשדוד - אשקלון, קו נתיבות - שדרות - אופקים - ב"ש, קו העמק, קו כרמיאל - חיפה.
- קידום קווי רק"ל נוספים בגוש דן כמו הקו הסגול והקו הירוק.
- קידום תוכנית המטרו.

את התחבורה הציבורית מקובל לראות בעולם המערבי המפותח כמוצר ציבורי (Public Good), שעל המדינה לדאוג לקיומו תוך הבטחת רמת שרות נאותה.

תודעת חשיבות התחבורה הציבורית בארץ התגברה בעשורים האחרונים, בין השאר בשל אימוץ גישת "תחבורה בת קיימא" ע"י ארגוני תחבורה ציבורית. לפי גישה זו, יש לצמצם את היקף תנועת כלי הרכב ברשת ולקדם מערך של פתרונות שונים הכוללים שילוב של תחבורה ציבורית, תחבורה שיתופית, תחבורה לא ממונעת וכיו"ב. מערך התחבורה אמור לאפשר לנוסע הגעה יעילה ממקום למקום, בצד שמירה על איכות הסביבה ובריאות הציבור.

להשקעות בתחבורה ציבורית יש השפעות רוחב מעבר לענף התחבורה, כגון בתחומי הכלכלה, פיתוח עירוני, איכות הסביבה וחברה. השקעות אלו נוגעות הן במשתמשים והן באלו שאינם משתמשים באמצעי זה. בעבור חסרי הנגישות היא מצרך חיוני שחובה על המדינה לספק, ולאחרים היא חלופה או רשת בטחון.

הפרויקטים בתחבורה הציבורית הם מורכבים ומערבים תחומים רבים כגון: תשתיות, טכנולוגיה, ציוד, הפעלה, מערכות מידע, תשלומים, תקשורת, שיתופי פעולה בין הסקטור הפרטי לציבורי, רגולציה ופיננסים (השקעות, סובסידיות).

נוהלי פר"ת לדורותיהם התמקדו בפרויקטי תשתית של התנועה הכללית והכילו גם התאמות

מסוימות לפרויקטים של תחבורה ציבורית. תהליך הבדיקה, כמו גם השימוש במודלים התחבורתיים והכלכליים, היה ונותר דומה. עם זאת, הצורך במודל בדיקה ייחודי בנוהל לבדיקת כדאיות של פרויקטים של תחבורה ציבורית, עדיין קיים בשל השוני והייחודיות של פרויקטים אלה.

ייחודיות פרויקטי תחבורה ציבורית, הינה בפרטים: במרכיבי עלות ותועלת, בפרמטרים שיש לכלול במודל התחבורתי והכלכלי, במרכיבי הנסיעה השונים מ"דלת לדלת" (הליכה לתחנה, המתנה, החלפת כלי ההסעה, הליכה ליעד) ועוד, כמפורט בהמשך. כמו כן חלק מההשפעות הפרויקט מסובכות לזיהוי מדידה והערכה.

מטרת פרק זה היא לקבץ את מאפייני הבדיקה השונים מאלו של פרויקטי התשתית לכלל התנועה, ולהכלילם בהצגת וניתוח הפרויקט, וככל האפשר גם בתוצאות הכלכליות של הבדיקה. ההנחיות בפרק זה כוללות גם פרויקטים בהם תתקיים עדיפות לכלי רכב "עתירי נוסעים", בתשתיות ובהסדרי תנועה של פרויקטי תחבורה ציבורית. אלו הם: אוטובוסים שאינם בשרות תח"צ סדיר; מוניות שרות ומיוחדות; טנדרים, רכבי הסעה ורכב פרטי עם נהג 2+ נוסעים ומעלה. זאת בדומה להסדרים הנהוגים ב"נתיב המהיר".

יש להדגיש כי עורך הבדיקה יערוך את הבדיקה על פי הכללים וההנחיות של פרויקט תחבורתי כמפורט בפרקי הנוהל השונים, באבחנה המתאימה ותוך התייחסות לאמור בפרק זה. יש עדיין צורך להשלים פרק זה, ליצירת נוהל מנחה ונוח לשימוש במודלים המורכבים, לאחידות הבדיקה ולרמת בדיקה נאותה לפרויקטים של תחבורה ציבורית, לסוגיהם. עדכון זה יבוצע בעתיד.

2.3.2. הגדרת פרויקטים של תחבורה ציבורית בנוהל פר"ת

ניתן לסווג את ה"פרויקטים של תחבורה ציבורית" בקטגוריות הבאות:

- השקעות בתשתית הכבישים: סלילת נתיב או מסלול נסיעה ייעודי לכלי רכב של תחבורה ציבורית (נת"צ, מת"צ), לאלה ניתן להוסיף את הנר"ת (נתיב רב תפוסה) המותר לנסיעות כלי רכב המסיעים מספר רב של נוסעים (HOV-High Occupancy Vehicle).
- קו/מסילת רכבת: הקמת קו/מסילה חדש, או תוספת, שידרוג לקו/מסילה קיים, להם צפויה השפעה מהותית על הרשת הרכבתית הקיימת.
- פרוזדור תחבורה ציבורית: פרוזדור המכיל תשתית להעדפת קווי תחבורה ציבורית: אוטובוסים ו/או רכבת וכלי רכב עתירי נוסעים. ל"פרוזדור" זה קיימת במרבית המקרים השפעה נרחבת על רשת התחבורה. דוגמאות: "הנתיב המהיר", המסילה המזרחית.
- מערכות הסעה המונית: רכבת "כבדה או קלה", פרברית, מטרו וכו'. הפרויקט הנו מערכת או רשת של קווים. מערכת כזו עשויה להיות גם רשת מערכתית של קווי אוטובוס, בעיקר אם נעשית בתשתית ייעודית.

- פרויקטים של ניהול והסדרי תנועה המקנים עדיפות לרכב הציבורי: כגון רמזור צמת או הסבת נתיב קיים לנת"צ. בפרויקטים מעין אלה ההשקעה בתשתית היא נמוכה יחסית, אך יש תחלופה בין תרומה לנוסעי התחבורה הציבורית, על חשבון רמת השרות של התנועה הכללית.
- מסופי תנועה ומתקנים: תחנות רכבת, תחנות מרכזיות, מתקני תשתית ואחרים.

ניתן להבחין בין:

- פרויקטים המשפיעים על רמת השרות של המערכת ויש להם השפעה על היקף ו/או מאפייני הביקוש או שינוי באמצעי הנסיעה (כגון: תחנה חדשה בקו נתון).
- פרויקטים הנדרשים לפעילות המערכת (כגון: חניה תפעולית) והשפעותיהם התחבורתיות אינן משמעותיות.

2.3.3. המודלים לבדיקת פרויקטים של תחבורה הציבורית

בחירת המודל התחבורתי לחישוב התועלות התחבורתיות של הפרויקט, תלויה בסוג הפרויקט, כמפורט לעיל. ככלל, המודלים התחבורתיים המוצגים בפרק 2 הם הבסיסים גם לפרויקטים של תחבורה ציבורית.

המודלים השכיחים הם:

- **פרויקט בדיד** - מודל מיקרו-סימולציה או מודל רלבנטי אחר: אפשרי לשימוש בפרויקטים של תח"צ, בהם ניתן להניח כי היקף ומאפייני הביקוש לתח"צ ונסיעות בכלי הרכב "הפרטי", לא ישתנו.
- **פרויקט מערכתי** - מודל מערכתי: פרויקט, הגורם לשינויים במסלולי נסיעה של כלי הרכב בתחבורה ציבורית ו/או של כלי הרכב האחרים (מסלול נסיעה שונה בשל השינוי ברמת השרות), מבלי לגרום לשינוי משמעותי בפיצול הנסיעות. דוגמה: הסבת נתיב קיים לנת"צ או הוספת נת"צ לקטע כביש קיים, כנ"ל לגבי נר"ת (נתיב רב תפוסה).
- **פרויקט עם השפעה רב אמצעית** - פרויקטים מערכתיים הצפויים לגרום לשינויים באמצעי הנסיעה. המודל המתאים הינו בגישה רבת אמצעים (Multi Modal Model). מודל זה כולל תת-מודל של "פיצול נסיעות" המאפשר הערכת וחישוב מעבר הנסיעות בין אמצעי הנסיעה, בהתאם להשפעת הפרויקט על רמת השרות שלהם. מודל זה מתאים לפרויקטים עתירי הון בתחבורה ציבורית, בעיקר בתחבורה מסילתית, אך גם בפרויקטי כבישים מערכתיים גדולים בעלי השפעה (כמו "נתיב מהיר", פרודור לתחבורה ציבורית). מודלים כאלו מצויים בתוכניות האב לתחבורה במטרופולין, מודל תל אביב, במודל הרכבת, וכן ב"מודל הביקושים הארצי".

לוח 2.1: מודלי תחבורה לפרויקטים של תחבורה ציבורית

פרויקט	מאפיינים	מודל בדיקה
השקעות תשתית בכבישים: נת"צ, מת"צ, נר"ת	1. הוספת נתיב/מסלול לתח"צ 2. הסבת נתיב קיים לנת"צ 3. נתיב נר"ת (HOV)	1. מודל בדיד - הנחת ביקוש קבוע 2. מערכתי: הנחת שינויים במסלולי נסיעה אך אין שינוי בפיצול הנסיעות 3. מודל מערכתי: כמו 2. לעיל
קו/מסילת רכבת	הוספת קטע מסילה בקו קיים, הוספת מסילה ברשת	מודל מערכתי או מודל רב אמצעי: בהתאם לממדי הפרויקט והנחת ההשפעות הצפויות על "פיצול הנסיעות"
פרוזדור תחבורה ציבורית	שינוי מקיף במבנה השרות ומהלכי קווי האוטובוס או של הקווים המסילתיים	במרבית המקרים מתחייב מודל בדיקה רב אמצעי, הכולל תת מודל של "פיצול נסיעות"
מערכות הסעה המונית	פרויקט ברמת מערכת: רשת מערכתית של קווי אוטובוס רשת רכבת "כבדה או קלה", פרברית, מטרו	בדיקה רב אמצעית: הצבות תנועה לפי סוג כלי הרכב ונוסעי תח"צ, שינויים בנסיעות נוסע לפי אמצעי הנסיעה
פרויקטים של ניהול והסדרי תנועה	מתן עדיפות בצמת ו/או ברמזור	מודל " פרויקט בדיד"
הקמת מסופי תנועה ותחנות	1. עולים/יורדים 2. מתקן ללא עצירה	1. מודל מערכתי או רב אמצעי: על פי ממדי הפרויקט וההשפעות צפויות 2. פרויקט בדיד

2.3.4. מרכיבי עלות

- עלויות הקמה תשתיות: עלויות הנדסיות, זכויות דרך וכו' כולל מרכיבים מיוחדים - מסופים, מוסכים, חניה תפעולית וכיו"ב.
- רכישת כלי רכב ונייד: הצטיידות וחיזוש של כלי רכב (אוטובוסים) רכבות וקרונות.
- עלויות אחזקה שוטפות ותקופתיות: אחזקת מתקנים, מסילות, ציוד ונייד.
- עלויות תפעול: מרכיבי עלויות ייחודים הם: צוות תפעולי (נהגים, סדרנים, מתכננים, כרטיסנים), אנשי מנהלה וכיו"ב.

2.3.5. מרכיבי תועלות

תועלות מדידות בערכים כלכליים כמותיים

- לנוסעים בתחבורה הציבורית - תועלות זמן נחסך.
- לתנועה הכללית: מעבר נסיעות מרכב פרטי לאמצעי התחבורה הציבורית תורם להקטנת העומס ברשת הדרכים ולחיסכון לנוסעים בתנועה הכללית. תועלת זו, עשויה להיות החשובה מכלל התועלות הנמדדות.
- למפעילי התחבורה הציבורית: השיפור בזרימת התנועה תורם להקטנת עלויות תפעול

שוטפות, מגדיל את יעילות השרות וגורם לחיסכון הוני (הצטיינות בציווד נייד).

- חיסכון בחניית כלי רכב: בעקבות צמצום השימוש ברכב הפרטי, נכון בעיקר למרכזים עירוניים (פרק 4.6).
- ערך האופציה: מוכנות הפרט לשלם עבור יכולת לבצע נסיעה בתחבורה ציבורית, כחלופה לרכב הפרטי (פרק 4.7).
- אגלומרציה: שיפור הנגישות למוקדי הפעילות העירוניים, הגדלת הפריון. ייחודי למגה פרויקטים (פרק 4.5.2).

תועלות שאין מדידות בערכים כלכליים כמותיים

- אמינות הנסיעה: לפרויקטים המייצרים תשתית ייעודית לתנועת התחבורה הציבורית, יש תרומה חשובה ל"אמינות הנסיעה", לצמצום אי הוודאות בזמני נסיעה והגעה ליעד. למרכיב אמינות הנסיעה יש ערך כלכלי במונחי שווי זמן נחסך וניצול זמן לפעילויות אחרות. נדרש מחקר למדידה ותמחור מרכיב זה.
- רווחת נוסע: ניצול זמן הנסיעה לפעילויות שונות, נוחות הנסיעה (צפיפות).
- ערך חברתי: נגישות ושיפור נגישות לאוכלוסיות שאין בבעלותן או באפשרותן לנוע ברכב פרטי.
- צדק ושוויון חברתי: הנגשת אזורי תעסוקה, חלוקת תועלות על בסיס חברתי-כלכלי. שיפור הזדמנויות לרבות תעסוקה, חינוך, חברה, תרבות, בריאות, על בסיס פיזור אזורי תעסוקה ומגורים לפי אשכולות חברתיים-כלכליים (פירוט בפרק 4.8).
- בטיחות: אמצעי התחבורה הציבורית נחשבים לבטוחים יותר לנוסעים בהם.
- חיסכון בזכויות דרך: השטחים הנדרשים להפעלת מערך נסיעות בתחבורה ציבורית קטנים משמעותית מאלו המבוססים על תחבורת "הרכב הפרטי".
- היבטים סביבתיים: מערך נסיעות על בסיס תחבורה ציבורית מצמצם מפגעי זיהום אוויר, מפגעי רעש, פגיעה בשטחים ירוקים, וכך תורם לאיכות הסביבה.
- השפעות אורבניות: מערך המבוסס על תחבורה ציבורית תורם למבנה עירוני קומפקטי ולקיום מרכז עירוני פעיל וכלכלי.
- פיתוח אזורי/כלכלי: למגה-פרויקטים בתחבורה ציבורית היוצרים נגישות תחבורתית יעילה, השפעה בתחום זה.
- כאמור לא לכל מרכיבי תועלת אלו קיים ערך שניתן למדידה כמותית/כספית. על עורך הבדיקה להתייחס נורמטיבית למרכיבים אלה בדו"ח הבדיקה.

זמן הנסיעה (פרק 4.1)

נסיעה שגרתית מ"דלת לדלת" כוללת את מרכיבי הזמן הבאים:

- הגעה לתחנה מנק' מוצא (בד"כ הליכה) - המתנה לרכב - נסיעה ברכב - הליכה ליעד.
- תיתכן החלפת אמצעי נסיעה, קו נסיעה אחר או אמצעי נסיעה אחר. אם כך, מרכיבי הנסיעה יהיו: הגעה לתחנה מנק' מוצא (בד"כ הליכה) - המתנה לקו א' - נסיעה בקו א' - מעבר לקו ב' - נסיעה בקו ב' - הליכה ליעד.
- זמן מעבר כולל את סך הזמן בפועל הכרוך במעבר לאמצעי הנסיעה הנוסף, בין אם קו אוטובוס, רכבת או אחר, לרבות המתנה בתחנה לבוא הרכב.
- מרכיבי זמן אלה נמדדים ביחידות זמן מקובלות (דקות וכו'), עם זאת הן בעלות ערך שונה בהיבט של רמת השרות של אמצעי התחבורה ושל רווחת הנוסע. כך, ניתן משקל שונה לזמני הליכה, המתנה והחלפת אמצעי נסיעה, זאת משום שאלו נתפשות כפעילויות פחות נעימות, אשר יוצרות תחושה של אי ודאות לגבי משך הנסיעה, לעומת שלב הנסיעה בתוך כלי הרכב.

ערך הזמן הנחסך של הנוסע בתחבורה ציבורית שונה מזה הכללי, כאשר:

- ניתן משקל שונה למרכיבי הנסיעה. כך 20 דקות נסיעה "מדלת לדלת" בתחבורה ציבורית אינן שוות ערך ל-20 דקות נסיעה ברכב הפרטי.
- מטרות הנסיעה של הנוסע בתחבורה ציבורית שונות מאלו של נוסעי הרכב הפרטי. ניתן להניח כי אחוז הנסיעות ב"ענייני עבודה" נמוך יותר.
- ריבוי משימות (מולטיטסקינג): ניתן להעריך כי יכולת הנוסע לבצע פעילויות מסוימות בזמן נסיעה בתחבורה ציבורית עולה על היכולת לבצען תוך נסיעה ברכב פרטי.

חישוב ערך זמן הנסיעה

להלן הפרמטרים וערכי המחדל שלהם, בחישוב ערך הזמן לנסיעה בתחבורה ציבורית.

לוח 2.2: ערכי ברירת מחדל לזמנים מחוץ לרכב בתחבורה הציבורית

פרמטר	ערך
מרחק הליכה* לתחנה	ממוצע המרחק בין התחנות (ברשת עירונית 400 מ')
מהירות הליכה*	4 קמ"ש
זמן המתנה*	זמן המתנה הממוצע שווה בקירוב למחצית מרווח הזמן בין "ההגעות" (HEADWAYS) של כלי רכב, כאשר המרווח הוא עד חצי שעה. כאשר המרווח הוא מעל חצי שעה הנוסעים מתכננים את זמן הגעתם לתחנה ע"מ למזער את זמן המתנה
זמני המתנה לאמצעי תח"צ	מחיר דקת המתנה יהיה כפול ממחיר דקת נסיעה
זמני הליכה לאמצעי תח"צ	מחיר דקה כמחיר דקת המתנה
מעבר בין אמצעי נסיעה	במעבר בין אוטובוסים: 1/5 משווי שעת נוסע, במעבר בין אמצעים אחרים - בהתאם ליחס שבין קנס הזמן הקיים במודל הפיצול במעבר בין אוטובוסים למעבר בין אמצעים אחרים. ערכי מחדל נוספים: 1/10 משווי שעת נוסע בין אוטובוס לאמצעים אחרים, 1/20 שווי שעת נוסע בין אמצעים מסילתיים או בינם לבין רכב פרטי

* הערה: ערכים אלה אינם תחליף לתחשיבים בתכנון המפורט של הפרויקט

ערכי מחדל (פרק 7.2)

חלק מערכי המחדל בנוהל הקיים, ייחודיים לאמצעי התחבורה הציבורית וחלק אחר טעון עדיין שינוי, בכיוון זה:

- אורך חיי הפרויקט: לפרויקטי מסילה אורך החיים הכלכלי הוא 40 שנים (לעומת 30 שנים לפרויקטים עתירי השקעה אחרים). עבור הקמת תחנות רכבת חדשות על קו קיים - 30 שנה.
- ערך הגרט: ערך הגרט לפרויקטי מסילה נמוך, בשל אורך החיים הממושך יותר.
- שנות תכנון: לפרויקטים הגדולים נדרשות שתיים ורצוי אף שלוש שנות תכנון, בשל אורך חיי הפרויקט.
- התפלגות מטרות נסיעה: ניתן להניח שמטרות הנסיעה של הנוסעים באמצעי התחבורה הציבורית שונות מאלו של נוסעי הרכב הפרטי. אך לנושא זה נדרשת עבודת מחקר.
- מקדם מילוי: מספר הנוסעים בכלי הרכב של התח"צ ייחודי בגודלו והוא מרכיב קריטי בחשוב התועלת הכלכלית. מקדם זה שונה מהותית בין סוג כלי הרכב (אוטובוס, מיניבוס) ובין תקופות יום. חישוב מקדם זה מורכב והשימוש בערך המחדל מחייב זהירות רבה.
- ימי תועלת בשנה: ערך המחדל הינו 260, וראוי לחישוב על פי פעילות הפרויקט הנבדק.

2.3.7. חישוב תועלות זמן נוסעים במודל פיצול

- עורך הבדיקה נדרש לבצע חישוב כדלהלן בכל מקרה בו מופעל מודל פיצול בתהליך הבדיקה:
- חישוב זמני הנסיעה יעשה על בסיס מטריצות מוצא-יעד, כאשר ניתן לבצע זאת בהקבצה לאזורי על.
 - חישוב זמני הנסיעה וקיבוץ המטריצות יעשה לאחר המגבלות המוכתבות על חישוב משכי הנסיעה בקטעים ובצמתים כאמור בפרק 2 - מתודולוגיה.
 - מטריצות הזמנים לחישוב יכללו זמן מ"דלת לדלת" כאמור בסעיף לעיל.
 - עבור זוגות מוצא-יעד בהם לא התבצע מעבר מרכב פרטי לתחבורה הציבורית, יחושב השינוי בזמני הנסיעה כפי שהוא.
 - עבור זוג מוצא יעד $i-j$ עבורו נאמד במודל הפיצול כי יתבצע מעבר מרכב פרטי לתחבורה הציבורית (או באותו האופן, מעבר בין אמצעי תחבורה ציבורית שונים כמו מאוטובוס לרכבת וכו') החישוב יתבצע על פי הנוסחה להלן, המפרקת את התועלת לחיסכון לנוסעים שנשארו לנסוע ברכב הפרטי, תועלת לנוסעים בתחבורה הציבורית (שנסעו בתח"צ בחלופת הבסיס) ותועלת לנוסעים שביצעו מעבר מרכב פרטי לתחבורה ציבורית על פי גישת rule of half:

$$T_{ij} = C_{ij}^1 \times (TC_{ij}^0 - TC_{ij}^1) + P_{ij}^0 \times (TP_{ij}^0 - TP_{ij}^1) + \frac{1}{2} (P_{ij}^1 - P_{ij}^0) \times (TP_{ij}^0 - TP_{ij}^1)$$

כאשר,

$$T_{ij}^0 = \text{התועלת משיפור ברווחה במונחי זמן נסיעה.}$$

$$P_{ij}^0 = \text{נוסעים בתחבורה ציבורית בין } i \text{ ל- } j, \text{ חלופת הבסיס.}$$

$$C_{ij}^0 = \text{נוסעים ברכב פרטי בין } i \text{ ל- } j, \text{ חלופת הבסיס.}$$

$$TP_{ij}^0 = \text{זמן הנסיעה בתחבורה הציבורית בין } i \text{ ל- } j, \text{ חלופת הבסיס.}$$

$$TC_{ij}^0 = \text{זמן הנסיעה ברכב פרטי בין } i \text{ ל- } j, \text{ חלופת הבסיס.}$$

האינדקס העליון 1, מסמל אותם הפרמטרים עבור חלופה "עם פרויקט".

לאחרונה חלה התקדמות בפיתוח מתודולוגיות נוספות לחישוב התועלות בפרויקטים בתחבורה הציבורית שגורמים לשינוי בפיצול הנסיעות. בין המתודולוגיות החדשות נציין את השימוש בתועלת המחושבת במודל הפיצול באמצעות LogSum וחישוב תועלת המבוסס על פיתוחים של תאוריית הרווחה.

להלן דוגמה לחישוב התועלת עבור זוג מוצא-יעד:

	אמצעי	חלופת בסיס		חלופה "עם פרויקט"	
		נוסעים	זמן (דקות)	נוסעים	זמן (דקות)
C	רכב פרטי	60	20	55	18
P	תח"צ	40	25	45	22

שיטה א'

סך התועלת מחושב על פי:

$$55 \times (20 - 18) + 40 \times (25 - 22) + 5 \times (20 - 22) = 220$$

שיטה ב'

סך התועלת מחושב על פי:

$$55 \times (20 - 18) + 40 \times (25 - 22) + 5 \times \left[\frac{1}{2} \times [(25 - 20) + (22 - 20)] + (20 - 22) \right] = 237.5$$

2.3.8. מרכיבי רווחת הנוסע⁹

רקע

רווחתם של הנוסעים במהלך נסיעתם "מדלת לדלת" - בקטעי נסיעה, הליכה, בהמתנה לאמצעי תח"צ ובמעברים ביניהם מהווה חלק מהרווחה הלאומית, ושיפורה, או מאיזך פגיעה בה, צריכים להימדד כחלק מהשפעת פרויקט תחבורתי או הסדרים תחבורתיים על התועלת למשק הלאומי.

נוהלי פר"ת שהיו בתוקף לא כללו עד כה את רווחת הנוסע בחישובי התועלת של פרויקט תחבורתי למשק. לדוגמה, הם לא התייחסו לירידה בתועלת עקב צפיפות במהלך נסיעה באמצעי תח"צ, ולא יחסו תועלת להקלת הצפיפות. זמני הליכה (לכל אמצעי התחבורה) או המתנה, היו אמורים להיכלל בבחינה, כחלק מזמני נסיעות "מדלת לדלת", אך גם אם הם נכללו עלותם במונחי רווחה לנוסע שוקללה כשוות ערך לזמן הנסיעה ברכב ולא מעבר לכך, בניגוד לנגלה מהתנהגות הנוסעים.

מצב זה עומד גם בסתירה לעקרונות המודל התחבורתי העומד ברקע הבדיקה הכלכלית. נכלל בו מודל לפיצול נסיעות בין אמצעי תחבורה. זהו מודל המכמת את רווחת הנוסע במהלך נסיעה (ליתר דיוק: את ה-disutilities, תועלות שליליות או מטרדי הדרך) על פי התייחסות הנוסע למרכיבי

9 שילוב מרכיבי רווחת הנוסע בנוהל פר"ת 2021, מת"ת בע"מ מאי 2020, הדו"ח המלא בנספח 8

הזמן, המחיר והנוחות בנסיעה, ומעריך הסתברות גבוהה יותר לבחירה באמצעי הממזער את מטרדי הדרך לפי הדרך שהנוסעים מעריכים אותם.

פרק זה מציג עקרון ושיטה לכימות מספר מרכיבים עיקריים של רווחת הנוסע במהלך ניתוח כדאיות פרויקטים תחבורתיים. הדגש העיקרי הוא על רווחת הנוסע בתח"צ, אך חלק מהמרכיבים רלוונטיים גם לנסיעה ברכב פרטי.

המרכיבים הם:

- זמני הליכה במהלך נסיעה מדלת לדלת (באמצעי תח"צ, גם ברכב פרטי).
 - זמני המתנה לאמצעי תח"צ.
 - זמני חיפוש חניה/זמני כניסה ויציאה מחניונים.
 - מעברים, ככל שנדרשים, בין אמצעי תחבורה במהלך נסיעה.
 - צפיפות הנסיעה באמצעי תח"צ, תוך מתן תשומת לב לצפיפות יתר.
- לא מובאים בחשבון:
- מרכיבים נוספים של נוחות הנסיעה (חלקם מבוטאים במודל הפיצול ב"קבוע האמצעי").
 - אי ודאות הכרוכה בקיום לו"ז של התח"צ.
 - אי וואות הכרוכה בזמני הנסיעה עצמה.

מספר נוהלי פר"ת במדינות מערביות כוללים את רווחת הנוסע בבדיקה הכלכלית, המתקדמות בהן הן ניו זילנד וצרפת. בניו זילנד מורה הנוהל על כימות מרכיבי נוחות רבים בבדיקה הכלכלית מעבר לרשימה שלעיל. המפורט בפרק זה מהווה צעד ראשון בנושא בארץ.

כבסיס עיקרי לכימות מרכיבי רווחת הנוסע בארץ שימש סקר העדפות נוסעים - מחציתם נוסעי אוטובוסים, מחציתם נוסעי רכב פרטי. הסקר נערך במרץ-אפריל 2019, עבור נסיעות פרבריות או בין עירוניות קצרות ותוצאותיו המפורטות מוצגות בנספח 11 של הדו"ח המלא. הכללת נוסעי הרכב הפרטי נועדה להביא בחשבון במשוקלל גם את פונקציית התועלת שלהם בהתייחסות לרווחת הנסיעה באוטובוסים וכן בהיותם פוטנציאל לנסיעה בתח"צ.

שיטת הערכת הפגיעה ברווחת הנוסע בתנאי צפיפות (לרבות בתנאי עמידה באוטובוסים ובאמצעים מסילתיים), הועתקה בשינויים קלים מהנוהל הצרפתי, כאשר התאמת המקדמים לארץ נעשתה על פי הסקר המוזכר לעיל.

מקדמי מרכיבי הרווחה כמוצג בסעיפים הבאים גם תואמים את המקובל במודלים של פיצול נסיעות, ובכך מצטמצם ההבדל בין הניתוח התחבורתי והכלכלי במהלך הכנת הבדיקה הכלכלית.

שיפור רווחת הנוסע בתח"צ מחייב לרוב הגדלה בתשומות השירות. כימות מרכיבי רווחת הנוסע בנוהל יאפשר לעצב נכון את השירות לנוסע באיזון המתחשב בעלויות הכרוכות בהגדלת רמת השירות מחד, ובתועלת הגדלה של הנוסעים מאידך.

הפרק מחדד את הצורך לבחון את זמני הנוסעים מדלת לדלת, לא רק במהלך נסיעה באמצעי התחבורה אלא גם מחוץ לו בהליכות ובהמתנות. בפרויקט או הסדר תחבורתי המצמצם את זמני הנסיעה ברכב אך מגדיל במקביל את זמני ההליכה או ההמתנה אין תועלת בהיבט של הנוסעים (עשויה להיות תועלת בהיבט של היצע אמצעי התח"צ), ואף נראה שתהיה תועלת שלילית בשל המחיר הגבוה יותר במונחי רווחה לדקה מחוץ לרכב ביחס לדקה ברכב, כמוצג בהמשך.

משתמע שיש צורך לחשב את זמני הנוסעים בחלוקה לזמני נסיעה ברכב, זמני הליכה וזמני המתנה. מדריך לחישוב ו"ערכי מחדל" לזמנים מחוץ לרכב מוצגים בהמשך.

המשתנים שכוחות והמקורות לכוחות

המשתנים המכומתים הם:

- זמן הנסיעה - שווי דקת נסיעה (O.B) באמצעי התחבורה - לצרכי תקנון בעבודה.
- זמן ההליכה - השווי היחסי של דקת הליכה ביחס לדקת נסיעה.
- זמן ההמתנה - השווי היחסי של דקת המתנה ביחס לדקת נסיעה.
- נוחות הנסיעה - הירידה ברווחה עקב צפיפות באמצעי התח"צ וכתלות במשך הנסיעה.
- הירידה ברווחה עקב מעבר בין אמצעי נסיעה במהלך הנסיעה מדלת לדלת (ערך "קנס מעבר") בין אמצעי תחבורה שונים.

כנקודת מוצא להערכת מקדמי התועלת בוצע סקר העדפות מוצהרות בקרב כ-1,550 איש - "סקר העדפות בין מרכיבי רמת שירות בקווי האוטובוסים ונכונות לשלם תמורת שירות משופר" (מרץ-אפריל 2019). הסקר בחן את התייחסות הנוסעים לשינויים בשמונה מרכיבים שונים של רווחת הנסיעה באוטובוסים ע"י הצעת שיפורים ברמת השירות מול ייקור מחיר הנסיעה בשיעורים שונים, או ע"פ תחלופה בין מרכיבים שונים של השירות.

השאלות הוצגו גם לנוסעי רכב פרטי לבחינת העדפותיהם לימים בהם לא יעמוד לרשותם רכב פרטי, וכן לבירור נטייתם בתנאי שירות משופר (אך גם יקר יותר) להשתמש יותר בשירות האוטובוסים.

מקור נוסף למקדמים לקוח ממודלים של פיצול נסיעות. במודלים אלה, האומדים את הסתברות בחירת נוסע באמצעי נסיעה מסוים מבין כמה, נותנים משקל שונה למרכיבי רמת השירות: זמני נסיעה, המתנה והליכה, נוחות האמצעי, מעברים בין אמצעי תחבורה במהלך נסיעה ובנוסף מחיר הנסיעה. לכל דקה, מעבר, או מחיר יש מקדם, העשוי להיות שונה מנקודת הראות של נוסעים שונים או אף לפי מטרת הנסיעה.

לכל נוסע (לפי נקודות המוצא והיעד שלו ואפשרויות הנסיעה השונות ביניהן) מחושב סכום מטרדי הדרך, ה-disutilities כפי שיוצג להלן.

כאשר:

i - אינדקס גורם רמת השירות.

m - אינדקס אמצעי התחבורה.

j - אינדקס סוג הנוסע/ מטרת נסיעה.

$q_{i,m}$ - גורם רמת שירות i באמצעי תחבורה m .

$e_{i,j}$ - מקדם - המטרד הסובייקטיבי שחש נוסע מסוג j עבור דקת נסיעה או יחידה אחרת של גורם רמת שירות i .

$D_{j,m}$ - המטרד הכולל הכרוך בבחירת אמצעי תחבורה m מנקודת הראות של נוסע j .

סכום המטרדים הכרוכים בבחירת אמצעי תחבורה m ע"י נוסע מסוג j יהיה:

$$D_{j,m} = \sum_i e_{i,j} * q_{i,m}$$

הסכימה נעשית במונחי דקות מתוקננות: דקת נסיעה באמצעי הנבדק (in vehicle time) תקבל ערך 1, דקת המתנה עשויה לקבל ערך של 1.8-2.0 וכו'. לפי המודל, ככל שסכום מטרדי הדרך באמצעי m קטן יותר בהשוואה לאמצעים אחרים סיכויי הבחירה בו גבוהים יותר.

גם מחיר הנסיעה מוצג במונחי דקות לפי המקדם $e_{i,j}$ שהוא במקרה זה האקוויולנט בדקות של 1.00 ש"ח לפי ערך הזמן של הנוסע. לדוגמה, לנוסע שערך הזמן שלו הוא 30 ש"ח לשעה המקדם יהיה 2, כלומר כל ש"ח אקוויולנטי ל-2 דקות. כרטיס נסיעה של 5 ש"ח יוצג כ-10 דקות. במקביל, כל דקת נסיעה "עולה" במונחי רווחת הנוסע 0.50 ש"ח. אם דקת המתנה אקוויולנטית ל-2 דקות נסיעה ניתן לחשב שעלות דקת המתנה היא 1.00 ש"ח וכו'.

כלומר ניתן לתרגם את מקדמי מודל הפיצול לעלויות כספיות ולהעריך את עלות הנסיעה במונחי רווחה לפי כל אחד ממרכיבי רמת השירות: זמן, מחיר, נוחות.

מובאים בחשבון מקדמים בהם נעשה שימוש במודלים בארץ וכן מקדמים מומלצים/בשימוש מחו"ל.

מקדמים מעובדים מסקר ההעדפות המוצהרות וממקורות אחרים

1. ערך דקת נסיעה ברכב

לכאורה אין מקום לבחון בנוהל סוגיה זו מכיוון שערך הזמן נקבע בו על בסיס שיקולים משקיים, וללא תיאום עם העדפות הנוסעים. נכונות הנוסעים לשלם תמורת קיצור זמן הנסיעה לא מהווה קנה מידה לחישוב ערך זמן הנוסעים. הנוהל גם אינו מכיר בסגמנטציה בנושא בין נוסעים שונים. מוצג להלן "מתווה" המגשר בין שתי שיטות האמידה, על בסיס הסקר הנדון, ובכל מקרה נדרש אומדן כספי לשווי דקת נסיעה בעיני הנוסעים, היות ושווי זמני הליכה והמתנה משוקללים ביחס לדקות הנסיעה.

ניתוח מפורט של ממצאי הסקר, מעלה בערכים מעוגלים (לפי ערכים חציוניים):

- ערך הזמן של נוסעי אוטובוס - כ-20 ש"ח לשעה.
 - ערך הזמן של נהגי רכב פרטי - כ-40 ש"ח לשעה.
 - במשוקלל (לפי יחס 3:1 בין נוסעי רכב פרטי לאוטובוסים) - כ-35 ש"ח לשעה.
- ערך זה גבוה רק במעט מ"ערך הזמן" בנוהל פר"ת ובשקלול של 10% נסיעות לעבודה ו-90% נסיעות למטרות אחרות, בו הערך הממוצע הוא של כ-30 ש"ח לשעה.
- בהתאם לכך נשתמש בערך הזמן של הנוהל גם כמבטא את ערכו בעיני הנוסע הממוצע, ונשתמש בשווי של כ-30 ש"ח לשעה או 0.5 ש"ח לדקה כקנה מידה להערכת שווי דקת הליכה או המתנה.

2. עלות דקת הליכה

12 דקות הולך נוסע בממוצע ברגל במהלך נסיעה באוטובוס לפי הסקר, כ-6 דקות במוצא וכ-6 דקות ביעד.

זמן ההליכה "עולה" לנוסע יותר מדקת נסיעה בשל המאמץ הכרוך בכך. במודלים של פיצול נסיעות זהו מדד לינארי, וכך מוצע בנוהל.

על בסיס הסקר ובמטרה "להתיישר" עם מודלים של פיצול נסיעות מוצע יחס תחלופה של 1:2, ולפיכך שווי דקת הליכה יהיה 1/30 משווי שעת נוסע (כ-1.0 ש"ח לדקה).

יש להבין מקדם זה כך: דקת הליכה שוות ערך רווחה לשתי דקות נסיעה, מזה דקה עבור הזמן עצמו (שווי אלטרנטיבי של ניצול הזמן), ודקה עבור אי הנוחות הכרוכה בנוסף בהליכה אל ומאמצעי הנסיעה.

ברירת המחדל לזמני הליכה במהלך נסיעה באוטובוסים: 12 דקות (6 בכל צד), כלומר מדובר בעלות של כ-12 ש"ח לנסיעה. אם מוערך מראש זמן הנסיעה מדלת לדלת וזמני ההליכה כלולים יש להוסיף עבור דקות ההליכה כ-6 ש"ח.

עבור רכב פרטי - מוצע להעריך בין 3-6 דקות הליכה בהתאם לאופי אזור המוצא והיעד. בנקודת המוצא, אם היא בית הנהג/נוסע מרחק ההליכה לרוב קצר מאוד, ולעיתים זה המצב גם באזור היעד, ואולם באזורים צפופים החניה אינה קרובה בהכרח ליעד, יש זמני הליכה בחניונים תת קרקעיים במעלה לשטחי תעסוקה, ועוד. חסר סקר המציג במפורט זמנים נלווים לנסיעה ברכב פרטי שמודל ההצבה אינו כולל, ובמקרים בהם יש חשיבות לסוגיה זו מוטב לערוך סקר כנ"ל להערכת זמנים אלה כחלק ממהלך תכנוני או בדיקה כלכלית.

עלות דקת המתנה וחיפוש חניה

גם דקת המתנה נחשבת במודלים של פיצול נסיעות כפוגעת ברווחת הנוסע יותר מדקת נסיעה - לרוב ביחס של 2:1. יש לכך מספר הסברים, חלקם נובעים מאי ודאות לגבי מועד הגעת

האוטובוס, חלקם מאי נוחות ההמתנה, לרוב ברחוב, או מעצם הרגשת העיכוב. לכאורה ניתן להקטין חלק מבעיות אלו ע"י מערכת מידע מתעדכנת, שיפור התחנות ועוד. גם במקרה זה מוצע לדבוק בערך של 2 דקות נסיעה לדקת המתנה, כמקובל במודלים של פיצול נסיעות. דקה עבור הזמן עצמו, דקה עבור הפגיעה ברווחה מההמתנה. בהתאם לכך דקת המתנה "עולה" במונחי רווחה 1.00 ש"ח.

זמן ההמתנה יהיה מחצית התדירות, אך לא יעלה על 20 דקות, דהיינו כאשר התדירות היא אחת לחצי שעה זמן ההמתנה יהיה 15 דקות, אך כאשר התדירות נמוכה מיציאה אחת ל-40 דקות זמן ההמתנה יהיה 20 דקות בלבד.

מוצע להתייחס לזמני חיפוש חניה ברכב פרטי כאל דקות המתנה - אין ספק שרווחת הנוסע נפגעת במצב זה מעבר לערך הזמן המבזבז. אין לכך ערכים מיוחדים במודלים של פיצול נסיעות, וגם סקרים המנטרים זמנים כאלה נדירים. אף על פי כן ראוי להתחשב בנושא זה בבדיקות תחבורתיות בהן הוא עשוי להיות משמעותי, במיוחד עבור מרכזים עירוניים ראשיים (מע"ר) וכן עבור שעות שפל יום (אחרי 9 בבוקר), כאשר מקומות החניה האזוריים כבר נתפסו ע"י רכב שהגיע מוקדם יותר. לנושא זה ניתן לצרף גם את הזמן הנדרש לחיפוש חניה בחניונים עצמם וביציאה מהם.

הנוהל מסמן בכך את הנושא כראוי להתחשבות והערכה כמותית. ערכי המחדל שלהלן הם ברוח זו, כשהנושא ראוי לניטור ומחקר.

ברירת המחדל לאזורי מע"ר ואזורים צפופים אחרים: 3 דקות בשעות 6-9, 6 דקות בשעות שפל היום (עד 15:00), 2 דקות בשעות אחה"צ (15-19) לחיפוש חניה, 3 דקות ליציאה מחניונים. ניתן לשנות ערכים אלה ע"פ בדיקה ובהתאמה אזורית.

3. עלות מעבר בין אמצעי הנסיעה במהלך נסיעה ממוצא ליעד

עלות המעבר בין אמצעי תחבורה במהלך נסיעה (ידוע כ"קנס מעבר"), מבטאת ירידה ברווחת הנוסע עקב הצורך במעבר בין אמצעי תחבורה במהלך נסיעה שלו. אם המעבר מאמצעי לאמצעי כרוך בהליכה ו/או בהמתנה הם נמדדים בנפרד. עלות המעבר מבטאת רק את אי הנוחות הכרוכה בעצם המעבר: בירידה מאמצעי נסיעה אחד ועליה לשני, איתור האמצעי, צורך בהתמקמות מחדשת באמצעי הנסיעה הנוסף וכו'. לכך עשויה להתלוות תחושת אי וודאות ביחס לסינכרוניזציה (ככל שקיימת) בין אמצעי הנסיעה. במצב זה עשויים נוסעים להעדיף זמן נסיעה ארוך יותר באמצעי אחד מאשר נסיעה מפוצלת.

ממצאי הסקר מצביעים על "עלויות מעבר" גבוהות במעבר בין אוטובוסים של עד ל-16 דקות. מוצע ערך ממותן של 12 דקות כמחיר מעבר בין אוטובוסים: במונחים כספיים כ-6 ש"ח למעבר.

עלויות המעבר בין אמצעים אחרים נמוכות יותר ומוצעות במונחי דקות נסיעה כך:

- עלות מעבר בין רכב פרטי או אמצעי מסילתי לאוטובוס - 6 דקות (כ-3 ש).

- עלות מעבר בין אמצעים מסילתיים לבין עצמם או בין רכב פרטי לאמצעים אלה, 3 דקות (כ-1.50 ש).

4. עלות הצפיפות באוטובוס

א. תיאור כללי

הסקר ממרץ-אפריל 2019 מאפשר לאמוד את "עלות הצפיפות" בעיני הנוסעים בארץ באופן שמאפשר עקרונית את שילובו בנוהל. השילוב נעשה במתודולוגיה דומה לזו של הנוהל הצרפתי. צפיפות בולטת קיימת לפי התשובות בכ-15% מהמקרים, בעוד שבכ-38% מהמקרים היא קיימת באופן משמעותי. פחות מ-10% ממשתתפי הסקר נוסעי האוטובוסים העידו שתמיד יש מושב פנוי בעלותם לאוטובוס.

ב. נכונות לשלם תמורת נסיעה באוטובוס לא צפוף

ממצאי הסקר הצביעו על נכונות לשלם 5 ש"ח עבור שיפור נסיעה שאורכת 40 דקות עם תוחלת של 1/6 מהזמן בעמידה. מכאן מתקבל יחס של 0.125 ש"ח לדקה. זו תוספת של 30% לערך הזמן של הנוסע. אך אם נתייחס לזמני עמידה בלבד (שליש מהדרך במחצית הימים) שווי הימנעות מדקת עמידה הינו 0.75 ש"ח, 150% מערך דקה בממוצע. יש להדגיש שבאוטובוס צפוף נפגעת גם רווחת הנוסעים בישיבה.

ג. עלות הצפיפות בנוהל פר"ת בצרפת

בנוהל פר"ת בצרפת שפורסם ב-2013 מוצעות נוסחאות לביטוי לעלות הנוספת (מבחינת רווחת הנוסע) לנסיעה באוטובוס בו נוסע אחד לפחות עומד (עובדה הפוגעת, כאמור, גם ברווחת היושבים). הנוסחאות נכונות לאוטובוס בלבד. במהדורת נוהל פר"ת הצרפתי מ-2018 נוספו עלויות צפיפות גם לאמצעים מסילתיים, לרבות רכבת תחתית, ואולם הן אינן מחושבות ע"פ יחס העומדים/יושבים באמצעי אלא לפי צפיפות הנוסעים בקרון במונחי נוסעים למ"ר. שיטת ההתחשבות בצפיפות באוטובוסים מ-2013 מוצגת בלוח 2.3 להלן.

לוח 2.3: רשימת המשתנים לחישוב הצפיפות באוטובוס

סימן	שם המשתנה	ערך
P1	מספר הנוסעים בישיבה	
P2	מספר הנוסעים בעמידה	
t	משך הנסיעה	
α_1	מקדם לנוסע יושב (חותך)	1.00
b_1	מקדם לנוסע יושב (שיפוע)	0.08
α_2	מקדם לנוסע עומד (חותך)	1.25
b_2	מקדם לנוסע עומד (שיפוע)	0.09
T_0	זמן נסיעה לכלל הנוסעים	
T_1	זמן נסיעה לכלל הנוסעים לרבות קנס	
U	יחס הזמן בצפיפות לזמן ללא צפיפות	

$$T_0 = (p_1 + p_2)t$$

$$T_1 = (p_1(a_1 + b_1p_2) + p_2(a_2 + b_2p_2))t$$

$$U = \frac{T_1}{T_0}$$

הביטוי לירידה ברווחה באוטובוס צפוף הוא ב"קנס" בזמן נסיעה, הגדל ככל שגדל מספר הנוסעים בעמידה באוטובוס, אך לא גדל לדקת נסיעה ככל שהנסיעה מתארכת. הנוסחאות תוקפו בסקרי העדפות מוצהרות. בלוח 2.4 דוגמה חישובית ל"קנס" הנובע מתוספת 10 נוסעים בעמידה לאוטובוס בו ישבו 50 נוסעים.

לוח 2.4: חישוב הירידה ברווחה בנסיעה באוטובוס צפוף לפי נוהל פר"ת בצרפת - 2013

מספר נוסעים	זמן ממוצע בדקות	חותך	שיפוע	מכפלת תוספת הזמן לנוסע	סה"כ זמן נסיעה לפי סוג נוסע	סה"כ לכלל הנוסעים מכל סוג	קנס במונחי זמן	תוספת קנס לזמן נסיעה בפועל
נוסעים	דקות	מספר	מספר		דקות	דקות	דקות	אחוזים
בישיבה	10	1	0.08	1.8	18	900	400	80%
בעמידה	10	1.25	0.09	2.15	21.5	215	115	115%
					סה"כ	1115	515	85.8%

זמן הנסיעה הכולל לפי הלוח הוא 500 דקות לנוסעים בישיבה ו-100 דקות לנוסעים בעמידה. ע"פ הנוסחה שווי הרווחה של הנוסעים בישיבה הופך מ-500 ל-900 דקות, של הנוסעים בעמידה מ-100 ל-215 דקות, ושווי הזמן הכולל גדל ב-515 דקות, כ-86% מעבר לזמן הנוסעים המדוד. משתמע שבתנאים המוצגים יש לתרגם כל דקת נוסע ל-1.86 דקות.

הסקר מצא שיש תועלת רבה בעיני הנוסעים לנסיעה באוטובוס לא צפוף. השאלון בנושא היה קצר ולא מפורט דיו לכימות פונקצית תועלת מהקלת הצפיפות, אך "סימן" תחום, של הכפלת

מחיר הנסיעה (בהתחשב חלקית בנוסעים פוטנציאליים מהרכב הפרטי) כדי להימנע מאוטובוס צפוף כאשר תוחלת משך העמידה של הנוסע המרואיין רק כשישית ממשך הנסיעה. בממוצע נמצאה תוספת של 30% לזמן הנסיעה - שקול ל"קנס" של 30% במודל הצרפתי. קנס כזה מתקבל במצב בו באוטובוס של 50 מושבים נוסעים 10 בעמידה לאורך שלישי דרך.

ד. ביטוי מוצע בנוהל לעלות צפיפות נסיעה באוטובוסים

כדי לאמץ את הנוהל הצרפתי או את מתכונתו בתנאי הארץ צריך לוודא שבתחזיות התנועה ידוע מספר הנוסעים הממוצע באוטובוס. ערך זה ניתן לחילוץ ממספר הנוסעים השעתי ומתדירות קווי האוטובוס - בהנחת דגמי האוטובוסים ומספר המושבים בהם. בקווים מאספים בהם מספר הנוסעים יכול להשתנות אחרי כל תחנה החישוב צריך להיות לקטע.

העלות תחושב כתלות במספר הנוסעים בעמידה, בדומה לתחשיב בצרפת, ועם זאת באופן פחות מפורט. התחשיב יהיה לקנס הזמן ולא לזמן הכולל ובפישוט הבא:

- ללא הבחנה בין הירידה ברווחה לנוסעים בישיבה או בעמידה בקטע צפוף (במודל הצרפתי ההבדל ביניהם קטן).

- ללא ירידה נוספת ברווחה של העומדים (הבא לידי ביטוי ב"חותך" גבוה מ-1). ערך החותך במודל הצרפתי גבוה רק במקצת מ-1 ומעלה רק במעט את העלות הכוללת של הצפיפות.

- עלות הצפיפות מוצעת גם בערכים ממוצעים נמוכים ביחס לנוהל בצרפת:

נסמן:

לוח 2.5: רשימת המשתנים לחישוב הצפיפות באוטובוס

סימן	שם המשתנה	ערך מוצע	הערות
P	מספר נוסעים שעתי בקטע		
b	מספר האוטובוסים בשעה		
t	משך הנסיעה בקטע (בדקות)		
M	מספר המושבים באוטובוס		
v	ערך דקת נוסע (בש"ח)	0.5	עדכון לפי לוח 4.1
a	מקדם עלות צפיפות לנוסע בעמידה	0.025	5% מ-v ערך דקה
C	עלות הצפיפות בשעה בקטע		

עלות הצפיפות לקטע תהיה בהתאם לפונקציה המפוצלת הבאה:

$$C = 0 \quad \leftarrow \quad \frac{p}{b} \leq M$$

$$C = \left(\frac{p}{b} - M \right) * a * t * p * v \quad \leftarrow \quad \frac{p}{b} > M$$

נוסעים בעמידה זמן נוסעים בקטע

לדוגמה: בקו עם אוטובוסים בהם 40 מקומות ישיבה ($M=40$) המסיעים בקטע מסוים בממוצע 52 נוסעים ($p/b=52$) במשך 10 דקות ($t=10$) תהיה עלות הצפיפות לנוסע לקטע אקוויולנט של 3 דקות נוסע ($0.025 \cdot 10 \cdot 12$). אם מספר העומדים יהיה בממוצע 20 עלות הצפיפות הנ"ל תהיה שקולה ל-5 דקות. עבור כלל הנוסעים באוטובוס אחד תהיה העלות 156 דקות (78 ש"ר) או 260 דקות (130 ש"ר) בהתאמה.

יש גם לבחון את ההנחה שלוח הזמנים נשמר במדויק. חלק מהצפיפות באוטובוסים בקווים תדירים ועתירי נוסעים יכול לנבוע (ונובע) משיבוש במרווח בין אוטובוסים עוקבים, גם כשמספר יציאות האוטובוסים בקו בשעה נשמר כמתוכנן. הדבר גורם לצפיפות יתר באוטובוס שהתעכב. אי סדירות זו, גם כשהיא קלה לכאורה (לדוגמה: במקום יציאה אחת ל 10 דקות המרווח בין אוטובוסים עוקבים יהיה 8 דקות ואחריו 12 דקות) עלולה להגדיל את עלות הצפיפות באופן משמעותי, בהתאם לנתוני הקו.

אי התחשבות בגורם אי הסדירות בעיתוי יציאות האוטובוסים מפחיתה מעלות הצפיפות/מהתועלת שבהקלת הצפיפות, וראוי להתחשב בה במקרים המועדים לתופעה זו ע"י מיצוע בין קצב יציאות אוטובוסים גדול וקטן במקצת מהממוצע. לדוגמה: תחשיב הצפיפות במקרה של יציאת 6 אוטובוסים לשעה יהיה הממוצע בין יציאות 5 ו-7 אוטובוסים. תחשיב כזה עשוי להעלות (כתלות במספרי הנוסעים) את עלות הצפיפות ב-20 עד 30 אחוזים.

ראוי לאמוד כך את עלות הצפיפות במקרים העוסקים בשירותי האוטובוסים, או שבהם הם מהווים חלק משמעותי בפרויקט הנדון.

5. עלות הצפיפות באמצעים מסילתיים

ראוי לבטא את עלות הצפיפות גם באמצעים מסילתיים. לא נערכו סקרים בארץ המאפשרים לכמת זאת במדויק. מוצע לשלב את עלות הצפיפות באמצעים אלה באופן זהיר, לפי המודל הצרפתי שיתואר להלן, אף שנראה שלא יבטא את מלוא עלות התופעה.

בעיקרון, השפעת הצפיפות על רווחת הנסיעה פחותה ביחס לאוטובוסים בשל מבנה הנסיעה והאמצעי, סטיית התקן הנמוכה יותר של המהירות הרגעית באמצעים המסילתיים, ביחס לממוצעת בהשוואה לאוטובוס ועוד. נראה שחווית העמידה במהלך נסיעה באוטובוס נוחה פחות ביחס לאמצעים מסילתיים. חלוקת השטח הפנימי בקרונות ברכבות עירוניות מאפשר מקומות עמידה ותנועה פנימית מהירה מהכניסות/יציאות לקרון על חשבון תוספת מושבים.

עם זאת, גם ברכבות קלות ותחתיות יש ירידה ברווחת הנוסעים ככל ששטח הקרון מתמלא בנוסעים בעמידה. הירידה ברווחת הנסיעה אינה בהכרח בעצם העמידה, אלא בצפיפות העמידה, העלולה להפוך למעיקה, להקשות על יציאה מהקרון, להאריך את זמן היציאה ועוד. ברכבות כבדות בין עירוניות הנושא משמעותי יותר בשל מבנה הקרון, הכולל מעברים צרים, וכן בשל אורך הנסיעה.

נוהל פר"ת בצרפת (מ-2018) כולל תחשיב לעלות הנסיעה בתנאי צפיפות באמצעים מסילתיים כמתואר בלוח 2.6 להלן.

לוח 2.6: מבנה תחשיב עלות הצפיפות באמצעים מסילתיים- נוהל פר"ת צרפת (2018)

קנס זמן בדקות לכל דקת נסיעה כביטוי לעלות הצפיפות		משתנה בלתי תלוי	יחידות	
חשמלית (Tramway)	רכבת פרברית, מטרו			
$Ka=0.10455*Pd$	$Ka=0.085*Pd$	Pd - נוסעים בעמידה למ"ר	נוסעים למ"ר	נוסעים בישיבה
$Kd=0.3125+0.125*Pd$	$Kd=0.25+0.09*Pd$		נוסעים למ"ר	נוסעים בעמידה

Ka - עלות הצפיפות (בדקות לכל דקת נסיעה) עבור נוסעים בישיבה.
Kd - עלות הצפיפות (בדקות לכל דקת נסיעה) עבור נוסעים בעמידה.

הנחיות הפעלת הנוסחאות הן שכאשר Kd הוא בתחום הקטן מ-3 נוסעים בעמידה למ"ר, מציבים $Pd=3$ בהפעלת הנוסחה. כאשר אין נוסעים בעמידה ($Pd=0$) או כמעט אין נוסעים בעמידה, הצפיפות היא 0.

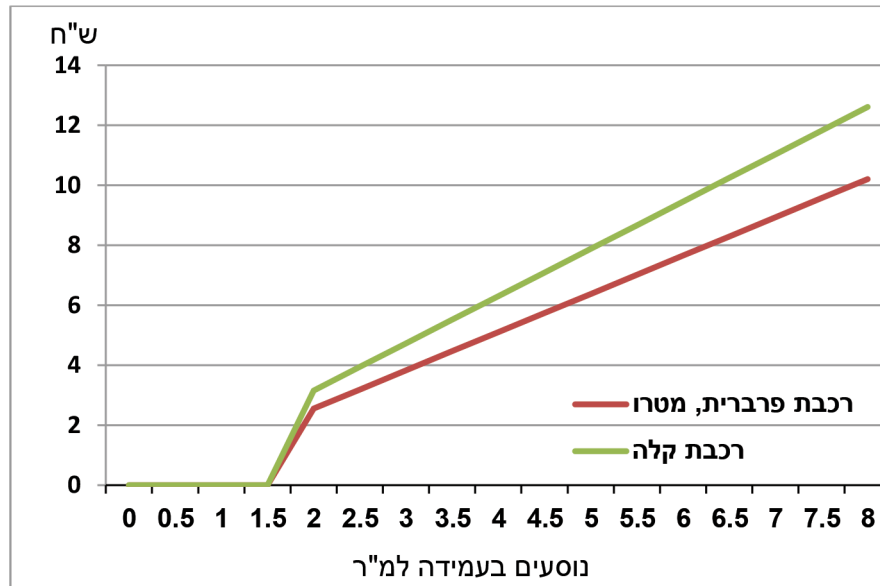
מטעמי זהירות, וכדי לאפשר לראשונה התחשבות בצפיפות בנוהל פר"ת 2021 בארץ, וכן לאחר בחינת סבירויות הערכים המתקבלים, מוצע להתחשב בשיפוע בלבד של נוסחאות קנס הזמן שלהלן, וכן להפעילן, בניגוד לנוהל בצרפת רק כאשר צפיפות הנוסעים בעמידה גבוהה מ-1.5 למ"ר.

ההצעה היא לקנס יחסי לדקת נוסע של 0.085 דקה לנוסע בעמידה למ"ר ברכבת כבדה/מטרו, ול-0.105 דקה לכל דקת נסיעה ברכבת קלה (לפי חשמלית). ערכים אלה הם הקנסות לנוסעים בישיבה, אך היחס בין קנסות אלו לקנסות עבור העומדים לא נמוך בהרבה מ-1.

איור 2.4 מדגים את המשתמע משיטת התחשיב ומהמקדמים המוצגים על עלות הצפיפות בנסיעה רצופה בצפיפות אחידה של 30 דקות. הצפיפות מוצגת בטווח שבין 0-8 נוסעים בעמידה למ"ר. צפיפות של 8 נוסעים למ"ר קיצונית מאוד. ברכבות עירוניות הצפיפות משתנה בין קטע לקטע במהלך 30 דקות נסיעה.

הטווח המתקבל לעלות הצפיפות הוא 0 ש"ח לנסיעה הנ"ל של 30 דקות כאשר אין נוסעים בעמידה ובצפיפות של עד 1.5 נוסעים למ"ר, ועד ל-10 ש"ח ברכבת פרברית/מטרו או כ-13 ש"ח ברכבת קלה בצפיפות קיצונית של 8 נוסעים בעמידה למ"ר במשך כל הנסיעה.

איור 2.4: עלות הצפיפות לנוסע ברכבות בנסיעה של 30 דקות כתלות במספר העומדים למ"ר



בפועל העלות המרבית היא של מספר של 20 נוסעים לנוסע לנסיעה עירונית-פרברית. בנסיעה ארוכה (כגון מחיפה לת"א) ברכבות עמוסות במיוחד העלות המחושבת יכולה לעלות על 20 ש"ח לנוסע (כאשר אורך הנסיעה 80 דקות).

צפיפות של 8 נוסעים בעמידה למ"ר היא קיצונית, אך נראה שבפועל מתרחשת לעיתים, גם בעולם המערבי. בצפון אמריקה הערך המתוכנן הגבוה במטרו הוא 7 נוסעים בעמידה למ"ר, לפי המקור:

Tom Parkinson, Jan Fisher, Transit Cooperative Research Program Rail Transit Capacity -

Standing density:

במקור זה יש הגדרה לשטח המיועד לעמידה בקרון, ומוצג סטנדרט לצפיפות הנוסעים בעמידה בין 1.5-7.0 נוסעים למ"ר:

"Car floor space not occupied by seating, or designated for wheelchair, baggage or bicycle storage, can accommodate the typical 4 passenger per m² or may range widely (from 1.5 to 7 passenger per m² in North America)."

הפעלת השיטה המוצגת לעיל מחייבת הכרת נתוני קרונות הנוסעים:

- שטח הפנימי, מתוכם שטחים לעמידה.
- מספר המושבים.

בהעדר מידע מפורט ניתן לחשב את שטח העמידה כהפרש בין שטח הקרון ע"פ מימדיו לשטח המושבים (בניכוי שטח פנימי כאמור לצרכים אחרים). צפיפות המושבים נעה בין 1.5 למ"ר ברכבות מרווחות ל-2.0 למ"ר ברכבות אחרות.

לוח 2.7: דוגמה לממדי קרון, חלוקת שטחו הפנימי וקיבולת הנוסעים שלו מארה"ב:

25.90X3.10	מימדים (מ')
90	מושבים
80.29 מ"ר	שטח הקרון
39 מ"ר	מזה שטח המושבים לפי 1.8 מושבים למ"ר
10 מ"ר	שטחים למתקנים/ מחיצות
31 מ"ר	שטח מיועד לעמידה
217	קיבולת נוסעים בעמידה לפי 7 למ"ר
287	קיבולת נוסעים בקרון
75.6%	שיעור העומדים בקיבולת מלאה ביחס לכלל הנוסעים

דרך ביצוע התחשיב לעלות הצפיפות בנוהל:

- התחשיב נערך בנפרד לכל קטע מסילה (בין שתי תחנות)
- מחשבים את מספר הנוסעים בעמידה בממוצע למ"ר בשעה בקטע לפי הנוסחה:

$$Pd = \frac{(P - n * M)}{n * s}$$

כאשר:

Pd - נוסעים בעמידה למ"ר.

P - מספר הנוסעים בשעה בקטע.

n - מספר הרכבות בשעה.

M - מספר המושבים ברכבת.

s - השטח בו מתאפשרת עמידה ברכבת.

- מחשבים את עלות הצפיפות לפי הנוסחה: $C = Pd * a * v$

כאשר a הוא מקדם. הערכים המוצעים ל- a הם כאמור:

לוח 2.8: ערכים מוצעים עבור המשתנה a לפי סוג הרכבת

0.105 ברכבת קלה

0.085 ברכבת פרברית/מטרו

וכאשר v הוא ערך הזמן הממוצע לנוסע - 0.50 ש"ח לדקה לפי לוח 4.1. ערך זה יתעדכן לפי השינוי בערך הזמן בנוהל ולפי הלוח.

תחשיב זה מציב את נושא צפיפות הנסיעה באמצעי התח"צ כחלק חשוב מכימות רווחת הנוסע.

הוא מאפשר לבחון (ואולי להצדיק כלכלית) רכישת תוספת קרונות עבור היקף נוסעים נתון. מאידך, הוא מפחית מכדאיות פרויקטים מסילתיים בהם צפויה צפיפות רבה של נוסעים, שללא התחשיב הבחינה הייתה מתעלמת מהאיכות הנמוכה של נסיעתם.

לנושא יש חשיבות במיוחד בבדיקת כדאיות של פרויקטים מסילתיים. היקף הנייד הנרכש והתאמתו לביקוש הצפוי לרוב לא נבחן בבדיקה הכלכלית. הכללת תחשיב עלות הצפיפות עשויה לסייע לרכש מתאים ע"י מציאת האיזון הנכון בין עלות הציוד לעלות הצפיפות הנובעת מרכישתו.

6. סיכום

רווחת הנוסע במהלך נסיעה היא חלק מהרווחה הכללית של האוכלוסייה, המהווה יעד לאומי כלכלי מרכזי, ובהתאם גם ליעד תכנון תחבורה. מדידת הרווחה של נוסעי התח"צ מוצעת לכימות במשתנים הבאים:

- זמני המתנה לאמצעי תח"צ - מחיר דקת המתנה יהיה כפול ממחיר דקת נסיעה.
- זמני חיפוש חניה/יציאה מחניונים ברכב פרטי - מחיר דקה כמחיר דקת המתנה.
- זמני הליכה לאמצעי תח"צ או אל/מ רכב פרטי - גם מחיר דקת הליכה יהיה כפול ממחיר דקת נסיעה.
- מעבר בין אמצעי נסיעה - עלות מעבר במונחי ירידה ברווחת הנוסע - במעבר בין אוטובוסים: 1/5 משווי שעת נוסע, במעבר בין אמצעים אחרים - בהתאם ליחס שבין קנס הזמן הקיים במודל הפיצול במעבר בין אוטובוסים למעבר בין אמצעים אחרים. ערכי מחדל נוספים: 1/10 משווי שעת נוסע בין אוטובוס לאמצעים אחרים, 1/20 שווי שעת נוסע בין אמצעים מסילתיים או בינם לבין רכב פרטי.
- עלות הצפיפות בתח"צ - הנושא מוצג בנוסחאות מתאימות לשירות האוטובוסים ע"פ מספר הנוסעים בעמידה בקו ולשירות מסילתי לפי צפיפות העומדים למ"ר (החל מסף של 1.5 נוסעים למ"ר בשטח הקרון המיועד לעמידה). העלות גדלה בשני המקרים ככל שמספר הנוסעים בעמידה גדל (לוח 2.5).

מסיבות מעשיות לא מוצע כימות למשתני רווחה נוספים.

כל מקדמי עלות הפגיעה ברווחת הנוסע צמודים לערך שעת נסיעה בנוהל, ויעודכנו בהתאם.

2.4. שיטת חישוב הכדאיות הכלכלית

חישוב הכדאיות הכלכלית בנוהל פר"ת, נעשה מנקודת מבט של המשק הלאומי. כדאיות הפרויקט הכלכלית נערכת במתודת תועלת עלות - CBA (Cost Benefit Analysis). שיטה זו מבוססת על זיהוי וכימות במונחים כספיים של מרכיבי העלויות ותועלות הפרויקט. עלויות ותועלות שלא ניתן להעריך במונחים כספיים, אינן כלולות בנוסחת החישוב. כדאיות הפרויקט מוצגת במספר מדדים כמפורט בהמשך.

נוהל חישוב CBA מתבצע בשלבים הבאים:

1. חישוב עלויות הפרויקט: עלות ההקמה (ההשקעה), עלויות שוטפות (אחזקה) - כמפורט בפרק 3.
2. חישוב תועלות הפרויקט: זמן נחסך לנוסעים ונהגים מקצועיים, חיסכון בעלויות תפעול כלי הרכב ואחרות, כמפורט בפרק 4.
3. חישוב ערך גרט - כמפורט בפרק 7.2.1.
4. הכנת זרם התועלות והעלויות השנתי: חישוב התועלות והעלויות לכל אחת משנות חיי הפרויקט הכלכליות, לרבות תקופת הקמת הפרויקט. זרם התועלות נטו מחושב כהפרש בין סך התועלות השוטפות לסך העלויות השוטפות של אותה שנה. בתקופת הקמת הפרויקט, הזרם הכספי השנתי הנו של עלות ההשקעה ולעיתים גם של עלויות הפרעה לתנועה (פרק 3.3).
5. חישוב מדדי הכדאיות כמפורט להלן.

2.4.1. מדדי הכדאיות

מדדי הכדאיות המחושבים בנוהל פר"ת מבטאים את:

- הכדאיות הכלכלית ומידת הכדאיות של הפרויקט.
- עיתוי ההשקעה - השנה הכלכלית המתאימה לביצוע הפרויקט. זו השנה הראשונה שבה תועלות הפרויקט גבוהות מהעלויות השוטפות, כולל ריבית ההיוון על ההשקעה.
- מידת "הסיכון" ואי הוודאות של הפרויקט.

שלושת המדדים הראשונים המוצגים להלן מתייחסים למידת הכדאיות של הפרויקט והם במידה רבה חליפיים. מדדים 4 ו-5 מתייחסים לעיתוי השקעה בפרויקט, ומדד 6 למידת הסיכון ואי הוודאות בכדאיות הפרויקט.

הערה: המדדים הראשיים להלן ניתנים לחישוב בפונקצית "פיננסים" בתוכנת אקסל

מדדי כדאיות כלכלית

1. ערך נוכחי נקי - ענ"נ (Net Present Value - NPV)

מדד כדאיות זה מציג את התועלת נטו של הפרויקט, בערך נוכחי. נק' הייחוס לערך הנוכחי היא בדרך כלל שנת האפס של הפרויקט - דהיינו מועד תחילת ההשקעה.

הערך הנוכחי של פרויקט הנו הפרש שבין הערך הנוכחי של עלות הפרויקט (בדרך כלל ההשקעה, לעיתים גם עלויות הפרעה לתנועה במהלך תקופת ההקמה) לבין הערך הנוכחי של זרם התועלות השנתי נטו שלו, לאורך מלוא משך החיים הכלכלי. זרם התועלות נטו כולל את עלות מרכיב עלויות האחזקה השוטפות, וכן את ערך הגרט של הפרויקט.

קריטריון החלטה: הפרויקט כדאי אם הערך הנוכחי הנקי (ע.ג.נ.) שלו הנו חיובי.

$$NPV(r,n) = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad \text{נוסחת החישוב:}$$

כאשר:

CF_i = זרם התועלות נטו לשנה i (בתקופת הביצוע, זרם התועלות נטו מורכב בדרך כלל מעלות ההשקעה בלבד).

r = שער הריבית להיוון.

n = אורך החיים הכלכלי של הפרויקט (שנים).

הפרויקט כדאי כאשר $NPV(r,n) > 0$, ככל שערכו של $NPV(r,n)$ גבוה יותר, עולה מידת הכדאיות של הפרויקט.

2. שיעור תשואה פנימי - שת"פ (Internal Rate of Return - IRR)

שיעור התשואה הפנימי הנו שער הריבית עבורו מתקיים שוויון בין הערך הנוכחי של זרם תועלות הפרויקט (נטו) לבין הערך הנוכחי של עלויות הפרויקט, לאורך משך החיים הכלכלי של הפרויקט. בשער זה, הערך הנוכחי הנקי של הפרויקט (NPV) שווה לאפס.

מדד שיעור התשואה הפנימי מצביע על יעילותה ואיכותה של השקעה ספציפית, לעומת מדד הערך הנוכחי הנקי המצביע על גודל הכדאיות.

קריטריון החלטה: אם שער התשואה הפנימי (IRR) גבוה או שווה לשער היוון הפרויקט, הפרויקט כדאי.

נוסחת החישוב:

$$IRR = \left\{ \bar{r} \mid \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+\bar{r})^t} = 0 \right\}$$

כאשר:

$$r = \text{שער היוון.}$$

CF_i = זרם התועלות נטו לשנה i (בתקופת הביצוע, זרם התועלות נטו מורכב לרוב מעלות ההשקעה בלבד).

$$n = \text{תקופת הבדיקה הכלכלית בשנים.}$$

3. יחס תועלת/עלות (Benefit-Cost Ratio)

זהו מדד יחס, בין הערך הנוכחי של תועלות הפרויקט השוטפות נטו (שאינן כוללות את עלות ההשקעה) (המונה) לערך הנוכחי של עלות ההשקעה בפרויקט (המכנה).

בחישוב מדד זה, יש לנכות את הערך הנוכחי של גרט הפרויקט מעלות ההשקעה (ע.ג.).

יחס תועלת/עלות מכונה לעיתים גם בשם מדד הרווחיות (Profitability Index) ויתרונו במובנותו האינטואיטיבית למקבלי החלטות, כמשקף את התועלת מכל שקל המושקע בפרויקט.

קריטריון ההחלטה: הפרויקט כדאי כאשר היחס תועלת/עלות גבוה מ-1

$$B/C(r, n) = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}} \quad \text{נוסחת חישוב:}$$

כאשר,

$$B_i = \text{תועלות הפרויקט נטו בשנה } i.$$

$$C_i = \text{עלות ההשקעה פרויקט בשנה } i.$$

$$r = \text{שער הריבית להיוון.}$$

$$n = \text{תקופת הבדיקה הכלכלית בשנים (משך החיים הכלכלי של הפרויקט).}$$

סיכום מדדי הכדאיות הכלכלית

בבדיקת כדאיות של פרויקט בודד, המדדים ע.ג.ג., ש.ת.פ., יחס תועלת/עלות, מניבים בדרך כלל תוצאות זהות¹⁰. בכל הקשור לקביעת סדר עדיפויות או לדרוג כדאיות הפרויקטים, בעיקר בין פרויקטים עתירי השקעה לדלי השקעה, תוצאות המדדים עשויות להיות שונות. במקרים אלו ובעיקר בהכנת "סל השקעות" במסגרת תקציב נתון, הכלל המועדף יהיה שימוש במדד ע.ג.ג. כאשר השימוש בו ככלל החלטה מביא את הערך הנוכחי הנקי של הסל לגבוה ביותר.

10 כל עוד יש לפרויקט תקופת השקעה אחת ולאחריה תקופת תועלות. בפרויקטים בהם ההשקעה נעשית בשלבים וזרם התועלות אינו רציף, ייתכנו תוצאות שונות בין המדדים

מדדי עיתוי השקעה

היה וההשקעה בפרויקט כדאית מהו המועד שבו כדאי, מהזווית הכלכלית, להתחיל בביצוע ההשקעה.

4. מדד "השנה ראשונה לכדאיות" (UAS)

השיטה המקובלת לחישוב השנה הראשונה לכדאיות, מבוססת על חישוב עלות שנתית אקוויוולנטית (UAS – Uniform Annual Series), והשוואתה לתזרים התועלות, כדלקמן:

- חישוב העלות השנתית האקוויוולנטית של הפרויקט, בהנחת החזר ההשקעה (עלות הקמת הפרויקט) קבוע, לאורך החיים הכלכליים של הפרויקט.
- השוואת התועלות השנתית נטו של הפרויקט לעלות השנתית האקוויוולנטית (UAS).

כלל החלטה: השנה הראשונה שבה התועלת השנתית נטו של הפרויקט תהייה שווה או גדולה מהעלות השנתית האקוויוולנטית, היא השנה הראשונה לכדאיות ההקמה.

חישוב ה-UAS (ניתן להשתמש בנוסחת אקסל P.M.T)

$$UAS = \frac{PV(Cost) \times r}{1 - \frac{1}{(1+r)^m}}$$

כאשר:

m = אורך חיי הפרויקט הכלכלי.

r = שער הריבית להיוון.

5. שיעור החזר שנה ראשונה (First Year Rate of Return)

חישוב מהיר יותר אך מדויק פחות, הנו שיעור התועלת נטו (ע.ג.) בשנה הראשונה לפתיחת הפרויקט (B_1) מסך ההשקעה בפרויקט (ע.ג.).

קריטריון החלטה: שיעור החזר (FYRR) נמוך משער ההיוון מצביע על היתרון הכלכלי בדחיית ביצוע הפרויקט.

נוסחת החישוב היא:

$$FYRR = \frac{B_1}{PV(Cost)}$$

כאשר:

B_1 - התועלת השוטפת נטו בע.ג. של השנה הראשונה (למועד הפתיחה לתנועה).

Cost - עלות ההשקעה בע.ג.

סיכום מדדי עיתוי ההשקעה

מבין שני המדדים לעיל, המדויק יותר מתבסס על חישוב UAS. מדד החזר השנה הראשונה, מוטה במידת מה כלפי מעלה (אך ככל ששער ההיוון גבוה יותר מידת הדיוק בו גדלה). כל עוד לא נדרש דיוק קפדני, ניתן להשתמש בשני המדדים.

מדדי אי ודאות "סיכון"

6. תקופת החזר ההשקעה (Payback Period - PP)

תקופת החזר ההשקעה נמדדת ממועד היווצרות תועלות הפרויקט (בד"כ עם סיום ההשקעה) ועד למועד כיסוי עלות ההשקעה. זהו מספר שנות תועלת (בע"ג), הנדרשות לכיסוי עלות ההשקעה (ע"ג).

שיטת החישוב: יש לחשב את הע"ג של ההשקעה ואת הע"ג המצטבר של זרם התועלות נטו. השנה שבה מתקיים השיוויון בין השניים היא תקופת החזר ההשקעה.

כלל החלטה: ככל שתקופת החזר ההשקעה קצרה יותר, מרכיב הסיכון נמוך יותר ואיכות ההשקעה גדלה.

2.4.2. עלות השקעה פרויקט - חישוב גבול הכדאיות

בהינתן מצב שבו גובה ההשקעה אינו ידוע או שהנתון הקיים אינו מבוסס, ניתן לחשב את גובה ההשקעה המרבי לפיו הפרויקט עשוי עדיין להיות כדאי. שיטת החישוב:

א. לחשב ולסכם את הערך הנוכחי של תועלות הפרויקט, לאורך שנות חייו הכלכליים, בשער ההיוון המקובל. הנתון המחושב הנו אומדן הבסיס, סדר גודל של עלות ההשקעה המירבי, לכדאיות הפרויקט.

ב. ביצוע איטרציות לביסוס האומדן אלו ייעשו על פי:

- קביעת אורך חיי הפרויקט הכלכלי.
- הכללה/אי הכללה של ערך הגרט, על פי הכללים בנוהל.
- אומדן עלויות האחזקה השוטפות וחישוב זרם התועלות נטו.
- תיקון אומדן עלות ההשקעה.

על בסיס האומדן המתוקן ניתן לחשב גם את שנת הכדאיות הראשונה ואת מדד "הסיכון" של הפרויקט.

2.5 סיכון ואי ודאות

2.5.1 מבוא

הקצאת משאבים על פני זמן כרוכה בסיכונים ביחס להתממשות בפועל של מרכיבי העלויות והתועלות הנחזות. רמת סיכונים אלו גדלה, באופן לא-לינארי, ככל שאופק זמן התחזיות ארוך יותר וככל שגדל היקף ההשקעה בפרויקט - שני מאפיינים עיקריים של פרויקטים תחבורתיים תשתיתיים. הספרות הרלוונטית מתעדת מקרים רבים של השקעות תחבורתיות שבהם אי-התחשבות בסיכונים בתהליך הערכת פרויקט, גרמו להערכות יתר/חסר של התועלות והעלויות ומכאן להערכות שגויות, בהיקף ניכר, של כדאיותו למשק. לפיכך, בהרבה מדינות כולל נוהל הערכת פרויקטים תחבורתיים פרק של ניתוח סיכונים והכללתם בתהליך הערכת הפרויקט¹¹.

מטרתו המרכזית של פרק זה להציע גישות להערכת כדאיותו למשק של פרויקט תחבורתי תוך התחשבות בגורמי הסיכון ובהיקפם. ספציפית, לפרק זה שלוש מטרות עיקריות:

- להציג רקע תיאורטי למושג ה"סיכון" הכרוך בהשקעת משאבים ציבוריים על-פני זמן.
- להגדיר ולפרט את מרכיבי הסיכון בהשקעות תחבורתיות.
- להציע דרכים להתחשבות בגורמי הסיכון בתהליך הערכת פרויקט תחבורתי.

מבנה הפרק הינו כדלקמן: סעיף 2.5.2 דן בהגדרות וברקע התיאורטי של מושג הסיכון בהשקעות תשתיתיות. מרכיבי הסיכון העיקריים בפרויקטים תחבורתיים נידונים בסעיף 2.5.3. סעיף 2.5.4 מציע מתודולוגיות להתייחסות לסיכונים בעת הערכת פרויקט תחבורתי. הנחיות לעורכי בדיקת כדאיות מוצגות בסעיף 2.5.5.

לסיכום המבוא יש להדגיש שלוש נקודות מרכזיות. ראשית, יש להבחין בין שני מושגים בסיסיים: "הערכת סיכונים" ו-"ניהול סיכונים". הערכת סיכונים של פרויקט מתייחסת לאמידת מידת הסיכון של כל אחד ממרכיבי הפרויקט העיקריים ומכאן של כלל הפרויקט. למשל, אמידת מידת הסיכון הכרוכה בקביעת תחזיות ביקוש ועלויות ומכאן הסיכון לכדאיותו הכוללת של הפרויקט. ניהול סיכונים, מאידך, מתייחס לשימוש בדרכים הנדסיות/ניהוליות לצורך מזעור הסיכונים. שני הנושאים קשורים זה בזה בכך שניהול הסיכונים מחייב קביעת גורמי הסיכון ואומדני רמת הסיכון. בפרק זה נדון בעיקר בהערכת סיכונים. ניהול סיכונים, נושא חשוב כשלעצמו, חורג במהותו מתחום העיסוק של נוהל פר"ת.

שנית, תורת הסיכונים בהשקעות (פרטיות וציבוריות) רחבה ביותר ואין ביכולתנו להקיפה, אפילו בקירוב, במסמך זה. מראי המקום בסוף פרק זה אמורים לספק חומר רקע.

11 ראה למשל: UK, Department for Transport, Transport Appraisal and The New Green Book, Transport Analysis Guidance (TAG), April 2004; <http://www.dft.gov.uk/webtag/>

לבסוף, פרק זה הנו מהווה שלב נוסף במכלול השלבים הכרוכים בהערכה הכוללת של פרויקט תשתית תחבורתית. לפיכך, אין להתייחס לפרק זה כעומד בזכות עצמו, אלא יש לראות בהגדרות, במתודות ובתוצאות שנידונו בפרקים הקודמים, כמהווים בסיס לפרק זה.

2.5.2. הגדרות ורקע תאורטי

המושגים "סיכון" ו"אי-ודאות" משמשים לעיתים כתחליפיים בבואם לציין מצבים או מאורעות עתידיים שלגביהם אין לנו אינפורמציה מלאה. אלא שאנליטית המושג "אי-ודאות" מציין מצבים שלגביהם קיים חוסר באינפורמציה, בעוד שהמושג "סיכון" מתייחס למצב בו האינפורמציה ידועה אך בהסתברות כלשהי. מכאן, שניתן לסווג מצבים עתידיים (הנקראים גם "מצבי טבע") על סקלה שבין 0 ו-1 כאשר "סיכון" מוגדר כמצב שבו האינפורמציה הרלוונטית ידועה בהסתברות הגדולה מ-0.1¹². בכך אנו מתכוונים לאינפורמציה על קיומו של מאורע מסוים שיתרחש בזמן נתון (למשל, שבשנה השלישית לפרויקט יהיה מספר המשתמשים בהיקף מסוים ביחס לשנת הבסיס).

השאלה המרכזית העומדת בפני מעריך הפרויקט הינה איך ניתן לאמוד את ההסתברויות הרלוונטיות. לפני שנדון בשאלה זו יש להבחין בין ההסתברות לקיום מאורע מסוים (למשל, תאונת דרכים בכביש נתון בזמן נתון) לבין ההסתברות לקיום היקף או תוצאה מסוימת של המאורע (למשל, תאונת דרכים עם נפגעים). לפיכך נגדיר סיכון של אירוע בגודל מסוים (בזמן נתון) כמכפלת ההסתברות שהמאורע אכן יקרה (בפרק הזמן הנידון) בהסתברות המותנית (בקיום האירוע) שתתקבל תוצאה בהיקף מסוים. למשל, הסיכון לפגיעת גוף קטלנית מתאונת דרכים הינו תוצאה של ההסתברות שתאונת דרכים אכן תקרה, כפול ההסתברות (המותנית בקיום התאונה) של תאונה שתוצאתה מוות¹³.

להבחנה זאת שהסיכון לאירוע בגודל מסוים מורכב מההסתברות שאירוע אכן יתמשש (בזמן נתון) ומההסתברות לתוצאה בהיקף מסוים (בתנאי שהאירוע אכן יתרחש), חשיבות רבה בהערכת סיכונים. לעיתים קרובות בניתוח כדאיות פרויקט תחבורתי אנו מעוניינים לא רק בשאלה האם הפרויקט כדאי כשלעצמו (דהיינו, האם הערך נוכחי של התועלות עולה על הערך הנוכחי של העלויות), אלא מהי מידת הכדאיות של אלטרנטיבות שונות. מכיוון שבבסיס קביעת כדאיות פרויקט ישנם גורמי סיכון רבים אזי תשובות לשאלות אלו יש להציג במונחי הסתברות לקבלת תוצאה בהיקף נתון (למשל, ההסתברות לקבלת יחס עלות/תועלת של אלטרנטיבת השקעה מסוימת העולה על גודל נדרש כלשהו), שכאמור מחושבת כהסתברות מותנית בקיומו של אירוע (למשל, קבלת ערך נוכחי נקי חיובי).

שאלה בסיסית בתורת ההסתברות היא אופייה של ההסתברות הרלוונטית. האם ההסתברות למאורע מסוים הינה במהותה "פיסיקלית" או "סובייקטיבית". כך למשל ניתן לראות בהסתברות

12 ראה (Savage (1954)

13 Chapter 9 (2009) Berechman (2003) Ayyub

להתמוטטות גשר בגין רעידת אדמה כהסתברות פיסיקלית, כיוון שמתארת מאורע שהינו פיסיקלי במהותו. מאידך, ההסתברות לבחירת אמצעי נסיעה בידי צרכנים, בהינתן התכונות האלטרנטיבות של אמצעי הנסיעה, ניתן לראותה כסובייקטיבית ביסודה. להבחנה זאת חשיבות כאשר דנים בדרכים לאמידת הסתברויות של מאורעות המשפיעים על כדאיות הפרויקט. בכל מקרה, עירוב הסתברויות "פיסיקליות" ו"סובייקטיביות" בהערכת פרויקט דורש זהירות יתר, בעיקר כאשר מנסים לייחס תוקף יתר להסתברויות הפיסקליות בהיותן, לכאורה, אמינות יותר¹⁴. על בסיס הערות אלו בסעיף הבא נדון בגורמי הסיכון בפרויקטים תחבורתיים.

2.5.3. קטגוריות סיכון עיקריות בפרויקטים תחבורתיים

ניתן לסווג סיכונים בפרויקטים תחבורתיים בצורות שונות¹⁵. הבעיה בכל גישת סיווג היא שיש צורך להגדיר עבור כל גורם סיכון את רמת הסיכון, דהיינו את ההסתברות שאירוע הסיכון יקרה. סיווג מפורט יתקל לכן בקושי של צורך בקביעת מספר רב של הסתברויות, שכפי שנראה בסעיף הבא, כרוכה בקשיים מתודולוגיים. לפיכך, בחרנו להציג כאן ארבע קטגוריות עיקריות של סיכון: סיכונים עלויות, סיכונים ביקוש, סיכונים פיננסיים וסיכונים בירוקרטיה ומדיניות.

א. סיכונים הערכת חסר של עלויות הפרויקט.

תוצאות מחקרים מראות שאומדני עלויות פרויקטים הנעשים לצורך בדיקת כדאיות הפרויקט, נוטים באופן מובהק להיות מוטים כלפי מטה. הביטוי להערכות חסר אלו הינו חריגות תקציב גבוהות ביותר, ביחס לתקציב המתוכנן, שלעיתים גורמות לעצירתו המוחלטת של הפרויקט. הממצאים במחקרים אלו מצביעים על היקפי הטיה, במונחי הסתברות לחריגה מתקציב מתוכנן, שבין 40% ל-80% (בעיקר בפרויקטים מסילתיים)¹⁶. עוד עולה מהספרות ששני גורמים מרכזיים משפיעים על הסיכון לחריגה מעלויות: שינויים טכנולוגיים וחריגה מלוחות זמנים.

1. שינויים טכנולוגיים במהלך ביצוע הפרויקט - במקרים של פרויקטים הנדסיים מסובכים (למשל, חציבת מנהרות בתנאי קרקע קשים) נדרשת החלטה, בשלב בדיקת הכדאיות, מהי הטכנולוגיה הרצויה. הסיכון מתבטא בכך שטכנולוגיה זו עלולה להתברר, בעת ביצוע הפרויקט,

14 ניתן לטעון כי במהותה כל הסתברות המשמשת לניתוח והערכת פרויקט הינה סובייקטיבית ביסודה. בחירת בסיס הנתונים, בחירת המודל הסטטיסטי והאינטרפרטציה של הנתונים, שבעקבותיהם נאמדות ההסתברויות, הינן בחירות סובייקטיביות ביסודן, אפילו באם הנתונים הגולמיים מתקבלים מתופעה פיסיקלית. כמו כן לעיתים קרובות אנו ניצבים בפני מאורעות "ייחודיים" במהותם שאין אינפורמציה לגביהם (למשל, תוצאות שימוש בטכנולוגיה חדישה). במצב זה ישתמש מנתח הפרויקט בהסתברות סובייקטיבית ביחס לסיכון הכרוך בשימוש בטכנולוגיה זו. ראוי לציין שהסטטיסטיקה הביסאינית מתייחסת גם להסתברות הפיסיקלית כהסתברות סובייקטיבית. ראה: Savage (1954)

15 לדיון מפורט ראה (Chapter 9, 2009), Berechman, אופיר בוכניק, (2009)

16 ראה (2002, 2003), Flyvbjerg et al.

כלא מתאימה ותידרש החלפתה בטכנולוגיה אחרת שתייקר משמעותית את הפרויקט¹⁷.

2. אי-עמידה בלוחות זמנים - לעמידה בלוח זמנים מתוכנן לביצוע הפרויקט השפעה רבה על עלויות ההון בפועל. מחקרים הראו שלא-עמידה בלוחות זמנים מתאם גבוה עם חריגה בעלויות ההון¹⁸. גורמי סיכון המשפיעים על העמידה בלוחות זמנים של פרויקטים תחבורתיים כוללים, בין השאר, אי הבטחת זכויות דרך, התנגדויות של קבוצות אינטרסנטיות, קשיי ביצוע טכנולוגיים וכשלים בגיוס המימון הדרוש.

ב. סיכוני הערכת יתר של ביקושים.

מספר רב של מחקרים עמדו על כך שאומדני הערכות ביקושים של פרויקטים תחבורתיים למשל, במונחי נסיעות-נוסע או ק"מ-רכב או זמן נסיעה נחסך, נוטים להיות מוטים כלפי מעלה¹⁹. התוצאה העיקרית של הטיות אלו הינם פרויקטים "לא ראויים", דהיינו השקעות שנעשו בפרויקט שיחסי התועלת/עלות בפועל שלו נופלים מסף ראוי. ביטוי מעשי לכך הינו פרויקט שאינו נושא את עצמו ומצריך לפיכך, בדיעבד, סובסידיה נרחבת שלא תוקצבה מראש, או אפילו סגירתו החלקית או המלאה של הפרויקט^{20 21}.

גורם מרכזי, אך לא יחיד, להערכות יתר של ביקושים נובע מסיכוני רמת שרות בפועל. התפוקה של פרויקט תחבורתי מוגדרת במונחי רמת שרות תקנית (או רצויה). למשל, התפוקה מפרויקט תח"צ מוגדרת במונחי תדירות שרות מינימלית, רמת אמינות רצויה, או זמן נחסך מינימלי. לפיכך, הסיכון בסעיף זה נמדד במונחי ההסתברות לסטיות (כלפי מטה) מרמת השרות התקנית, שבעקבותיהן הביקוש בפועל יהיה נמוך מזה הדרוש לכדאיותו של הפרויקט.

ג. סיכונים כלכליים ופיננסיים - אותם ניתן לחלק כדלקמן:

1. סיכון הנובע משינויים בכלכלה ויכולת הקצאת התקציבים של הממשלה להקמת ותחזוקת הפרויקט, ומשינויים בשער הריבית המשפיע על מחיר ותשלומי ההון הנדרשים וכו'.
2. סיכון שינוי בשערי חליפין המשפיעים על מחירי תשומות מיובאות (למשל, דלקים או כלי רכב).
3. סיכון בגין כשלים בגיוסי הון, בעיקר בפרויקטים משותפים של הסקטור הציבורי והפרטי המתבטאים בחוסר אפשרות לסגירה פיננסית ו/או בצורך למימון ציבורי נוסף מעל המתוכנן.

17 גם אימוץ טכנולוגית הסעה מסוימת, למשל רכבת מטרופולינית מהירה, יכולה להתברר כבלתי מתאימה בשלב ההפעלה, למשל עקב הצורך בעצירה במספר רב של תחנות ההופכת את טכנולוגית הרכבת המהירה לבלתי מתאימה

18 Flyvbjerg et al (2004)

19 (Kain (1990); Pickrell (1990)

20 ראה לדוגמה Berechman and Paaswell (1983)

21 סיכונים אלו כוללים גם ויתור על תועלות למשק מפרויקטים אלטרנטיביים, שניתן היה לקבל מהשקעות ההון שנעשו בפרויקט לא ראוי.

4. סיכון לתת-הכנסות (למשל, מתקבולי אגרות או ממכירת כרטיסי נסיעה) ביחס להכנסות שנאמדו לצורך מימון הפרויקט.

ד. סיכונים בגין אישורים בירוקרטיים ושינויי מדיניות - אותם ניתן לחלק כדלקמן:

1. הספרות מציינת סיכונים הנובעים משינויים במבנה ובמטרות הגופים האחראים על הקמה וביצוע של פרויקטים תחבורתיים בתהליך הקמת הפרויקט²². סיכון זה מתעצם בפרויקטים תשתיתיים בהם מעורב הסקטור הפרטי, כאשר ההתייחסות למסגרת האדמיניסטרטיבית בו מתבצע הפרויקט כקבועה.
2. סיכון לביצוע הפרויקט הנובע מאי קבלה במועד של אישורים סטטוטוריים הנדרשים לאישור והקמת הפרויקט או אובדן אישורים סטטוטוריים כתוצאה מדחיית הפרויקט. אישור הפרויקט כרוך בהליך המערב גורמים רבים בהם ועדות התכנון, עיריות וגופים אחרים (כגון חברת חשמל, בזק, גופים ירוקים, רשויות תמרור ועוד). דיונים מתמשכים באישור הפרויקט עשויים לדחות את הקמת הפרויקט או פרויקטים משלימים אחרים ברשת ואף לגרום לשינויים מהותיים בתכנון ומכאן בעלויות הפרויקט. למשל, תסקיר השפעה על הסביבה עשוי להביא לשינוי בתכנון מפרויקט על-קרקעי לפרויקט תת-קרקעי המתבטא בשינוי מהותי בתכנון, עלויות ומשך ההקמה. פרויקט העובר בשטח פתוח שהינו רגיש אקולוגית עשוי לגרום דיון ארוך במדיניות שטחים פתוחים ולהביא לגידול משמעותי בעלויות ולפגיעה בעמידה בלוחות הזמנים.
3. סיכונים הנובעים משינויים מקרו-כלכליים ופיסקליים כגון מדיניות תעסוקה (למשל, העסקת עובדים זרים) או מדיניות תקציבית מצמצמת הכרוכה בקיצוצים תקציביים.
4. סיכון הנובע מאי-יכולתה של ממשלה לעמוד בהתחייבויות של ממשלות קודמות.

בפועל כל גורמי הסיכונים לעיל (סעיפים א-ד) עשויים להתקיים בעת ובעונה אחת ולבוא לידי ביטוי בחריגה תקציבית, בהתארכות משך ההקמה, בשינוי מהותי בתכנון הפרויקט ועלותו ולעיתים בכישלון פיננסי של הפרויקט. השאלה העומדת בפנינו היא איך ניתן לאמוד סיכונים אלו? משמעותה האופרטיבית של שאלה זו היא איך ניתן לאמוד את ההסתברויות לגורמי סיכון אלו ולאחר מכן איך לשלבם בתהליך הערכת הפרויקט.

2.5.4 מתודולוגיית הערכת הסיכונים

כאמור, לאחר שזוהו גורמי הסיכון בפרויקט נתון, השאלה הקריטית בהערכת סיכונים היא אמידת ההסתברויות של גורמי סיכון אלו. לאחר מכן משמשות הסתברויות אלו כקלט למודל המשמש להערכת הפרויקט (ראה בהמשך).

Public Financial Management, Inc., (1989) 22

א. אמידת הסתברויות

ניתן לסווג את מכלול השיטות לשלוש קבוצות עיקריות של אמידת (קביעת) הסתברויות: סיעור מוחות, סימולציות, התאמת פונקציית התפלגות.

1. סיעור מוחות:

מכיוון שניתוח פרויקט תחבורתי מצריך מספר רב יחסית של תחומי התמחות (הנדסית, תכנונית, כלכלית/פיננסית, משפטית וכו') מקובל להשתמש בבעלי ידע אלו כדי לקבל את הערכותיהם לגבי הסבירות או הסיכוי שאירועים מסוימים יתקיימו. נהוג להציג אירועים אלו כתרחישים ולתעד את ההסתברויות הסובייקטיביות של המומחים ביחס להתרחשותן. לדוגמה, הטבלה הבאה מציגה תרחישים לגבי מספר משתנים עיקריים, ובסוגריים את ההסתברויות להתרחשותן:²³

לוח 2.9: דוגמה לתרחישי ערכי משתנים עיקריים

תחזית ערכי משתנים עיקריים (הסתברויות בסוגרים)			
ערכים שנתיים	טוב	סביר	גרוע
נסיעות-נוסע	10,000,000 (15%)	5,000,000 (50%)	2,500,000 (35%)
עלויות תפעול (ש לשנה)	1,500,000 (30%)	1,750,000 (40%)	2,500,000 (30%)
עלויות הקמה (ש"ח)	250,000,000 (10%)	500,000,000 (30%)	750,000,000 (60%)

כפי שנראה בסעיף 4 ניתן בעזרת הסתברויות אלו לקבל אומדנים סטטיסטיים לגבי הערכים השנתיים הנ"ל.

2. סימולציה:

במקרים בהם ישנה תיאוריה לגבי התנהגות גופים כלכליים (כגון פרטים או חברות) ניתן לבנות מודל אנליטי-כמותי שמטרתו אמידת מאורעות עתידיים הנובעים מהתנהגות גופים אלו. למשל, ניתן לבנות מודל ביקוש לנסיעות, שיחזה את בחירת אמצעי הנסיעה של פרטים בעקבות פרויקט תחבורתי. אלא שתחזיות אלו מותנות בקיום אינפורמציה לגבי ערכי פרמטרים מרכזיים במודל כגון גמישות הביקוש לנסיעות ביחס למשתני נגישות, מיקום והכנסה; אך במקרים רבים האינפורמציה לחלוטין לא קיימת או שקיימת בצורה חלקית. במצבים אלו ניתן לערוך סימולציות שבהן מאפשרים לערכי פרמטרים אלו להשתנות בטווחים שנראים כסבירים ועבור כל ערך שנקבע (בטווח המתאים) נבדקות תוצאות המודל. אם ניחס לכל ערך טווח הנידון סיכוי מסוים (למשל סיכוי אחיד) ניתן לאמוד את ההסתברות לקבלת תוצאות מהמודל. למשל, אם מטרתנו אמידת שינויים בבחירת אמצעי נסיעה, ומודל הבחירה מכיל 3 פרמטרים עיקריים שלכל אחד ניתן ליחס 5 ערכים אפשריים בהסתברות אחידה, אז תיתכנה 15 תוצאות אפשריות מהמודל. במידה ותוצאות אלו מתפלגות באופן אחיד הרי שלכל אחת תהיה הסתברות זהה. מאידך, במקרים רבים (כפונקציה של מבנה המודל) יתכן שמספר תוצאות תתקבצנה סביב

²³ Berechman (2009)

ערך מסוים. ניתן ליחס לערך זה את ההסתברות של סך תוצאות אלו.

גישה נוספת לקבלת הסתברויות מהמודל היא שימוש בשיטת סימולציה המבוססת על יצירת מספרים אקראיים. בגישה זו הסיכוי לכל ערך של הפרמטר נקבע באופן אקראי ע"י דגימה אקראית של ערכים (שיטת מונטה קרלו)²⁴. לדוגמה, סביר להניח שערכים עתידיים של המשתנה "גמישות ביקוש" נעים בין שני ערכים קיצוניים: "גבוה" ו"נמוך". אם נניח התפלגות נורמלית סביב הערך הממוצע של ערכים אלו, תוך שימוש בשיטת מונטה קרלו, ניתן לקבל דגימות אקראיות חוזרות עבור כל ערך של פרמטר הגמישות שמתקבל מהתפלגות זאת. ממוצע דגימות אלו מהווה קירוב סביר של תוחלת המשתנה הנידון. שיטה זו מקובלת בעיקר כאשר המשתנים הרלוונטיים (למשל גמישות הביקוש, ערך זמן נחסף) מושפעים מאותם גורמי בסיס שיש ביניהם מתאם גבוה ולפיכך לא ניתן ליחס, באופן אובייקטיבי, סיכויים לערכיהם. השימוש במנגנון יצירת ערכים אקראיים אמור לפתור בעיה זאת. מאידך, הבעיה בגישה זו שכאשר מספר המשתנים במודל גדול, קיים קושי באימות תוצאות המודל עם תצפיות מהשטח.

3. התאמת פונקציית התפלגות:

גישה מרכזית בקבלת הסתברויות הינה שימוש בבסיס נתונים עבור משתנה (או מספר משתנים) מסוים והתאמת פונקציית התפלגות למשתנה זה. מתוך ידיעת ערכי הפונקציה שהותאמה, ניתן לקבל את ההסתברויות המתאימות עבור ערכי פונקציה שונים. לדוגמה, במחקר שנערך על ההסתברויות לחריגות מתקציב השקעה מתוכנן, הוקם בסיס נתונים שכלל אינפורמציה על תקציב מתוכנן ותקציב בפועל של מספר רב של פרויקטים של כבישים (כולל גשרים ומנהרות)²⁵. מתוך נתונים אלו ניבנה המשתנה "יחס חריגה מעלויות" (י.ח.מ) שהוגדר כעלויות בפועל ביחס לעלויות מתוכננות. תוך שימוש בשיטות סטטיסטיות נבדקו מספר פונקציות התפלגות (למשל נורמלית, בטה, גמה, קואשי) ביחס למידת התאמתן להתפלגות בפועל של משתנה זה. כאשר נבחרה ההתפלגות המתאימה ביותר (על בסיס התאמתה הסטטיסטית) ניתן היה לגזור ממנה הסתברויות עבור ערכים שונים של "י.ח.מ" למשל י.ח.מ. < 1.2 שמשמעו: הסתברות לחריגה מעלויות של 20%.

שיטה זו לקבלת הסתברויות עדיפה על השיטות הקודמות בכך שההסתברויות שנאמדו מבוססות על נתונים אמיתיים, וכן שניתן לקבל אומדנים סטטיסטיים לגבי מובהקות התוצאות כגון רמת המובהקות ל-י.ח.מ. של 20%. עם זאת יש לשים לב שהנתונים שישמשו כבסיס לקבלת ההסתברויות יהיו רלוונטיים לפרויקט אותו ברצוננו להעריך במונחי מאפיינים עיקריים כמו אופי הפרויקט והיקפו.

בהינתן ההסתברויות, איך ניתן להשתמש בהן בתהליך הערכת הפרויקט? בשאלה זו נדון בסעיף הבא.

24 ראה למשל (Kiefer (2007)

25 Berechman and Chen (2011)

ב. שימוש בהסתברויות בתהליך ההערכה

ישנן שתי דרכים עיקריות בהן ניתן להשתמש בהסתברויות הסיכון שנאמדו בעת תהליך הערכת פרויקט: חישוב תוחלות להתקיימות מאורעות ושיטת עץ החלטות.

1. **חישוב תוחלות:** נניח כי בעזרת אחת מהשיטות לעיל, חושבו ההסתברויות להתפלגות השנתית הצפויה של עלויות ההון. לצורך חישוב הערך הנוכחי (המהוון) של סך עלות ההון נחשב את תוחלת ההתפלגות אשר מוגדרת כסך מכפלת העלויות הצפויות בהסתברות המתאימה²⁶. למשל, בדוגמה שבטבלה מס' 2.9, תוחלת המשתנה עלויות ההקמה הינו 625,000,000 ש"ח. בצורה דומה ניתן לחשב את תוחלת הערך הנוכחי של מרכיבי התועלות ומכאן את הערך הנוכחי של הפרויקט. ניתן אף לקבל ערכי תוחלת מתוקנים למשל ע"י חלוקת התוחלת השנתית בסטיית התקן של ההתפלגות²⁷.

בשיטה זו ניתן לחשב את הערך הנוכחי הנקי של פרויקט אשר לוקח בחשבון את הסיכון (במונחי הסתברות) לערכי משתנים של תועלות ועלויות אשר אינם ידועים בוודאות בעת חישוב כדאיות הפרויקט. קיימות גרסאות שונות של שיטת התוחלת²⁸ אך המשותף לכולן הוא שנעשה שימוש בערכי הסתברויות למאורעות עתידיים.

2. **שיטת עץ החלטות:** כדי להדגים שיטה זאת נשתמש בדוגמה לעיל של השימוש במדד "יחס חריגה מעלויות" (י.ח.מ), שעבורו חושבו הסתברויות לאירועים ע"י התאמת פונקציית התפלגות מתאימה לבסיס נתונים. במרכז של שיטת עץ החלטה עומדת השאלה מהי אלטרנטיבת ההשקעה הטובה ביותר בפרויקט מסוים (למשל, הסעת המונים בפרוזדור נתון). כאשר לכל חלופה ישנם מספר מצבים עתידיים של י.ח.מ וההסתברויות להם²⁹. לצורך קבלת החלטה נניח כי אנו משתמשים בקריטריון הערך הנוכחי הנקי (ע.ג.נ) כך שהחלופה בעלת ה-ע.ג.נ הגבוה ביותר הינה החלופה המועדפת. כעת ניתן לחשב, עבור כל חלופה, את תוחלת ה-ע.ג.נ אשר לוקחת בחשבון את הסיכון לחריגה מתקציב, ולאור זאת, לבחור בחלופה המועדפת.

גישה מתוחכמת יותר, בשיטת עץ החלטות, לוקחת בחשבון את העדפותיו (במונחי תועלת) של מקבל החלטות ביחס לרמות סיכון שונות. בהנחה שמקבל החלטה אינו אדיש (ניטרלי) ביחסו לסיכון³⁰, ניתן להגדיר פונקציית החלטה אשר לוקחת בחשבון את ערכי ה-ע.ג.נ של כל

$$PV(C) = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N Pit \frac{C_{it}}{(1+r)^t} \quad 26$$

T = אורך חיי הפרויקט

Pit = ההסתברות לעלות בגובה מסוים בשנה מסוימת = Cit עלות בגובה מסוים בשנה מסוימת

$$PV(C) = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N \frac{(Pit C_{it}) / \sigma}{(1+r)^t} \quad 27$$

Boardman et (2001) 28

Berechman (2009) 29

30 "אדישות" פירושה שבהסתברות נתונה מקבל החלטה אדיש בין רווח להפסד נתונים. במצב זה החלטה לגבי חלופה מועדפת תהיה דומה לזאת המתקבלת בשיטת תוחלת התועלת

אלטרנטיבה ורמת הסיכון שלה. דוגמה לפונקציה כזו היא "מקסימום התועלת" או "מקסימום תוחלת התועלת"³¹.

לסיכום: חישובי האלטרנטיבה המועדפת בשיטת עץ ההחלטה אמנם מסובכים יותר בהשוואה לשיטת התוחלת אך נותנים למקבל ההחלטה תמונה מפורטת ונכונה יותר של השפעת הסיכונים הכרוכים בכל אלטרנטיבה ותוצאותיהם ביחס לכדאיות הפרויקט.

ג. שיטות נוספות

מה ניתן לעשות במקרים בהם אין דרך לאמוד הסתברויות מצבים עתידיים הקשורים למרכיבי העלות והתועלת של הפרויקט? להלן נביא בקצרה מספר שיטות שבהן ניתן לבדוק (חלקית) את איתנות הפרויקט (למשל יציבות ה-ע.ג.נ.) ביחס לאי-ודאות על ערכים עתידיים של משתנים מרכזיים והשפעתם על ערכי הפרויקט ומרכיביו.

1. **ניתוחי רגישות:** משתנה מרכזי בחישובי ערך נוכחי של פרויקט הינו שער הניכיון. ניתן לשאול עד כמה רגישים ערכי הערך הנוכחי של הפרויקט הנבדק לשינויים בשער זה? לצורך כך יחושבו הערכים הנוכחיים של העלויות והתועלות עבור שינויים של \pm אחוז נתון (למשל 1%) ביחס לשער הניכיון המקורי. רגישות גדולה של ערכי הפרויקט משמעה שינוי של 1% בשער הניכיון מביא לשינוי משמעותי בערכי הפרויקט, תוצאה כזו מעידה בד"כ על פרויקט בעל רמת סיכון גבוהה. ניתוח דומה ניתן לעשות עבור מרכיבי העלות (למשל, עלויות תפעול ותחזוקה שנתיים) ו/או מרכיבי התועלת (למשל, ערך זמן נחסך).

2. **שימוש במדדי רווחיות:** מבחינה חשבונאית גרידא (להבדיל מניתוחי רווחה) ניתן לבדוק את מידת סיכונן של פרויקט ביחס לאלטרנטיבות ע"פ משך תקופת החזרה של עלויות ההון. תקופה זו מוגדרת כמשך הזמן (שנים) הנדרש לזרם התועלות לכסות את סך עלויות ההון. פרויקט נחשב כמסוכן יותר ככל שתקופת החזרה שלו ארוכה יותר ביחס לאלו של האלטרנטיבות. גישה אחרת הינה שיטת מינימום התועלת הנדרשת לאזן את ההשקעה. במלים אחרות אנו בודקים את היקף התועלת (למשל, במונחי מספר נסיעות-נוסע) הנדרש כדי לכסות את הערך הנוכחי של ההשקעה. ככל שערך זה גבוה יותר, ביחס לאלטרנטיבות, הפרויקט נחשב למסוכן יותר.

3. **תזמון אופטימלי של מועד ההשקעה בתנאי אי-ודאות:** מכיוון שהשקעות תחבורתיות הינן לרוב בלתי הפיכות, הספרות דנה במצבי אי-ודאות בהן קיים רציונל כלכלי לדחיית ההשקעה לפרק זמן מסוים (למשל של שנה). בהסתברות נתונה תתקבל, במהלך תקופה זו, אינפורמציה נוספת על התועלות מהפרויקט (או על עלויות הפרויקט), כך שניתן יהיה להקטין את הסיכון

31 לניתוח מפורט של פונקציות אלו ראה: Berechman (2009) Chapter 9

להשקעה בפרויקט בלתי-כדאי ובלתי הפיך³². ההפסד מדחיית ההשקעה הינו ההפסד למשך בגין קבלת תועלות במועד מאוחר יותר. מאידך, עקב הדחייה ישנו חיסכון בערך השימוש האלטרנטיבי במשאבים שלא יושקעו השנה אלא מאוחר יותר. האיזון בין שני מרכיבים אלו, בהתחשב בהסתברות לקבלת האינפורמציה, מגדיר את המועד האופטימלי של ההשקעה. לסיכום, תוחלת התועלת ועץ ההחלטות (או ואריאציה שלהן) הן השיטות המקובלות להערכת כדאיותו של פרויקט תוך התייחסות לרמת הסיכון שלו במונחי הסתברויות. כמו כן הוזכרו שיטות חלופיות במידה ואין דרך לקבלת הסתברויות מתאימות.

2.5.5. הנחיות לעורך הבדיקה

יש לערוך ניתוח סיכונים עבור פרויקטים גדולים, כשהיקף ההשקעה בפרויקט הוא מעל 1 מיליארד ₪. ניתוח סיכונים חלקי יכול להיעשות בפרויקטים קטנים בהתאם למרכיבי הסיכון ולדרישות משרד התחבורה.

כאמור בסעיף המבוא לעיל, ניתוח סיכונים מהווה פרק אחד מתוך מכלול הפרקים של נוהל פר"ת. לפיכך, ניתוח סיכונים חייב להתבסס על הניתוח שנעשה בפרקים הקודמים בעיקר ביחס למטרות הפרויקט, מרכיבי תועלות, עלויות, מבנה פיננסי, מבנה סטאטוטורי ומנוהלי, וגורמי איכות סביבה. כמו כן, ניתוח סיכונים אינו זהה לניהול סיכונים. בעוד שמטרת העל של ניתוח הסיכונים היא הערכה מהימנה של כדאיותו הכוללת של הפרויקט, מטרת ניהול סיכונים היא שימוש בכלים ניהוליים והנדסיים למזעור סיכוני הפרויקט. בפרק זה דנו בניתוח סיכונים בלבד.

להלן שלבים עיקריים בניתוח סיכונים של פרויקט אשר עורכי בדיקת הכדאיות נדרשים לבצע במהלך הערכה כוללת של כדאיות הפרויקט.

א. הגדרת משתנים עיקריים. על בסיס הפרקים הקודמים של נוהל פר"ת, המעריך יגדיר עבור פרויקט מסוג מסוים (למשל כבישים או מסילות) את משתני העלויות, התועלות, המימון ומשתני המדיניות. ניתן כמובן לפרק כל אחד ממרכיבים אלו למספר תת-מרכיבים, בעיקר לצורך זיהוי גורמי סיכון קריטיים שיש לטפל בהם בתהליך ניהול הסיכונים. למשל, במסגרת משתני העלויות ניתן לכלול עלויות פגיעה באיכות הסביבה או עלויות בגין התנגדויות תושבים. אלא שלצורכי הערכת סיכונים, פרוט רב מדי של משתנים לא מאפשר אמידת רמת סיכון במונחי הסתברות מעבר להערכות סובייקטיביות של המנתח כמו סיכון גבוה, בינוני או נמוך. אין זה אומר שצריך להתעלם מגורמים אלו ואחרים, אלא שיש לראות בהם קטגורית סיכון שקשה ליחס לה ערכים כמותיים.

ב. זיהוי סיכונים. בשלב זה יבדוק המעריך את כל אחד ממרכיבי הפרויקט ביחס לסיכון הפוטנציאלי שבו. כאמור, זיהוי זה נעשה במטרה לאבחן את גורמי הסיכון המרכזיים של

32 ראה ניתוח מפורט אצל: Pindyck (1991), Dixit and Pindyck (1994).

הפרויקט ומכאן את רמת הסיכון של הפרויקט כולו. המעריך יגדיר רשימה של גורמי סיכון ובאמצעותם יסכם את סעיפי הסיכון העיקריים כגון:

- סיכוני חריגה מעלויות (השקעות הון, שינויים בתכנון הפרויקט, הקטנת נזקים סביבתיים, הון נייח, הון נייד, תחזוקה ותפעול, לוחות זמנים, אזורים רגישים וכיו"ב).
- סיכוני הערכת יתר של תועלות (ביקושים, נסיעות-נוסע, כלי רכב בשעת שיא, זמן נחסך, מחירי דלק עתידיים וכיו"ב).
- סיכונים כלכליים ופיננסיים (המצב הכלכלי של המשק, שערי ריבית, הכנסות, סגירה פיננסית, פרויקטים גדולים ומסובכים וכיו"ב).
- סיכוני מדיניות (זכויות דרך, השלמת פרויקטים אחרים, מדיניות מיסוי וכיו"ב).

ג. **אמידת סיכונים.** לכל אחד מסעיפי הסיכון הנ"ל יציין המעריך את מידת הסיכון, במידת האפשר, במונחי הסתברות. דבר זה ייעשה בעזרת השיטות שפורטו לעיל בסעיף 2.5.4. מעריך הפרויקט יציג מטריצת סיכונים שבה יופיעו סעיפי הסיכון ורמת הסיכון שנאמדה לפי אחת מהשיטות שהוצגו לעיל לקבלת אומדני מידת הסיכון.

ככל שיתאפשר יאמוד מעריך הפרויקט את מידת הסיכון של כל אחד מתתי הסעיפים של גורמי הסיכון הנ"ל (למשל, ההסתברות לחריגה מלוחות זמנים בסעיף סיכוני עלויות). לצורך הערכת כדאיותו הכוללת של הפרויקט יש צורך לסכם תת סעיפים אלו לסעיפי סיכון מרכזיים.

ד. **הערכת הפרויקט בתנאי סיכון.** בשלב זה ישתמש המעריך בנתוני מטריצת סיכוני הפרויקט כקלט לתהליך הערכת הפרויקט. דבר זה יעשה באמצעות אחת מהשיטות לעיל למשל, שיטת חישובי ערך נוכחי. במידה ואין נתוני הסתברות ניתן להשתמש באחת מהשיטות האחרות המפורטות בסעיף 2.5.4. המטרה העיקרית של שלב זה הינה לקבל הערכה, נכונה ככל האפשר, של כדאיותו הכוללת של הפרויקט אשר לוקחת בחשבון את רמת הסיכון של הפרויקט.

2.6 סבירות התוצאות

תוצאות בדיקת הכדאיות מבוססות לרוב על מודלים תחבורתיים מורכבים, תחזיות, נתונים ופרמטרים רבים. הבדיקה בפרק זה נועדה לבחון בצורה פשוטה ועניינית את תוצאות הבדיקה הראשית, תוך שימוש במספר "כללי אצבע" פשוטים.

בדיקות הסבירות עשויות לסייע לעורך הבדיקה לזהות שגיאות או הערכות יתר בתהליך התכנון התחבורתי, תחזיות הביקושים, הצבות התנועה, חישוב התועלות וחישוב מדדי הכדאיות.

כאמור לעיל אין חובה לערוך ולהציג בדיקות סבירות לתוצאות הבדיקה, אלא על פי דרישת המזמין. יתרה מכך, אין בנוהל הנוכחי שיטה ייחודית לכך ועורך הבדיקה יוכל לאמץ שיטות אחרות.

להלן הנחיות כלליות שעורך הבדיקה יוכל לאמץ לצורך בדיקת הסבירות:

- סבירות הנחות רקע.
- סבירות התוצאות.
- התאמה פנימית במערכת התוצאות.

2.6.1 סבירות הנחות רקע

אוכלוסייה ותעסוקה

- התאמת שיעורי הגידול באוכלוסייה למגמות קיימות בטווח הקצר-בינוני, השוואה בין מספר מקורות קיימים.
- התאמה למגמות ארציות בתחום הריבוי הטבעי (ע"פ סקטור), עליה וכו'.
- בחינת עתודות קרקע וקיבולות להמשך הגידול.
- בחינת השינויים בשיעורי התעסוקה מכלל כוח העבודה האזרחי.

2.6.2 סבירות תוצאות

- בחינת סבירות השינוי הכולל בהיקף הנסיעות לנפש במרחב הנבדק.
- בחינת השינוי הכולל בנסועה אדם/יר"מ.
- בחינת התפלגות אורכי הנסיעות ע"פ טמ"י/הצבות.
- בחינת סבירות השינוי בהתפלגות הביקוש בין שעות היממה.
- הסבר השינוי בנסועת הרכב השנתית הכוללת (KM) - רכב מוליך נוסעים.

$$\text{הנוסחה: } KM = P * Y * L / M$$

כאשר,

$P =$ גידול אוכלוסייה.

$Y =$ גידול ביצירת נסיעות לנפש בשנה (כתלות ברמת מינוע).

$L =$ גידול באורך הנסיעה הממוצעת (השפעת הפרויקט).

$M =$ שינוי במקדם יר"מ לנפש (עקב שינוי בפיצול הנסיעות ובמקדמי המילוי).

(ניתן להציב בנוסחה את המשתנים או את סדרת שיעורי הגידול בהם).

2.6.3 סבירות תוצאות - פרויקטי תחבורה ציבורית

- בחינת סבירות השינויים בפיצול הנסיעות בהשפעת הפרויקט, במיוחד היקף מעבר נוסעים מרכב פרטי לתחבורה הציבורית.
- בחינת ההיצע המתחרה של התח"צ - סביר להניח ששיפור באמצעי נבחן יגרור שינויים בהיצע המתחרה בתחום מיבנה השירות ומחירו.
- בחינה טכנית של התאמת הביקוש להיצע באמצעי הנבדק ובאמצעים המתחרים באמצעות מקדמי מילוי לרכב/קרון.

תוכן עניינים

3.1 מבוא

3.2 עלויות הקמה - השקעה

3.3 עלות הפרעה לתנועה במהלך ההקמה

3.4 עלויות אחזקה

3.1. מבוא

העלויות בחישוב כדאיות הפרויקט כוללות את:

עלויות הקמה (השקעה): עבודות התשתית, הנדסת דרכים ותעבורה, עלות זכויות דרך לרבות פינוי מטרדים, ועלויות נלוות כגון: תכנון, בקרת איכות וניהול. לפרויקטים של תחבורה ציבורית ובעיקר רכבות יש להוסיף לעלות ההקמה גם עלות תחנות ומסופים, ציוד ורכישת נייד, מוסכים (Depot).

עלות ההפרעה לתנועה בזמן עבודות: בגין ההפרעה לזרימת התנועה הסדירה, תקפה בעיקר לפרויקטים של שידרוג כביש קיים.

עלויות אחזקה: עלויות האחזקה של הדרך ומתקניה. בפרויקטים של תחבורה ציבורית גם של אחזקת המסופים, הציוד הנייד ותפעול שוטף.

בעוד שעלויות ההקמה ועלויות ההפרעה לתנועה מתקיימות לאורך תקופת ההקמה בלבד, עלויות האחזקה הן שוטפות ונמשכות לאורך חיי הפרויקט.

מחירים כלכליים מחירים פיננסיים

מחיר כלכלי הנו העלות הריאלית למשק, להבדיל ממחיר פיננסי שהנו העלות במחירי שוק. ההבדל העיקרי בין השניים הנו בכך שמחיר כלכלי אינו כולל מיסים עקיפים או סובסידיות כלשהם.

המע"מ הוא הסעיף העיקרי במיסים העקיפים, וגובהו 17%, נכון לשנת 2021. מיסים עקיפים אחרים החלים על עבודות הקמה וסלילה הם: מיסוי על דלק, מיסוי על כלי רכב (מיסי קניה ומכסים) ומיסוי על גז טבעי ופחם המשמשים לייצור חשמל. משקלם היחסי של מיסים אלה הוא נמוך, וקשה להערכה מדויקת. על בסיס הערכות מעבודות קודמות (נוהל 2012) משקל המיסים העקיפים בעלויות הפרויקט עלה ב-1 אחוז, מ-4% ל-5%.

בהתאם לאמור לעיל, המחיר הכלכלי נמוך ב-22% מהמחיר הפיננסי.

3.2. עלויות הקמה - השקעה

עלויות ההקמה הן אלו אשר נעשות לצורך הקמת הפרויקט ופתיחתו לתנועה והן כוללות תכנון, זכויות דרך, פינוי מטרדים, סלילה וכיו"ב תשומות הנדרשות לבניית הפרויקט. עלויות הנעשות לאחר פתיחת הפרויקט לתנועה, כגון: שידרוג הכביש, התקנת עזרים בכביש וכו', יש לכלול במועד שבו התבצעו. עלויות האחזקה התקופתיות נרשמות בסעיף נפרד.

עלויות שקועות (sunk costs). אלו הן הוצאות שהוצאו בפועל בטרם הובא הפרויקט לבדיקה ואשר אינן ניתנות להשבה. בדרך כלל אלו הן הוצאות שנעשו בשלב ראשוני לבדיקת ישימות רעיון הפרויקט (חפירות ניסוי, קידום זמינות ואחרים). אין לכלול הוצאות אלה בעלות הקמת הפרויקט. עלות זכויות דרך: עלויות הכרוכות במימוש זמינות הקרקעית הנדרשת לפרויקט. אלו הן ההוצאות בגין פינוי מבנים, תושבים "ומטרדים" אחרים ורכישת הקרקע, ואינן כוללות עלויות בגין סעיף 197 לחוק התכנון והבניה³³.

עלות הקרקע קרקע הוא משאב בסיסי בביצוע פרויקטים תחבורתיים. אומדן עלות או שווי הקרקע הנו אחד מהבעייתיים בחישוב עלות הפרויקט, כאשר במקרים רבים הקרקע ניתנת ללא תמורה, על ידי המדינה או רשות ציבורית אחרת. אי-הכללת מרכיב זה היא שגיאה בפני עצמה, וגורמת לעיוות בהשוואת הכדאיות בין פרויקטים.

ככלל לקרקע ישנו ערך כלכלי, בין אם העברתו נעשתה על פי כללי שוק מקובלים ובין אם היא רכוש מדינה, גם אם ההעברה נעשתה במסגרת תוכניות סטטוטוריות, ואין בה לכאורה עסקה של קונה - מוכר מרצון.

השווי הכלכלי של הקרקע צריך להימדד במקרים אלה על פי הערך החלופי שלו. הגישה המקובלת היא לחשב את עלות הקרקע לפי שווי כלכלי של ערך שוק של קרקע ביעוד לדרך (ובמיקום דומה) בדומה להערכת שווי הקרקע שתירכש בהפקעה.

במקרים בהם לא ניתן להעריך את שווי הקרקע במסגרת הבדיקה, הבודק מתבקש להציג את שטח הקרקע הנדרש לביצוע הפרויקט.

עלות הקרקע אינה עלות שקועה, בין אם היא ניתנת למכירה או לשימוש למטרות חלופיות, היה והפרויקט לא יבוצע.

מרכיבי עלות "לא תחבורתיים": סעיפי הוצאה כגון: גינון, פיתוח סביבתי, העתקת תשתיות, ניקוז ואחרים שאין להם תרומה תחבורתית, ואשר ניתן לבצע את הפרויקט בלעדיו, לא יכללו בעלות הקמת הפרויקט. אך, היה והן חלק בלתי נפרד והכרחי בביצוע עבודות הפרויקט, עורך

³³ סעיף 197 לחוק התכנון והבניה קובע את חובת ועדה מקומית לתכנון ולבנייה לפצות בעלי מקרקעין הנמצאים בתחום תוכנית העוברת שינוי או גובלים עמה, בגלל השינוי בתוכנית. עלויות הפיצויים שנקבעו בגין סעיף זה לא יכללו בבדיקת כדאיות בצד עלויות הפרויקט, באשר טרם נמצאה דרך להערכת העלייה בערכי הנכסים המושפעים מביצוע הפרויקט (איזון התועלת)

הבדיקה יפרט בנפרד מרכיבים אלה בעלות ההשקעה, ויביא לשיקול דעת מזמין הבדיקה כיצד לנהוג בהם.

שלביות ביצוע - בפרויקטים המתוכננים לביצוע בשלבים נפרדים, יש להציג את עלויות ההקמה לכל שלב בנפרד.

מבנה מקובל של מרכיבי ההשקעה מוצג בלוח הסיכום להלן:

לוח 3.1: סיכום - עלויות הקמת פרויקט

עלות	סעיף
	הנדסת דרכים
	עבודות עפר
	מצע ותשתית
	שכבה נושאת
	גישור ומחלפים
	ניקוז
	הנדסת תנועה (דרכים)
	רמזורים ובקרה
	תמרור וצביעה
	מעקות
	תאורה
	עלויות נלוות
	קירות אקוסטיים
	גינון
	אחר
	זכויות דרך*
	העתקת תשתיות ופינוי מטרדים
	עלות הקרקע
	העמסות
	תכנון, פיקוח, ניהול (%)
	בצ"ח (%)
	מע"ח
	סה"כ (פיננסי)
	סה"כ כלכלי (לבדיקה)

(* לא כולל פיצויים בגין סעיף 197 לחוק התכנון והבנייה

לפרויקטים של תחבורה ציבורית נדרש להוסיף העלויות הבאות:

- חשמול.
- תחנות, מוסכים, שטחי חניה תפעולית.
- עלויות להצטיידות ורכישה שוטפת של נייד - כלי רכב רכבות, קרונות.
- מערכות תקשורת, שליטה ובקרה.

3.3 עלות הפרעות לתנועה במהלך ההקמה

במהלך ביצוע של פרויקט תחבורתי, זרימת התנועה עשויה להיפגע כפועל יוצא של קיטון בקיבולות ו/או תנאי הדרך הגורמים למהירויות נסיעה נמוכות יותר. העיכוב הנגרם לתנועה מתורגם לתועלת שלילית של הפרויקט במהלך ביצועו. פרק זה עוסק במתודולוגיה, ברירות מחדל וצורת ההצגה והחישוב של תועלות שליליות אלו.

3.3.1 מטרת האמידה

לתועלות השליליות, במהלך הביצוע של פרויקט תחבורתי, חשיבות בתהליך קבלת ההחלטות במספר מקרים שהנפוצים שבהם הינם:

- **משך הביצוע** - מבחינה כלכלית, כאשר פרויקט הינו כדאי, מוטב לבצעו בפרק זמן מינימלי. במקרה שמשך הביצוע מתארך נגרם נזק כלכלי בשני אופנים:
 - ◆ **דחיית שנת היעד לפתיחת הפרויקט** - השנה הראשונה שבה הפרויקט יביא תועלת כלכלית נדחית ולכן ערך התועלות במונחי שנת הבסיס פוחת.
 - ◆ **משך הזמן שבו נגרם נזק כלכלי, מתארך וגדל, דבר המקטין את רמת הכדאיות של הפרויקט.**
 - **שלבי ביניים** - קיימים מקרים בהם יש הצדקה תחבורתית לביצוע של שלב ביניים בפרויקט. לדחיית חלק מההשקעה והקדמה אפשרית של פתיחת הפרויקט קיימת תועלת כלכלית. אך לצד זה קיים גם הנזק שיגרם במהלך השלמת הפרויקט שעה שיידרש. כימות הנזק לערכים כלכליים יאפשר לבחון את שיווי המשקל בין התועלת שבדחיית ההשקעה לנזק שבביצוע בשלבים.
- במהלך הביצוע של פרויקט עשוי להיגרם נזק כלכלי בשני אופנים:
- **נזק ישיר** - הנגרם בשל הירידה ברמת השרות של הכביש.
 - **נזק עקיף** - הנגרם בגין שינויים במסלולי הנסיעה (הארכת מסלול, תוספת תנועה בכבישים חליפיים).
- כאשר הפרויקט הנו שלילית דרך חדשה ייתכן ולעיתים הנזק הנגרם הינו עקיף ובדרך כלל שולי אך שעה שהפרויקט הנו בדרך קיימת (שידרוג וכו') עשוי הנזק העקיף להיות משמעותי ואף גדול יותר מהנזק הישיר. לפיכך, בפרויקטים מערכתיים, יש חשיבות לאמידת הנזק הכלכלי בכלים מערכתיים.
- אמידת הנזק יכול להתבצע בשני אופנים:
- **אמידה בדידה** - תוך התייחסות לדרך הנבחנת בלבד, ללא כימות של נזקים עקיפים.
 - **אמידה מערכתית** - המאפשרת לאמוד את הנזק הישיר והעקיף כאחד.

במקרה של פרויקט בדיד, האמידה הבדידה היא השיטה היחידה האפשרית. במקרה של פרויקט מערכתי - יש לבצע אמידה מערכתית של הנזק הכלכלי.

3.3.2. מתודולוגיה - אמידת ההשפעות התחבורתיות

רקע

חישוב התועלות הכלכליות, וכך גם חישוב הנזקים הכלכליים, מבוסס על פרמטרים תחבורתיים תוצאותיים, כגון - מהירות נסיעה ורמת שרות. בחישוב הפרמטרים התחבורתיים מקובל להבחין בין הקטע לצומת.

תהליך האמידה התחבורתי מבוסס על שני שלבים:

- **שלב ההכנה להצבה** - שבו מחושבים קיבולות הקטע והצומת, מהירות הנסיעה בקטע בזרימה חופשית ('נפח אפס') ופרמטרים הנדרשים לפונקציית העכבה בצומת (חלק מפונקציות העכבה מבוססות על אחוז ירוק וזמן המחזור ואחרות על זמן מעבר הצומת בנפח אפס).

- **שלב ההצבה** - שבו נעזרים בפונקציית העכבה לשם אמידת נפחי התנועה בקטע ובצומת וזמני המעבר של הקטע והצומת בנפרד.

תהליך זה זהה הן בבדיקה מערכתית והן בבדיקה בדידה. כל ההבדל נעוץ במספר הקטעים המשתתפים בתהליך הבדיקה ובצורך בחישוב שיווי משקל בין מסלולים.

לפיכך, המתודולוגיה לאמידת הנזק הכלכלי במהלך הביצוע של פרויקט מבוססת על אמידת הפגיעה בפרמטרים המחושבים בשלב ההכנה להצבה - קיבולת, מהירות נסיעה, אחוז ירוק וזמן מחזור. פגיעה בפרמטרים אלו תביא, בשלב ההצבה, לשינוי מהירויות הנסיעה, החלפת מסלולי נסיעה ולפיכך לנפחי תנועה וזמני מעבר שונים.

כיון שערכים אלו משמשים לחישוב עלות הנסיעה, תשתנה העלות בהתאם. השוואה מול המצב המכונה 'ללא פרויקט' הינו הנזק הכלכלי כתוצאה מביצוע הפרויקט.

שלבי האמידה הינם כדלהלן:

1. תיקון הפרמטרים המחושבים בשלב ההכנה להצבה על בסיס נתוני הפרויקט וערכי המחדל המובאים בהמשך.
2. ביצוע הצבת תנועה עם הפרמטרים המתוקנים וחישוב מהירויות וזמני מעבר.
3. חישוב העלות הכלכלית הכוללת של הנסיעות במערכת.
4. השוואה מול העלות הכוללת במצב 'ללא פרויקט' וחישוב הנזק הכלכלי.

חישוב הפרמטרים התחבורתיים

חישוב הפרמטרים התחבורתיים בקטעים ובצמתים המושפעים מהפרויקט מוצג בלוח להלן.

לוח 3.2: שיטת חישוב הפרמטרים התחבורתיים במהלך ביצוע הפרויקט

פרמטר	משתנה	שיטת חישוב
בקטע	C_1	חישוב ישיר ע"פ ערכי מחדל - ראה סעיף להלן
	V_1	חישוב ישיר ע"פ ערכי מחדל - ראה סעיף להלן
בצומת	C_i	חישוב ישיר ע"פ ערכי מחדל - ראה סעיף להלן
	EGR	ראה נוסחאות להלן
	C_y	ללא שינוי
	T_i	ראה נוסחה להלן

סוגי פרויקטים

ע"מ להשתמש בערכי המחדל יש לסווג את הפרויקט לפי החלוקה הבא:

- מרחב - פרויקט עירוני או בינעירוני.
- מיקום - פרויקט המבוצע בקטע או בצומת.
- מהות - מהות הפרויקט.

בסיווג של 'פרויקטים עירוניים' אין פרויקט המבוצע בקטע בלבד. לפיכך, במסגרת של המרחב העירוני המשמעות של פרויקט בקטע הינו בקטע ובצומת, ואילו פרויקט בצומת הינו פרויקט המבוצע בצומת בלבד.

לכל אחד מסוגי הפרויקטים לעיל קיימים ערכי מחדל שונים, אולם נוסחאות התיקון של האחוז הירוק וזמן מעבר הצומת - זהים.

רמת התכנון של הפרויקט

לרמת התכנון של הפרויקט משמעות קריטית ביחס לרמת המידע הקיים על שיטת ביצוע הפרויקט, משך הביצוע של שלבי ביניים ותוכנית הביצוע. כדי לאפשר אמידת הנזקים של פרויקטים בכל רמת ביצוע, הוכנו שלוש רמות של ברירות מחדל. השימוש בברירות המחדל ע"פ רמת התכנון הינו כמוצג בלוח להלן.

לוח 3.3: רמת תכנון וברירות מחדל

רמת תכנון	מידע קיים	רמת ברירות המחדל
רעיוני	מרחב, מיקום ומהות בלבד	רמה 0 - ראה להלן
מוקדם	שיטת ביצוע	רמה 1 - ראה להלן
מפורט/מכרז	שלבי ביצוע	רמה 2 - ראה להלן

מרחב חופש לעורך הבדיקה

במקרים רבים ניתן לתת לעורך הבדיקה מרחב חופשי שיאפשר לו לקבל את ההחלטות הבאות:

- האם להשתמש בערכי המחדל או בערכים אחרים.
 - באיזה רמה של ערכי המחדל להשתמש.
 - מהו משך הזמן שבו יגרם נזק כלכלי.
 - מה מידת ההשפעה של רכב כבד על מערכת הדרכים סביב הפרויקט.
- קיום מרחב החופש של עורך הבדיקה מותנה ברמת התכנון של הפרויקט ובהיקף המידע שברשותו ביחס לתוכנית הביצוע של הפרויקט, ע"פ המפורט בלוח להלן.
- הנתונים הרלוונטיים לניתוח הנזקים הכלכליים בתקופת ההקמה של פרויקט הינם:
- פגיעה ברמת המתקן.
 - פגיעה במתקנים משיקים.
 - פתרונות להעברת התנועה - מעקפים, פתרונות תנועתיים.
 - תוכניות תנועתיות - פיצול צמתים, איסורי פנייה, סגירת זרועות.
 - שלבי ביצוע.
 - מיקום שטחי עבודה והגישה אליהם.
 - שיטת ביצוע - סגירה של דרכים (במרחב העירוני), שעות עבודה.
 - לוחות זמנים.
 - פעולות יוצאות דופן.

לוח 3.4: תנאים לקיום מרחב חופש בקביעת הפרמטרים התחבורתיים

רמת תכנון	רמת מידע	דרגת חופש
רעיוני	-	אין מרחב חופש
מוקדם	רמת הפגיעה	אין מרחב חופש
	תוכניות תנועתיות	תיקונים מנומקים לערכי המחדל
מפורט/מכרז	שלבי ביצוע	רמת ערכי המחדל
	שלבי ביצוע	רמת ערכי מחדל/שימוש בערכי המחדל
	מיקום שטחי עבודה	השפעת רכב כבד
	תוכנית ביצוע - לוחות זמנים	מרחב מלא

3.3.3. ערכי מחדל

רמה 0 - ערכים ממוצעים לפי מהות הפרויקט

ערכי המחדל בקטע מתייחסים לקיבולת ולמהירות הנסיעה בזרימה חופשית ('נפח אפס'). ערכי המחדל בצומת מתייחסים לקיבולת זרוע בצומת בלבד. חישוב השינוי באחוז ירוק (אם יש לשנותו) וכן חישוב זמן מעבר הצומת בשיטות המבוססות על חישוב זה, הינו ע"פ הנוסחאות.

לוח 3.5: ערכי מחדל במרחב העירוני

ערכי מחדל רמה 0 - מרחב עירוני - פרויקט ברמת הקטע והצומת

סוג פרויקט	תנועה ראשית		תנועה משנית		ממוצע אחיד	
	קיבולת	מהירות	קיבולת	מהירות	קיבולת	מהירות
הרחבת דרך					-25%	-15%
תוספת מסלול נסיעה	-15%	-10%	-20%	-	-15%	-10%
תוספת הפרדה מסלולית	-10%	-5%	-10%	-	-10%	-5%
עבודות שוליים	-5%	-5%	-10%	-	-5%	-5%
הרחבה של צומת	-10%	-10%	-20%	-10%	-15%	-10%
הפרדה מפלסית	-25%	-20%	-50%	-10%	-35%	-15%
הכנת תשתית לרק"ל					-25%	-20%

אילוצי שטח

1. אילוץ שטח בפנינה אחת של הצומת - פגיעה נוספת של 10% בקיבולת.
2. אילוץ שטח בשתי פינות לאורך צד אחד של הדרך המשנית (בכניסה וביציאה מהצומת) - תוספת 15% פגיעה בקיבולת.
3. אילוץ שטח גורף בכל הצומת - פגיעה נוספת של 25% בקיבולת.
4. אילוץ שלא מאפשר יצירת מעקף בצמתים - פגיעה נוספת של 5% במהירות.

היררכיית הדרך

פרויקט בקטע:

הנתונים דלעיל מתייחסים לדרך עורקית. בדרך מאספת יש להוסיף 30% לפגיעה בקיבולת ו10% לפגיעה במהירות. במקרה זה אין להתייחס לאילוצי שטח.

פרויקט בצומת:

במקרה של הצטלבות דרכים בעלות אותה היררכיה, או בעלות עומס זהה - יש להשתמש בערכי הממוצע על כל הזרועות.

- במקרה של פער בין ההיררכיה של הדרך הראשית למשנית -
 - ◆ באם הפרויקט מבוצע בדרך הראשית - יש להשתמש בנתונים דלעיל.
 - ◆ באם הפרויקט מבוצע בדרך המשנית - יש להשתמש בערכי הממוצע על כל הזרועות.

לוח 3.6: ערכי מחדל במרחב הבינעירוני

ערכי מחדל רמה 0 - מרחב בינעירוני - פרויקט ברמת הקטע

פרויקט	קיבולת	מהירות	הערות
תוספת נתיב	-25%	-30%	קיצור אורכי הפניות החופשיות
שידרוג מדרך מקומית לדרך אזורית	-20%	-20%	ביטול פניות חופשיות
שידרוג מדרך אזורית לדרך ראשית	-30%	-30%	
תוספת צומת בדרך אזורית	-30%	-25%	נפח רקע - משאיות: 40 יר"מ בשעה
תוספת צומת בדרך ראשית	-25%	-20%	

לוח 3.7: עבודות שוליים בקטע בלבד

סוג עבודה	קיבולת	מהירות	משך הביצוע
מעקות	חצי מקיבולת נתיב	-15%	ק"מ בשבוע
תאורה בדרך ראשית	-20%	-	חודשיים לק"מ
תאורה בדרך אזורית	חצי מקיבולת נתיב	-20%	חודש לק"מ
כביש מקורץ	-10%	-30%	חודשיים

לוח 3.8: ערכי מחדל רמה 0 - מרחב בינעירוני - פרויקט ברמת הצומת

פרויקט	קיבולת	הערות
הרחבת צומת	-20%	על כל הזרועות; יש לכייל נתוני הצומת
שינויים גיאומטריים (דרך חד מסלולית)	-25%	על כל הזרועות; יש לכייל נתוני הצומת
שינויים גיאומטריים (דרך דו מסלולית)	-20%	על כל הזרועות; יש לכייל נתוני הצומת
דירוג צומת (מעבר לשני צמתי T)	-25%	על כל הזרועות; אין צורך לכייל נתוני הצומת
פיצול צומת (כפי שמבוצע במחלף יהלום)	-20%	על כל הזרועות; יש לכייל נתוני הצומת
הפרדה מפלסית - גישור	-25%	בתנועה החוצה בלבד
הפרדה מפלסית - שיקוע	-40%	נפח רקע - משאיות: 40 יר"מ בשעה

רמה 1 - ערכים ממוצעים לפי שיטת ביצוע

רמה זו מתאימה לפרויקט שבו ידועה שיטת הביצוע של הפרויקט כמפורט להלן. מקרים בהם אין לשיטת הביצוע משמעות לא יפורטו להלן ויש להשתמש בערכי המחדל מרמה 0. כמו-כן, פרמטרים כגון אילוצי שטח, היררכיה ועבודות שוליים בדרך בינעירונית, הינם כפי שפורטו ברמה 0.

לוח 3.9: ערכי מחדל רמה 1 - מרחב עירוני - פרויקט ברמת הקטע והצומת

ממוצע אחיד		תנועה משנית		תנועה ראשית		
מהירות	קיבולת	מהירות	קיבולת	מהירות	קיבולת	
						סוג פרויקט
-10%	-20%	-5%	-15%	-15%	-20%	הרחבת דרך ללא הצרת נתיבים
-15%	-25%					הרחבת דרך עם הצרת נתיבים
-10%	-15%	-10%	-20%	-10%	-10%	הרחבת צומת ללא ביטול פניות
-10%	-20%	-10%	-30%	-10%	-15%	הרחבת צומת עם ביטול פניות
-15%	-35%	-10%	-50%	-20%	-25%	הפרדה מפלסית בשיקוע
-10%	-30%	-10%	-40%	-15%	-20%	הפרדה מפלסית בגישור

לוח 3.10: ערכי מחדל רמה 1 - מרחב בינעירוני - פרויקט ברמת הקטע

פרויקט	קיבולת	מהירות	הערות
תוספת נתיב מימין	-25%	-30%	קיצור אורכי הפניות החופשיות
תוספת נתיב משמאל	-25%	-35%	נפח רקע - משאיות: 40 יר"מ בשעה
תוספת מסלול בצד המסלול הקיים	-20%	-20%	ביטול פניות חופשיות
תוספת מסלול ע"י הרחבה לצדדים	-25%	-30%	ביטול פניות חופשיות
תוספת צומת בדרך ראשית	-40%	-30%	ללא תוספת נתיבים זמניים
תוספת צומת בדרך ראשית	-10%	-10%	עם תוספת נתיבים זמניים
שידרוג מדרך אזורית לדרך ראשית	-30%	-30%	

לוח 3.11: ערכי מחדל רמה 1 - מרחב בינעירוני - שידרוג דרך אזורית

מהות המטלה המרכזית	קיבולת	מהירות	הערות
טיפול בחתך הרחבי	-30%	-30%	
טיפול בחתך האורכי	טע -30% -40%	-30%	תלוי ברמת הדרך הקיימת
תוספת מסלול	-25%	-30%	
שידרוג צמתים	-20%	-	על כל הזרועות

רמה 2 - ערכי מחדל לפי אבני יסוד

בסעיף הנוכחי יובאו ההפרעות לתנועה ברמה של פעולות ושלבי ביניים, ברמת השטח. במקרים בהם יש בידי עורך הבדיקה מידע מלא על שלבי הביצוע, משכם ותוכניות תנועתיות לשיכור

הפרעות, יוכל עורך הבדיקה לעשות שימוש בערכים שלהלן ולאמוד את ההפרעה הממוצעת לתנועה במהלך הפרויקט בצורה המותאמת לפרויקט הנבדק. לפיכך גם לא מובאים להלן ערכים ממוצעים אחידים לכל הזרועות וחישוב הערך הממוצע נתון לשיקול דעתו של עורך הבדיקה בהתאם לנתונים שבידיו.

לוח 3.12: ערכי מחדל רמה 3 - מרחב עירוני - פרויקט ברמת הקטע והצומת

הערות	תנועה משנית		תנועה ראשית		שלב/אבן יסוד
	מהירות	קיבולת	מהירות	קיבולת	
ללא הצרת נתיבים	-	-	-	-10%	תפיסת שוליים וסלילת מעקף
יתכן ביטול פניות	-	-15%	-10%	-20%	העברת תנועה למעקפים
	-	-15%	-20%	-25%	סלילת מסלול במרכז
שלב ביצוע השיקוע	-10%	-50%	-20%	-30%	שיקוע מסלול במרכז
שלב בניית הגשר	-10%	-40%	-15%	-25%	גישור מסלול במרכז
			-20%	-30%	עבודות תשתית בקטע
ביטול פניות חופשיות	-	-20%	-	-30%	עבודות תשתית בצומת
ביטול פניות חופשיות	-	-20%	-30%	חצי נתיב	הצרת נתיבים

לוח 3.13: ערכי מחדל רמה 3 - מרחב בינעירוני - פרויקט ברמת הקטע

הערות	מהירות	קיבולת	שלב/אבן יסוד
	-30%	-20%	הצרת נתיבים
נפח רקע - משאיות: 20 יר"מ בשעה	-30%	-25%	סלילת מעקפים (נתיבים בצדדים)
נפח רקע - משאיות: 40 יר"מ בשעה	-40%	-25%	סלילת נתיבים מרכזיים
נפח רקע - משאיות: 20 יר"מ בשעה	-40%	-25%	שיקום הנתיבים המרכזיים
נפח רקע - משאיות: 20 יר"מ בשעה	-30%	-25%	שיקום הנתיבים החיצוניים
תלוי במספר הנתיבים הקיימים	-30%	-40%/-30%	תוספת מפרדה מסלולית בדרך קיימת
על כל הזרועות; אין צורך לכייל הצומת	-	-30%	טיפול בצמתים בדרך קיימת
נפח רקע - משאיות: 20 יר"מ בשעה	-10%	-10%	סלילת מסלול חדש
במקרה של גימור מלא 30%-	-40%	-30%	העברת תנועה למסלול חדש
על כל הזרועות; יש לכייל נתוני הצומת	-	-10%	טיפול בצמתים במהלך סלילת מסלול
	-10%	-20%	כביש עם הפרשי גובה ('מדרגות')
נפח רקע - משאיות: 40 יר"מ בשעה	-5%	10%	סלילה מחוץ לתוואי הדרך
חיבור למסלול חדש או לתוואי חדש	-	-10%	חיבור קטעי דרכים

לוח 3.14: ערכי מחדל רמה 3 - מרחב בינעירוני - פרויקט ברמת הצומת

שלב/אבן יסוד	קיבולת	הערות
סלילת נתיבים בצד בזרועות הראשיות	-20%	על כל הזרועות; יש לכייל נתוני הצומת
תוספת מפרדה באחת הזרועות	-25%	על כל הזרועות; יש לכייל נתוני הצומת
הרחבת הזרועות המשניות	-20%	על כל הזרועות; יש לכייל נתוני הצומת
הסטת צומת	-30%	על כל הזרועות; אין צורך לכייל נתוני הצומת
חיבור זרוע חדשה לקטע קיים	-10%	בזרוע הרלוונטית בלבד
ביטול צומת קיימת	-10%	פרק זמן קצר
סלילת מעקף בצומת	-25%	בתנועה החוצה בלבד
גישור - הנחת עמוד מרכזי	-30%	בתנועה החוצה בלבד
גישור - הנחת עמודים בצידו הדרך	-25%	בתנועה החוצה בלבד
גישור - הנחת קורות	-	מבוצע בלילה
שיקוע - במהלך חפירת השיקוע	-40%	על כל הזרועות; יש לכייל נתוני הצומת
העברת תנועה למסלול/גשר/שיקוע חדש	-10%	פרק זמן קצר
ריבוד והפעלה/פעולות חיצוניות	-5%	נפח רקע - משאיות: 40 יר"מ בשעה

3.3.4. נוסחאות לחישוב הפרמטרים התחבורתיים (בצומת)

סעיף זה עוסק בתיקון הפרמטרים התחבורתיים המשמשים לחישוב העיכוב בצומת. כפי שכבר הוזכר, אין תיקון לזמן המחזור, אולם ברוב המקרים יש תיקון לאחוז הירוק. בשיטות האומדות את העיכוב בצומת כפונקציה של זמן מעבר הצומת בנפח אפס - יש תיקון גם בפרמטר זה. העיקרון בחישוב התיקון של אחוז ירוק בצומת הינו הפוך לשיטת החישוב של קיבולת זרוע בצומת. בד"כ בהינתן קיבולת הקטע ואחוז הירוק, מחושבת קיבולת הצומת כדלהלן:

$$C_i = C_1 * EGR$$

כאשר:

C_i - קיבולת זרוע בצומת.

C_1 - קיבולת הקטע.

EGR - אחוז ירוק בזרוע בצומת.

מתוך כך נגזרת הנוסחה לתיקון אחוז הירוק, במקרים בהם אין תוספת נתיבים בצומת:

$$EGR = \frac{C_i}{C_1}$$

כאשר יש תוספת נתיבים בצומת (שלא בוטלו בעקבות הפרויקט) הנוסחה הינה כדלהלן:

$$EGR^1 = \frac{P_i}{P_l} * EGR^0$$

כאשר:

P_i - אחוז ההפחתה בקיבולת זרוע בצומת.

P_l - אחוז ההפחתה בקיבולת הקטע.

EGR^0 - אחוז ירוק בזרוע בצומת לפני התיקון.

EGR^1 - אחוז ירוק בזרוע בצומת המתוקן.

עבור אלו המשתמשים בפונקציות עכבה העושות שימוש בזמן מעבר הצומת בנפח אפס, במקום השימוש באחוז ירוק וזמן מחזור, להלן נוסחת התיקון של זמן מעבר הצומת בנפח אפס:

$$t^1 = \left[6 - 6 * \frac{P_i}{P_l} + \frac{P_i}{P_l} * \sqrt{t^0} \right]^2$$

כאשר:

t^1 - זמן מעבר הצומת בנפח אפס לפני התיקון.

t^0 - זמן מעבר הצומת בנפח אפס לאחר תיקון.

3.4. עלויות אחזקה

3.4.1. מבוא

מתודת חישוב עלויות אחזקת פרויקטים תחבורתיים, בינעירוניים ועירוניים, עברה בשנים האחרונות שינויים והתחדשויות משמעותיות, הוספת פרויקטי מנהור, סטנדרטים גבוהים יותר של אחזקה המבוססים על מערכות ניהול מיסעות וכן בגין שיפור איכות הסלילה בישראל, לאורך השנים. אלו מגדילים את עלויות ביצוע הפרויקטים מחד גיסא, אך דוחים את הצורך באחזקה תקופתית לתקופות זמן ארוכות יותר בהמשך. גורמים אלה נלקחו בחשבון בבניית דרך אומדן עלויות האחזקה לפרויקטים.

בפרק זה מוצגות הנחיות חדשות לחישוב עלויות האחזקה של פרויקטים תחבורתיים. אלו מבוססות על מתודולוגיה עדכנית ושונה מזו של נוהל פר"ת הקודם משנת 2012.

3.4.2. הנחיות לנוהל לחישוב עלויות אחזקה לפרויקט

סוגי האחזקה בחישוב העלויות הן:

- אחזקה תקופתית.
- מנהור - הפעלה ואחזקה.
- גשרים - בשתי צורות חישוב בהתאם לזמינות הנתונים.
- מערכות בקרה ואלקטרוניקה - בהתאם למספר המערכות הקיימות.
- אחזקה שוטפת.

חישוב עלות האחזקה לפי הסוגים לעיל שונה. חלקן כאחוז מעלות הקמתן וחלקן כסכום קבוע לק"מ מסלול. הנחיות החישוב מוצגות בלוח להלן.

לוח 3.15: טבלת מקדמי עלויות והנחיות לחישוב עלויות אחזקה

מס'	סעיף אחזקה	יחידה לחישוב עלות אחזקה	תדירות אחזקה	מחיר יחידה בש"ח	הנחיות לחישוב
1	אחזקה תקופתית	ק"מ מסלול של 2 נתיבים למסלול	אחת ל-9 שנים	650 אלף	הכפלת עלות לק"מ מסלול באורך הפרויקט בק"מ מסלול (שני נתיבים למסלול). אם הפרויקט הוא יותר מ-2 נתיבים למסלול יש לתקן בהתאם
2	מנהור	ק"מ מסלול של 2 נתיבים למסלול	שנתית	3 מיליון	הכפלת עלות האחזקה למנהרה באורך המנהרה בק"מ מסלול (שני נתיבים למסלול). אם במנהרה יש יותר מ-2 נתיבים למסלול יש לתקן בהתאם
3א	גשרים (יש לבחור באחת משתי אפשרויות)	מ"ר גשרים	שנתית	1%	יש עלות גישור: הכפלת עלות הגישור ב-1%
3ב			שנתית	100 ש"ח למ"ר	אין עלות גישור: הכפלת שטח הגישור במ"ר (אורך הגשר במטרים מוכפל ברוחב הגשר במטרים) בעלות האחזקה לגשר (100 ש"ח למ"ר)
4	מערכות בקרה ואלקטרוניקה ³⁴	כמות כוללת בפרויקט	שנתית	680 אלף	ככל שקיימת מערכת: הכפלת מספר המערכות בעלות האחזקה למערכת (680 אלף שקלים)
5	אחזקה שוטפת	ק"מ מסלול	שנתית	70 אלף	הכפלת עלות לק"מ מסלול באורך הפרויקט בק"מ מסלול (שני נתיבים למסלול). במידה והפרויקט הוא יותר מ-2 נתיבים למסלול יש לתקן בהתאם

דוגמה לחישוב:

להלן דוגמה מספרית של פרויקט סינתטי הכולל את כל רכיבי החישוב. נתוני הפרויקט לחישוב מוצגים בלוח 3.16, ותוצאות החישוב מובאות בלוחות מס' 3.17 ו-3.18. להלן.

לוח 3.16: נתונים נדרשים לאומדן עלויות אחזקה

סעיף חישוב	יחידות מדידה	נתון נדרש	הערות
1	אחזקה תקופתית, אחזקה שוטפת	אורך פרויקט 3.0 ק"מ	היה וישנם יותר נתיבים (או פחות) יש לתקן את מספר הקילומטרים בהתאם
2	מנהור	אורך מנהרות 3.0 ק"מ	היה וישנם יותר נתיבים (או פחות) יש לתקן את מספר הקילומטרים בהתאם
3	גשרים	שטח: 200 מ' אורך X 10 מ' רוחב (2000 מ"ר)	הכוונה היא לגישור ללא מנהור על מנת להימנע מספירות כפולות
4	מערכות בקרה ואלקטרוניקה	מספר מערכות	מניח קומפלקס אחד של בקרת תנועה, מערכת שלטים אחת, 2 מערכות צילום בנות 4 מצלמות כל אחת

33 מערכת מוגדרת ב: מערך שילוט אלקטרוני אחד, 2 מערכות של מצלמות בנות 4 מצלמות כל אחת, וחיבור למערכת בקרת תנועה אחת.

מערכות בקרה ואלקטרוניקה מותקנות בד"כ בפרויקטים עתירי השקעה ו/או פרויקטים מיוחדים כגון "הנתיב המהיר" מנתב"ג ועד הכניסה לתל אביב, ולא למערכות פשוטות כגון רמזורים בצומת ראשית

יש להדגיש כי נתונים אלו הם הנתונים היחידים הנדרשים לחישוב שנתי של עלויות האחזקה של פרויקט נתון. רובם נגישים ממידע על הפרויקט וניתן לקבלם מהמתכנן או מהגורם היוזם. בלוח 3.17 להלן מוצגות תוצאות החישוב של עלויות האחזקה של הפרויקט הנ"ל.

לוח 3.17: אומדן עלויות אחזקה

מס'	סעיף אחזקה	יחידה לחישוב עלות אחזקה	כמות בפרויקט	תדירות אחזקה	מחיר יחידה (₪)	סה"כ עלות אחזקה (מ"ח)	הערות לחישוב
1	אחזקה תקופתית	ק"מ/מסלול בן 2 נתיבים למסלול	3.0 ק"מ	אחת ל-9 שנים	650 אלף	1.95	650X3.0 ק"מ מסלול
2	מנהור	ק"מ/מסלול בן 2 נתיבים למסלול	3.0 ק"מ	שנתית	3 מיליון	9.0	תפעול ואחזקת המנהרה. לא כולל אחזקה תקופתית של הדרך בתוואי המנהרה
3	גשרים	מ"ר גשרים	שטח 2000 מ"ר	שנתית	1% מעלות הגישור או 100 ₪ למ"ר הגבוה מבין השניים	0.2	עלות של 100 ₪ למ"ר שווה ל-1% מתוך עלות של 10,000 ₪ למ"ר
4	מערכות בקרה ואלקטרוניקה	כמות כוללת בפרויקט	1	שנתית	680 אלף	0.68	בהנחה של חיבור למערכת בקרת תנועה, אתר שילוט ושני סטים של מצלמות
5	אחזקה שוטפת	ק"מ/מסלול	3.0	שנתית	70 אלף	0.21	70 אלף ש"ח לק"מ מסלול מוכפל ב-3.0 ק"מ מסלול
						12.04	מתייחס לשנים 9, 18, וכי"ב
						10.09	מתייחס לכל השנים למעט שנים 9, 18, וכי"ב
סה"כ עלות אחזקה שנתיית כולל אחזקה תקופתית							
סה"כ עלות אחזקה שנתיית ללא אחזקה תקופתית							

לוח 3.18: אומדן עלויות אחזקה שנתיות (מיליוני ₪)

סה"כ	אחזקה שוטפת	מערכות בקרה ואלקטרוניקה	גשרים (ללא מנהרות)	מנהור	אחזקה תקופתית	שנה (לאחר תקופת ההקמה)
10.09	0.21	0.68	0.2	9.0	0	1
10.09	0.21	0.68	0.2	9.0	0	2
10.09	0.21	0.68	0.2	9.0	0	3
10.09	0.21	0.68	0.2	9.0	0	4
10.09	0.21	0.68	0.2	9.0	0	5
10.09	0.21	0.68	0.2	9.0	0	6
10.09	0.21	0.68	0.2	9.0	0	7
10.09	0.21	0.68	0.2	9.0	0	8
12.04	0.21	0.68	0.2	9.0	1.95	9
10.09	0.21	0.68	0.2	9.0	0	10
10.09	0.21	0.68	0.2	9.0	0	11
10.09	0.21	0.68	0.2	9.0	0	12
10.09	0.21	0.68	0.2	9.0	0	13
10.09	0.21	0.68	0.2	9.0	0	14
10.09	0.21	0.68	0.2	9.0	0	15
10.09	0.21	0.68	0.2	9.0	0	16
10.09	0.21	0.68	0.2	9.0	0	17
12.04	0.21	0.68	0.2	9.0	1.95	18
10.09	0.21	0.68	0.2	9.0	0	19
10.09	0.21	0.68	0.2	9.0	0	20
205.7	4.2	13.6	4	180	3.9	סה"כ

על פי מאפייני הפרויקט, עלות האחזקה השנתית, מדי שנה למעט שנה שבה יש אחזקה תקופתית (אחת ל-9 שנים) היא 10.09 מיליוני שקלים. בשנים בהן האחזקה תקופתית (כפולות של 9) תהיה עלות זו 12.04 מיליוני שקלים.

פרק 4: השפעות הפרויקט - התועלות

תוכן עניינים

מבוא

- 4.1 הזמן הנחסך
- 4.2 חיסכון בעלויות תפעול כלי רכב
- 4.3 בטיחות
- 4.4 השפעה על הסביבה
- 4.5 פיתוח אזורי/כלכלי
- 4.6 חיסכון בחניה
- 4.7 ערך האופציה
- 4.8 שוויוניות וצדק חברתי

מבוא

- השפעות הפרויקט, התועלות הנובעות מביצוע הפרויקט הכלולות בנוהל 2021 הן:
- זמן נוסעים ונהגים: החיסכון במשך הנסיעה, הנגרם בעקבות ביצוע הפרויקט.
 - עלויות תפעול כלי הרכב: החיסכון בעלויות תפעול של כלי הרכב, לסוגיהם.
 - בטיחות: הצמצום בהיקף תאונות הדרכים ובמידת חומרתן.
 - השפעות סביבתיות: ההשפעות המקובלות הן על זיהום אוויר, רעש ונוף.
 - פיתוח אזורי כלכלי: השפעת הפרויקט על התפתחות האזור, קידום תוכניות איכלוס, תעסוקה ופיתוח כלכלי.
 - ערך האופציה: מוכנות הפרט לשלם עבור ביצוע פרויקט בתחבורה ציבורית, כאפשרות נסיעה בו, גם אם אינו עושה זאת בפועל.
 - חיסכון בחניה: ערך בחיסכון במקומות חניה, בגין הפרויקט. ערך תחבורתי, כלכלי וסביבתי.
 - שוויוניות וצדק חברתי: המידה בה מתחלקות תועלות הפרויקט, שיפור הנגישות, בין התושבים.
- חלק מתועלות אלה, בעיקר ערך האופציה והחיסכון בחניה, ניתנות לייחוס לפרויקטים בתחבורה ציבורית בלבד.

4.1 הזמן הנחסך

4.1.1 תועלות הזמן לנוסעים ונהגים

החיסכון במשך זמן הנסיעה של משתמשי הדרך הוא יעד ההשקעה המרכזי בפרויקטי תשתית בתחבורה ו/או בהפעלת אמצעי מדיניות לניהול ביקושים ותנועה. התועלת מהפחתת זמן הנסיעה מהווה לרוב מרכיב ראשי בהערכת התועלת של פרויקטים תחבורתיים.

"ערך הזמן" הנחסך מבטא את התועלת, במונחים כלכליים, מהחיסכון בזמן נסיעה, למשתמשי הדרך - נוסעים ונהגים מקצועיים בשל אפשרות לניצול הזמן המתפנה לעבודה או לפעילות המשפיעה על רווחת הנוסע, לרבות תועלת פנאי.

המתודולוגיה לאמידת שווי הזמן הנחסך היא פרק חשוב בנוהלי הערכה של פרויקטים תחבורתיים ברחבי העולם, ונכללה בנוהל פר"ת בארץ מגרסתו הראשונה. בפרק להלן מוצג עדכון השיטה והערכים לאמידת ערך הזמן שהיו כלולים בנוהל פר"ת³⁴.

34 מבוסס על עבודת עדכון שנערכה על ידי חב' מת"ת בע"מ, נובמבר 2017. נספח 1

4.1.2 משך הנסיעה

העיקרון בבדיקת הכדאיות הינו משך הנסיעה מ"דלת לדלת" (door to door). על פי גישה זו משך הנסיעה כולל את מרכיבי הזמן הבאים, תוך הבחנה בין אמצע הנסיעה - רכב פרטי ותחבורה ציבורית:

- **זמן גישה במוצא (Access time)** - לנוסעי רכב פרטי זהו משך זמן ההליכה לרכב. לנוסעי התחבורה הציבורית זהו משך זמן ההגעה לתחנה.
- **זמן המתנה (Waiting time)** - זמן המתנה הינו משך ההמתנה לנוסעי התחבורה הציבורית בתחנה לאוטובוס/רכבת.
- **זמן נסיעת מעבר (Transfer time)** - משך הזמן הנדרש לביצוע נסיעת מעבר בתחבורה ציבורית, בין קווי נסיעה לביצוע הנסיעה בשלמותה. לרבות: הגעה לתחנת הקו וההמתנה הנוספים.
- **זמן נסיעה בתוך הרכב (In vehicle time)** - זמן הנסיעה ברכב. זמן זה מחושב במסגרת המודל התחבורתי.
- **זמן גישה ליעד** - לנוסעי רכב פרטי זהו משך הזמן לחיפוש חניה וזמן הליכה ליעד. לנוסעי התחבורה הציבורית זהו זמן הליכה מתחנת התחבורה הציבורית ליעד.
- עקרונות מזידת זמן הנסיעה וערך הזמן הנחסך
- זמן הנסיעה הנמדד, בחישוב התועלות, הוא כאמור משך הזמן "מדלת לדלת", הכולל זמני הליכה, המתנה (תחבורה ציבורית), נסיעה וחיפוש חניה (רכב פרטי).
- במזידת משך הנסיעה אין הבדל בין דקת הגעה, המתנה או נסיעה, כל מרכיבי הזמן בעלי משקל שווה³⁵.
- הזמן הנחסך בגין ביצוע הפרויקט, עשוי להיות קצר ואפילו היה קצר ביותר, עדיין נחשב ומחושב³⁶.
- התועלת מהזמן הנחסך גדלה לינארית עם הגידול בזמן הנחסך. כך, שווי חיסכון של 2 דקות לנוסע יהיה כפול משל חיסכון של 1 דקה³⁷.
- ערך הזמן הכלכלי מחושב על בסיס שכר ממוצע לשכיר כולל עלות המעביד. חישוב הזמן הנחסך נעשה על פי מטרות הנסיעה. ערכו המלא של החיסכון בזמן הנסיעה הנו בנסיעות ב"ענייני עבודה", למטרות אחרות (כמו נסיעה לעבודה וממנה) ערך זמן הנחסך בערכים כלכליים, נמוך מזה הבסיסי לעיל.

35 ישנם נהלים בעולם בהם ניתן משקל שונה למרכיבי הזמן

36 ישנם נהלים בעולם בהם הזמן הנחסך נחשב רק מגודל מסוים

37 ישנם נהלים בהם בעולם ערך הזמן משתנה לפי משך הזמן הנחסך

- עיקרון השוויון חברתי: "ערך הזמן" שווה לכל מגזרי האוכלוסייה, מועסקים ושאינם מועסקים, מגדר וגיל החל מגילאי 8 ומעלה³⁸ ובכל אמצעי התחבורה.

4.1.4. חישוב ערך זמן נוסעים ונהגים מקצועיים

השינויים הבולטים בחישוב ערך הזמן בנוהל 2021 מוצגים להלן³⁹.

- **בסיס השכר לשעה:** ערך הזמן הנחסך ימשיך להתבסס על השכר השעתי הממוצע של שכיר, אך לשכר זה יתווספו 33%, כהמלצת הבנק העולמי כביטוי לעלויות השכר למעביד ולתקורות (לעומת 21.6% לתנאים סוציאליים על פי חוק, בנוהל 2012).
- **מטרות הנסיעה:**

בנוהל 2012 חושב ערך הזמן על פי שלוש מטרות נסיעה:

- ◆ נסיעות בענייני עבודה - שווי שעה 100%.
- ◆ נסיעות אל/מהעבודה (Commuting) - שווי שעה 30%.
- ◆ ונסיעות למטרות אחרות - שווי שעה 20%.
- בנוהל 2021 הוגדר ערכי הזמן הנחסך לפי שתי מטרות נסיעה בלבד⁴⁰:
 - ◆ נסיעות בענייני עבודה - שווי שעה 100%.
 - ◆ יתר המטרות - שווי שעה 30%.

ערך הזמן של כלל הנסיעות שאינן בענייני עבודה יהיה אחיד ובישועור של 30% מערך הזמן בענייני עבודה. בכך תוקנו ערכי זמן נמוכים מאוד לנסיעות שאינן במסגרת עבודה או אל ומהעבודה, אשר לא שיקפו את התועלת מהגדלת הזמן הפנוי הנחסך.

ניצול הזמן בנסיעה - Multitasking: ניצול הזמן בנסיעות, לעניינים הקשורים לעבודה או לפעילויות מועילות אחרות, הנעשה בשיחות טלפון, במחשב נייד (בעיקר לנוסעי תח"צ), או בהתכתבות בדואר אלקטרוני (למי שאינו נוהג).

בשל יכולת "ניצול הזמן בנסיעה", יתבצע קיזוז של 5% מערך הזמן הנחסך. עם זאת דרוש מחקר המשכי על מנת לעגן מסקנה זו⁴¹.

38 ישנם נהלים בהם בעולם נקבע בנוהל ערכי זמן נמוכים יותר לילדים

39 מבוסס על עבודת עדכון שנערכה על ידי חב' מת"ת בע"מ, 2017. נספח מס' 1

40 חלוקה המקובלת במרבית הנהלים שנסקרו בעבודת חברת מת"ת לעיל

41 הרחבה בדו"ח מת"ת לעיל

הסבר:

שינוי חשוב בנסיעות כיום הנו היכולת לנצל חלקית את משך הנסיעה, לעבודה או לפעילויות מועילות אחרות. ניצול זמן הנסיעה האמור לעיל מצמצם במידת מה את ערך הזמן הנחסך על ידי הפרויקט.

ענין זה מועלה בניתוח ערכי זמן נחסך במדינות שונות, אך אין לכך יישום. בשל מורכבות הנושא ובהעדר מחקרים אמפיריים מוצע להביא בחשבון, גם אם באופן סמלי, הפחתה של 5% בערך הזמן הממוצע בכל מטרות הנסיעה כביטוי לאפשרויות השונות לניצול זמן הנסיעה. ההערכה היא כי בעתיד צפויות אפשרויות הולכות וגוברות לניצול זמן הנסיעה בזכות שיפורים טכנולוגיים ובהתחשב בשינוי הרכב התעסוקה. ההנחה היא שניצול הזמן יגדל ב-0.2% בממוצע לשנה, כך שיגיע לכדי 10% תוך 25-20 שנים.

שינוי מהפכני יהיה עם כניסת הרכב האוטונומי, אשר ישחרר את הנהג באופן חלקי/מלא מחובת הנהיגה ויאפשר ניצול נרחב של זמן הנסיעות לצרכי עבודה או מטרות אחרות. אולם, לו"ז לשילוב הרכב האוטונומי בציי הרכב אינו ברור ומובטח, ובכל מקרה ביסוס ערכים זהירים פחות, מחייב מחקר. ביסוס הערכות אלו ואולי הגדלת השיעור, מחייבים מחקר. לסיכום, מומלץ על קיזוז של 5% מערך הזמן הנחסך בשל יכולת "ניצול הזמן בנסיעה".

הגידול השנתי בערך הזמן: שיעור הגידול השנתי הריאלי בנוהל 2021 יגדל ל-1.5% לעומת 1% בנוהל עד כה. שיעור זה משקף אומדן גידול הריאלי בתמ"ג לנפש.

הסבר:

הגידול בנוהל 2021 נובע מהשיקולים הבאים:

הגידול בתוצר לנפש: בתקופה שבין 1995 ל-2016 גדל התוצר המקומי הגולמי לנפש ב-1.7% לשנה במונחים ריאליים (141,500 ₪ לנפש ב-2016 לעומת 99,600 ₪ לנפש ב-1995⁴²). אנו מניחים המשך גידול כזה גם בעתיד.

ירידה במס' שעות העבודה: סיבה נוספת שנבדקה כדי להגדיל את שיעור הגידול בערך הזמן, היא האפשרות לירידה במס' שעות העבודה השבועיות/חודשיות - ללא ירידה בתפוקה. הבדיקה העלתה כי קיים פער בשעות העבודה בישראל בהשוואה למדינות המאורגנות ב-OECD, 40.4 שעות בממוצע שבועי לעומת 44.5 שעות בישראל⁴³ יתכן מכאן על פני זמן צמצום מה במספר שעות העבודה בשבוע/בחודש בארץ, אך בחינת השינויים בנושא בפועל העלו יציבות רבה בנושא ב-30 השנים האחרונות. בהתאם לכך לא הובא בחשבון שינוי במספר שעות העבודה החודשיות כפקטור נוסף בהערכת קצב השינוי הריאלי בערך שעת עבודה.

לסיכום ערך ברירת המחדל נקבע ל-1.5% גידול לשנה. דרוש מחקר המשכי על מנת לעגן ערכים בדוקים ואולי גבוהים יותר בעתיד.

42 מקור: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה - http://www.cbs.gov.il/diag/shnaton68/pdf.02_14

43 מקור: ארגון ה-OECD - https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=HRS_AVE. הרחבה בדו"ח חב' מת"ת לעיל

4.1.5. הנחיות לחישוב ערך הזמן - נוהל 2021

חישוב ערך הזמן נותר ללא שינוי, והוא מבוסס על נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. השינויים הבולטים במבנה התחשיב בנוהל 2021, הם:

- ערך הזמן: ההוצאות הנלוות לשכר גדלו מכ-21% ל-33%. מאידך, יש לקזז 5% משיקולי אפשרות ניצול הזמן במהלך הנסיעה (הגידול נטו 28%).
- מטרות הנסיעה: הוגדרו שתי מטרות נסיעה - "ענייני עבודה" ו"יתר המטרות". ערך שעה שלא למטרת "ענייני עבודה" יל ל 30%.
- הגידול השנתי בערך הזמן: שעור הגידול השנתי הריאלי בנוהל 2021 יגדל ל-1.5% לעומת 1% בנוהל עד כה.

בעקבות שינויים אלה, הערך הכלכלי של הזמן בנוהל 2021 הנו גבוה מאשר בנוהל הקודם ומגדיל בכך את חשיבות מרכיב הזמן הנחסך בתועלת הפרויקט.

לוח 4.1: מבנה חישוב ערך הזמן

נתון (*)	ערך	הערות	מקור
ממוצע שכר עבודה למשרת שכיר	₪10,564	נתונים מנוכי עונתיות מחירים קבועים ינואר 2011. ממוצע חודשים vii-ix	למ"ס, ירחון שכר ותעסוקה לחודש 9.2020, לוח 1.1
ממוצע שעות עבודה בשבוע למועסק:			
כולל נעדרים זמנית מעבודתם	34.4 שעות	נתונים מנוכי עונתיות	למ"ס, רבעון סקר כוח אדם יולי-ספטמבר 2020, לוח vii-ix 2.3
לא כולל נעדרים זמנית מעבודתם	37.1 שעות	על פי יחס 1.0794	למ"ס שנתון סטטיסטי 2016, לוח 12.17
ממוצע שעות עבודה בחודש, לא כולל נעדרים זמנית מעבודתם	148.5 שעות	לפי 4 שבועות בחודש	

סיכום:

ממוצע שכר עבודה חודשי לשכיר	₪10,564	
תוספות הוצאות סוציאליות ותרומה לתקורה	₪3,486	+33%
הפחתה כביטוי לניצול זמן הנסיעה	₪528-	-5%
סה"כ לחודש	₪13,522	
ערך שעה בנסיעות בענייני עבודה	₪91.04	148.5 שעות
ערך שעה בנסיעות שאינן בענייני עבודה	₪27.31	30% מערך הזמן בנסיעות בענייני עבודה

*הערות לחישוב:

חישוב ערך הזמן ייערך לרבעוני השנה. ממוצע שכר עבודה לשכר יחושב כממוצע שלושת החודשים העוקבים של הרבעון האחרון. ממוצע שעות עבודה מועסק הנו מלכתחילה נתון רבעוני.

4.2. חיסכון בעלויות תפעול כלי רכב

4.2.1 כללי

תועלות ביצוע פרויקט תחבורתי נמדדות בין היתר בשינויים בתשומות הרכב (אנרגיה ועוד) כתלות במהירות הנסיעה וכן בשינוי במרחקי הנסיעה (נסועת רכב), בעקבות שינויים בהיקף הנסיעות ברכב או במסלולי הנסיעה ברשת הדרכים. לשינויים אלה השפעה על עלויות תפעול כלי הרכב:

- הגדלת מהירות הנסיעה מפחיתה את עלויות התפעול ברמות שירות נמוכות של הדרך וכתלות בטכנולוגיית הרכב.

- שינוי בנסועה משפיע כשלעצמו על סך עלויות תפעול של כלי הרכב.

עלויות תפעול כלי הרכב מוצגות בפרק זה כתלות במהירות הנסיעה הממוצעת בקטע דרך. הן כוללות עלויות דלק/חשמל, תחזוקה ותיקונים, צמיגים, שמנים (בעיקר ברכב כבד), וכן מרכיב מתוך הפחת השנתי ברכב כבד, כמוצג בהמשך.

לנוהל 2021 התווסף עדכון לעלות כ"ר, ובנוסף לטכנולוגיה ה"מסורתית", שהיא רכב מונע בדלק (לרבות רכב היברידי עם מנוע עזר חשמלי). מוצגות עלויות תפעול לרכב חשמלי שאינו כולל מנוע בעירה. ההערכה הכלל עולמית בנושא היא שבשלו התנאים למעבר להנעה בחשמל ברוב סוגי הרכב, ומתחילות אף להיווצר תקנות שיכנסו לתוקפן בעשור הקרוב על איסור המשך ייצור/יבוא של כלי רכב עם מנוע בעירה⁴⁴. עם זאת, מובן שקצב החדירה של רכב חשמלי אינו ניתן לחיזוי מדויק. מטעמי אחידות תחשיבי הנוהל מתבססים על סדרת הנחות מוגדרת בתחום זה, על מנת שפרויקטים שונים לא יתבססו על עלויות תפעול שונות לפי שיעורים שונים של רכב חשמלי בצי הרכב. מובן שיהיה צורך לעדכן הנחות אלה על פי קצב החדירה בפועל בשנים הקרובות.

שימוש גובר ברכב חשמלי יפחית את עלויות התפעול הריאליות לק"מ רכב, אך גם בטכנולוגיה המסורתית עלויות התפעול של כלי הרכב ימשיכו בהפחתה ריאלית לאורך הזמן באותם תנאי נסיעה ובגין הסיבות הבאות:

- התייעלות אנרגטית, רכב חדש צורך פחות דלק לק"מ בהשוואה לרכב חדש בעבר.
- אמינות כלי הרכב גדלה ועמה פוחת הצורך בטיפולים תקופתיים ואחרים.
- תמשך הירידה הריאלית (מתונה) במחירים למשק של הרכב וחלפיו.

ההערכה הקיימת היא שמגמה זו תמשך, וכלי רכב אלה יהיו חלק מצי הרכב (גם אם במידה פוחתת והולכת) בשני העשורים הבאים לפחות.

44 הכוונה בישראל היא להפעילם משנת 2030

עלויות התפעול מחושבות במחירים למשק הלאומי לאחר ניכוי המסים העקיפים מהמחירים לצרכן. מסים אלה כוללים: מע"מ, בלו על הדלק, מסי קניה על כלי הרכב ומרבית חלפיהם, מכסים (מותנה בארצות היבוא) ואגרות. שיעור המסים העקיפים על התשומות בתפעול כלי הרכב, בעיקר על הדלק, הוא גבוה. לדוגמה: בעוד מחיר בנזין 95 אוקטן בשירות עצמי לצרכן במרץ 2020 ובהנחה ממוצעת היה 5.92 ש"ח לליטר - המחיר למשק היה 1.94 ש"ח לליטר בלבד (מחיר שער בית הזיקוק + מרווח השיווק לאחר הנחה ממוצעת). שיעור מס הרכישה על כלי הרכב ולחלפים, משתנה לפי סוג הרכב, כשעל חלפים בטיחותיים וצמיגים מוטל לרוב מע"מ בלבד.

4.2.2. הנחות על טכנולוגיית הרכב בטווח שנות בדיקות הכדאיות⁴⁵

- בצי הרכב הקל תמשך בטווח הקצר מגמה של התייעלות בביצועים והוזלה הדרגתית קלה בעלויות התפעול, במיוחד בטווחי המהירויות הנמוכות.
- חלקו של הרכב המונע בחשמל מכלל הרכב הקל (רכב פרטי, מוניות, ורכב מסחרי קל עד 3.5 טון), יהיה 15% בשנת 2030, 80% בשנת 2040 ו-100% בשנת 2050.
- אוטובוסים עירוניים, פרבריים, וחלק מהבין-עירוניים למרחקים קצרים ינועו על חשמל. בקרב אוטובוסים אלה שיעורי החדירה של מנועי חשמל ב-2030 יהיו גבוהים משל הרכב הפרטי, כ-30%, ו-100% ב-2040. בטווחים הבין-מטרופוליניים מונח בשלב זה המשך שימוש בטכנולוגיה הנוכחית.
- משאיות קלות (עד 12 טון - בעלות 2 סרנים) ינועו על חשמל בשיעור דומה לרכב הפרטי.
- בתחום המשאיות הכבדות (במשקל כולל של 12 טון ומעלה) אין עדיין טכנולוגיה מובטחת ומוסכמת שיכולה להחליף את מנועי הדיזל. כיוונים של שימוש בגז טבעי דחוס, גפ"מ, מימן ועוד טרם הבשילו לפתרון מוביל מובטח. בהתאם לכך עלויות התפעול של המשאיות הכבדות יהיו על פי הנוהל לטכנולוגיה הקיימת.

4.2.3. מרכיבי העלות למשק הכלולים בתחשיב ומחירי תשומות

בראיית כלל המשק עלויות התפעול כוללות בנוסף לעלויות ישירות של כלי הרכב גם עלויות "חיצוניות" הנובעות מביצוע נסיעה והן השפעה סביבתית ונזקים לשכבת האספלט בכבישים. העלויות הישירות כוללות: עלויות אנרגיה, תחזוקת הרכב, שמנים, צמיגים, פחת תלוי נסועה (ולא זמן) ברכב פרטי, פחת כולל ברכב אחר. עלויות לדרך ולסביבה כוללות: עלות אחזקת דרכים בשל תנועות רכב כבד (בעיקר משאיות מעל 12 טון, גם אוטובוסים) ועלות זיהום אוויר.

45 הרחבה ופירוט בנספח 11 "מחקר ערך הזמן לנוסעים: עדכון וסקירה עולמית" מת"ת בע"מ, נובמבר 2017

שכר נהג מקצועי (באוטובוסים, מוניות, רל"ג, רכב עבודה ובמשאיות) אינו נכלל בעלויות התפעול. שעת נהג מחושבת בנפרד כחלק מעלויות כלל משתמשי הדרך, ולפי ערך שעת עבודה הנקוב בנוהל.

- מחירי האנרגיה (מחירים ריאליים, מרץ 2020):
 - ◆ מחיר ליטר בנזין למשק 2.00 ₪ (דומה לממוצע בשנים 2015-2019), מחיר זה לא מתחשב ב"צלילה" של מחירי הנפט בשל משבר הקורונה.
 - ◆ מחיר ליטר סולר - 1.90 ₪ לליטר. מחיר זה לא מתחשב ב"צלילה" של מחירי הנפט בשל משבר הקורונה.
 - ◆ מחיר קוט"ש - 0.45 ₪.
- עלות זיהום אוויר: מתבטאת בשנת 2020 בתוספת של 0.45 ₪ לליטר בנזין ושל 1.44 ₪ לליטר סולר. עד 2030 תוספת זו תצטמצם ל 0.39 ₪ לליטר בנזין, 1.09 ₪ לליטר סולר. רכב חשמלי אינו מזהם בפני עצמו, אך בייצור החשמל קיים נזקי סביבתי אשר מוערך בכ- 8.4 אג' לקוט"ש⁴⁶.
- עלות הנזק לשכבת האספלט⁴⁷ היא 0.19 ₪ לק"מ בממוצע למשאית שמעל 12 טון, 0.06 ₪ לק"מ לאוטובוס של 50 מושבים. העלות לשאר כלי הרכב זעומה. עלות זו אינה תלויה במהירות הנסיעה.

46 מבוסס על התפלגות מקורות ייצור החשמל של רשות החשמל ועלויות מזהמים לפי "הספק הירוק" של המשרד להגנת הסביבה

47 על סמך תקציב הריבוד של נתיבי ישראל בשנים האחרונות וייחוס חלקי שלו לנסועה הבין עירונית של משאיות ואוטובוסים

4.2.4. עלויות נוכחיות לכל סוגי הרכב

בלוח להלן מוצגת עלות הנסיעה בקטעי דרך כתלות במהירות הממוצעת של הנסיעה. הלוח מתייחס לעלויות למשק ב-2020 ולטכנולוגיה ב-2020 ואין בהן ביטוי לרכב חשמלי.

לוח 4.2: עלויות תפעול רכב - 2020 (כולל הכללת עלות זיהום אוויר)
(מחירים למשק בש"ח/ק"מ)

אוטובוס בינעירוני*	אוטובוס עירוני*	משאית מעל 12 טון*	משאית עד 12 טון*	רכב עבודה	רכב פרטי	מהירות/ סוג רכב
8.15	5.90	8.18	4.01	1.64	0.88	10 קמ"ש
5.75	4.18	5.95	2.90	1.26	0.68	20
4.41	3.23	4.72	2.29	1.05	0.57	30
3.55	2.61	3.92	1.91	0.93	0.51	40
2.96	2.20	3.39	1.65	0.85	0.46	50
2.57	1.93	3.04	1.50	0.82	0.43	60
2.32	1.76	2.83	1.41	0.81	0.42	70
2.19	1.69	2.73	1.38	0.83	0.42	80
2.17	1.68	2.74	1.41	0.87	0.42	90
2.24	1.75	2.83	1.49	0.93	0.44	100
2.39	1.87	3.00	1.60	1.01	0.46	110 קמ"ש

* עלויות התפעול לאוטובוס ומשאיות כוללות את מלוא עלויות ההון המחושבות ועלות המיסעה. נוסחאות רציפות למבנה עלויות זה מוצגות בהמשך.

4.2.5. מבנה עלויות התפעול כתלות בטכנולוגיה ובמהירות הממוצעת

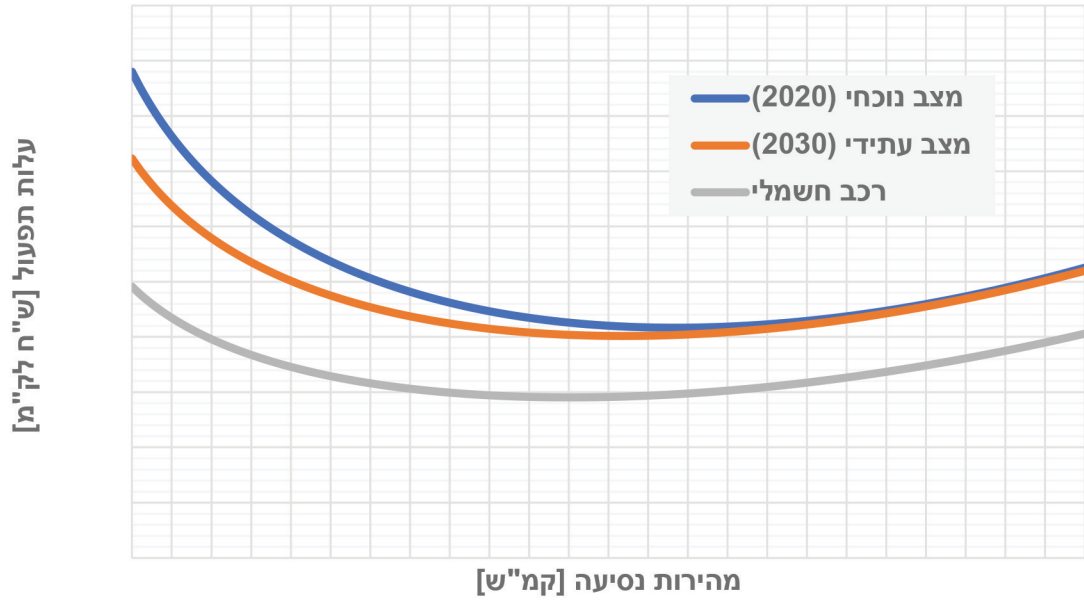
המנוע החשמלי יפחית מאוד את עלויות תפעול הרכב הפרטי, בעיקר בתחום האנרגיה. כך, במהירויות של 30-40 קמ"ש צורך רכב פרטי כ-80 סמ"ק בנזין לק"מ, שעלותם (כולל זיהום אוויר) כ-20 אג' לק"מ. רכב חשמלי צורך במהירות זו כ-0.10-0.12 קווט"ש לק"מ, והעלות כ-5-6 אג' בלבד לק"מ. במהירויות גבוהות יותר ההבדל מצטמצם.

בתחומים אחרים ההבדלים בין הטכנולוגיות קטנים יותר. צורכי התחזוקה (במיוחד תחזוקת המנוע) ברכב החשמלי נמוכים יותר, ובמרכיבים האחרים, שהעלות בהם קטנה, כגון צמיגים, אין הבדלים.

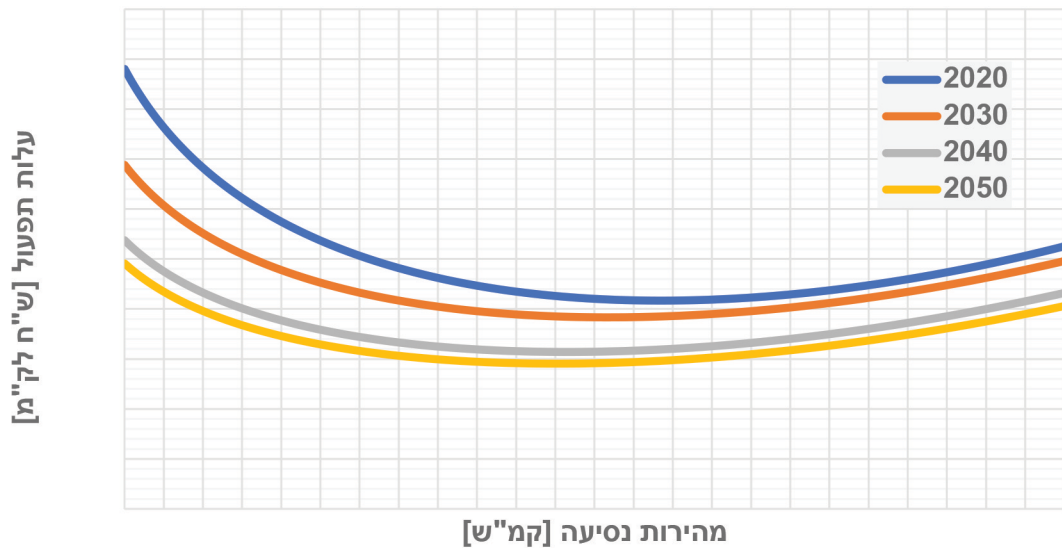
מאידך, הרכב החשמלי יקר יותר כיום, אך הפערים צפויים להצטמצם עם הזמן ככל שתפחת עלות ייצור הסוללה. בשלב הנוכחי הדבר מוצא ביטוי במרכיב עלות הון גבוה יותר, במהירויות נסיעה נמוכות באוטובוסים ובמשאיות קלות. ברכב קל חשמלי אין לכך השפעה משמעותית היות ורק מקצת מעלויות ההון, כאמור, נכללות בעלויות התפעול.

באיורים הבאים מוצגות עלויות התפעול ברכב עם מנוע בעירה בשנים 2020 ו-2030 (פוחתת בשל התייעלות), ובמקביל עלויות הרכב החשמלי, וכן העלות המשוקללת לצי הרכב פרטי.

איור 4.1: עלות תפעול רכב פרטי כתלות במהירות הממוצעת בקטע ובטכנולוגיה (במחירי 3/2020)



איור 4.2: עלויות תפעול לק"מ רכב פרטי 2020-2050 כתלות במהירות הנסיעה (במחירי 3/2020)



מונח שבשנת 2050 צי הרכב הפרטי יורכב מרכב חשמלי בלבד. בסדרת הלוחות הבאה מוצגות העלויות של סוגי הרכב השונים לארבע תקופות. מקור ההוזלה בעלויות לאורך הזמן הוא כאמור מעבר להנעה חשמלית, הוזלה בעלויות הרכב והסוללות וכן שיפורים טכנולוגיים אחרים.

לוח 4.5: עלויות תפעול לסוגי רכב שונים 2020-2050
 כתלות במהירות הממוצעת (במחירי 3/2020)

רכב עבודה				רכב פרטי				מהירות בקמ"ש
2050	2040	2030	2020	2050	2040	2030	2020	
0.81	0.98	1.31	1.64	0.49	0.54	0.69	0.88	10
0.65	0.79	1.04	1.26	0.40	0.43	0.55	0.68	20
0.57	0.69	0.90	1.05	0.35	0.38	0.48	0.57	30
0.53	0.63	0.81	0.93	0.32	0.34	0.43	0.51	40
0.50	0.60	0.77	0.85	0.30	0.32	0.40	0.46	50
0.49	0.58	0.75	0.82	0.29	0.32	0.39	0.43	60
0.50	0.59	0.75	0.81	0.29	0.31	0.38	0.42	70
0.52	0.61	0.78	0.83	0.30	0.32	0.39	0.42	80
0.54	0.64	0.82	0.87	0.31	0.33	0.40	0.42	90
0.58	0.68	0.87	0.93	0.33	0.35	0.41	0.44	100
0.62	0.73	0.94	1.01	0.35	0.37	0.43	0.46	110
0.68	0.80	1.02	1.10	0.37	0.40	0.46	0.49	120

אוטובוס עירוני- פרברי				משאית קלה (12-3.5 טון)				מהירות בקמ"ש
2050	2040	2030	2020	2050	2040	2030	2020	
4.78	5.00	5.21	5.90	3.71	3.84	3.75	4.01	10
3.34	3.48	3.66	4.18	2.64	2.74	2.71	2.90	20
2.54	2.64	2.81	3.23	2.05	2.13	2.15	2.29	30
2.03	2.10	2.26	2.61	1.67	1.74	1.78	1.91	40
1.68	1.74	1.89	2.20	1.41	1.48	1.55	1.65	50
1.45	1.49	1.64	1.93	1.24	1.31	1.39	1.50	60
1.31	1.34	1.49	1.76	1.14	1.21	1.31	1.41	70
1.24	1.26	1.43	1.69	1.10	1.17	1.28	1.38	80
1.23	1.26	1.43	1.68	1.10	1.17	1.30	1.41	90
1.28	1.31	1.49	1.75	1.14	1.22	1.37	1.49	100
1.38	1.41	1.60	1.87	1.22	1.31	1.47	1.60	110
1.53	1.56	1.77	2.06	1.34	1.44	1.61	1.76	120

תחומי המהירות המוצללים, אינם שכיחים אך אפשריים לאוטובוסים פרבריים, כגון בקטעי כביש 531 או 431.

משאית כבדה (+12 טון)		אוטובוס בין עירוני (50 מושבים)		מהירות בקמ"ש
2030-2050	2020	2030-2050	2020	
7.71	8.18	7.54	8.15	10
5.61	5.95	5.30	5.75	20
4.46	4.72	4.06	4.41	30
3.71	3.92	3.25	3.55	40
3.22	3.39	2.71	2.96	50
2.89	3.04	2.35	2.57	60
2.69	2.83	2.13	2.32	70
2.60	2.73	2.02	2.19	80
2.61	2.74	2.01	2.17	90
2.70	2.83	2.08	2.24	100
2.86	3.00	2.23	2.39	110
3.09	3.24	2.46	2.62	120

4.2.6 יישום

במסגרת הצבות התנועה יש לבנות את עלות התפעול לכל קטע, על פי שנת התחזית והרכב התנועה לפי סוגי רכב. היה ונפח התנועה הכללי נמדד ביח' יר"מ יש להביא בחשבון גם את מקדם היר"מ של כל סוג רכב. ניתן, כמובן, שלא לכלול בחישוב כלי רכב ששיעורם בתנועה נמוך מאוד, כגון משאיות כבדות בתחומים עירוניים.

מקדמי היר"מ המוצעים לפי סיווגי הרכב בלוח 3 לקטעים מישוריים הם:

- לרכב פרטי, מסחרי, מוניות ורל"נ - 1.0
- לאוטובוסים ומשאית קלה - 1.8
- למשאית כבדה - 2.2

שלב ראשון: חישוב מספר כלי הרכב מכל סוג בקטע.

על בסיס חישוב זה יש לסכום את העלות לכל סוג רכב לקבלת עלות התפעול הכוללת בקטע. להלן תהליך החישוב:

א. מחשבים מקדם יר"מ ממוצע לקטע לפי התפלגות סוג כלי הרכב, הידוע או החזוי, ומקדמי היר"מ שלעיל או מותאמים אחרים. בהינתן:

- נפח תנועה ביר"מ V .
- מקדם יר"מ E_i לרכב מסוג i .
- שיעור בתנועה של רכב מסוג זה P_i .

מקדם היר"מ הממוצע לקטע יהיה $E = \sum E_i * P_i$

ב. מחלקים את נפח התנועה ביר"מ למקדם היר"מ. מתקבלת התנועה הכללית במונחי רכב N , כאשר $N = V / E$

החלק של כל אחד מסוגי הרכב בתנועה מתקבל גם מהנפח שלו בקטע N_i כאשר $N_i = V * P_i$
 ג. מחשבים בנפרד את העלות לכל סוג רכב C_i לפי הנפח שלו בקטע והעלות שלו לק"מ Y_i
 במהירות הנסיעה והשנה לגבי נערך התחשיב $C_i = Y_i * N_i$.
 ד. לחישוב העלות הכוללת C סוכמים את העלויות וכופלים באורך הקטע d בק"מ $C = d * \sum C_i$
 שלב שני: חישוב עלויות התפעול.
 עלויות התפעול של סוגי הרכב השונים בתחומי הזמן השנים הנבדקות, והן בעלות מבנה אחיד
 של נוסחה, כדלקמן:

$$Y = a + b * v^2 + c * \ln(v)$$

שבו עלות התפעול של כלי הרכב לק"מ (y) היא פונקציה של:

- מהירות הנסיעה (v).
- a, b, c - מקדמים.

בלוח 4.6 להלן מוצגים המקדמים לכל סוג רכב ושנה.

לוח 4.6: מקדמים לפונקציות עלויות תפעול משוקללות לפי סוג רכב ושנה

סוג רכב	שנה	a	b	c
רכב פרטי + מסחרי בשימוש פרטי + מוניות מיוחדות	2020	1.5581	0.000024	-0.2955
	2030	1.1604	0.000020	-0.2060
	2040	0.9017	0.000018	-0.1590
	2050	0.8221	0.000017	-0.1446
רכב עבודה (מסחרי) בשימוש עסקי) + רל"נ + מוניות שירות	2020	2.9860	0.000064	-0.5860
	2030	2.2538	0.000052	-0.4131
	2040	1.6699	0.000039	-0.2995
	2050	1.3514	0.000032	-0.2375
משאית קלה*	2020	7.8226	0.000131	-1.6605
	2030	7.3035	0.000119	-1.5478
	2040	7.6134	0.000117	-1.6421
	2050	7.3631	0.000111	-1.5922
משאית כבדה*	2020	15.8085	0.000232	-3.3229
	2030 ואילך	14.8625	0.000219	-3.1173
אוטובוס עירוני*	2020	11.7678	0.000176	-2.5577
	2030	10.5061	0.000160	-2.3059
	2040	9.7086	0.000145	-2.1451
	2050	10.1749	0.000151	-2.2539
אוטובוס בינעירוני*	2020	16.3577	0.000234	-3.5738
	2030 ואילך	15.1953	0.000224	-3.3344

* עלויות התפעול לאוטובוס ומשאיות כוללות את מלוא עלויות ההון המחושבות ועלות המיסעה

4.2.7. עדכונים

עלויות התפעול שפורטו לעיל מתבססות על מערכות נתונים והנחות רבות הנראות נכונות לתקופת יציאת נוהל 2021.

סדרת ההנחות תחייב מעקב ובחינה. הבחינה החשובה היא לגבי קצב חדירת הרכב החשמלי, אך יהיה צורך לעקוב גם אחרי ההתפתחויות הטכנולוגיות בתחום הרכב הכבד, מחירי התשומות וכן מחירי הרכב, במיוחד החשמלי. מעקב כזה יעשה ותוצאותיו יתפרסמו, לרבות עדכונים של נוסחאות עלויות התפעול.

4.3. בטיחות

4.3.1. כללי

נוהל פר"ת עוסק בתועלות אפשריות בתחום הבטיחות כתוצאה משינויים בתשתית הדרכים, בהיקף הנסועה, בהרכב התנועה ע"פ סוגי רכב ועוד.

הנוהל מתייחס רק לתאונות עם נפגעים, ולסוגיות היכולות לשנות את תדירות או חומרת תאונות אלו. בשנת 2018 רשמה המשטרה 55,400 תאונות עם נפגעים. מיעוטן סווגו כתיקי "ת"ד", רובן בתיקי "כללי עם נפגעים", בהן רמת החקירה נמוכה יותר. בתאונות אלו נרשמו 79,782 נפגעים מהם 331 הרוגים. מניין התאונות והנפגעים הנ"ל כולל תאונות במעורבות רכב ישראלי בשטחי יו"ש.

אין אלה כל נפגעי התאונות. רישומי הטראומה ב-20 בתי החולים העיקריים בארץ מאפשרים מידע נוסף וחשוב על ההיפגעות בתאונות דרכים. בכל אחת מהשנים 18-2016 נרשמו נתונים על קרוב ל 10,000 נפגעי תאונות שאושפזו, לקרוב למחציתם אין רישום משטרתי, והם אינם כלולים בנתוני הלמ"ס. נתוני בתי החולים מוצגים בהמשך, וכן הדרך לטייב את המידע המשטרתי בעקבותיהם ולהוסיף מידע.

נתוני תאונות עם נפגעים ממקורות המידע שנמנו, בשנים 18-2016, מוצגים בסעיפים הבאים לפי סוג דרך, סוג תאונה וסוג רכב, ומוצגים מקדמי עלות למשק של "יחידות הנזק" של התאונות, בעיקר של נפגעים על פי חומרה.

מספר התאונות ללא נפגעים - בהם ניזוקים כלי רכב, אך לא נפגעים נוסעים או משתמשי דרך אחרים - גדול בהרבה ממספר התאונות עם נפגעים. רובן מתרחשות בערים, המידע לגביהן, ככל שקיים, מוגבל מאוד, כשמקורו היחיד הוא חברות הביטוח, וחלקן אינן מטופלות אף בחברות הביטוח. נתוני החברות אינם נאספים ומועברים באופן המאפשר הכרה של: הפריסה הגיאוגרפית של התאונות, עיתוי התרחשותן, הצלבה עם מאפייני הרכב והנהגים, נסיבות התרחשותן, וכל שאר הפרטים המאפשרים חקירה וניתוח. גם העלויות המוצגות בהן אינן נרשמות במונחי עלויות למשק. המחקר העולמי בתחום הבטיחות אינו עוסק בהן, וכך גם מחקרים בתחום הבטיחות בארץ.

הנוהל עוסק, לפיכך, בפן העיקרי של המחקר הבטיחותי, בניסיון לצמצם פגיעות בגוף ובנפש. צמצום כזה אפשרי כתוצאה מהשקעות ישירות בשיפורים בטיחותיים ברשת הדרכים, אך גם כאשר התשתית משודרגת או מורחבת על בסיס צורכי התנועה. ישנם, כאמור, גם שינויים הנובעים מהגנה פסיבית או אקטיבית משופרת של כלי הרכב, העשויים להקטין על פני זמן עלויות של חלק מסוגי התאונות בכל תשתית נתונה.

גם שיפור באיכות הנהיגה יכול לצמצם את נזקי התאונות, ובהקשר זה התשובה האולטימטיבית

המסתמנת לעתיד היא הניהוג האוטונומי. לפי שעה לא ניתן להתבסס על כך בהערכת נזקים עתידיים של תאונות דרכים, ואולם זה אחד השיקולים להערכה זהירה של תועלות בטיחותיות בטווח הארוך של השקעות בתשתית, לדוגמה.

לפחות בטווח הקצר והבינוני תשפיע תצורת הדרך או הרכב כלי הרכב על צפיפות התאונות, סוגן וחומרתן. בהערכת המשמעות הכלכלית של השינויים יש להביא בחשבון שתאונות דרכים אינה מהווה יחידת נזק הומוגנית, ובין דרגות חומרה שונות של תאונות עם נפגעים עשויים להיות יחסי עלות קיצוניים של 1:1000 ויותר. לפיכך, אין משמעות כלכלית או חברתית לדיון בשינוי במספר התאונות עקב ביצוע פרויקט תחבורתי, כשהוא מנותק מניתוח השינוי בהתפלגות התאונות ע"פ סוג וחומרה. המשתנה המוסבר הרלוונטי לניתוח כדאיות ההשקעה הוא השינוי בעלות התאונות.

הערכת השינוי בעלות התאונות עקב ביצוע פרויקט תחבורתי מורכבת, ובפרויקטים משמעותיים העשויים לשנות את נפחי התנועה בקטעים שונים ברשת הדרכים הנבדקת (מעבר לגבולות הפרויקט הנבדק), יש מקום לבחינה מערכתית של השינויים בעלות התאונות. הנוהל מסייע לבדיקה זו בתחומים הבאים:

- העמדת בסיס נתוני תאונות המבוסס על כלל התאונות עם נפגעים בארץ על פי נתוני הלמ"ס (תיקי ת"ד + "כללי עם נפגעים"), כולל נתונים מוצלבים מבתי החולים ונתוני בתי החולים לעצמם.
- אומדן עלות מרכיבי נזק שונים של תאונות, המאפשרים לאמוד נזקים למשק ברמת התאונה הבודדת ובסכימה לתאונות מסוגים שונים, לקטעי כביש וכו'.
- מתודולוגיה וכללים לניתוח השינויים הצפויים בעלות התאונות עבור ביצוע פרויקטים מסוגים שונים.

4.3.2. הגדרות

כללי

- תאונות דרכים - תאונה שאירעה עקב הימצאות רכב במצב תנועה בדרך.
- תאונות דרכים עם נפגעים - תאונה שבה נגרמה חבלה או פגיעה לפחות לאדם אחד.
- תאונות נזק בלבד - תאונות דרכים בה לא נפגע אדם, אך נגרם נזק לרכוש (לרכב וציודו, לעיתים גם למתקני דרך).

סיווג נפגעי תאונות לפי חומרה

מאז 2013 מתקיימות כמה מערכות סיווג של חומרת הפגיעה בתאונות.

להרוג בלבד בתאונה יש הגדרה אחידה:

- **הרוג בתאונה** - מעורב בתאונה שמת במהלכה או עד 30 יום לאחר שאירעה. לא נכללים הרוגים כתוצאה מהתאבדות.

לחומרת הפציעה קיים בנושא סיווג של המשטרה ושני סיווגים רפואיים הניתנים במרכזי הטראומה בבתי החולים לנפגעי תאונות דרכים. המשטרה מסווגת את הפצועים לשתי דרגות חומרה:

- **פצוע קשה** - מי שאושפז עקב תאונת דרכים בבית חולים ליותר מ-24 שעות ולא להשגחה בלבד.

- **פצוע קל** - נפגע שלא אושפז, או שאושפז לפחות מ-24 שעות, או להשגחה בלבד. עם זאת, לא מתקיים במשטרה בפועל מעקב מתאים לצורך הסיווג לעיל, ופצועים שאושפזו לפי רישומי בתי החולים ליותר מ-24 שעות ולא להשגחה בלבד נרשמים על ידה בחלקם כפצועים קל ולהיפך.

הסיווג הנכון, שמשמש גם את הלמ"ס משנת 2018, מתבסס על רישומי הטראומה ב-20 בתי חולים ברחבי הארץ. מדובר ב-20 בתי חולים כלליים העיקריים בארץ בהם מאושפדים כמעט כל נפגעי תאונות הדרכים. בבתי החולים יש מאז 2018 שני דירוגים לחומרת הפציעה:

- **מדד MAIS (Maximum Abbreviated Injury Scale)** מדד לחומרת פציעה המהווה את הציון המקסימלי מבין ציוני ה-AIS (Abbreviated Injury Scale) שנקבעו לכל אחד מתשעת אזורי הגוף. המדד מספק ציון כללי של חומרת פציעה גם עבור נפגעים עם יותר מפגיעה אחת. ערכיו של מדד זה הם בין 1 ל-6. כאשר: 1-2 - פצועים קל, 3-6 - פצועים קשה.
- **ציון ה-ISS (Injury Severity Score)** שהוא מדד בין לאומי לחומרת פציעה בסולם שבין 1 (פצוע קל מאוד) ל 75 (אנוש). ציון זה מקובץ ברישומי הטראומה ובקבצי הלמ"ס לארבע דרגות חומרה, המוצגות בסעיף 4.3.3.

שני המדדים נקבעים סמוך לכניסת הפצוע לבית החולים. מדד MAIS נקבע לפי המרכיב היותר קשה של הפציעה, בעוד מדד ISS משקף את המשמעות הרפואית הכוללת יותר של הפציעה. הלמ"ס החליטה להגדיר את חומרת הפציעה באופן דיכוטומי לפי מדד MAIS (לפצוע קשה או קל). בהערכת העלות למשק של הפציעה והשלכותיה מועדף בנוהל השימוש במדד ה-ISS. מדד זה ברמת הנפגע מועבר מבתי החולים ללמ"ס אך אינו מפורסם על ידה החל מ 2018. בהסדר עם הלמ"ס נתונים הכוללים את סיווג ה-ISS יימסרו לבודקים במסגרת יישום הנוהל לפרויקטים נבחנים שונים.

העלות למשק של פציעה והשלכותיה תוצג בהתאם למדד ה-ISS לפי ארבע דרגות חומרה מ"פצוע קשה מאוד" ועד ל"פצוע קל" (אך מאושפז). מוערכת עלות למשק גם לפציעה שאינה כרוכה באישפוז בבית חולים.

סיווג מנהלתי ולפי חומרה של תאונות

תאונות מסווגות בין היתר לפי חומרה וסוג תיק משטרת.

בסיווג לפי חומרה קיימת ברישומי המשטרה והלמ"ס ההיררכיה הבאה:

- תאונה קטלנית - בה נהרג משתמש דרך אחד לפחות.
 - תאונה קשה - בה היה פצוע קשה אחד לפחות, וזו הייתה הפציעה הקשה ביותר באותה תאונה. הגדרת פצוע קשה תואמת את הגדרת המשטרה בסיווג שלה, ואת ההגדרה המתקנת של הלמ"ס לפי הסיווג הרפואי בסיווג שלה.
 - תאונה קלה - תאונה עם נפגעים, ללא הרוגים או פצועים קשה.
 - בנוהל פר"ת מוצג סיווג מפורט לשש רמות חומרה:
 - תאונה קטלנית - כהגדרת המשטרה והלמ"ס.
- ארבע דרגות חומרה של תאונות בהן אחד מהנפגעים לפחות אושפז בבית חולים:
- תאונה קשה מאוד - תאונה בה דרגת הפציעה החמורה ביותר היא 25-75 בסולם ISS.
 - תאונה קשה - תאונה בה דרגת הפציעה החמורה ביותר היא 16-24 בסולם ISS.
 - תאונה בינונית - תאונה בה דרגת הפציעה החמורה ביותר היא 8-15 בסולם ISS.
 - תאונה קלה - תאונה בה דרגת הפציעה החמורה ביותר היא 1-7 בסולם ISS.
 - תאונה עם נפגעים קל שלא אושפזו.

המשטרה (ובעקבותיה הלמ"ס) מבחינה בין תאונות עם נפגעים גם לפי התיק המנהלתי בו נרשמת התאונה.

א. תאונות דרכים עם נפגעים מסוג ת"ד: זו תאונה חמורה מבחינת תוצאותיה (עם הרוגים או פצועים קשה) ו/או מבחינת חומרת עבירת התנועה שגרמה לתאונה לפי סיווג המשטרה. ההבחנה בפועל תלויה במספר הימים שעברו מתאריך התאונה עד תאריך מסירת ההודעה למשטרה (פער הדיווח) ובקריטריונים נוספים כמו מספר כלי הרכב המעורבים, מספר הנהגים ומספר הנפגעים בתאונה. הנתונים כוללים רק תאונות שדווח עליהן למשטרת ישראל. משטרת ישראל אינה רושמת תאונות שבהן מעורב רכב צבאי בלבד.

ב. תאונות דרכים עם נפגעים מסוג "כללי עם נפגעים": תאונות דרכים שבהן לפחות פצוע קל אחד, והוגדרה במשטרה כתאונה שחומרת העבירה או איחור בדיווח אינם מסווגים אותה כתאונת ת"ד.

הסיווג בפועל של תאונה לת"ד או ל"כללי עם נפגעים" לוקה באי אבחנה נכונה של פצועים קשה, ובבעיות יישום אחרות כמו כאשר יש פצועים קשה גם בתאונות "כללי עם נפגעים". הלמ"ס אבחנה זאת ויצרה משנת 2013 קובץ של "תאונות ת"ד מורחב".

סיווג התאונות לפי הלמ"ס:

א. תאונת דרכים מסוג ת"ד מורחב - תאונת דרכים שסווגה על ידי המשטרה כ"תאונת דרכים מסוג ת"ד" או תאונת דרכים שסווגה על ידי המשטרה כ"תאונת דרכים מסוג כללי עם נפגעים" אך לפי נתוני בתי החולים, נמצא בה פצוע קשה אחד לפחות. נפגע זה סווג בלמ"ס כפצוע קשה ולכן התאונה סווגה בלמ"ס כ"תאונת דרכים מסוג ת"ד מורחב".

ב. תאונת דרכים מסוג כללי עם נפגעים קל - תאונת דרכים שסווגה על ידי המשטרה כ"תאונת דרכים מסוג כללי עם נפגעים" ולפי נתוני בתי החולים כל הנפגעים בה נפצעו קל.

פצוע קשה וקל בפרסומי הלמ"ס:

אדם שהיה מעורב בתאונת דרכים ומופיע ברישומי המשטרה וגם בנתוני בתי החולים, חומרת פציעתו מוגדרת לפי בתי החולים (מדד רפואי (MAIS). אדם שהיה מעורב בתאונת דרכים ומופיע ברישומי המשטרה בלבד, חומרת פציעתו מוגדרת לפי הרישום במשטרה. בשל כך, נותר רישום מוטעה של נפגע כפצוע קשה כשהוא כלל לא אושפז.

יש להדגיש שגם בתיקי ת"ד המורחב וגם בתיקי "כללי עם נפגעים", בהגדרת הלמ"ס מרבית הנפגעים הם פצועים קל שלא אושפזו. ההבדל העקרוני הוא בחומרת עבירת התנועה שגרמה לתאונה.

בנוהל פר"ת אין הבחנה בין תיקי "ת"ד" לתיקי "כללי עם נפגעים" וההתייחסות היא באותה דרך לשני סוגי התאונות. הגדרת "פצוע קשה" נעשית בנוהל על פי נתוני בתי החולים בלבד ולא המשטרה.

העיקרון: על המדינה ליצור תשתית ואמצעי בטיחות נוספים היכולים לצמצם את נזקי התאונות הנעשות עקב עבירת נהיגה חמורה וגם עקב עבירה קלה, או בהיעדר עבירה. אדרבא, יתכן שבמקרה השני יש לתשתית הדרכים משקל רב יותר במניעת תאונות או בהפחתת חומרתן.

בתיקי התאונות משני הסוגים כלולים פרטים רבים על כל תאונה לרבות סוגה, עיתוי מדויק ומיקום, סוג דרך, סוגי רכב, סוגי נפגעים, פרטי הנהגים והמעורבים לרבות יישוב, מין, גיל ועוד. בשני סוגי התיקים חלק מהפרטים חסרים או כתובים באופן לא מדויק (בתאונות קטלניות ההקפדה רבה והמידע מלא), כשבתאונות "כללי עם נפגעים" רמת מילוי הנתונים בממוצע נמוכה יותר, אך עדיין באופן המאפשר להכיר את אירוע התאונה ותוצאותיו.

4.3.3. נתוני תאונות הדרכים

הבהרה כללית

נדרש איתור נכון ומלא ככל האפשר של נתוני תאונות הדרכים עם נפגעים שאירעו באזור/דרך/מתקן תחבורתי המיועד לטיפול בטיחותי, או לצורך חקירה של סוגי תאונות שונים ע"פ סוגי רכב או נפגעים.

הנתונים השגרתיים המפורסמים ע"י הלמ"ס כוללים נתונים בתיקי ת"ד מורחבים בלבד, אך אלה מהווים, כמוצג בסעיף הבא רק כ-22% מהתאונות עם נפגעים. אמנם, הם כוללים את כל התאונות הקטלניות והקשות יותר, אך הן מהוות תמונה חלקית בתיאור כלל התאונות, התפלגות הסיכונים בהן ועלויותיהן בכל זירה נחקרת. קבצי PUF (Public Use Files) של תאונות "ת"ד" ו"כללי עם נפגעים" זמינים לכל ומפרטים בנפרד מידע רב על כל אחת מהתאונות שאירעו ע"פ מיקומה, עיתוייה, סוגה, הנפגעים בה וכו'. יש לאחד מידע משני המקורות לצורך הכרת הבעיה הבטיחותית בזירה/היבט נבדק.

על כן יש לצרף מידע מבתי החולים, כשבסוג מסוים של בדיקות (כגון בבטיחות רוכבי אופניים לסוגיהם) זהו כיום מקור מידע זמין יחיד לחקירה בטיחותית. בסעיפים הבאים מוצגים נתוני תאונות ונפגעים לשנים האחרונות לפי נתוני הלמ"ס ונתוני מכון גרטנר, המרכז מידע מבתי החולים בארץ.

נתוני הלמ"ס ל-2016-18

לפי נתוני הלמ"ס באיחוד קבצי תאונות ת"ד (מורחב) + "כללי עם נפגעים" אירעו בשנים 2016-18 כ-58,600 תאונות בשנה, מהן כ-68% התנגשויות למיניהן, 20% תאונות עצמיות של כלי רכב (התהפכות, החלקה, פגיעה בעצם דומם או ברכב חונה ועוד), כ-9% פגיעות בהולכי רגל, ובמיעוט תאונות מעורבים אופניים. בממוצע 78% מהתאונות עם נפגעים הוגדרו כ"כללי עם נפגעים", כששיעור זה משתנה לפי סוג התאונה.

לוח 4.7: תאונות עם נפגעים בישראל ע"פ רישומי הלמ"ס לפי סוג וסוג תיק משטרה

ממוצע לשנה בשנים 2016-2018

סה"כ	ת"ד	כללי עם נפגעים	סה"כ	ת"ד	כללי עם נפגעים		
18.1%	12.1%	19.8%	10,637	1,557	9,080	תאונות עצמיות (ללא אופניים)	
38.9%	9.6%	47.1%	22,780	1,228	21,552	התנגשויות	
13.9%	37.5%	7.3%	8,158	4,804	3,354		פנים-אחור
2.1%	6.3%	0.9%	1,209	805	404		חזית - צד
11.8%	8.0%	12.9%	6,936	1,025	5,910		חזית - חזית
66.7%	61.3%	68.2%	39,082	7,861	31,221		כל היתר
						סה"כ	
11.9%	23.4%	8.7%	6,963	2,994	3,969	פגיעה בהולך רגל	
3.0%	2.8%	3.0%	1,733	365	1,368	פגיעה ברוכב אופניים	
0.3%	0.4%	0.3%	197	45	152	תאונות עצמיות של אופניים	
100.0%	100.0%	100.0%	58,613	12,822	45,790	סה"כ	

מספר התאונות השנתי הנרשם נמצא ברידה בשני סוגי התיקים. לפי לוח 4.8 תוך 8 שנים חל ברישום צמצום של 24%.

לוח 4.8: רישום תאונות ע"י המשטרה לפי סוג תיק בין 2008 ל-2018

סה"כ	ת"ד		כללי עם נפגעים	
	מהן קטלניות	סה"כ		
77,037	338	16,433	60,604	2008-10
63,452	278	13,516	49,936	2012-14
58,613	324	12,822	45,790	2016-18
23.9%-	4.1%-	22.0%-	24.4%-	שינוי יחסי בין 2016-18 ל 2008-16

האם מדובר בצמצום אמיתי או בנטייה פוחתת של המשטרה לפתוח תיקי תאונות? ניתן לראות מהלוח שאין כמעט שינוי במספר השנתי של התאונות הקטלניות, שרישומן מחייב. במקביל, לפי בתי החולים מספר הנפגעים המאושפזים יציב או נמצא בגידול קל (קשה לקבוע במדויק בשל שינוי במספר בתי החולים המדווחים). על חלקיות הרישום המשטרתי בשנים האחרונות ניתן, מכל מקום, ללמוד מכך שרק ל-54% מנפגעי התאונות שאושפזו בבתי החולים מתועדים בנתוני המשטרה בשנים 2016-18, כששיעור זה בעבר היה גבוה בהרבה.

נתוני בתי החולים

בבתי החולים מתקיימת מזה עשור ויותר מערכת רישום לנפגעי תאונות דרכים. הרישום כולל נתונים בסיסיים על התאונה (מיקומה הכללי, זמן אירוע, סוג תאונה), סוג הנפגע (נהג רכב, נוסע רכב, הולך רגל, רוכב אופנוע, רוכב אופניים - מ 2013 בהבחנה בין אופניים רגילים לחשמליים וקורקינטים), פרטי הנפגע (מין, גיל) - כשלפרטים אלה ואחרים מצורפת אבחנה רפואית הכוללת בין היתר דירוג של חומרת הפציעה בכניסה וביציאה מבית החולים. לכל פצוע נרשם גם משך האישפוז בימים ויעד השחרור- הביתה, לשיקום רפואי, במקצת המקרים הפצוע נפטר.

הרישום נעשה ב- 2018 ב- 20 בתי החולים הכללים העיקריים בארץ:

במחוזות הצפון וחיפה: זיו בצפת, הגליל המערבי בנהריה, מרכז רפואי רמב"ם בחיפה, פוריה, ביה"ח אי.מ.מ.ס הסקוטי בנצרת, ביה"ח המרכזי בעמק, הלל יפה בחדרה.

במחוזות המרכז ות"א: מאיר בכפר סבא, לניאדו בנתניה, בילינסון בפ"ת, המרכז הרפואי בתל השומר, איכילוב בת"א, אסף הרופא בצריפין, וולפסון בחולון, קפלן ברחובות.

בירושלים: הדסה עין כרם, שערי צדק.

במחוז הדרום: ברזילי באשקלון, המרכז הרפואי סורוקה בבאר שבע, יוספטל באילת.

הסיווג הרפואי נעשה, כאמור בדירוג MAIS, המתמקד במרכיב החמור ביותר של הפציעה, וכן ע"פ ציון ה-ISS (Injury Severity Score) שהוא מדד בין לאומי לחומרת פציעה בסולם שבין 1 (פצוע קל מאוד) ל 75 (אנוש). ציון זה מקובץ ברישומי הטראומה לארבע דרגות חומרה:

פצועים קשה מאוד - חומרה רפואית ISS בין 25 ל-75 - סיווג 4 בלמ"ס.

- פצועים קשה - חומרה רפואית ISS בין 24 ל-16 - סיווג 3 בלמ"ס.
- פצוע בינוני- חומרה רפואית ISS בין 8 ל-15 - סיווג 2 בלמ"ס.
- פצועים קל - חומרה רפואית ISS עד 8 - סיווג 1 בלמ"ס.

ככל שהחומרה לפי דירוג זה גדולה יותר כך מתארך משך האישפוז הממוצע וגדל שיעור הפצועים המופנים מבית החולים למרכז שיקום.

הלוח הבא מציג נתונים מצטברים של 29,528 מאושפזים בשנים 2016-18 לפי דרגת החומרה, את נתוני ימי האישפוז שלהם ואת שיעור המועברים בממוצע לשיקום רפואי בכל דרגת חומרה (לאחר ניכוי נפטרים). בקטגוריה 4 (ISS שבין 75-25) כ-16.5% מהמאושפזים נפטרים.

בנתוני התאונות הם נרשמים כהרוגי תאונות (למעט במקרים בהם הנפגע מת לאחר יותר מ-30 ימי אישפוז), ולפיכך במערכת רישום זו פצוע בקטגוריה 4 הוא נפגע ששרד.

לוח 4.9: ממוצע ימי אישפוז ואחוז המופנים לשיקום רפואי מבין המאושפזים

עקב תאונות דרכים

בשנים 2016-18

25-75	16-24	9-14	1-8	חומרת הפגיעה במדד ISS
קשה מאוד	קשה	בינוני	קל	תיאור החומרה
2,105	2,416	6,379	18,628	סה"כ מאושפזים ב- 3 השנים
18.4	8.6	6.6	2.7	משך אישפוז ממוצע (ימים)
13	5	4	1	משך אישפוז חציוני (ימים)
16.7	10.5	8.1	4.0	סטיית תקן של מספר ימי האישפוז
48.2	17.4	12.7	1.9	אחוז המאושפזים שנשלחו לשיקום*

*לאחר ניכוי נפטרים

יש לשים לב לכך שאחוז קטן מהמדורגים אף בדירוג חומרה "קל" נשלחים מבית החולים לשיקום רפואי. דירוג החומרה היה "קל" בהיבט של סיכון לחייהם, אך פציעתם לא הייתה נטולת סיבוך וגרמה לצורך בשיקום אורתופדי או אחר. יש לכך השלכה בהערכת נזקי התאונות לפי ארבע דרגות החומרה שלעיל.

נתוני הנפגעים בבתי החולים מועברים ללמ"ס, המצליבה את נתוניהם עם נתוני המשטרה לפי מספר ת.ז. אולם, ל-47% מהנפגעים המאושפזים בבתי החולים אין תיעוד באחת מתאונות הדרכים בתיקי המשטרה.

לוח 4.10: סכום נפגעי התאונות בשנים 2016-17 לפי דרגות חומרה על פי קבצי הלמ"ס ובתי החולים

ISS	למ"ס	בתי החולים	% הדיווח בלמ"ס
1	6,209	12,463	49.8
2	2,253	4,313	52.2
3	998	1,596	62.5
4	932	1,195	78.0
סה"כ	10,392	19,567	53.1

מנתוני בתי החולים והלמ"ס מנוכים מקרי מוות. אחוז הדיווח בלמ"ס עולה ככל שהפגיעה חמורה יותר, אך גם בסיווג הפצועים קשה מאוד (4) קרוב לרבע מהמאושפזים אינם כלולים בדיווח התאונות המשטרתי.

32% מהפער של 9,175 נפגעים ע"פ הלוח בין נתוני הלמ"ס לנתוני המשטרה מוסברים באי רישום תאונות עצמיות של רוכבי אופניים ע"י המשטרה. רק 24 מקרים כנ"ל דווחו במהלך שנתיים על פצועים מאושפזים לפי המשטרה/למ"ס מול 2,998 (!) ברישומי בתי החולים. גם כשמדובר בתאונות פגיעת רכב באופניים שיעור הדיווח בלמ"ס על פצועים נמוך: 356 מתוך 972 (37%). בממוצע לשאר סוגי הנפגעים שיעור הכיסוי הוא 64%.

תובנה זו הופכת את מערכת הרישום בבתי החולים לתומכת הכרחית בנתוני התאונות, כשבתחום תאונות האופניים מדובר, בעצם, במקור יחיד, בשל אי רישום ע"י המשטרה. נתוני בתי החולים מכסים, כמובן, רק את תאונות האופניים היותר קשות, אך ניתן לראות בהן מסד שיטתי להכרת התופעה והשינויים היחסיים בה.

לוחות 4.11 ו-4.12 מציגים עיבוד מנתוני בתי החולים לשנים 2015-18 על תאונות רוכבי האופניים. קורקינטים כלולים בנתוני האופניים החשמליים. ההיפגעות בתאונות אופניים חשמליים הולכת וגדלה נראה שבמקביל לגידול בשימוש באמצעים אלה. יש צמצום במקביל בהיפגעות בתאונות עצמיות במהלך נסיעה באופניים רגילים.

לוח 4.11: רוכבי אופניים שנפגעו ואושפזו בבתי חולים עקב פגיעת רכב בשנים 2015-18 לפי סוג האופניים

חומרת פגיעה	2015		2016		2017		2018	
	אופניים רגילים	אופניים חשמליים	אופניים רגילים	אופניים חשמליים	אופניים רגילים	אופניים חשמליים	אופניים רגילים	אופניים חשמליים
קל	165	95	156	134	143	126	147	214
בינוני	61	36	58	58	62	59	65	66
קשה	20	15	29	27	24	17	22	32
קשה מאוד	27	6	24	18	23	14	26	27
סה"כ	273	152	267	237	252	216	260	339

לוח 4.12: רוכבי אופניים שנפגעו ואושפזו בבתי חולים עקב תאונות עצמיות
בשנים 18-2015 לפי סוג אופניים

2018		2017		2016		2015		דרגת פציעה
אופניים חשמליים	אופנים רגילים	אופניים חשמליים	אופנים רגילים	אופניים חשמליים	אופנים רגילים	אופניים חשמליים	אופנים רגילים	
332	676	247	696	238	791	192	889	קל
125	244	89	301	80	276	55	280	בינוני
49	73	31	71	30	67	16	62	קשה
18	25	15	32	6	28	6	24	קשה מאוד
524	1,018	382	1,001	354	1,621	269	2,551	סה"כ

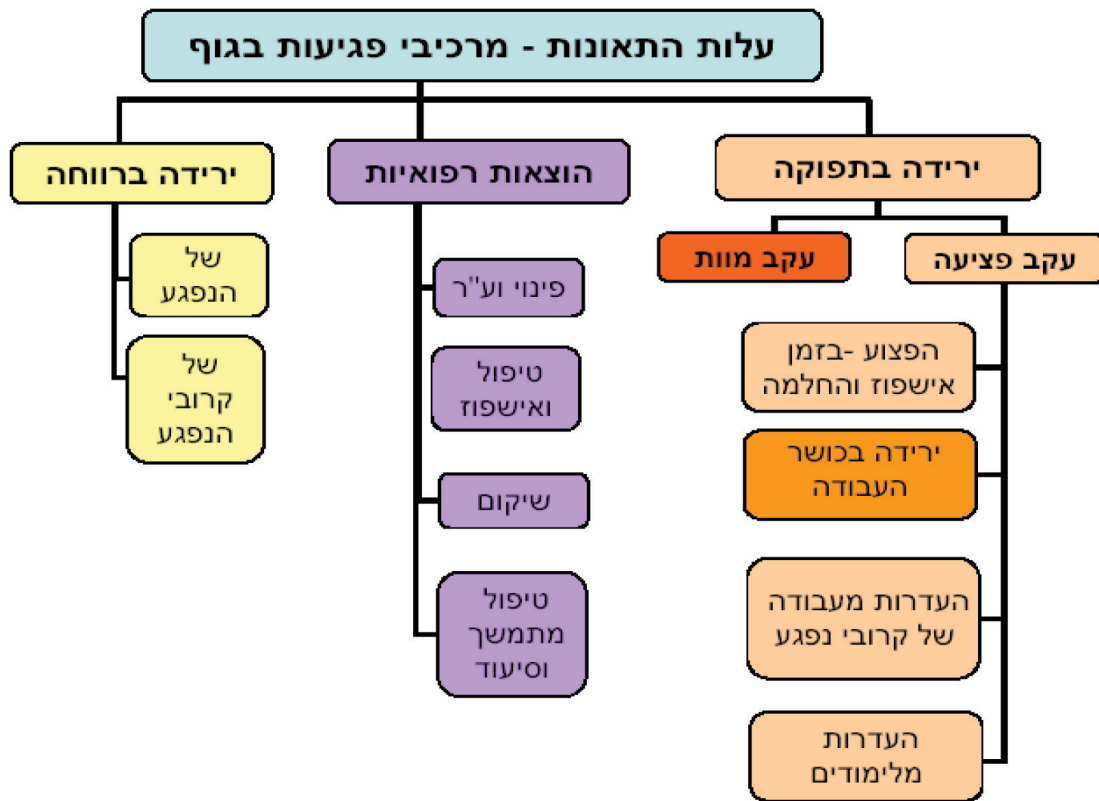
4.3.4. עלות תאונות הדרכים

מרכיבי הנזק למשק הלאומי

הנזק הכלכלי הנגרם למשק הלאומי כתוצאה מתאונות הדרכים ניתן לחלוקה ראשית לשני סוגים - נזקי פגיעה בגוף והשלכותיהם ונזקי פגיעות ברכוש והוצאות נלוות, כמוצג בתרשים 4.3 להלן.

העלות למשק כוללת מרכיבים בעלי אופי שונה. חלקם מהווים הוצאה ישירה וידועה, חלקם קשים לכימות פיזי (כמו מספר שעות עיכובי הדרך בעקבות תאונות דרכים) ו/או לכימות כספי, וחלקם תלווי גישה נורמטיבית (בעיקר בתחום נזקי "צער כאב וסבל" של נפגע קשה בתאונה ושל קרובי הרוגי תאונות ונפגעים קשה), ואינם ניתנים לכימות מוסכם יחיד.

תרשים 4.3: מרכיבי הנזק הכלכלי של תאונות הדרכים



הערכת העלות למשק של פגיעות בגוף ובנפש ועלויות נלוות

קביעת "עלות הרוג" בתאונת דרכים או ייחוס עלות לפגיעה קשה משלבת שני מרכיבים:

- הערכה (מדידה יחסית) של עלויות טיפול בנפגע ושל ירידה בתפוקה בעקבות פגיעה/מוות.
- אמידה במונחים כספיים של הירידה ברווחה של הנפגע ומשפחתו עקב מוות או פגיעה. אלה נזקי "צער, כאב וסבל", הערכתם מערבת התייחסות נורמטיבית וחברתית. מכונה בהמשך גם "עלויות אנושיות".

מרכיבים אלו של עלות הפגיעה בגוף נכללו במהדורות הקודמות של נוהל פר"ת, והן נכללות בנוהלי פר"ת של כל המדינות שנחקרו, ולמרות קווים משותפים במתודולוגיה "ערכי הרוג" ופצוע קשה במדינות שונות שונים אלה מאלה מעבר לתרבות לאחר תרגומם למונחי שנות תמ"ג לנפש.

המתודולוגיה בנושא לנוהל פר"ת לשנת 2012 נלקחה ממחקר שנערך עבור האגף לתכנון כלכלי במשרד התחבורה: "תאונות הדרכים בישראל, היקפן מאפייניהן ואומדן נזקן למשק הלאומי", מתת, מאי 2004.

נזקי "צער כאב וסבל" נקבעו במונחי שנת 2003 ע"פ ממוצעים אירופאים ובהתאמה לתמ"ג לנפש בארץ והיו:

- 500 אלף דולר של "עלויות אנושיות" להרוג (כ-2.24 מיליון ₪).
- 50 אלף דולר לפצוע קשה (כ-224 אלף ₪).

סה"כ העלות להרוג נקבעה ל-4.1 מיליון ₪ במחירי 2003, מהם 1.86 מיליון ₪ לאובדן תפוקה ולעלויות ו-2.24 מיליון ₪ עלויות "צער כאב וסבל". הגדרת "פצוע קשה" השתנתה מאז 2003, וכיום מוצגת מערכת מפורטת ומדויקת יותר של דרגות חומרת פגיעה עם ייחוס ערכים כספיים לעלות הפגיעה, ובכלל זה למרכיב הירידה ברווחה.

ערך הרוג בשנת 2012 נקבעה ל-6.1 מיליון ₪ - 2.8 מיליון ₪ בשל ירידה ועלויות טיפול, 3.3 מיליון ₪ כהוצאות "צער כאב וסבל". ערכים אלה הותאמו מערכי 2003 על בסיס שינויים במדדי המחירים, בתמ"ג לנפש ובהוצאה הפרטית לנפש. התאמה נוספת של ערכי עלות הרוג מ-2003 ל-2019 הייתה מעדכנת את הערך ל 7.35 מיליון ₪ כמוצג בלוח 4.14.

לוח 4.14: התאמת עלות הרוג מערכי 2003 ל 2019 על פי מדדים כלכליים (מיליוני ₪)

מרכיב	ערכי 2003	% גידול	משתנה מסביר	ערכי 2019
עלויות אנושיות	2.24	69.2	הגידול בצריכה הפרטית לנפש	3.79
פגיעה בתוצר ועלויות	1.86	91.7	הגידול בתמ"ג לנפש	3.56
סה"כ	4.10	79.3		7.35

במונחים שוטפים הגידול מאז 2003 הוא של 79.3% ובמונחים ריאליים הוא 43.9%.

ואולם בנוהל הנוכחי הוחלט לחרוג מהתאמות לערכים שנקבעו כמעט לפני שני עשורים. הדבר נכון בעיקר ביחס לעלויות האנושיות, ערכי ה"צער כאב וסבל". לנכונות להשקיע ע"מ להימנע מתאונות חמורות אמורה להיות גמישות גבוהה מיחידתית ביחס לתמ"ג לנפש, ואמור להתקבל עם הזמן ערך גדל והולך של "עלות הרוג" במונחי שנות תמ"ג לנפש. כך, אכן נמצא בסקירת נוהלי פר"ת או נהלים ממשלתיים אחרים במדינות מערביות. לוח 4.15 מציג את העלויות להרוג בחמש מדינות מערביות.

נלמדו גם העלויות האנושיות והכוללות של פציעות קשות (בעיקר) בארצות שונות, בהתאם להגדרה של דרגות החומרה, כשרק בארה"ב יוחסו עלויות לדירוג הרפואי החדש MAIS לפי חמש דרגות.

לוח 4.15: עלות הרוג במדינות שונות (ערכי 20-2018)

מדינה	שנת עדכון	ערך	שער חליפין	במיליוני ש"ח	בשנות תמ"ג לנפש
ארה"ב (1)	2018	\$ 9,600,000	3.46	33.1	163
ניו זילנד (2)	2018	\$ 4,336,000	3.46	15.0	111
גרמניה (3)	התאמה מ-2012 ל-2019	€ 2,633,000	3.93	10.3	57
הולנד (4)	2018	€ 2,800,000	3.93	11.0	59
בריטניה (5)	2020	£ 2,089,000	4.40	9.2	59

- (1) Guidance on Treatment of the Economic Value of a Statistical Life in U.S.A Department of Transportation (1) Analyses- 2018 Value, מוצג גם בלוח 9.
- (2) ערכי נוהל פר"ת מניו זילנד ל 2018, לעלות ההרוג נוספים 34 אלף \$ כנזקי תאונה וטיפולים נוספים (בתי משפט, ביטוח ועוד) שאינם כלולים במרכיב העלויות הכלכליות של ההרוג.
- (3) ערכי ה-BAST - המכון הפדרלי למחקר דרכים (Federal Highway Research Institute) הערכים נכונים גם לתאונות ברשת המסילות ודרכי מים. 53% מהעלות היא "עלות אנושית" (מוגדרת כ-Risk Value), 47% כפגיעה/ צריכת מקורות.
- (4) ערכי נוהל פר"ת ההולנדי - מעודכן ל-2018.
- (5) Department for Transport – COBALT – Cost per Accident/ Casualty מעודכן למאי 2020.

התמ"ג לנפש בישראל היה 155,700 ₪, כ-45,000 \$, דומה לתמ"ג לנפש בבריטניה ונמוך בכ-15% ביחס להולנד ולגרמניה.

אם נאמץ, לפי שלוש הארצות האירופאיות הכלולות בלוח, ערך הרוג האקוויולנטי ל-58 שנות תמ"ג לנפש יתקבל ערך של 9.03 מיליון ₪. נאמץ ערך מעוגל של 9 מיליון ₪.

עלות פציעות, הכוללת עלויות אנושיות, מוצגת בארה"ב ביחס לעלות הרוג בחמש דרגות חומרה, כשבקשה שבהן העלות המיוחסת היא כ-59% מעלות הרוג.

לוח 4.16: עלות פצועים בארה"ב בתאונות לפי דרגות חומרה ולפי יחס לעלות הרוג - ערכי 2018

דרגת פגיעה	תיאור חומרה	אחוז מעלות הרוג	ערך ב-\$	ערך בש"ח (מיליונים)	בשנות תמ"ג לנפש
MAIS 1	Minor	0.3	28.8	0.10	0.5
MAIS 2	Moderate	4.7	451	1.56	7.6
MAIS 3	Serious	10.5	1,008	3.48	17.1
MAIS 4	Severe	26.6	2,554	8.81	43.3
MAIS 5	Critical	59.3	5,693	19.64	101.1
FATAL	הרוג	100.0	9,600	33.12	162.7

בארצות האחרות ההבחנה היא בין פגיעה חמורה/קשה (Serious Injury) לפגיעה קלה (Minor Injury).

לוח 4.17: עלות פציעות בתאונות דרכים בארצות מערביות - ערכי 2018 (במיליוני \$)

מדינה	עלות פגיעה קשה	עלות פגיעה קלה
ניו זילנד	1.50	0.06
גרמניה	1.20	0.075
הולנד	1.18	
בריטניה	1.03	0.08

בלוח 4.18 מוצגים ערכי עלות בישראל, בהתבסס על ההבדלים בין הנפגעים במשך האישפוז ובמיוחד בהפניות לשיקום רפואי בתום האישפוז בבתי חולים, כמוצג בלוח 4.13. מוצגת הפרדה בין עלויות כלכליות לאנושיות, ורק לדרגת הפגיעה הנמוכה ביותר (ISS מקובץ 1) לא נזקפים נזקי "צער כאב וסבל". בדרגה זו משך האישפוז הממוצע הוא 2.7 ימים, ושיעור ההפניה לשיקום רפואי הוא פחות מ-2%.

לוח 4.18: עלויות של הרוגים ופצועים מאושפדים לפי רמות חומרה - במחירי 2019 (במיליוני \$)

סוג הנפגע	סיווג משנה	אובדן תפוקה ועלויות ישירות	"צער, כאב, וסבל"	סה"כ
הרוג		4.23	4.77	9.00
חומרת פגיעה לפי 4 דרגות ISS ברישומי בתי החולים	פצועים קשה מאוד	2.82	2.95	5.77
	פצועים קשה	1.15	1.03	2.18
	פצועים בינוני	1.07	0.33	1.40
	פצועים קל	0.16	0	0.16

העלות המשוקללת לפצוע מאושפד היא 0.99 מיליון \$, מזה 0.37 מיליון \$ כנזקי "צער כאב וסבל". ערכים אלה נמוכים במעט (בכ-14%) מעלות פגיעה קשה בהולנד, גרמניה ובריטניה, בתיאום בערך עם השוני בתמ"ג לנפש.

יש לציין שכל אחד מהערכים שבלוח הוא ממוצע שסביבו סטיית תקן גבוהה יחסית. כמחצית מהכלולים בקבוצת הפצועים קשה מאוד אינם מופנים לשיקום, נראה שלא תיוותר להם נכות משמעותית, ואף משך האישפוז שלהם קצר (משך האישפוז הממוצע הוא כ-18 ימים, סטיית התקן כ-17 ימים), מאידך יש מי שמאושפז תקופה ארוכה בבית חולים, יוצא לשיקום רפואי ונשאר עם מגבלות לשארית חייו. העלות של אלה גבוהה מעלות הרוג, ואולם במשוקלל לקבוצת הפצועים קשה מאוד הערך הוא 64% מעלות הרוג.

ערכי לוח 4.18 אינם כוללים את כל העלויות הנלוות לפגיעה (כגון טיפולי ביטוח, בתי משפט, עלויות משטרתיות) לפי המקורות האירופאיים, ובהתאם לכך בלוח 4.19 מתווספת לעלות פגיעה/מוות גם עלות נלווית.

לכך מוסיף הלוח גם אומדן עלויות עיכוב בדרך בעקבות תאונה (בין אלפי שקלים לעשרות אלפים במקרים קיצוניים, ובערך ממוצע של כ-30 ש"ח לשעת נוסע).

ערכי הלוח מבוססים בארץ, כמו במדינות אירופה, על המערכת הכלכלית שקדמה למגפת הקורונה, שאת השפעותיה מוקדם להעריך במועד זה. ככל שיהיו לתופעה השפעות משמעותיות על הכלכלה הלאומית בארץ, יהיה מקום לשנות את הערכים הנומינליים של התחשיב לפי השינויים בערך שנת תמ"ג לנפש.

לוח 4.19: מקדמי עלות מוצעים לתאונות דרכים (במחירי 2019) באלפי ש"ח

סה"כ	עלות נלווית	נזקי גוף			עלות לנפגע
9,150	150	9,000	הרוג		
5,890	120	5,770	קשה מאוד	פצועים מאושפדים יומיים לפחות לפי סיווג בתי החולים	
2,280	100	2,180	קשה		
1,460	60	1,400	בינוני		
180	20	160	קל		
25	3	22	פצוע שלא אושפז		

לדו גלגלי	לרכב				עלות רכוש ועוד בהתנגשויות
12	45	קשה מאוד	דירוג חומרת התאונות על פי דירוג ISS של בתי החולים לפצוע הקשה ביותר בתאונה		
10	40	קשה			
10	35	בינוני			
7	35	קל			
5	30	בתאונה ללא פצועים מאושפדים			

לדו גלגלי	לרכב				עלות רכוש ועוד בתאונות עצמיות
6	35	קשה מאוד	דירוג חומרת התאונות על פי דירוג ISS של בתי החולים לפצוע הקשה ביותר בתאונה		
5	30	קשה			
5	25	בינוני			
5	25	קל			
3	20	בתאונה ללא פצועים מאושפדים			

עלות פצוע קל שלא אושפז תהיה 25 אלף ₪, כסכימת עלות טיפול רפואי ובעיקר בשל היעדרות ממוצעת מעבודה לפי נתוני הביטוח הלאומי.

העלות הכוללת למשק של תאונות עם נפגעים

הלוח הבא מסכם את עלות תאונות הדרכים עם נפגעים בארץ בשנים 18-2016 בכ-15.8 מיליארד ₪ במחירי 2019, וע"פ ערכי התמ"ג לנפש בשנה זו. מקור הנתונים:

- נתוני ההרוגים הם נתוני הלמ"ס/משטרה.
- נתוני פצועים מאושפדים לפי דרגות חומרה - רישומי הטראומה בבתי החולים.
- נתוני פצועים לא מאושפדים ונתוני תאונות לצורך חישוב עלויות רכוש ונילווים - משטרה/למ"ס.

השימוש בנתוני בתי החולים, שמחצית המאושפדים בהם אינם מוצגים בנתוני המשטרה/למ"ס מעלה את העלות המחושבת של תאונות הדרכים בארץ, בנוסף לשינוי במקדמי העלות להרוגים ופצועים ע"פ חומרת פציעתם.

לוח 4.20: עלות תאונות דרכים עם נפגעים בישראל - ממוצע לשנים 18-2016 (ערכי 2019)

מרכיב	נפגעים לשנה	עלות לנפגע (מיליוני ₪)	סה"כ (מיליארדי ₪)
הרוגים	368	9.15	3.37
פצועים מאושפדים	קשה מאוד	5.89	3.46
	קשה	2.28	1.81
	בינוני	1.46	3.09
	קל	0.18	1.11
פצועים לא מאושפדים	78,480	0.025	1.96
נזקי רכוש			0.95
סה"כ			15.76

הערך המקביל בנוהל פר"ת מהדורת 2012, שאמד את עלות התאונות עם נפגעים בממוצע לשנה בתקופה 10-2008, היה כ-10.7 מיליארד ₪.

בין שתי התקופות לא חל שינוי (359 בשנה בממוצע לשנים 10-2008, 368 בממוצע 18-2016) חלה ירידה של כ-24% במספר התאונות עם נפגעים הנרשמות (כמוצג בלוח 4.9), אך נראה שזו תופעה רישומית, ואחד מביטוייה הוא מספר גבוה של פצועים מאושפדים לא מדווחים ע"י המשטרה. התרחבות הרישום במערכת הטראומה בבתי החולים מאפשרת כיום לאמוד באופן מלא ושיטתי את ההיפגעות החמורה בתאונות דרכים ומעלה את אומדן נזקי התאונות, בצד ייחוס ערכים גבוהים יותר לנזקי הפגיעה בגוף ובנפש.

נזקי הרכוש (בתאונות עם נפגעים) מצומצמים יחסית, כמיליארד ₪ בשנה. בחלק מהתאונות במעורבות אופניים, אופנועים הולכי רגל היא מצומצמת ויש לזכור שמהם מופחתים מיסי קניה ומיסים אחרים החלים על רכב וחלפיו. באופן זה הם מהווים כ-6% מהעלויות למשק של התאונות עם נפגעים.

עלות התאונות המדווחות בלמ"ס היא כ-13.74 מיליארד ₪ בממוצע לשנה 2016-18 לפי ערכי לוח 4.19. כשליש מ-2 מיליארד ₪ לשנה שאינם מכוסים הם בשל תאונות אופניים. השאר מתחלק בין כל סוגי התאונות. תחשיבי עלות תאונות בקטעי דרך בין עירוניים או בדרכים עירוניות יוכלו לשחזר רק ערכים חלקיים אלה של עלות התאונות הכוללת.

לוח 4.21: עלות התאונות הכלולות בקבצי הלמ"ס בממוצע לשנה בין 2016-18 (מיליארדי ₪ במחירי 2019)

התפלגות ב-%	עלות לשנה	סוג התאונה
20.8%	2.86	פגיעה בהולכי רגל
19.6%	2.69	פנים-אחור
13.4%	1.85	חזית-צד
8.8%	1.21	חזית-חזית
5.1%	0.71	כל היתר
47.0%	6.45	סה"כ
10.1%	1.39	התנגשויות רכב- אופנוע
3.3%	0.45	פגיעה ברוכב אופניים (ותאונות אופניים עצמיות)*
13.9%	1.91	תאונות עצמיות (ללא אופנועים)
4.9%	0.68	תאונות עצמיות של אופנועים
100.0%	13.74	סה"כ

*רק מיעוט קטן שלהן נמצא בדיווחי המשטרה/למ"ס

בלוח 4.22 מוצגות עלויות ממוצעות לסוגי תאונה שונים על בסיס נתוני התאונות הכלולים בקבצי הלמ"ס ומקדמי הנזק לנפגעים לפי חומרה ותאונות.

לוח 4.22: עלות ממוצעת לתאונה לפי סוג תאונה וסוג הדרך בה ארעה (אלפי ₪ במחירי 2019)

בין-עירונית	עירונית	סוג התאונה
2,151	347	פגיעה בהולכי רגל
175	94	פנים-אחור
594	152	חזית-צד
2,618	217	חזית-חזית
243	105	כל היתר
365	110	ממוצע כלי רכב
701	246	התנגשויות רכב - אופנוע
1,559	247	פגיעה ברוכב אופניים (ותאונות אופניים עצמיות)
428	183	תאונות עצמיות (ללא אופנועים)
714	175	תאונות עצמיות של אופנועים
438	171	ממוצע כל התאונות

עלות תאונה בין-עירונית גבוהה בממוצע פי 2.6 מתאונה עירונית, העלות הגבוהה ביותר מחושבת, כצפוי, לתאונה חזיתית בדרך בין-עירונית.

4.3.5. כללים ושיקולים בבדיקת השפעת פרויקט תחבורתי על עלות תאונות

- א. כל ניתוח כנ"ל צריך להיעשות במונחי עלות תאונות והשינויים בהם, ולא במונחי מספר תאונות. שינוי במספר התאונות אינו מהווה אינדיקציה מספיקה לשינוי בעלות התאונות.
- ב. יש להשוות עלות עתידית של תאונות עם ובלי הפרויקט. את המצב העתידי ללא הפרויקט ניתן להעריך על פי עלויות התאונות באזור הנבדק במספר שנים אחרונות ידועות, וע"פ מערכת המקדמים שהוצגה בסעיף הקודם. בשל אקראיות של אירועי תאונות, מוטב להתבסס על נתוני שלוש או ארבע שנים, אלא אם במהלך חלו שינויים משמעותיים במאפייני הדרכים הנבדקות, או אם מדובר באזור בו היקף התאונות השנתי גבוה מאוד.
- ג. באזורים דלי תנועה גם ההסתמכות על תאונות שאירעו במקום הנבדק לאורך מספר שנים אינה מייצגת בהכרח את תוחלת התאונות ונזקיהן במקום, ומוטב להסתמך על ממוצע ארצי או רחב יותר לדרך בעלת אופי דומה לצורך הבדיקה.
- ד. בהעדר מידע אחר יש להניח ירידה קלה בנזקי התאונות במונחים פיזיים (בעיקר פגיעות בגוף ותוצאותיהן) לאורך זמן בשל מכלול סיבות: שיפור הדרגתי בהגנה הפסיבית לנוסעים בכלי רכב, שיפור הדרגתי בטיפול הרפואי ובתוצאותיו, במקרים מסוימים גם ירידה במהירויות הנסיעה עקב גידול בגודש (הנושא מתואר בנפרד בהמשך). מנגד, יש להגדיל עם הזמן את השווי הריאלי של חיי אדם, ערך תפוקתו וכו'. שני שיקולים אלה מקזזים, בערך, זה את זה, ולסיכום מומלץ כ"ערך מחדל", לשמר את מערכת מקדמי עלות התאונות שהוצגה בטבלה 4.19 בערכים ריאליים אלה לאורך זמן.
- ה. יש לנסות להעריך השפעות מערכתיות של הפרויקט. פרויקטים מערכתיים (כמו כביש 6, רכבת מהירה ת"א-ירושלים ועוד, ואף כבישים פרבריים משמעותיים, כמו כבישי הרחוב המתחברים לכביש 6, כביש עוקף קריות וכו') משנים את נפחי התנועה ברשת הדרכים, ולכך השפעה מערכתית החורגת מתחומי הפרויקט הנבחן. מערכת נוסחאות לניתוח כזה זמינה בשלב זה רק עבור כבישים בין עירוניים מישוריים, כמוצג בהמשך.
- ו. לרוב לא נכון להשתמש במקדמי עלות ממוצעים לק"מ-נוסע לצורך הערכת שינויים בעלויות תאונות כתוצאה מסלילת כביש חדש או מפיתוח תח"צ. לדוגמה: עלות התאונות הממוצעת לק"מ נוסע ברכבת נמוכה מזה שברכב מוטורי, אך את התועלת הבטיחותית מהקמת קו רכבת פרברית לא נכון לחשב כמכפלת השוני בעלות הממוצעת לק"מ-נוסע במספר הנוסעים שיעברו לרכבת. מערכת מסילות פרברית מעבירה אליה נוסעים בעיקר משעות וקטעי כביש גדושים, ושם עלות התאונות לק"מ רכב או נוסע נמוכה בהרבה מהממוצע הכולל לק"מ רכב. במקביל, תאונות רכב קשות, לרבות קטלניות, מתרחשות בשיעורים גבוהים לק"מ נסיעה ברכב פרטי בלילות, בשעות בהן התח"צ אינו פועל. הדרך הנכונה לקבלת מקדמי עלות תאונות תקינים לצורך המתואר לעיל היא לחשב מקדמי עלויות רק של תאונות בצירים המושפעים ובשעות הרלוונטיות מתוך נתוני התאונות המפורטים, וכן

לכלול עבור כל כלי הרכב את הסיכון הנגרם לא רק לנוסעים בהם אלא גם את הסיכון שהם גורמים להולכי רגל, נוסעי אופניים ולרכב אחר.

4.3.6. עלות תאונות אופיינית לקטעי דרך בין עירוניים מישוריים כתלות בתצורתם

כללי

על סמך בחינה רב שנתית של היקפי תנועה מצטברים גדולים, נמצא כי קיימת היררכיה ברורה בפן הבטיחותי בין כבישים על פי מספר המסלולים והנתיבים שלהם. עלות התאונות לק"מ כביש בשנה ולק"מ-יר"מ גבוהה בדרך חד מסלולית ביחס לזו מסלולית, בזו מסלולית בעלת שני נתיבים לכיוון בהשוואה לדרך עם שלושה נתיבים לכיוון ובכביש לא מהיר לעומת כביש מהיר.

לפיכך, שידרוג כביש בין עירוני ע"י תוספת נתיב מצמצם את נזקי התאונות בכביש. מוצגים להלן ערכים ממוצעים המייצגים את תוחלת התועלת כתוצאה משידרוג כנ"ל. יש לשים לב למספר נקודות:

- הערכים מתייחסים לקטעי דרך בלבד (ללא צמתים).
- הם נכונים לכבישים בתוואי מישורי או גבעי קל, לא לתוואי הררי.
- אין בהם שיעור חריג של משאיות.
- אין בקטעי הכביש (לא בצמתים) ריבוי של תאונות פגיעה בהולכי רגל.
- קיימת שונות רבה בנזקי התאונות בין קטעי דרך באותה תצורה בשל אקראיות תאונות קשות, ושונות דומה גם באותו קטע בין שנים שונות. התועלת המפורטת היא תוחלת ההפרש בעלויות על פי היקף נסועה גדול וכאמור אין פרושה שתחול על כל קטע בכל שנה.

מתודולוגיה

למסדי הנתונים של כלל תאונות הדרכים (ת"ד וכללי עם נפגעים) לשנים 2016-2018 כפי שמתקבלים מהלמ"ס שויכו עלויות תאונות הדרכים והנפגעים (ראה לוחות 4.21,4.22). הצלבת נתונים אלו עם אינוונטר כלל קטעי הכביש בארץ לפי תצורתם (סיווג לפי סוג הכביש ומספר הנתיבים בו) כפי שהתקבל מנת"י מאפשר לשייך את עלות נזקי תאונות הדרכים לכל קטעי הכביש בארץ. לקטעי כביש אלו גם שויכו הנפחים היומיים ביר"מ ליום א'-ה' ממוצע כפי שנאספים מספירות תנועה של הלמ"ס ונת"י. בזכות הצלבות המידע הנ"ל ניתן לכמת את נזקי תאונות הדרכים במונחי ק"מ כביש וק"מ-יר"מ בכבישים עם תצורות שונות.

הרחבת דרך חד מסלולית לדרך דו מסלולית

בהליך זה מורחבת דרך חד מסלולית לא מהירה לדרך דו מסלולית לא מהירה כאשר במסגרתו יש לרוב שינוי גם בגיאומטריה (יישור עקומות בשוליים) ועוד - אלמנטים התורמים כשלעצמם לצמצום נזקי התאונות.

בניתוח השוואתי לשנים 2016-2018 של קטעי דרך בתצורה של נתיב בודד ושני נתיבים, כל סוג באורך מצטבר של כ-188 ק"מ, נמצא שנזקי תאונות במונחי ק"מ כביש וק"מ-יר"מ בדרך חד מסלולית גבוהים יותר ביחס לדרך דו מסלולית. נבחרו קטעי דרך עם נתיב בודד לכיוון בהם נפחי התנועה גבוהים יחסית לסוג דרך זה, כ-16,600 יר"מ בממוצע ביום א'-ה', ונפחי תנועה נמוכים יחסית בקטעי דרך עם שני נתיבים לכיוון,

כ-23,500 יר"מ בממוצע ביום א'-ה'. מדובר בסכום התנועה בשני הכיוונים ובממוצע לכל ימי השבוע מלבד ימי שישי ושבת. נמצא שמספר התאונות עם נפגעים לק"מ כביש גבוה יותר בדרכים הדו מסלוליות, אך חומרתן קלה יותר, ובמונחי עלות לק"מ כביש בשנה ולק"מ-יר"מ יש יתרון ניכר לדרך הדו מסלולית, כמוצג להלן.

לוח 4.23: מדגם קטעי כביש חד ודו מסלוליים לבחינה בטיחותית השוואתית

קטעים דו מסלוליים	קטעים חד מסלוליים	
187.7	187.9	אורך מצטבר (ק"מ)
2016-2018	2016-2018	תקופה נחקרת
23,500	16,600	נפח תנועה ממוצע ביום א'-ה' (יר"מ)
4.10	2.90	כמות תנועה (מיליארדי ק"מ-יר"מ)

לוח 4.24: מדגם קטעי כביש חד ודו מסלוליים לבחינה בטיחותית השוואתית

קטעים דו מסלוליים		קטעים חד מסלוליים		
לק"מ כביש בשנה	לק"מ-יר"מ למיליארד	לק"מ כביש בשנה	לק"מ-יר"מ למיליארד	
2.57	352	0.77	150	תאונות עם נפגעים
0.025	3.4	0.030	5.9	תאונות קטלניות
0.066	9.0	0.060	11.7	תאונות קשות-קשות מאוד
0.76	104	0.94	182	עלות (מיליוני ₪)

עלות התאונות לק"מ כביש בשנה נמוכה בדרך הדו מסלולית בכ-180 אלף ₪ או ב-19% ובמונחי ק"מ-רכב ב-43%: 10.4 אג' לק"מ-רכב ביחס ל-18.2 אג' לק"מ רכב. אלו פערים נמוכים יותר מאלו שהוצגו בנוהל פר"ת 2012 והתבססו על מתודולוגיה דומה על סמך תאונות הדרך ואינוונטר קטעי הכבישים בשנים

2008-2010, מאז חלה ירידה של כ-24% בכלל התאונות עם נפגעים וירידה של כ-7% בהרוגים מתאונות דרכים, כמו כן קטעי דרך חד מסלוליים רבים הורחבו.

בתחום הנפחים המוצג בלוח 4.23 הנפח המינימלי בבדיקה (10.5 אלף יר"מ ביממה) ועד לממוצע (16.6 אלף יר"מ ביממה) שהוא לרוב נפח התנועה הרלוונטי לשאלת ההרחבה לדרך דו-מסלולית, לא ניתן לקבוע לפי המדגם שתואר לעיל, שהחיסכון בעלות התאונות בהסבת הדרך לדו-מסלולית רגיש לנפח התנועה. בסדרי הגודל של נפחי התנועה שנבחנו בשני סוגי הדרכים, גידול בנפח התנועה אינו מעלה או מוריד באופן מובהק את עלות התאונות (מספרן גדל, חומרתן פוחתת עם גידול הנפח), לפיכך לא נכון יהיה להתבסס על מקדם תועלת במעבר מדרך חד לדו-מסלולית של 78 מיליון ₪ למליארד ק"מ-יר"מ (או 7.8 אג' לק"מ-יר"מ), אלא, כאמור על הפרש קבוע של 180 אלף ₪ לק"מ כביש בשנה, אותו מוצע לנפח ל-200 אלף ₪ לשנה בהתחשב בתאונות עליהן אין מידע בקבצי הלמ"ס ששימשו לניתוח.

במקרה של בחינת הרחבת כביש חד-מסלולי בנפחים קטנים מ-10,000 יר"מ ביממה מסיבות בטיחותיות, יש לבדוק אם אין בו יחוד (ריבוי משאיות, תכונות גיאומטריות לקויות במיוחד) ובמקרה זה עדיף להשוות את עלות התאונות בפועל בכביש בממוצע רב שנתי עם העלות הצפויה בו לפי נפחי התנועה ע"פ לוח 4.24. במקרה של בחינת הרחבת כביש חד-מסלולי בנפחים הגבוהים מ-16,600 יר"מ ביממה, יש להוסיף לתועלת 15,000 ש"ח לכל 1,000 יר"מ ביממה, אך רק עד ל-22,000 יר"מ ביממה, מעבר לנפח זה אין להגדיל את התועלת.

לסיכום: מומלץ להביא בחשבון תועלת בטיחותית של 0.2 מיליון ₪ לק"מ כביש חד מסלולי (בתחום הנפחים של 10.5-16.6 אלף יר"מ ביממה), המורחב לדו מסלולי, ולשמור ערך זה ללא גידול ע"פ הזמן כתלות בנפח התנועה. בנפח הגבוה מ-16.6 אלף יר"מ ביממה יש להוסיף לתועלת 15,000 ש"ח לכל 1,000 יר"מ וזאת עד לנפח של 22,000 יר"מ ביממה.

השימוש במקדמים אלה כפוף לבדיקה שאין בכביש הנבדק מאפיינים מיוחדים, כגון ריבוי תאונות הולכי רגל, נקודות תורפה בטיחותיות יוצאות דופן הניתנות לשיפור משמעותי ללא צורך בהרחבה ועוד.

הבהרה: הערכים לעיל ישימים לכבישים בינעירוניים בתוואי מישורי (או גבעי קל) וללא שיעור חריג של משאיות. במידה ואחד או יותר מהתנאים הנ"ל לא מתקיימים, יש לבצע השוואה פרטנית בהתאם למאפייני קטע הכביש הנבדק עם קטעים דומים לו.

תועלת מהרחבת דרך דו מסלולית משניים לשלושה נתיבים - כביש דו-מסלולי בעל שלושה נתיבים שאינו מהיר נדיר, ולרוב מדובר בקטעי דרך פרבריים קצרים מרובי צמתים, שהתאונות בהן מושפעת לא במעט מהצמתים. ככל שמדובר בכל זאת בהרחבת דרך בין עירונית משני נתיבים לשלושה נתיבים לכיוון, תוחלת התועלת היא של כ-0.01 ₪ לק"מ-יר"מ למסלול.

נזקי תאונות דרכים בכביש דו מסלולי מהיר - נכון לשנת 2020 היו בישראל כ-400 ק"מ של כבישים בין עירוניים מהירים (מניין זה לא כולל כבישים פרבריים מהירים בעלי צפיפות מחלפים

גבוהה כמו רוב כביש 20), ביניהם נמנים לכל אורכם כביש 6 והכבישים 9, 22, 431, 471 ו-531. חלקים מכבישים 1, 2, 4, 5, 7, 20 ו-70 גם הם נכללים בקבוצה זו. עלות תאונות הדרכים בקטעי הכביש המהירים הייתה בשנים 2016-2018 כ-0.04 ש"ח לק"מ-יר"מ, כ-40% מהעלות בדרך בין עירונית זו מסלולית לא מהירה.

להרחבה של דרכים מהירות משני נתיבים לשלושה נתיבים ישנה תועלת בטיחותית. בנייתן השוואתית של תאונות הדרכים בקטעי כביש מהירים בתצורה של שניים ושלושה נתיבים בין השנים 2016-2018 נמצא כי עלות התאונות לק"מ-יר"מ בקטעים בעלי שניים ושלושה נתיבים הייתה 57 מיליון ₪ ו-70 מיליון ₪ לכל מיליארד ק"מ-יר"מ בהתאמה, משמע ירידה של 19% בנזקי התאונות לק"מ-יר"מ בזכות הוספת הנתיב.

4.3.7. ערכי מחדל לשינוי בעלות התאונות בשיפורי תשתית שונים

שיפורי תשתית בקטעי דרך ובצמתים תורמים לרוב להקטנת נזקי תאונות הדרכים באתרי הטיפול, שיעור השינוי בסך התאונות נמדד על סמך השוואת מספר התאונות בתקופה שלפני השידרוג התשתיתי לבין זו שלאחריו. במחקר שנערך בשנת 2002⁴⁸ הוצגה השיטה הישראלית לחישוב "מדד האפקטיביות" אשר מבטא את היחס בין המצב לאחר הטיפול לעומת מה שהיה צפוי לולא הטיפול (מוכר גם כ-Odds Ratio בשיטות דומות בעולם). בשיטה זו יש מענה לבעיית הרגרסיה לממוצע וניתן לתקן את מספר התאונות לפני הטיפול בעזרת נתוני תאונות על אתרים דומים. לערך הממוצע של מדד האפקטיביות נערכת בחינת מובהקות (לרוב ברמת ביטחון של 95%) וניתנים גבולות רווח הסמך.

בשנים האחרונות בוצעו בישראל מספר מחקרים⁴⁹ לבחינת היעילות הבטיחותית של שיפורי תשתית ובהם הוצגו שיעורי ההפחתה במספר התאונות בזכות שיפורי תשתית. לרוב, ערכים אלו אינם מתייחסים להבדלי העלות בין סוגי התאונות ואף להבדלים בחומרתן. לכן, לצד ערכי ההפחתה בסך התאונות עם נפגעים כפי שנמצאו במחקרים, מוצגים בלוח 4.25 שלהלן ערכים מומלצים להפחתה בעלות התאונות בהם יש לעשות שימוש בבחינת התועלת התחבורתית משיפור תשתיתי מסוים. המתאם בין ההפחתה בסך התאונות לבין ההפחתה בעלות התאונות אינו גבוה בחלק משיפורי התשתית. דוגמה אחת לכך היא רימזור של צומת עירוני לא מרומזר. בזכות רימזור הצומת ייחסכו תאונות חמורות (בעיקר תאונות חזית-צד) אך ייתכן כי תהיה עליה בתאונות הקלות (תאונות חזית-אחור) כך שלרמזור הצומת הפחתה משמעותית יותר בעלות התאונות מאשר בסך התאונות.

48 פיתוח שיטה, הנחיות וכלים ממוחשבים ל"מחקרי אפקטיביות" של שיפורים בטיחותיים בתשתיות. חברת ט.נ.מ. 2002

49 הערכת יעילות ותרומה בטיחותית של פרויקט מוקדי סיכון, גיטלמן ושות'. 2013
בחינת יעילות בטיחותית של שיפורי תשתית שבוצעו במוקדי סיכון בדרכים הלא-עירוניות, גיטלמן. 2017

לוח 4.25: מקדמי הפחתה במספר ובעלות תאונות הדרכים, עם נפגעים, בגין שיפורי תשתית

סוג אתר	סוג שיפור	ירידה במס' התאונות	ירידה בעלות התאונות
קטעי דרך	התקנת מעקות - הפרדה קשיחה בקטע חד מסלולי	-50%	-50%
	טיפול משולב: ריבוד, סימון מיסעה, טיפול במעקות, בקטע חד מסלולי	-16%	-10%
	טיפול משולב: ריבוד, סימון מיסעה, טיפול במעקות, בקטע דו מסלולי	-23%	-15%
צמתים	מעגל תנועה	-59%	-59%
	רימזור צומת	-40%	-50%
	הסדרת צומת מרומזר	-27%	-27%
	ריבוד וטיפול במעקות בצומת מרומזר	-17%	-10%
מחלפים	טיפול במיסעה בצומת מרומזר	-45%	-30%
	הקמת מעגלי תנועה במחלף	-72%	-72%
	ריבוד רמפות	-23%	-15%
	בניית מחלף מול צומת מרומזר	-20%	-50%
הפרדה מפלסית בדרך בין-עירונית*	הארכת נתיב האצה ב 30 מ'	-11%	-11%

* הערכים נלקחו מנוהל פר"ת 2012 והתבססו על הניסיון הבינלאומי מאחר ולא ניתנו ערכים עדכניים במחקרים מהשנים האחרונות.

הערכים שהוצגו לעיל הינם ערכים כלליים ונכונים במצבים של ריבוי תאונות. בבדיקת פרויקט מסוים יש לבחון את היקף התאונות (לפי חומרה) בו בשנים האחרונות ובמידת הצורך לשנות את מקדמי הפחתה. לדוגמה, בשידרוג מצומת עירוני לא מרומזר למעגל תנועה יש לבחון את סך התאונות בהן נפגעו הולכי רגל, מאחר ומעגל התנועה לא ייטיב הרבה עם תאונות מסוג זה. מלבד ערכים אלו המבוססים על שיפורים שונים ותאונות שארעו בישראל, מובאים להלן מקורות מידע מהספרות הבינלאומית ובהם מגוון רחב יותר של שיפורים הנדסיים ואחרים בהם ניתן להשתמש על מנת להעריך את התועלת הבטיחותית.

(1) CMF clearinghouse - <http://www.cmfclearinghouse.org>

(2) Austroard - <https://austroads.com.au/publications/road-safety/agrs08>

(3) NCHRP 617 - <http://www.trb.org/Publications/Blurbs/156844.aspx>

(4) Highway Safety Manual (HSM)

(5) מחקרים שונים של Elvik

על המשתמש בערכי הפחתה בתאונות/נזקיהן מתוך המקורות הנ"ל לבחון עד כמה המקרה הנבדק בארץ דומה לזה שנחקר בחו"ל (בחינה לא פשוטה לרוב היות ולא ניתן הרקע למחקרים שונים), וכן האם הפתרון הנדסי/אחר דומה לזה שנבדק בארץ.

השימוש בערכים שפורטו בלוח 4.25 וכן מהמקורות הבינלאומיים לצורך בחינת תועלת בטיחותית מהשקעה בתשתית צריך להיעשות כך:

- א. בחינת עלות התאונות במצב הקיים, בשיטות שתוארו בפרק זה. אם אין גורמים מקומיים ייחודיים אין להתייחס לעלות צומת/קטע ספציפי על פי נתוני התאונות בו אלא לתוחלת הנזק בבחינת מתקני דרך רבים דומים.
- ב. חישוב התועלת מהשיפור על בסיס העלות הנוכחית ושיעור השינוי בהיקף התאונות עם נפגעים, המפורט בלוח 4.25 שלעיל.
- ג. אין להניח שללא הפרויקט היו נזקי התאונות במיתקן/אזור הנבדק גדלים עם הגידול בנפחי התנועה. כברירת מחדל, מוטב להניח שהם היו נשארים במצב זה למצב שנמצאו בו בשנים האחרונות.
- ד. בהתאם לכך התועלת השנתית העתידית תחושב כדומה לזו של הטווח הקצר, דהיינו תישאר קבועה ע"פ סעיף ב' וג' לעיל.

4.3.8 הנחיות לחישוב התועלות הבטיחותיות של פרויקט

מתודה כללית

בחינת השפעת הפרויקט על נזקי תאונות הדרכים, צריכה להיעשות במונחי עלות התאונות, ולא במונחי מספר התאונות.

התועלת התחבורתית של פרויקט הינה ההפרש שבין עלות התאונות במצבים ללא פרויקט ועם פרויקט. עלות התאונות המיוחסות לפרויקט הן המכפלה של היקף התאונות בעלות התאונה. מספר וסוג תאונות הדרכים לשנת הבסיס מתקבלים מתוך נתוני הלמ"ס, חישוב עלות התאונה בהתאם ללוח 4.22. את עלות התאונות ללא פרויקט ניתן לחשב על פי עלויות התאונות באזור הנבדק בשלוש או ארבע השנים האחרונות (באמצעות הצלבת נתוני התאונות המפורטים של הלמ"ס עם עלות ממוצעת לתאונה כמפורט בלוח 4.22).

לשנת היעד יש להעריך את היקף התאונות לסוגיהן. עלות תאונה נותרת כאמור בלוח 4.22. חישוב התועלות הבטיחותיות משתנה בין סוגי פרויקטים. האפיון הינו בין:

- א. פרויקט "בדיד" לבין פרויקט מערכתי.
- ב. פרויקטים חדשים, שאינם שידרוג של פרויקט קיים.
- ג. פרויקטים מסילתיים.

פרויקטים בדידים

חישוב התועלות נעשה על בסיס הערכים שפורטו בלוח 4.25 וכן מהמקורות הבינלאומיים, כדלקמן:

א. חישוב התועלות מהשיפור - על בסיס העלות הנוכחית ושיעור השינוי בהיקף התאונות עם נפגעים, כמפורט בלוח 4.25 שלעיל.

ב. בחינת עלות התאונות במצב הקיים, בשיטות שתוארו בפרק זה. אם אין גורמים מקומיים ייחודיים אין להתייחס לעלות צומת/קטע ספציפי על פי נתוני התאונות בו אלא לתוחלת הנזק בבחינת מתקני דרך רבים דומים.

ג. באזורים דלילי תנועה ההסתמכות על נתוני התאונות שאירעו במקום הנבדק, גם אם לאורך מספר שנים, אינה מייצגת בהכרח את תוחלת התאונות ונזקיהן במקום. מוטב במקרה זה להסתמך על נתוני תאונות ממוצעים אזוריים או ארציים, לדרך בעלת אפיון דומה, לצורך הבדיקה. כמו כן, מומלץ להשתמש בגישה זו גם באזורים בהם אין כלל נתוני תאונות, מסיבה זו או אחרת.

ד. ככל הניתן, יש להניח שללא הפרויקט היו נזקי התאונות במיתקן גדלים עם הגידול בנפחי התנועה. כברירת מחדל מוטב להניח שהם היו נשארים במצב זה ברמה שנמצאה בהם בשנים האחרונות.

ה. בהתאם לכך התועלת השנתית עתידית תחושב כדומה לזו של הטווח הקצר, דהיינו תישאר קבועה ע"פ סעיף ב' לעיל.

בפרויקטים בדידים נפוצים המוצגים בלוח 4.25 לעיל, ניתן להשתמש במקדמי ההפחתה בעלויות המפורטים בו. בפרויקטים אחרים ניתן להיעזר במקדמים בינ"ל מתאימים המוצגים בשולי הלוח.

שיטת העבודה היא לחשב את העלות השנתית הממוצעת של תאונות הדרכים בתחום השפעת הפרויקט, על פי נתוני כלל תאונות הדרכים של הלמ"ס והצלבתה עם לוח העלויות והכפלת עלות זו במקדמי ההפחתה כמפורט בלוח 4.25 או ממקורות אחרים.

פרויקטים מערכתיים

פרויקטים מערכתיים משפיעים על נפחי התנועה ברשת הדרכים השפעה החורגת מתחומי הפרויקט הנבחן. מתודה סדורה לניתוח ההשפעה על תאונות הדרכים, זמינה למועד זה עבור כבישים בין עירוניים מישוריים בתצורות שונות בלבד, כמפורט בסעיף 4.3.6.

- אין עדיין מתודה סדורה לחישוב התועלת הבטיחותית לפרויקטים:
- א. כביש/מתקן תחבורתי חדש. זאת בהעדר עלות התאונות במצב "ללא פרויקט".
 - ב. פרויקטים מערכתיים, שבהם יש צורך לחשב את עלות תאונות הדרכים ברשת הדרכים הנמצאת בתחום השפעת הפרויקט.
 - ג. פרויקטים מסילתיים.
- במקרים אלה חשוב לערוך סקירה איכותית על השפעות הפרויקט בתחום תאונות הדרכים.

דוגמה לחישוב התועלת בזכות שיפור תשתית:

סוג השיפור- רימזור צומת עירוני לא מרומזר

- 1) איסוף נתוני תאונות דרכים של לפחות שלוש שנים אחרונות בצמתים עירוניים לא מרומזרים וחישוב עלות כל תאונה, לפי הערכים המפורטים בלוח 4.22 לעיל.
 - 2) חישוב מספר תאונות ממוצע לצומת עירוני לא מרומזר בשנה וחישוב העלות הממוצעת לתאונה בצומת מסוג זה.
 - 3) זיהוי שיעור ההפחתה בתאונות ובעלויותיהן לפי סוג הפרויקט כפי שמפורט בלוח 4.25.
 - 4) הכפלת הערכים שהתקבלו בסעיף 2 (עלות תאונות שנתית ממוצעת בצומת) עם שיעור ההפחתה מסעיף 3 וקבלת חיסכון שנתי מתאונות דרכים בזכות השיפור התשתיתי.
- על סמך נתוני תאונות הדרכים בשנים 2016-2018 בצומת עירוני לא מרומזר היו 1.2 תאונות עם נפגעים בשנה, כאשר העלות לתאונה ממוצעת בצומת עירוני לא מרומזר הייתה כ- 350 אלף ₪. סך הכל נזקי תאונות בשווי 420 אלף ₪ לצומת.
- בלוח 4.25 מוצג כי רימזור צומת מפחית 50% מעלויות תאונות הדרכים בו, ובהקבלה לנתוני הדוגמה הפחתה של 0.6 תאונות בצומת לשנה. במונחי עלות, רימזור הצומת מניב חיסכון של 210 אלף ₪ בשנה בנזקי תאונות.

4.4. השפעה על הסביבה

4.4.1. כללי

פרויקטים תחבורתיים משפיעים על הסביבה בצורות שונות החל מתקופת ההקמה והמשכה עם פתיחת הפרויקט לתנועה. לפרויקט התחבורתי השפעות ישירות (של ציר התנועה) וכן השפעות עקיפות הנגרמות למשל משינוי הרגלי הנסיעה והשפעה על רשת הדרכים. ההשפעות מתבטאות לעתים בהקטנת רעש וזיהום- בשל הקטנת גודש, וצמצום בנסועה, ולעתים ההיפך מכך.

האמידה הכלכלית, כמותית או איכותית, של השפעות הפרויקט על המשתנים הסביבתיים בנוהל פר"ת, מתייחסת לערך השיורי של עלויות המפגעים הסביבתיים הנוצרים בגין הפרויקט. דהיינו, לאותן השפעות אשר תכנון הפרויקט ו/או הטיפול שבוצע במסגרתו לא הצליחו למנוע אותן. כגון: השפעת הרעש הסביבתי, המתקיימת לאחר הטיפול התכנוני בפרויקט והתקנת האמצעים המיועדים להקטנת מפלס הרעש, שהוקמו במסגרת ההשקעה בפרויקט. עלות האמצעים שנגקטו במסגרת הפרויקט, מצאה כבר את ביטוייה בבדיקה, בעלות ההשקעה.

המשתנים הסביבתיים שיחושבו כמותית בתועלות הכלכליות (החיוביות או השליליות) של הפרויקט הם רעש וזיהום אוויר בלבד⁵⁰. הערכת השפעות הפרויקט על משתני סביבה אחרים כגון: הפגיעה בשטחים פתוחים, פגיעה נופית וכו', תעשה באמצעות תיאור איכותי בלבד.

עורך הבדיקה הכלכלית יתייחס להשפעות הפרויקט על המשתנים הסביבתיים בשתי רמות:

- סקירת הטיפול בשלב תכנון הפרויקט למניעת המפגעים הסביבתיים.
- חישוב ו/או הערכה נורמטיבית של התועלות או המפגעים ושילובם בתהליך הערכת הפרויקט.

4.4.2. תהליך ביצוע הבדיקה

העבודה תבוצע בשלבים הבאים.

שלב א: זיהוי השפעות הפרויקט על המשתנים הסביבתיים - סינון פרויקטים.

- זיהוי המפגעים הסביבתיים.

- הגדרת תחום ההשפעה של הפרויקט.

זהו השלב המוקדם בבדיקת הפרויקט שבעקבותיו יוחלט אם יש צורך, ואם כן באיזו מידה ובאיזו מתודולוגיה יש לגשת לאמידת המשתנים הסביבתיים בבדיקה.

50 עלויות זיהום האוויר נכללות כבר בעלויות התפעול

שלב ב: הערכה כמותית של ההשפעה והערכת העלויות החיצוניות - רעש וזיהום אוויר

קיימות שתי שיטות להערכת ההשפעה ועלותה השיורית:

- שיטה המתבססת על ערכי מחדל. זו שיטה פשוטה שאינה מחייבת ידע מוקדם בנושאי רעש וזיהום אוויר. בשיטה זו יעשה שימוש ברוב המקרים.
- שיטה מדויקת המתבססת על תסקירי השפעה על הסביבה, או על מסמכים סביבתיים, או על בחינה כמותית מפורטת של ההשפעה הצפויה. שיטה זו נדרשת רק במקרים מיוחדים וההערכה תבוצע על ידי איש מקצוע.

שטחים פתוחים

- הערכה תהיה איכותית ותידרש במקרים מיוחדים בלבד. ניתן לבצעה גם ללא סיוע של יועץ סביבתי.

שלב ג': שילוב המדדים הכלכליים בזרם התועלות של הפרויקט.

4.4.3. סינון פרויקטים

כללי

שלב סינון הפרויקטים מיועד לכוון את הבדיקה הסביבתית לפרויקטים שבהם השפעה זו היא משמעותית. בשלב זה יסוננו הפרויקטים על פי קריטריונים מוקדמים שיקלו על עורך הבדיקה לזהות את סוגי ההשפעות העיקריות שבהם יש למקד את הבחינה.

ככלל, הגישה היא כי בפרויקטים בהם השפעת הפרויקט על המשתנים הסביבתיים היא זניחה, לא תלווה הבדיקה הכלכלית בהערכת ההשפעות הסביבתיות.

הקריטריונים לסינון הפרויקטים לבדיקה יהיו על פי פרמטרים אלו:

- סוג הפרויקט התחבורתי ומאפייניו הכלליים (כבישים, מסילות ברזל וכו').
- הסביבה בה מבוצע הפרויקט (סביבה עירונית וסביבה "פתוחה").
- קרבה/מרחק הפרויקט משימושים רגישים (בעיקר אזורי מגורים) בסביבה פתוחה. ההנחה היא כי בסביבה עירונית טווח המרחקים הוא קטן תמיד.

פרויקטים הפטורים מבדיקה

- רעש: פרויקטים שאינם משנים את היררכית הדרך ורמת השירות שלה (כמו תוספת צומת בכביש קיים).
- זיהום אוויר: כל הפרויקטים למעט פרויקטים המוגדרים בסעיף 4.4.5. כאמור שם, בפרויקטים הפטורים מבדיקה מפורטת תוערך ההשפעה החיצונית של זיהום האוויר על פי המקדם שקבע המשרד להג"ס כפונקציה של תוספת צריכת הדלק שיוצר הפרויקט.

- שטחים פתוחים: כל הפרויקטים למעט אלו בהם הפרויקט כולל דרך עוברת בשמורות טבע, בגנים לאומיים או בשטחים רגישים במיוחד.

בטבלה הבאה מוצגים המקרים בהם תיזרש הערכת השפעות הסביבתיות:

לוח 4.26: מקרים בהם תיזרש הערכת השפעות סביבתיות

סוג הפרויקט	רעש	זיהום אוויר	שטחים פתוחים
תוספת נתיבים לדרך קיימת לרבות נת"צ	נדרש	על פי הקריטריונים בסעיף 4.4.5	לא נדרש
שדרוג דרך קיימת ושינוי מעמדה לפי טבלה 1 או תוספת מחלף	נדרש	על פי הקריטריונים בסעיף 4.4.5	נדרש כאשר הדרך עוברת בשמורות טבע, גנים לאומיים או בשטחים רגישים במיוחד
תוואי חדש	נדרש	על פי הקריטריונים בסעיף 4.4.5	
שינויים פיזיים מינוריים, תוספת צומת ללא שינוי בתוואי או ברמת השרות	לא נדרש	לא נדרש	לא נדרש
מנהרה/קטע כביש ממונהר	לא נדרש	לא נדרש	לא נדרש

4.4.4. רעש - מתודולוגית החישוב

העלויות החיצוניות של פרויקט תחבורתי נתון בגין הרעש נמדדות, בעיקר, על פי ההשפעה על מחירי הדירות. ההשפעה תלויה בשיעור ההגברה של מפלסי הרעש בהשוואה למצב קיים.

היה ונערך תסקיר השפעה על הסביבה לפרויקט, או באם נערך מסמך סביבתי אחר, הבודק, לפי שיקול דעתו, יכול לעשות שימוש במסמכים אלו במקום השיטה המפורטת להלן. המידע הכלול בתסקיר הינו מפורט הרבה יותר וכולל תיעוד רעש קיים באמצעות מדידות וחישובים, תיעוד הסביבה הסמוכה לכביש באמצעות מיפוי פוטוגרמטרי, תצ"א וקומפילציה של יעודי קרקע, תחזיות מדויקות של הרעש הצפוי, מיגון אקוסטי מוצע ובעיקר ניתוח השוואתי של תרומת הפרויקט להגברת הרעש.

שיטת חישוב השינוי הצפוי במפלסי הרעש מתבססת על טבלת ערכי מחדל וסט תיקונים לערכים אלה, כדלקמן:

א. ערכי המחדל⁵¹: ערכי המחדל (הבסיס) של מפלסי הרעש ביחידת Leq, dBA לשעת שיא הרעש ניתנים לפי סוג הדרך ומספר נתיבים במרחק 100 מ' מציר הדרך.

51 החישובים מתבססים על רמות שירות C המוצגות במסמך HCM 2000, משרד התחבורה, כסלו תשס"ו, דצמבר 2005. טבלאות: 10-7, 12-5, 13-6 בדו"ח. ראו פירוט ההנחות בנספח לדו"ח זה

לוח 4.27: ערכי המחדל (מעוגלים) לפי סוג הדרך ומספר נתיבים (D = 100 מ') Leq, dBA^{52}

מספר נתיבים לכיוון					סוג הדרך
**5	**4	3	2	*1	
-	67.5	65.5	64.5	60.5	מקומית מרומזרת
-	*73.5	72	70	-	ראשית
74.5	73.5	72	70	-	מהירה עירונית
75	74	72.5	70	-	מהירה כפרית

מקור: מדריך HCM 2000

הערות:

(* במדריך HCM לא נכללות דרכים ראשיות ומהירות עם נתיב יחיד.
 (** במדריך HCM לא נכללת דרך ראשית עם יותר משלושה נתיבים. הערכים נקבעו לדרך ראשית הכוללת ארבעה נתיבים על פי דרך מהירה.

ב. תיקונים למרחק מציר הדרך⁵³: התיקונים למרחק מציר הדרך, ביחס למרחק יחוס של 100 מ' מפורטים בלוח 4.28 להלן.

לוח 4.28: תיקונים למרחק מציר הדרך ביחס ל- 100 מ', dBA

המרחק, מ'	500	400	300	200	100	50
התיקון למפלס הרעש	(-) 12	(-) 10	(-) 7.5	(-) 4.5	-	(+) 4

אין צורך בבחינה כאשר המרחק עולה על 500 מ' מציר הדרך.

ג. תיקונים נוספים לערכי המחדל dBA^{54} : תיקונים נוספים לערכי המחדל מתבססים על ממוצע חישובים, פרקטיקה מקובלת וספרות מקצועית. התיקונים לערכי המחדל מפורטים להלן:

לוח 4.29: תיקונים נוספים לערכי המחדל

מס'	הפרמטר	התיקון לערך המחדל (בסיס)
1	אספלט שקט	-1.5
2	מתרס רעש החוסם קו ראייה או יותר	-6
3	מתרס רעש שאינו חוסם קו ראייה	-
4	דרך משוקעת - קו הדיקור חוסם קו ראייה למרכז הדרך	-5
	קו הדיקור אינו חוסם קו ראייה	-
5	דרך עילית/גשר גובה מבנה מעל מפלס הגשר/דרך	-
	גובה מבנה נמוך ממפלס הגשר/דרך	-5

52 Leq - מפלס הרעש שווה הערך, שהינו המדד המקובל להצגת רעש תחבורה. ראו הגדרה בתקנות למניעת מפגעים (רעש בלתי סביר) התש"ן 1990

53 הערכים מתבססים על חישובים שנערכו בתכנת TNM גרסה 2.5

54 הערכים מבוססים על חישובים ועל תיקונים המפורטים במתודולוגיה המוסכמת להערכת רעש מכבישים משנת 2011. המתודולוגיה מוצגת באתר האינטרנט של המשרד להגנת הסביבה

ד. ערכי מחדל לרעש הרקע⁵⁵: כאשר הפרויקט הינו סלילת דרך חדשה (ולא שידרוג דרך קיימת) יש להשוות את מפלס הרעש החזוי לאחר סלילת הדרך לרעש הרקע. ערכי מחדל של רעש רקע, בשעות היום, על פי סוג האזור מפורטים בטבלה מס' 4.30:

לוח 4.30: ערכי מחדל לרעש רקע בשעות היום, לפי סוג אזור Leq, dBA

מפלס רעש	סוג האזור
65	מרכז עיר/מרכזים שכונתיים
55	פרברי עיר/שכונות מגורים בשולי העיר
50	מרחב כפרי/אזור לא עירוני
45	מרחב כפרי שקט (בד"כ רחוק ממרכז הארץ)

דוגמאות חישוב

א. סוג הפרויקט: שידרוג דרך קיימת

מצב קיים: דרך מקומית מרומזרת, שני נתיבים בכיוון, ללא מיגון אקוסטי, ללא אספלט שקט. הפרויקט - דרך חדשה: דרך ראשית, ארבעה נתיבים בכיוון, מיגון אקוסטי החוסם קו ראייה, אספלט שקט.

מרחק בין מגורים לציר הדרך: 200 מ'.

להלן אופן החישוב:

סוג הדרך	ערך מחדל '100 מ' (a)	תיקון למרחק (b)	תיקון למיגון אקוסטי (c)	אספלט שקט (c)	ערך משוער Leq, dBA
דרך קיימת: מקומית מרומזרת, שני נתיבים בכיוון	64.5	4.5-	-	-	60
מצב חדש: דרך ראשית ארבעה נתיבים בכיוון	73.5	4.5-	6-	1.5-	61.5
הפרש: תוספת רעש בגין הפרויקט	+1.5				

מקרא:

a - לפי טבלה 4.27

b - לפי טבלה 4.28

c - לפי טבלה 4.29

55 Ambient noise, Ruud Ummels and Karin Elbers, 2016. table 2.

;Schomer, P. (2005). Criteria for assessment of noise annoyance. Reston: Institute of Noise Control Engineering
ערך המחדל למרחב כפרי שקט מתבסס על הנחיות המשרד - להג"ס

ב. סלילת דרך חדשה

מצב קיים: אין דרך קיימת.

הפרויקט: סלילת דרך חדשה, דרך מהירה כפרית, שני נתיבים במסלול, אספלט שקט, אין מיגון. מרחק בין מגורים לציר הדרך: 300 מ'.

סוג המרחב: כפרי.

את הרעש החזוי לאחר סלילת הדרך יש להשוות לרעש הרקע.

להלן אופן החישוב:

סוג הדרך	ערך מחדל '100 מ' (a)	תיקון למרחק (b)	תיקון למיגון אקוסטי (c)	אספלט שקט (c)	רעש רקע (d)	ערך משוער Leq, dBA
דרך קיימת (אין)	-	-	-	-	45	45
דרך כפרית מהירה, 2 נתיבים בכיוון	70	-7.5	-	-1.5		61
הפרש: תוספת רעש בגין הפרויקט						
						16

מקרא:

a - לפי טבלה 4.27

b - לפי טבלה 4.28

c - לפי טבלה 4.29

d - לפי טבלה 4.30

ג. הרחבת דרך חד מסלולית לדו מסלולית - דו נתיבית

סוג הפרויקט: שידרוג דרך קיימת.

מצב קיים: דרך מקומית מרומזרת, נתיב בודד בכיוון, ללא מיגון אקוסטי, ללא אספלט שקט.

הדרך החדשה: דרך מקומית מרומזרת, שני נתיבים בכיוון, מיגון אקוסטי החוסם קו ראייה, ללא אספלט שקט.

מרחק בין מגורים לציר הדרך: 200 מ'.

להלן אופן החישוב:

סוג הדרך	ערך מחדל מ' 100 (a)	תיקון למרחק (b)	תיקון למיגון אקוסטי (c)	אספלט שקט (c)	ערך משוער, Leq, dBA
דרך קיימת מקומית מרומזרת, נתיב בודד בכיוון	60.5	-4.5	-	-	56
מצב חדש: דרך מקומית מרומזרת שני נתיבים בכיוון	64.5	-4.5	-6	-	54
הפרש: תוספת רעש בגין הפרויקט					-2

מקרא:

a - לפי טבלה 4.27

b - לפי טבלה 4.28

c - לפי טבלה 4.29

קביעת מספר יחידות הדיור המושפעות

מספר הדירות המושפעות (עד מרחק של 500 מ' מציר הדרך) יקבע על בסיס עיון בתצ"א, בתסקיר/בחוות דעת סביבתית שנערכה לתוכנית או במיפוי הפוטוגרמטרי (זמין בחלק מהרשויות המקומיות) או על פי סיור בשטח או כל חומר מתאים אחר. יש להתייחס רק למבנים בשורה הראשונה הסמוכה ביותר לכביש ולמבנים עורפיים גבוהים שלהם קו ראייה לכביש.

חישוב העלויות החיצוניות - נדל"ן

הערכת העלויות החיצוניות, ירידת שווי מחירי הדירות, תקבע באופן הבא:
לפי ממצאי דו"ח השמאי הממשלתי במשרד המשפטים⁵⁶, פחיתת הערך P של יחידת דיור בגין תוספת רעש של 1dBA היא לפי הנוסחה:

$$P=0.9904647^{AV}$$

כאשר:

P - ערך הדירה ביחס לערכה המקורי (%).

V - העליה ברמת הרעש (דציבל).

לדוגמה: אם הרעש עולה ב-2.5dBA, ירד ערכה של הדירה בכ-2.36% ביחס לערכה המקורי.

הערות:

- לא יובאו בחשבון יחידות דיור הצפויות להיחשף לרעש של פחות מ-50dBA.
- לא תובא בחשבון השפעת מיגון דירת.

⁵⁶ יעקב אודיש, ד"ר לריסה פלישמן, 2004, השפעת כבישים על שווין של דירות מגורים: כיוונים והשלכות, מחלקת המחקר והמידע במקרקעין, אגף שומת מקרקעין, משרד המשפטים, מדינת ישראל

שיטת הבדיקה ופרויקטים מיוחדים

ההשפעה החיצונית של פרויקט תחבורתי בהיבט זיהום אוויר תוערך על פי השיטה שקבע המשרד להגנת הסביבה, כפונקציה של תוספת צריכת הדלק שיוצר הפרויקט.

בדיקה מלאה על פי השיטה שנקבעה בנוהל פר"ת, תידרש במקרים מיוחדים וחריגים אלה:

א. הפרויקט הינו תוואי דרך חדש לכביש מהיר באזור עירוני, שבו קיימים שימושים רגישים (מגורים, בתי ספר, בתי חולים וכו'), במרחק של פחות מ-50 מ' משולי המיסעה ונפח התנועה הוא החל מ-5,000 יר"מ מזהמים (מונעים בדלק מוצק) ליממה לכיוון.

ב. הפרויקט הנו הרחבה או שידרוג כביש קיים באזור עירוני, המייצר תוספת נפח תנועה העולה על 1,500 יר"מ מזהמים (מונעים בדלק מוצק) לכיוון ליממה, כאשר ריכוזי הרקע של חנקן דו חמצני והחלקיקים במצב הקיים, חורגים מהתקן על פי נתוני המשרד להגנת הסביבה ותחנות הניטור⁵⁷.

הרחבת השימוש בכלי רכב חשמליים תגרום לצמצום תוספת כלי הרכב המזהמים הצפויים עקב ביצוע פרויקט. כך, היה ופרויקט צפוי לגרום להגדלת נפח תנועה ב-1,500 יר"מ וההערכה היא כי מחצית כלי הרכב שינועו יהיו חשמליים, תוספת נפח התנועה לצורך בחינת ההשפעה על זיהום אוויר היא 750 כלי רכב בלבד.

שיפורים טכנולוגיים אחרים בכלי הרכב המפחיתים את פליטת המזהמים יקבלו ביטוי באמצעות תיקון מקדם ההשפעות החיצוניות שקובע המשרד להגנת הסביבה.

בעתיד הרחוק יותר, בו חלק ניכר מכלי הרכב יהיו חשמליים יהיה מקום לדון שוב בשיטת הבדיקה. יהיה צורך לשקול אם וכיצד להביא בחשבון את הזיהום הנוצר עקב תוספת צריכת החשמל עקב הגידול בנפח התנועה. תוספת זו תלויה בשיטת יצור החשמל ובמיקום תחנות הכוח.

4.4.6 הערכת ההשפעה על שטחים פתוחים

הערכת השפעת הפרויקט על שטחים פתוחים תעשה במונחים איכותיים וניתן לבצע גם ללא סיוע של יועץ סביבתי. כאמור לעיל, הערכה זו תידרש רק לפרויקטים העוברים דרך שמורות טבע, גנים לאומיים או בשטחים רגישים במיוחד.

עורך הבדיקה יבצע את הפעולות הבאות:

א. יש לעיין במקורות המידע הרלבנטיים לפי הצורך ופירוט המרכיבים על פי כל מקור מידע/ תוכנית. הבודק יכול להיעזר בידע כללי ובעיון ב-GOOGLE EARTH, באתרי האינטרנט של

57 המידע מרוכז ע"י מערך ניטור איכות אוויר ארצי (מנ"א) ומוצג באתר האינטרנט של המשרד להגנת הסביבה

דש"א, המשרד להג"ס, רט"ג ועוד. כמו כן ניתן, במקרים שהבודק, על פי שיקול דעתו וניסיונו רואה צורך או תועלת בכך, לקיים התייעצות עם הגופים הנזכרים בסעיף 14 להלן.

ב. יש להציג למשרד התחבורה את ממצאי הסקר והדיונים ולגבש הערכה כללית לגבי הקונפליקט הצפוי.

להלן רשימת התוכניות ומקורות המידע שמומלץ כי עורך הבדיקה לפי נוהל פר"ת יעיין בהם, לפי הצורך, ויציג את מרכיביהם:

- 1) תשריט ראשי בתמ"א 1: יש לעיין בשכבות שטחים מוגנים, חופים, נחלים, אזורי רגישות להחדרת נגר עילי.
- 2) תשריט משלים לתמ"א 1: יש לעיין בתשריט ובו סימון שטחים בעלי חשיבות להחדרה והעשרה של מי תהום.
- 3) נספח לתמ"א 1: נספח מנחה לפארק חוף עירוני.
- 4) סיווג הדרך: סיווג הדרך "כדרך נופית" כהגדרתה בתמ"א 42.
- 5) תמ"א 1/35: יש לעיין בתשריט המרקמים והמעברים האקולוגיים.
- 6) תמ"א 35: יש לעיין בתשריט "הנחיות סביבתיות".
- 7) מרחבים ביוספריים.
- 8) סקרי דש"א.
- 9) מעברים אקולוגיים על פי מפת המעברים של רט"ג.
- 10) מפת ההכרזות לפי חוק גנים לאומיים, שמורות טבע, אתרים לאומיים ואתרי הנצחה.
- 11) אתר המשרד להג"ס: מפת הרגישות של שטחים פתוחים.
- 12) תסקיר השפעה על הסביבה ומסמכים סביבתיים נופיים נוספים אם נערכו לתוכנית.
- 13) מאגרי מידע נוספים:
 - מאגר המידע הממשלתי.
 - ArcGIS Online.
 - הפורום למידע גיאוגרפי.
 - מאגר מידע רט"ג.
 - מאגרי מידע חל"ט.
 - המארג.
 - מכון דש"א.

- BioGIS.

- מדע אזרחי (public science).

14) בנוסף: מפגשים או שיחות עם נציגי הרט"ג ו/או החברה להגנת הטבע ו/או המשרד להג"ס. כל התוכניות ומקורות המידע לעיל נגישים וניתן לעיין בהם באמצעות אתר "מידע זמין", אתרי הגופים והמוסדות השונים ועוד.

נספח: פירוט ההנחות לחישוב ערכי המחדל והתיקונים (רעש)

מפלסי הרעש חושבו על בסיס ההנחות הבאות:

א. סוג הדרך: כהגדרתה ב-⁵⁸ HCM 2000.

ב. נפחי התנועה ומהירותה: תואמים לרמת שרות C על פי HCM 2000.

ג. פילוג התנועה: פילוג סטנדרטי: 95% רכב קל, 3.5% רכב בינוני, 1.5% רכב כבד.

ד. תוכנת החישוב: תוכנת TNM גרסה 2.5.

ה. סוג הדרך: קרקע קשה (Hard soil).

ו. סוג מיסעה (ללא אספלט שקט): Average.

ז. אורך המקטע המשפיע: 2 ק"מ מכל צד של הקולט (אורך הכביש צריך להיות גדול בהרבה מהמרחק של הקולט מהכביש כדי לדמות כביש אינסופי).

ח. גובה קולט: 5 מ' מעל מפלס קרקע, שטח מישורי.

58 HCM2000, משרד התחבורה, כסלו תשס"ו - דצמבר 2005

4.5. פיתוח אזורי/כלכלי

4.5.1. רקע

הקשר בין תחבורה ופיתוח כלכלי ושילובו בבדיקת הכדאיות הינו אחד הנושאים המרכזיים בקרב החוקרים בעולם. בעשור האחרון, נושא ההשפעות הכלכליות הרחבות של פרויקטים תחבורתיים משולב בהליכי בדיקות כדאיות ומחקרים. משרד התחבורה הבריטי⁵⁹ מציין שלושה מקורות להשפעות כלכליות רחבות, מעבר לתועלות הישירות של הפרויקט:

- אגלומרציה - תועלת כלכלית הנובעת מהגדלת נגישות למרכזים עם יתרונות לגודל.
 - תחרות לא משוכללת - הגדלת מרחב הבחירה בשוק בו המחירים לא בהכרח משקפים את העלות השולית.
 - השפעה על שוק העבודה - הגדלת היעילות בהקצאה בין מעסיקים לעובדים, עקב הגדלת מרחב הבחירה.
- ישנן שיטות רבות להערכות מאקרו כלכליות של פיתוח אזורי/כלכלי בספרות וגם חילוקי דעות רבים באשר למרכיבי ההשפעה, היקף ההשפעה והמתודולוגיה.
- התוספת הנוכחית של השפעות כלכליות לנוהל פר"ת הינה חלקית ומתייחסת רק להשפעת פרויקט תחבורתי על פיתוח אורבני ואגלומרציה. המתודולוגיה אינה מתיימרת לכלול את כלל ההשפעות החיצוניות הנובעות מפרויקטים תחבורתיים כגון השפעות של תחרות לא משוכללת, השפעה על שוק העבודה, עלייה בהיקף התיירות, שיפור באיכות שעות הפנאי, עלייה בהיקף המסחר וכיו"ב.
- יש צורך להמשיך ולבצע מחקרים כדי לשפר את המתודולוגיה ולכלול השפעות כלכליות רחבות של פרויקטים תחבורתיים.

4.5.2. הגידול בפריון (אגלומרציה)

פרויקט תחבורתי המיועד לשרת אזור אורבני, צפוי לשפר את הנגישות למוקדי הפעילות העירוניים (מוקדים כלכליים, ציבוריים, תרבותיים וכיו"ב), וכך להגדיל את מספר הנהנים מנגישות לאותם מוקדים ואת הפיזור הגיאוגרפי שלהם.

שיפור הנגישות לאותם מוקדים אורבניים יתרום:

- ביקוש לקרקע: הגידול בביקוש לקרקע באזור.
- מרחב תעסוקה: גידול מרחב ההזדמנויות לתעסוקה לעובדים ממקומות רחוקים יותר.
- מקומות עבודה: אלו יגדלו בעקבות מעבר פירמות ועסקים בגלל הנגישות הנוחה.

⁵⁹ The UK Department of Transport advise note, The additionality of wider economic benefits in transport appraisal, 2007

לריכוז פעילות כלכלית ותרבותית במוקד משותף יתרונות מוכחים ביצירת אגלומרציה⁶⁰ והשפעה חיצונית חיובית המתבטאים בהגברת היעילות ועידוד החדשנות. כפועל יוצא יוביל הדבר גם לגידול בפריון.

במתודת שיטת האגלומרציה נאמדת התועלת האורבנית על פי הגידול בפריון. גידול זה מתרחש כאשר מועסקים עוברים מאזור בו לא קיימת אגלומרציה למרכזים בהם מתקיימת אגלומרציה.

4.5.3 מתודולוגית האמידה

המתודולוגיה להערכת התועלת האורבנית נחלקת לשני שלבים: שלב ראשון - עמידה בתנאי סף: בדיקת מאפייני הפרויקט והתאמתם להוספת תועלות אורבניות. שלב שני - חישוב התועלות: אמידת התועלת האורבנית הישירה דרך הגידול הצפוי בפריון (אגלומרציה אורבנית).

א. תנאי הסף

על הפרויקט לעמוד בכל הקריטריונים של "תנאי סף" המוגדרים להלן, על מנת שהתועלות האורבנית יתווספו לתועלות בדיקת הכדאיות. במקרים מסוימים, ניתן יהיה לאשר שימוש במתודולוגיה זו גם אם העמידה בתנאי הסף המפורטים להלן תהיה חלקית.

הקריטריונים לתנאי הסף הם:

- סוג וגודל ההשקעה בפרויקט: אמידת התועלת האורבנית תערך לפרויקטים בתחבורה הציבורית בלבד בהשקעה של 1 מיליארד ₪ ומעלה.
- גודל המרכז העירוני: מספר המועסקים במע"ר או במרכז התעסוקתי מהווה אינדיקטור למידת ההשפעה הצפויה לפרויקט. שיעור האגלומרציה האורבנית עולה ככל שמספר המועסקים גדול יותר. הרף תחתון לאמידת התועלת האורבנית הינו 30,000 מועסקים בתחום המע"ר/מרכז תעסוקתי.
- פוטנציאל הרחבת המרכז: יכולת המרכז בפועל להתרחב ולהתפתח לקליטת עובדים חדשים. על עורך הבדיקה לבחון את תוכניות המתאר ואת תוכניות בניין העיר באזור הפרויקט, ולוודא אם ישנן מגבלות תכנוניות אשר יכולות לעכב את התועלת האורבנית. וכן, לבדוק את יכולת העסקים הקיימים באזור לקלוט עובדים נוספים, קיום מבנים פנויים או שטחים פוטנציאליים לבנייה או הרחבת מבנים קיימים. ככל שקיימות מגבלות תכנוניות אשר צפוי שיפתרו בעתיד, יש לשקף זאת בפריסת התועלת לאורך השנים, ולמקם את התועלות במועד המתאים בציר הזמן.

Mills, S. Adwin, and Hamilton, W. Bruce, 1988. Agglomeration and Optimal City Size, Urban Economies, first addition, pp. 19-20

Sullivan, O. Arthur, 2000. Agglomeration Economy, Urban Economies, pp. 32-33

● **רמת שירות:** התועלת התחבורתית של הפרויקט עשויה להשפיע רבות על התועלת האורבנית. פרויקט אשר יוקם באזור בו קיימים עומסי תנועה בשעות השיא צפוי להשפיע יותר מאשר פרויקט באזור בו התנועה זורמת בשעות השיא. גודש בכניסה למע"ר או למרכז תעסוקתי הינו אינדיקטור המצביע על קיום "צוואר בקבוק", כלומר: הביקוש גדול מההיצע. במקרים כאלו נצפה להתהוות תועלת אורבנית משמעותית. אמידת התועלת האורבנית תתבצע היה ורמת השירות במצב הקיים היא E ו-F בלבד. ניתן לערוך אומדן של התועלת האורבנית ברמות שרות טובות מ-E בתאום עם מזמין העבודה.

ב. חישוב התועלת האורבנית

הצעדים בחישוב התועלת האורבנית בשיטת הגידול בפריז (אגלומרציה) הם:

1. אמידת התוספת לקיבולת במונחי מספר נוסעים וחישוב מספר המועסקים שיתווספו למע"ר/מרכז תעסוקתי.
 2. בחירת מקדם יעילות (אגלומרציה) מתאים.
 3. אמידת התועלת האורבנית השנתית.
 4. בניית תזרים התועלות לאורך חיי הפרויקט הכלכלי.
- בחישוב זה נאמדת התועלת האורבנית השנתית, במועד מימוש קיבולת תוספת המועסקים, במלואה. יש לפרוס את התועלת לאורך השנים שלאחר פתיחת הפרויקט. להלן פירוט שלבי האמידה:

שלב 1 - אמידת תוספת נוסעים וחישוב מועסקים: אומדן תוספת המועסקים במע"ר שתנבע מהפרויקט התחבורתי הנבדק, על פי תוצאות המודל התחבורתי ובפרט ממודל הפיצול. יש לחשב לכל שנת יעד:

- אומדן קיבולת הקו בשעת שיא בוקר לכיוון המע"ר.
- אומדן מספר הנוסעים בקו בכיוון המע"ר בשנת היעד ומתוכם את מספר הנוסעים למטרות עבודה באזור המע"ר, אשר במצב "ללא פרויקט" נסעו ברכב פרטי ליעד זה. נוסעים אשר עברו מאוטובוס אינם בהכרח תוספת לקיבולת המועסקים במע"ר. היה ואין ניתוח מפורש לעניין זה יש להניח כי תוספת נוסעים אינה מהווה תרומה של מועסקים.
- כדי לאמוד את פוטנציאל תוספת המועסקים במע"ר לשנת היעד יש להביא בחשבון שהתרומה של שעת השיא לתוספת הכוללת היא חלקית. כברירת מחדל יש לכפול במקדם 1.5 את תוצאות שעת שיא.

שלב 2 - בחירת מקדם יעילות (אגלומרציה) מתאים
הנחיות הנוהל לגבי מקדם האגלומרציה בבדיקת הכדאיות ניתנות בלוח להלן.

לוח 4.31: מקדמי יעילות (אגלומרציה)

גודל מרכז (מס' מועסקים)	% יעילות (אגלומרציה) רלוונטי מקדם α
30,000-100,000	1%
מעל 100,000	2%

שלב 3 - אמידת התועלת האורבנית לשנת היעד

התועלת האורבנית לשנת היעד בשיטה זו מתקבלת על ידי חישוב הגידול בפריון (תפוקה) הנובעת מכל עובד נוסף עקב קיומה של אגלומרציה. החישוב נעשה על פי המשוואה הבאה:

$$(1) W \times \left\{ (X + \Delta X)^{1+\alpha} - X^{1+\alpha} - \Delta X \right\}$$

כאשר:

- X - מספר המועסקים במרכז העירוני/תעסוקתי לפני הפרויקט התחבורתי.
- ΔX - מספר המועסקים אשר יתווספו למרכז (מאזורי תעסוקה אחרים) לאחר הפרויקט כפי שנאמד בשלב 1 כאמור לעיל.
- α - מקדם היעילות (יתרון לגודל) במרכז התעסוקתי אליו נפח התנועה עתיד לגדול (על פי הטבלה לעיל).

W - השכר ממוצע במשק במונחים שנתיים - למרות שממוצע השכר במע"ר/במרכז התעסוקתי בדרך כלל גבוה יותר מהשכר הממוצע במשק, ננקטה בנוהל גישה שמרנית המכתיבה שימוש בשכר בסיס המבוסס על השכר הממוצע במשק.

יש לשים לב כי קיימת הנחה שמספר המועסקים שמתווספים למרכז עבדו קודם לכן במקומות בהם לא הייתה קיימת אגלומרציה, ועל כן, אין אנו מחשבים את ההפסד כתוצאה ממעבר העובדים. ההנחה ביסוד מתודולוגיה זו היא כי העובד עבר ממקום עבודה מאזור תעסוקה קטן ללא אגלומרציה.

שלב 4 - בניית תזרים התועלות לאורך חיי הפרויקט

התועלת האורבנית תחושב לכל שנת יעד על פי הנוסחה הנ"ל. בניית תזרים התועלות לאורך שנות חיי הפרויקט תעשה באמצעות אינטרפולציה בין שנות היעד.

4.6. חיסכון בחניה

אחת המטרות המרכזיות בביצוע פרויקט מערכתי בתחבורה הציבורית הינה שינוי בפיצול הנסיעות. לתוצאה זו נלווית תועלת נוספת, חיסכון במקומות חניה, וכאשר מדובר במרכזים מטרופוליטנים, לחיסכון זה עשוי להיות ערך כלכלי משמעותי.

פרק זה עוסק במתודולוגיה להערכת התועלת הכלכלית של החיסכון במקומות חניה במרכזי ערים גדולות, הנובע מפרויקטים בתחבורה הציבורית.

הערכת התועלת הכלכלית, בבדיקת הכדאיות, תעשה עבור פרויקטים מערכתיים בתחבורה ציבורית, אשר עשויים להשפיע על פיצול הנסיעות וכנגזר מכך על מקומות החניה, במרכזי ערים גדולות בלבד.

4.6.1. החיסכון בחניה

לפרויקט מערכתי בתחבורה הציבורית, כגון פרויקט מסילתי, יש לרוב השפעה על פיצול הנסיעות. לרוב, השפעת הפרויקט גבוהה יותר בנסיעות אל המרכזים המטרופוליטנים, ובעיקר בשעות הגודש.

להפחתה הנסיעות למרכז המטרופוליני ברכב פרטי נודעת תועלות בזרימת התנועה, תועלות סביבתיות ואורבניות אך גם בצריכת מקומות חניה.

צמצום במספר כלי הרכב הפרטיים הנכנסים למע"ר, מקטין את הביקוש למקומות חניה וככל שהוא גורם לצמצום מספר היוממים המגיעים למקום עבודתם הוא מייעל את השימוש במקומות החניה לחניות קצרות זמן, כגון: עיני עבודה, סידורים וכו'.

בנוסף להשפעה המיידית על היקף ומאפייני החניה הקיימת, הפרויקט עשוי להשפיע בשנות קיומו גם על הצורך בהשקעה במקומות חניה נוספים בגין ההשפעה על גידול בכניסות רכב פרטי למע"ר.

סוגי חניה:

מצאי החניה העירוני מחולק לארבעה סוגי חניה:

- חניונים פרטיים ללא תשלום (חניה שמורה) - קיימים בדרך כלל בבנייני משרדים.
- חניונים פתוחים בתשלום - חניונים שאינם מקורים, בין אם בבעלות פרטית או ציבורית.
- חניונים מקורים בתשלום, מבני חניה, חניה תת/על קרקעית, חניה בבנייני משרדים ובקניונים.
- חניה ברחוב - בתשלום או ללא תשלום.

4.6.2. מתודולוגיה

תהליך אמידת התועלת מחיסכון במקומות חניה מחולק לשני שלבים:

- אמידת סך מקומות החניה הנחסכים לפי שנים.
- המרת החיסכון במקומות חניה למונחים כספיים.

אמידת מקומות חניה נחסכים:

הבסיס לאומדן החיסכון הנו תת מודל הפיצול של המודל התחבורתי מערכתי. תוצאות המודל יאמדו את מספר הנסיעות, במונחי רכב פרטי, שקטן בגין הפרויקט: מטעמי שמרנות מסגרת החיסכון תחושב על פי נסיעות למע"ר, בשעת שיא בוקר מטרת נסיעה לעבודה בלבד. הנחת הבסיס היא כי מתקיים שווי משקל בין הביקוש להיצע של מקומות חניה (או עודף ביקוש) ולפיו מלוא המעבר מנסיעה ברכב פרטי לכלי רכב יחולק במקדם מילוי ברכב. הלכה למעשה לא ניתן לוודא באיזה סוג חניה יחול החיסכון. ההנחה היא כי החיסכון יקרה במקומות החניה ה"שוליים" שהם היקרים (בשל עלות הקרקע או עלות הבנייה). בהנחה זו עלות מקום חניה נחסך הנו 25,000 דולר שהם כ-85 אלף ש"ח⁶¹.

אמידת החיסכון במקומות חניה:

אומדן החיסכון בחניה במע"ר בגין הפרויקט המוצע, יתבסס על תוצאות מודל הפיצול שבמודל התחבורתי. ככלל, השינוי בפיצול הינו פועל יוצא של הרצת מודל פיצול. יחד עם זאת, יש להבחין בין מטרות הנסיעה השונות על בסיס מודל הפיצול כדי ליישם מקדמי שמרנות.

הבחנה בין מטרות הנסיעה:

- נסיעות לעבודה - בהקשר הנוכחי הכוונה לנסיעות בית-עבודה בלבד, שהרי נסיעות חוזרות מפנות מקום חניה במע"ר ולא תופסות אותו.
 - נסיעות למטרות אחרות - בהקשר זה הכוונה אך ורק לנסיעות מהבית למטרה אחרת (לימודים, קניות, סידורים וכו'). מתוך מטרה למנוע ספירה כפולה, נסיעות הביתה, וכן נסיעות שבסיסן אינו בבית (Non-Home-Based), בדרך כלל אינה רלוונטיות לצורך המתודולוגיה לאמידה של החיסכון במקומות חניה (מטעמי שמרנות בניתוח).
- חישוב סך מקומות החניה הנחסכים יתבצע על בסיס תחזיות המודל לתקופת שיא בוקר בלבד. לכל שנת יעד יש לחשב:
- אומדן קיבולת הקו בשעת שיא בוקר לכיוון המע"ר.
 - אומדן מספר הנוסעים בקו בכיוון המע"ר בשנת היעד (הביקוש בקו).

61 עדכון על בסיס העבודה שנערכה בנוהל 2012

- מכך יש לחשב את מספר הנוסעים למטרות עבודה, שיעדם אזור המע"ר ואשר במצב "ללא פרויקט" נסעו ברכב פרטי ליעד.
- כדי לאמוד את סך החיסכון במע"ר לשנת היעד יש להביא בחשבון שהתרומה של שעת השיא לתוספת הכוללת היא חלקית. כברירת מחדל יש לכפול במקדם 1.5 שעות שיא.

4.6.3. התועלת מחיסכון במקומות חניה

- הרצת מודל הפיצול לכל שנת יעד ואומדן החיסכון במספר מקומות החניה.
 - חישוב התועלת השנתית מחיסכון בחניה לכל שנת יעד במונחים שנתיים.
 - בניית תזרים תועלות של החיסכון בחניה לכל אורך החיים הכלכלי של הפרויקט באמצעות אינטרפולציה (ביון) התועלות בין שנות יעד מחושבות.
- חישוב התועלת מחיסכון בחניה - מחירי יחידה:**
- יש לחשב את עלות יחידת חניה ככל הניתן על פי סוגי החניות והעלויות באזור הנבדק.
 - בהעדר נתונים על עלות מקום חניה רלבנטי לאזור הפרויקט, ערך המחדל לעלות מקום חניה, כולל עלויות פיתוח, קרקע ותחזוקה יהיה 87,500 ש"ח (מחירי יוני 2020).

4.7. ערך האופציה

4.7.1. רקע - הגדרת "ערך האופציה"

בניתוח עלות-תועלת של פרויקטים תחבורתיים, ישנה חשיבות רבה להערכה כוללת של התועלות הצפויות של הפרויקט הנבדק. מרכיב נוסף בתועלות הוא "הערך האופציונאלי" של הפרויקט.

ה"ערך האופציונאלי" הוא החשיבות שהפרט מייחס לביצוע הפרויקט, ועשוי לבוא לידי ביטוי במוכנות לשלם עבורו, בין אם ישתמש או לא ישתמש בו הלכה למעשה.

4.7.2. החשיבות המיוחדת לתחבורה ציבורית

קיום האופציה לשימוש בתחבורה ציבורית, מהווה תועלת לאוכלוסייה העשויה להשתמש בשרות זה, אף שבפועל אינה משתמשת בו. תועלת זו יכולה לנבוע מהיכולת להשתמש בשרות זה במצבים בהם אמצעי ההסעה הרגיל אינו זמין. שרות התחבורה ציבורית יכול לספק 'רשת ביטחון' המוערכת כאופציה אפילו בעיני נוסעים המעדיפים לנסוע ברכבם הפרטי. גם נוסעים בתחבורה ציבורית עשויים להיות מוכנים לשלם מחיר גבוה יותר, על מנת לשמר את השרות.

4.7.3. "ערך האופציה" בעולם

בספרות מתוארים מספר ניסיונות לכמת את "הערך האופציונאלי" של שירותי תחבורה ציבורית. המחקרים נבדלים ביניהם בעיקר בשיטת המחקר - סקרי העדפות נגלות (RP - Revealed Preference) לעומת סקרי העדפות מוצהרות (SP- Stated Preference). מחקרי SP עושים שימוש בניסויי בחירה, בהם מתבקש הנשאל לבחור את האלטרנטיבה המועדפת עליו מתוך סט אלטרנטיבות המשויכות לערכים כספיים, אשר מתוכם ניתן לגזור את הערך שיש לנשאל עבור האלטרנטיבה אותה הוא מעדיף.

הנחיות ה-TCRP (Transit Cooperative Research Program) בארה"ב מתייחסות לערך האופציה בתחבורה הציבורית במונחים של מתודולוגיות לתמחור אופציה משוק ההון.

המחקרים בתחום מראים כי לתחבורה ציבורית יש "ערך אופציונאלי" באשר היא תורמת לרווחה החברתית/כלכלית של האוכלוסייה. עם זאת קיימת שונות בערכי האופציה עצמם. חלק מהמחקרים מצאו כי פרטים שאינם משתמשים בשרות תחבורה ציבורית, העניקו ערך אופציונאלי גבוה יחסית לשימור השירות ביחס לערך של המשתמשים (Bristow et al.1991). לעומת זאת, אחרים (Painter et al. 2001) מצאו כי המשתמשים היו מוכנים לשלם יותר על מנת לתחזק את המצב הקיים, מאשר הלא-משתמשים.

בשנת 2006 ערכו Laird et al סקירה מקיפה של מאמרים בנושא הערך האופציונאלי, ומצאו טווח ערכים ממוצע של 40-70 אירו לחודש, כאשר הגבול העליון בטווח זה משקף שרות רכבת

ברמה גבוהה, המקשר בין קהילה לאזור תעסוקה עם ביקוש גבוה, והגבול התחתון בטווח זה, משקף שרותי אוטובוסים.

4.7.4 מתודולוגיה

הגישה הכללית של המתודולוגיה המיושמת כאן היא לבחון את הנכונות של פרטים לתוספת תשלום עבור קיומם של קווי תחבורה ציבורית, במונחים כלכליים של תשלום ישיר (מחיר נסיעה ברכבת) או עקיף (באמצעות מיסי ארנונה דו-חודשיים). לצורך כך בוצע סקר העדפות מוצהרות במטרה לבחון את "הנכונות לשלם" בשני מקרי מבחן בקרב תושבים בשני אזורים גיאוגרפיים שונים עם שרות של קווי רכבת.

4.7.5 הנחיות הנוהל

- פרויקטים בהם יש לחשב את הערך האופציונאלי: בנוהל פר"ת 2012 והמשכו בנוהל זה, מוצע יישום חלקי בלבד להערכת ערך האופציה אך ורק בפרויקטים של תחבורה ציבורית רבת קיבולת (רכבת כבדה או מתע"ן) המשנים באופן מהותי את רמת השרות.
 - שיטת חישוב התועלת: קיום רכבת או אמצעי תחבורה רבת קיבולת אחר, יוסיף לתועלת משק הבית סכום של 25 ₪ לחודשיים או 150 ₪ לשנה. סכום זה יחושב לכל משק בית הנמצא באזור ההשפעה של הפרויקט⁶².
 - עורך הבדיקה נדרש להעריך את אזור ההשפעה של הפרויקט לצורך חישוב ערך האופציה למשקי הבית באזור. יש לפרט ולנמק את ממדי תחום ההשפעה של הפרויקט.
 - הצגת התוצאות: יש להציג ולנתח את המדדים הכלכליים בנוהל פר"ת עם וללא הערך האופציונאלי של תחבורה ציבורית. בפרויקטים בעלי ערך ייחודי של תחבורה ציבורית, מומלץ להתייחס לתוצאות הכלכליות הכוללות את ערך האופציה, כרלוונטיות לצורך קבלת החלטה באשר לכדאיות הפרויקט.
- הערה:** הנחיות אלה מבוססות על עבודה שבוצעה בהיקף מצומצם, בשני קווי רכבת קיימים בלבד. בשל כך נקבע בגרסת נוהל 2012 כי ערך האופציה יחושב בצורה חלקית בלבד וכך גם בנוהל זה.
- יש מקום להרחבת היקף המחקר האמפירי ולביסוס "ערכים אופציונליים" מהימנים ומובהקים יותר.

62 ערך האופציה בנוהל 2021 חושב על פי ערכו בנוהל 2012 בתוספת של 25% - הגידול בערך הזמן

4.8 שוויוניות וצדק חברתי

4.8.1 רקע

כדאיות הפרויקט התחבורתי בנוהל פר"ת נבחנת במתודת תועלת עלות, בפרמטרים כלכליים/ פיננסיים. מזווית הראיה החברתית, ראוי גם לבחון באיזו מידה התועלות והעלויות של הפרויקט מתחלקות באופן צודק בין התושבים.

מטרת פרק זה הינה לכלול שיקולים של "צדק חברתי" בבדיקת הכדאיות של פרויקט. ההנחיות להלן, לבחינה של צדק חברתי אינן כוללות התייחסות לכלל תועלות ועלויות הפרויקט, אלא למהות העיקרית של פרויקט תחבורתי שהיא שיפור הנגישות.

4.8.2 מתודולוגיה

בחינת "צדק חברתי" נעשית בשתי רמות:

א. רמת משק הבית - חשיבות הפרויקט התחבורתי בשיפור יכולת הניידות של הפרטים במשק הבית.

ב. רמת הקהילה/אזור - חשיבות הפרויקט התחבורתי בשיפור האטרקטיביות של האזור והמשיכה של עסקים ותושבים חדשים אליו.

עורך בדיקת הכדאיות נדרש לכלול ניתוח צדק חברתי בהתאם להנחיות המפורטות להלן בכל בדיקת כדאיות. תוצאות הבחינה יסוכמו בפרק נפרד במבנה דו"ח הבדיקה ובלוח הסיכום.

א. ניתוח ברמת משק הבית

ניתוח "צדק חברתי" ברמת משק הבית נערך סביב שלושה מרכיבים:

- ניתוח זמני הנסיעה ברכב פרטי ובתחבורה ציבורית כמדד לרמת הנגישות של משקי הבית השונים.
- המבחן המהותי לקביעת רמת הנגישות התחבורתית בניתוח צדק חברתי הינו נגישות לרכב הפרטי. בניתוח יש להבחין בין שני סוגי משקי בית, בעלי רכב וכאלו שאין להם זמינות רכב. בין השניים קיים הבדל מובהק ברמת הנגישות התחבורתית שלהם.
- בניתוח נבדוק האם הפרויקט מגדיל או מקטין את הפער בין הנגישות של משקי בית עם רכב למשקי בית ללא רכב. בהתאם לכך המדד בוחן האם לפרויקט השפעה חיובית (בהקטנת פערים) או שלילית (בהגדלת פערים) על צדק חברתי.

החישובים:

- חישוב זמני הנסיעה ברכב פרטי ובתחבורה ציבורית לבעלי רכב ולפרטים ללא זמינות רכב במצב "ללא פרויקט" ובכל אחת מאלטרנטיבות הפרויקט.
- חישוב היחס בין זמני הנסיעה בתחבורה ציבורית לרכב פרטי לכל חלופה. היחס מחושב לזוגות מוצא-יעד על פי אזורים.
- חישוב מדד HEI (Household Equity Indicator) - חישוב הפרש היחסים בין מצב "ללא פרויקט" לכל חלופה. מדד HEI אינו משוקלל בכמות הנסיעות או הנסועה בין האזורים.

מדד HEI:

- אם $HEI > 0$ לפרויקט השפעה חיובית על צדק חברתי.
 - אם $HEI < 0$ לפרויקט השפעה שלילית על צדק חברתי.
- בדוגמה להלן חישוב מדד HEI לשתי חלופות הפרויקט: A, B. בחישוב נמצא כי לשתי החלופות השפעה שלילית על צדק חברתי. בשתי החלופות הנגישות של מחוסרי רכב מורעת יחסית לנגישות בעלי רכב, אך ההשפעה של אלטרנטיבה A היא מזערית ($HEI = -0.03$) בעוד ההשפעה של אלטרנטיבה B הינה גבוהה ($HEI = -0.15$).

לוח 4.31: דוגמה לחישוב מדד HEI

Alternative A							
	Travel time without		Travel time with		PT/Car ratio		HEI
	Car-users	Car-less	Car-users	Car-less	Without	With	
OD Pair 1	30	50	28	48	1.67	1.71	-0.05
OD Pair 2	25	35	23	38	1.40	1.65	-0.25
OD Pair 3	42	61	38	48	1.45	1.26	0.19
OD Pair 4	14	35	13	35	2.50	2.69	-0.19
Total	111	181	102	169	1.63	1.66	-0.03

Alternative B							
	Travel time without		Travel time with		PT/Car ratio		HEI
	Car-users	Car-less	Car-users	Car-less	Without	With	
OD Pair 1	30	50	32	52	1.67	1.63	0.04
OD Pair 2	25	35	18	38	1.40	2.11	-0.71
OD Pair 3	42	61	34	44	1.45	1.29	0.16
OD Pair 4	14	35	12	37	2.50	3.08	-0.58
Total	111	181	96	171	1.63	1.78	-0.15

ב. ניתוח ברמת הקהילה/אזור

ניתוח צדק חברתי ברמת הקהילה/אזור נערך סביב שלושה מרכיבים שונים מהמרכיבים בנייתו ברמת משק הבית הבודד:

- הניתוח מתייחס לזמן הנסיעה הממוצע מהאזור ליתר האזורים ברשת. הוא מחשב מדד AAS (Average Aerial Speed) כמהירות הממוצעת של אורך הנסיעה בזמן הנסיעה.
- הניתוח מבחין בין שתי קבוצות של קהילות/אזורים: אזורים חזקים ואזורים חלשים. החלוקה מבוססת על מדד סוציו-אקונומי של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (הלמ"ס):
 - ◆ קהילות חלשות: דרוג 1-5 במדד הלמ"ס.
 - ◆ קהילות חזקות: דרוג 6-10 במדד הלמ"ס.

השפעת הפרויקט נבחנת בתרומת הפרויקט להגדלת הנגישות, יותר לקהילות החלשות מאשר לקהילות החזקות.

החישובים:

- חישוב זמני הנסיעה ואורכי הנסיעה הממוצעים לכל אזור וחישוב מהירות ממוצעת AAS בכל חלופה.
- חישוב היחס בין מהירויות הנסיעה במצב עם פרויקט לעומת מצב ללא פרויקט לאזורים חלשים ואזורים חזקים.
- חישוב מדד CEI (Community Equity Indicator) - חישוב היחס בין סך האזורים החלשים לסך האזורים החזקים והפחתה של הערך 1.

$$CEI = \frac{\left(\frac{AAS_{with}}{AAS_{without}} \right)_{weak}}{\left(\frac{AAS_{with}}{AAS_{without}} \right)_{strong}} - 1$$

מדד CEI:

- אם $CEI > 0$ לפרויקט השפעה חיובית על צדק חברתי.
 - אם $CEI < 0$ לפרויקט השפעה שלילית על צדק חברתי.
- בדוגמה להלן חישוב מדד CEI לשלוש חלופות לפרויקט: A, B ו-C. לחלופה A השפעה שלילית על צדק חברתי ($CEI = -0.07$) כיוון שהשיפור היחסי בנגישות (המהירות הממוצעת AAS) לאזורים החלשים (Zone A), הינו נמוך יותר מהשיפור היחסי לאזורים החזקים (Zone B). גם לחלופה B השפעה שלילית, חזקה יותר, על צדק חברתי ($CEI = -0.33$) - השיפור בנגישות לאזורים החזקים בה על חשבון הרעה בנגישות לאזורים החלשים. חלופה C משפרת יותר את הנגישות לאזורים החלשים מאשר לחזקים ($CEI = 0.19$).

לוח 4.32: דוגמה לחישוב מדד CEI

Alternative A			
	AAS		CEI
	Without	With	
Zone A (weak)	30	35	1.17
Zone B (strong)	40	50	1.25
Total			-0.07

Alternative B			
	AAS		CEI
	Without	With	
Zone A (weak)	30	25	0.83
Zone B (strong)	40	50	1.25
Total			-0.33

Alternative C			
	AAS		CEI
	Without	With	
Zone A (weak)	30	40	1.33
Zone B (strong)	40	45	1.13
Total			0.19

חלק III

ביצוע

פרק 5: הנחיות לעריכת הבדיקה

פרק 6: מבנה הדו"ח

פרק 7: הפרמטרים וערכי המחדל

פרק 5: הנחיות לעריכת הבדיקה

תוכן העניינים

דברי הקדמה

- 5.1 הנחיות כלליות
- 5.2 מהלך הבדיקה
- 5.3 המודל התחבורתי
- 5.4 סוגי הפרויקטים
- 5.5 עלויות הפרויקט
- 5.6 תועלות הפרויקט
- 5.7 בדיקת הכדאיות
- 5.8 הפרמטרים בביצוע הבדיקה
- 5.9 מקורות מידע

דברי הקדמה

פרק ההנחיות נכתב על בסיס הניסיון המצטבר מאז פורסם הנוהל הראשון בשנת 1997. הגישה הבסיסית בנוהל בדיקת הפרויקטים הנה הנחיית עורך הבדיקה לבצע את הליכי הבדיקה המקצועית ברמה נאותה ולא פחות מכך, על פי מכנה משותף לכלל הבוזקים. על מנת לצמצם אפשרות שבה תוצאות הבדיקה מושפעות ממתכונת הבדיקה הייחודית של בודק.

עם זאת הנוהל אינו מכון להיות "ספר בישול". מוגדרים בו "גבולות הגזרה" שעל עורך הבדיקה להקפיד עליהם תוך השארת חופש פעולה ליצירתיות. הנוהל נועד להבטיח רמת ביצוע מקצועית ומסגרת של אחידות בבדיקה.

ההנחיות בנוהל מחייבות את עורכי הבדיקה, מבלי לפרט את דרך ביצוע כל שלב בתהליך ההערכה, אך נקבע בהן:

(1) מרכיבי הבדיקה שיש לבצע.

(2) שיטות וערכים תקינים לחישוב מרכיבים עיקריים.

(3) מבנה הדוח לסיכום הבדיקה.

דגש: בפרקי המתודולוגיה והמודלים (פרקים 2, 3, 4), מבנה הדו"ח (פרק 6) והפרמטרים (פרק 7) נרשמו הנחיות פרטניות ליישום. בכל מקרה של סתירה בין הנחיות בפרק זה לבין אלו המפורטות בפרקים הייעודיים לעיל, הנחיות הפרק הייעודי הן הקובעות.

לעורך הבדיקה מידה רבה של שיקול דעת בבחירת תהליך הבדיקה, לרבות:

- קביעת מתודולוגיית הבדיקה, המודל התחבורתי והכלכלי, על פי מאפייני הפרויקט הנבדק.
- הגדרת מרחב הבדיקה ונתוני רקע נדרשים על האזור הנבדק, והמשתנים התחבורתיים.
- מידת הסתייעות בערכי מחדל.
- בחירת האיזון המתאים בין מורכבות בדיקת הכדאיות ועלות ביצועה, על פי מאפייני הפרויקט: גודל ההשקעה, היקף השפעות צפוי, מידת הקפדה בהפעלת המודל התחבורתי, רמת הדיוק של נתוני הרקע והפרמטרים לקבלת תוצאות מהימנות.

דוגמאות לשיקול דעת עורך הבדיקה

- אורך החיים הכלכלי של הפרויקט: ניתן להאריך את אופק הבדיקה של פרויקטים "דלי השקעה" מעבר ל-15 שנים, על מנת לתת ביטוי לקיום תועלות ארוכות טווח; ניתן לקצר את אופק הבדיקה מ-30 שנים לפרויקטים "עתירי השקעות", היה ויש ספק סביר ביחס לתועלות בטווח השנים המאוחרות (בגין שינויים ברשת, מבנה הביקושים ואחר); עבור פרויקטים המוגדרים כ"מגה פרויקטים" ניתן לשיקול את הצורך באורך חיים כלכלי של 40 שנה.

- שנות התכנון לבדיקה: קביעת שנות היעד לבדיקה, על פי מאפייני הפרויקט, תוכניות פיתוח וכיו"ב שהן בעלות השפעה מהותית על תועלות הפרויקט.
 - הוספת תרחישי בדיקה או חלופות: היה ועורך הבדיקה זיהה במהלך העבודה חלופות שלא הוצגו בהזמנת הבדיקה, עליו להציע את הכללתן (כהשלמה או במסגרת הבדיקה הנוכחית) ולציין את כיוון השפעתן על תוצאות הבדיקה.
 - הערות לגבי תכנון הפרויקט: תוכנית הפרויקט שנמסר לבדיקה נתונה לביקורת, החל מתצורת הפרויקט, התאמתו להשגת היעדים/מטרות שהוצגו וכלה בעלות ההשקעה ואחרים, ככל שהתגלו במהלך הבדיקה.
- עם זאת, ככל שעורך הבדיקה משתמש או נעזר בערכים או בשיטות השונים מאלו הנקובים בנוהל (כגון עדכון הגידול בערך הזמן על פי תחזיות התל"ג לנפש), ובמידה ויש להם השפעה משמעותית על תוצאות הבדיקה, עליו לציין זאת בבהירות.

5.1. הנחיות כלליות

- עורך בדיקת הכדאיות נדרש ללמוד ולהתייחס לכל ההנחיות בנוהל, לרבות עדכונים המתקבלים מעת לעת, ולפעול על פיהן.
- עורך הבדיקה נדרש לאסוף נתוני רקע לפרויקט לרבות: מאפייני אוכלוסייה, שימושי קרקע ונתונים חברתיים-כלכליים של אזור הבדיקה; תוכנית אב לתחבורה, תוכניות פיתוח למיניהן כולל של רשת הדרכים באזור, תסקירי בה"ת ואחרים, ספירות תנועה וכו'.
- חובה על עורך הבדיקה, לצורך לימוד והכרת הפרויקט:
 - ◆ לבקר באזור הפרויקט על מנת להבין ולחוש את הצרכים והבעיות במצב הקיים.
 - ◆ לערוך פגישות ולעמוד בקשר עם הגורמים המרכזיים בתכנון או קידום הפרויקט, לרבות:
 - ◇ מתכנן/מנהל הפרויקט וגופי התכנון באזור (כגון: צוות תוכנית אב לתחבורה).
 - ◇ הרשות או הרשויות אשר הפרויקט עובר בתחומן.
 - ◇ המפקח המחוזי על התעבורה.
- שמרנות הבדיקה: חישוב תועלות הפרויקט ייעשה בגישה שמרנית, על מנת שלא לייצר עודף תועלות ללא בסיס מוצק. כך למשל, רצוי לקטום או להקפיא/למזער תועלות שחושבו על בסיס חיוץ תועלת לשנים רחוקות (פרוט בסעיף 5.7.1).
- תיארוך נתוני הבסיס: יש לציין את התאריך שבו התקבלו או חושבו הנתונים הבסיסיים בבדיקה כמו: ערך הזמן, אומדן עלות ההשקעה, ספירות התנועה ואחרים. הכלל המחייב הוא שתאריך זה יהיה סמוך למועד ביצוע הבדיקה.
- יש להציג את מקורות הנתונים לבדיקה. דגש על נתוני המצב הסטטוטורי של הפרויקט, תוכנית הפרויקט, לוח זמנים לביצוע ואומדני עלות ההשקעה.

5.2. מהלך הבדיקה

תהליך הבדיקה המומלץ להלן, מצביע על עקרונות וחישובים הכרחיים בביצוע הבדיקה. השלבים לביצוע העבודה כוללים:

5.2.1. לימוד/הכרת הפרויקט

זהו תנאי מוקדם והכרחי לביצוע הבדיקה ואף להכנת ההצעה למזמין העבודה. סיור באזור הפרויקט הנו חלק מכך, כמו גם פגישה עם מתכנן ו/או מנהל הפרויקט וגורמי התכנון באזור. בשלב זה יש לזהות, להגדיר ולתאר את יעדי הפרויקט - הסיבות והמטרות העיקריות לביצועו. אלו יהוו בסיס בסיכום הבדיקה, להערכת הצלחת הפרויקט.

הבנת הפרויקט כוללת את הכרת המאפיינים ההנדסיים, התכנוניים והתחבורתיים שלו; בעיות תחבורה ותנועה באזור; סטטוס הפרויקט (סטטוטוריקה, לוח זמנים לביצוע) וחסמי ביצוע (זמינות קרקע); עלות ומרכיבי השקעה; חלופות שנבחנו ו/או שהינן על הפרק.

5.2.2. איסוף וריכוז נתוני רקע ותחבורה של אזור הבדיקה

- מאפיינים חברתיים-דמוגרפיים-כלכליים, שימושי קרקע של אזור הבדיקה בהווה, תחזיות לשנות יעד.
- תרחישי תוכניות פיתוח: רשת דרכים-תחבורה, תוכניות פיתוח אחרות, תב"עות.
- תנועה ותחבורה: ספירות ומאפייני תנועה, נתוני תאונות דרכים ואחרים, הנדרשים לתיאור ולהבנת בעיות התחבורה, לכיול מודל ההצבה וכבסיס להערכת תוצאות הבדיקה.

5.2.3. גיבוש מתודולוגית הבדיקה (על בסיס הכרת הפרויקט)

- סיווג הפרויקט - החלטה בדבר המודל התחבורתי המתאים (מערכת, פרטני).
- אזור הבדיקה - קביעת תחום השפעת הפרויקט (מקומי, אזורי, ארצי, "חלון בדיקה").
- הכנת המודל התחבורתי.
- קביעת שנות יעד ותקופות יום לבדיקה.
- זיהוי התועלות הצפויות: תועלות בערכים כספיים ותועלות אחרות.

5.2.4. ביצוע הבדיקה התחבורתית

- ביצוע הצבות התנועה: במודל שנבחר (מערכת, מיקרוסימולציה או במודל הצבה דינמי אחר) לשנת התכנון - לשנת בסיס ולשנות יעד, ולתקופות יום - בוקר, שפל, ערב.
- ניתוח תפקודי של תוצאות ההצבה: ההשפעות ברמת הפרויקט, ברמת תחום ההשפעה

המייד, ברמת כלל הרשת. השפעות הפרויקט הצפויות הן על היקף התנועה בפרויקט עצמו ובקטעי דרך ברשת הכבישים, מהירויות הנסיעה, מסלולי הנסיעה והן מוצאות ביטוי בחישוב התועלות התחבורתיות - שעות רכב/נוסעים, רמת שרות (מהירות), היקף הנסועה.

- ניתוח בטיחותי: השפעת הפרויקט על היקף וחומרת תאונות דרכים.
- סיכום ההשפעות הערכיות: איכות הסביבה, פיתוח אזורי ואחרות.
- סיכום ומסקנות: ניתוח התוצאות התחבורתיות של הפרויקט, מידת השגת מטרות/יעדי הפרויקט שהוצגו לעיל.

5.2.5 הבדיקה הכלכלית

- כינון המודל הכלכלי, לרבות הפרמטרים והנחות הבסיס.
- חישוב התועלות הכלכליות הישירות: שווי הזמן הנחסך לנוסעים ונהגים מקצועיים, חיסכון בעלויות תפעול כלי הרכב, תועלות בטיחותיות (עלות תאונות הדרכים).
- הערכת התועלות האחרות: ערכי סביבה, פיתוח אזורי/כלכלי ואחרות.
- חישוב מדדי כדאיות: כדאיות הפרויקט, עיתוי ההשקעה, מידת סיכון ואי-ודאות.
- בדיקות רגישות.

5.2.6 סיכום והמלצות

- סיכום הבדיקה ותוצאות מפתח.
- המלצות: כדאיות ביצוע, עיתוי הביצוע, תנאים מוקדמים לביצוע.
- הערות: עלות ההשקעה, רמת התכנון, תרחישים שיש צורך לבדוק וכו'.

5.3. המודל התחבורתי

הפעולות הנדרשות לבחירת והפעלת המודל התחבורתי. עיקר הדגשים הם למודל מערכתי ולפרויקטים "עתירי הון".

- בחירת המודל - התאמת המודל התחבורתי לפרויקט הנבדק: תחום השפעת הפרויקט (אזורי, ארצי, תחומי "מודל חלון" לבדיקה), הרזולוציה הנדרשת של אזורי התנועה, מורכבות המודל הנדרש (תת מודל הפיצול).
- בקרת המודל: בסיסי נתונים ורשת, פונקציות עכבה, תתי מודלים - פיצול נסיעות, שינויים ועדכון במידת הצורך.
- הכנת רשת התחבורה לבדיקה: קידוד רשת התחבורה (עם/בלי פרויקט) בהווה והתוספות לשנות היעד. על עורך הבדיקה לאשר את רשתות הרקע לשנות היעד עם משרד התחבורה.
- עיבוד מטריצת הביקושים בהווה והתחזיות: יצירת משיכת נסיעות, מטריצות מוצא-יעד לשנת הבסיס ולשנות יעד.
- כינון המודל: כיוול, תיקוף, תיקונים והתאמת הפרמטרים של המודל לבדיקת הפרויקט. יש לבסס את כיוול המודל על נתוני תנועה (ספירות, מהירויות בקטעי רשת) עדכניים.
- הצבות התנועה: קביעת מספר סף של האיטרציות הנדרש להתכנסות (פרק 2.1.3). את הצבות התנועה רצוי לבצע עבור ממוצע תקופת יום, ולא לשעות שיא.
- טיפול בגודש: הצורך קיים בעיקר בפרויקטים מערכתיים בהם הצבות התנועה נעשות במודל ביקושים סטטי. הנחיות בפרק 2.1.5.

5.4. סוגי הפרויקטים (פרק 2.2)

- ככלל, הנחיות הבדיקה חלות על כלל הפרויקטים. אבחנות ברורות קיימות בין סוגי הפרויקטים הבאים, כאשר עיקר ההבדל הנו במתודולוגיית הבדיקה והמודל התחבורתי:
- פרויקטים "עתירי השקעה" או "דלי השקעה": האבחנה הנה על בסיס גודל ההשקעה, אך פרויקטים "דלי השקעה" אינם בהכרח פשוטים לבדיקה כפי "שעתירי ההשקעה" אינם תמיד המורכבים יותר. עם זאת, במרבית המקרים פרויקטים "עתירי השקעה" הם מערכתיים ובעלי השפעה נרחבת על הרשת התחבורתית וגם על פיצול הנסיעות, המעבר בין אמצעי נסיעה. מסיבה זו נדרשים יתר זהירות והקפדה על טיב נתוני הבסיס והמודל התחבורתי, כמו גם הכרת הפרויקט למאפייניו, חלופות, תרחישים, בדיקות רגישות וכו'.
 - "מגה פרויקטים" - פרויקטים בהם ההשקעה (בערכים כלכליים) היא בגודל של מיליארד ₪ ומעלה: בפרויקטים אלה מודל הבדיקה המתאים הנו מודל מערכתי רב אמצעים (הכולל תת מודל "פיצול הנסיעות"); רצוי כי המקדמים והפרמטרים יהיו המתאימים לפרויקט ולא ערכי מחדל; ההצבות ייעשו למספר תקופות יום. מלבד ההקפדה הנדרשת יש להוסיף בדיקות ניתוח סיכונים (פרק 2.5.5).
 - פרויקטים של רמת שרות או מקצרי מרחק: בעוד שתועלות הקשורות בזמן מושפעות מהקשר שבין היקף התנועה לקיבולת, התועלות מפרויקטים מקצרי מרחק מתקיימות בכל שעות היממה והשבוע ויש צורך לערוך את הבדיקה עבור מספר רב יותר של תקופות יום ותוספת ימי תועלת בשנה.
 - פרויקטים "בדידים" או "מערכתיים":
 - ◆ פרויקטים בדידים: רצוי וניתן לחשב תועלות אלה בנפרד לכל תקופת יום על פי הנסועה הנחסכת ולכל תקופות השנה.
 - ◆ פרויקטים מערכתיים: בשל ההשפעות המערכתיות, נדרשות הצבות תנועה מרובות, מה שמהווה מגבלה מעשית בהרחבת חישוב ימי תועלות אלה.
 - פרויקטי תשתית לתחבורה ציבורית: מתן עדיפות לתחבורה ציבורית (נת"צים וכד'), תחנות, מסופים ומסילות (פרק 2.3).
 - תוכנית השקעות - "סלי פרויקטים": הנחיות בסעיף 2.2.4.

5.5. עלויות הפרויקט

5.5.1. עלות ההשקעה (פרק 3.2)

בהצגת עלות הקמת הפרויקט, יש להקיף על הבאות:

- הבדיקה הכלכלית נערכת במחירים למשק. עורך הבדיקה נדרש להציג את עלויות הפרויקט, במחירים למשק (כלכליים). המעבר ממחיר פיננסי למחיר למשק הנו חלוקה במקדם 1.22 (המחיר הפיננסי גבוה ב-22% מזה הכלכלי).
- יש לציין את השלב התכנוני של הפרויקט עליו מבוססות העלויות, את מועד עריכת האומדן ואת מבצע האומדן (מקור הנתונים).
- פרישת ההשקעה: יש לקבל את לוח הזמנים המתוכנן לביצוע העבודות ופרישת עלות ההשקעה, בהתאם.
- שלביות ביצוע - בפרויקטים המתוכננים לביצוע בשלבים נפרדים, יש להציג את עלויות ההקמה לכל שלב בנפרד במועד המתוכנן.
- עלות זכויות דרך: עלויות הכרוכות במימוש זמינות הקרקע הנדרשת לפרויקט. אלו הן ההוצאות בגין פינוי מבנים, תושבים "ומטרדים" אחרים ורכישת הקרקע, ואינן כוללות עלויות בגין סעיף 197 לחוק התכנון והבנייה⁶³.
- ◆ עלות הקרקע - במקרים בהם לא ניתן לאמוד את שווי הקרקע יש להציג את היקף צריכת הקרקע ועלויות הקרקע בערכים כלכליים למשק.
- ◆ מרכיב הפיננסי - יש לנתח ולציין במפורש את מרכיב הפיננסי בפרויקט. היה ואין נתונים מפורשים על עלות הפיננסי, יציין זאת עורך הבדיקה ויעריך את היקף הפיננסי הצפוי.
- מרכיבי עלות בהשקעה שאין להם תועלת תחבורתית כגון: גינון, פיתוח סביבתי, העתקת תשתיות ניקוז ואחרות, ואשר ניתן לבצע את הפרויקט בלעדיהם, לא יכללו בעלות הקמת הפרויקט. היה והן חלק הכרחי בביצוע עבודות הפרויקט, יש לפרט בנפרד מרכיבים אלה בעלות, ולהביא לשיקול דעת מזמין הבדיקה כיצד לנהוג בהם.
- עלות הקדמת השקעה - עלויות שמקורן בהכנות לקראת השקעות עתידיות (כגון: חפירות ניסוי, עלויות קידום תב"ע), ואשר לא ניתן להגדירן "כעלויות שקועות", יכללו כעלויות בהקדמת השקעה, על פי מועד הוצאתן.

⁶³ סעיף 197 לחוק התכנון והבניה קובע את חובת ועדה מקומית לתכנון ולבנייה לפצות בעלי מקרקעין הנמצאים בתחום תוכנית העוברת שינוי או גובלים עמה, בגלל השינוי בתוכנית עלויות הפיצויים שנקבעו בגין סעיף זה לא יכללו בבדיקת כדאיות בצד עלויות הפרויקט, באשר טרם נמצאה דרך להערכת העלייה בערכי הנכסים המושפעים מביצוע הפרויקט (איזון התועלת).

- ערך הגרט: ערכו המלא של הגרט יחושב בפרויקטים "דלי השקעה" בלבד, בהם אורך החיים הכלכלי הנו 15 שנים. בפרויקטים "עתירי הון" בהם אורך החיים הכלכלי הנו 30 שנים ומעלה, ערך הגרט יחושב על פי עלות הפינויים ורכישת זכות הדרך בלבד (פרק 7.2.1).
- שעור הבנ"מ/בצ"מ: היה ואלו לא התקבלו מאת מתכנן הפרויקט ו/או שונים משמעותית מאלו הנקובים בערכי המחדל, יחושב האחוז על פי העקרונות המצוינים בערכי המחדל (פרק 7.2.10).

5.5.2. עלויות הפרעה לתנועה (פרק 3.3)

עלויות אלו יחושבו לפרויקטים עתירי הון מערכתיים, שביצועם המתוכנן יארך מספר שנים ואשר עשויים לשבש בבירור את זרימת התנועה התקינה באזור הפרויקט. מתודולוגית החישוב בפרק המצוין לעיל.

5.5.3. עלויות אחזקה שוטפות (פרק 3.4)

חישוב עלויות האחזקה ייעשה על פי ההנחיות והמתודולוגיה המתוארת בפרק המצוין לעיל.

5.6. תועלות הפרויקט

כללי: תועלות הפרויקט יחושבו לשנות התכנון/יעד של הפרויקט בלבד. אומדן התועלות לשנים שבין שנות התכנון/יעד ייעשה באינטרפולציה בין שנים אלו. אקסטרפולציה תיזרש לשנים שלאחר שנת היעד המאוחרת, שלגביה נערכה תחזית הנסיעות, ועד לשנה הכלכלית האחרונה של הפרויקט (15, 30 או 40 שנים). מקדם זה ראוי שיהיה שמרני ביותר, שיהיה נמוך משמעותית ממקדם האינטרפולציה שחושב לעיל, עד להקפאת הגידול בתועלות, למעט תוספת הערך הריאלי לזמן הנחסך (1.5% לשנה).

הערך הכלכלי של הזמן הנחסך

חישוב הערך הכלכלי של הזמן הנחסך למשתמשים, יעשה על בסיס ערך הזמן המעודכן הקרוב למועד עריכת הבדיקה. יש לציין תאריך מועד זה. הנחיות לחישוב ערך הזמן מפורטות בפרק 4.1.5.

הגורם המשפיע על ערך הזמן הנחסך הנו מטרת הנסיעה:

- "עניני עבודה" - שווי ערך הזמן הנחסך הנו 100%.
- "אחר" - שווי ערך הזמן הנחסך הנו 30%.

התפלגות מטרת הנסיעה משתנות בין תקופת היום וטווח הנסיעות. ערכי מחדל מפורטים בפרק 7.2.3.

5.6.2 חיסכון בעלויות תפעול כלי הרכב

החיסכון בעלויות תפעול כלי הרכב מורכב מ:

- התייעלות בתפקוד רשת התחבורה - שינוי בנסועה (מרחק - מסלולי נסיעה).
- חיסכון תפעולי בשל שינוי במהירות הנסיעה.

התייעלות, השינוי בנסועה, מחושבת לפי השינוי במסלולי הנסיעה ברשת הבדיקה ועל פי תוצאות הצבות התנועה.

החיסכון התפעולי מחושב לכל קטע וקטע ברשת בנפרד, ומסוכם לכלל הרשת.

חיסכון התפעולי מחושב על פי נוסחאות חישוב לסוגי הרכב הבאים: רכב פרטי, רכב עבודה, משאיות עד 12 טון, משאיות +12 טון, אוטובוס עירוני, אוטובוס בינעירוני.

בנוהל 2021 נוסחאות החישוב אינן קבועות אלא משתנות בשנות היעד. הנחיות ונוסחאות, לחישוב עלויות תפעול כלי רכב מפורטות בפרק 4.2.6 (לוח 4.6).

הערות

1. ניתן לאחד את סוגי רכב המשא היה ואחוז אחד מהם בהרכב התנועה נמוך מ-2% או בהעדר נתונים מתאימים. דברים דומים אמורים לגבי אוטובוס עירוני או בינעירוני.
2. ככלל אוטובוס להסעת נוסעים/תיירים, טיולים, עבודה, יחשב כאוטובוס בינעירוני.

5.6.3. בטיחות (פרק 4.3)

ניתוח השפעות הפרויקט על בטיחות הנסיעה, על היקף וחומרת התאונות, והחישוב הכלכלי הנובע מכך, ייעשו על פי המתודולוגיה וההנחיות המתוארת בפרק הבטיחות.

יש לכלול בדו"ח הבדיקה:

- היסטורית התאונות באזור הפרויקט: מספר וסוג התאונות, נפגעים לפי מידת החומרה בעשר השנים האחרונות והעלות הכלכלית של התאונות.
 - השפעות צפויות של הפרויקט על רמת הבטיחות: הערכת השינויים הצפויים בהיקף וחומרת התאונות והנפגעים. בהעדר יכולת לאמוד כמותית את השפעת הפרויקט, ניתן לעשות זאת במונחים נורמטיביים.
- תחום הבדיקה בפרויקטים חדשים יהיה אזור ההשפעה הצמוד לפרויקט. בפרויקט בדיד הדגש יינתן לתחום הפרויקט.

5.6.4 איכות הסביבה

המשתנים הסביבתיים שיחושבו בערכים כספיים בתועלות הכלכליות (החיוביות או השליליות) של הפרויקט הם רעש וזיהום אוויר בלבד. השפעות הפרויקט על משתני סביבה אחרים כגון: הפגיעה בשטחים פתוחים, פגיעה נופית וכו', יוצגו בסקירה באופן כמותי (אם מתאפשר) או באופן איכותי/נורמטיבי.

עורך הבדיקה הכלכלית יתייחס להשפעות הפרויקט על המשתנים הסביבתיים בשתי רמות:

- סקירת הטיפול בשלב תכנון הפרויקט למניעת מפגעים סביבתיים.
 - חישוב ו/או הערכה נורמטיבית של התועלות או המפגעים ושילובם בתהליך הערכת הפרויקט.
- תוצאות וניתוח ההשפעות הפרויקט על מרכיבי הסביבה, ייעשו על פי ההנחיות והמתודולוגיה המתוארת בפרק 4.4.

5.6.5. פיתוח אזורי כלכלי - אגלומרציה

הערכת התועלת תעשה עבור פרויקטים של תחבורה ציבורית בהיקף של 1 מיליארד ₪ ומעלה,

המיועדים לשרת אזורי מע"ר גדולים (30 אלף מועסקים ומעלה). פירוט קריטריוני הסף ושיטת החישוב מפורטים בפרק 4.5.

5.6.6. חיסכון בחניה

הערכת התועלת הכלכלית של החיסכון בחניה, תעשה עבור פרויקטים מערכתיים בתחבורה ציבורית, אשר עשויים להשפיע על מספר מקומות החניה במרכזי ערים גדולות בלבד. פירוט ושיטת החישוב בפרק 4.6.

5.6.7. ערך האופציה

ערך האופציה יחושב לפרויקטים של תחבורה ציבורית רבת קיבולת (רכבת כבדה או מתע"ן) המשנים באופן מהותי את רמת השירות. פירוט ושיטת החישוב בפרק 4.7.

5.6.8. שוויוניות וצדק חברתי

תוצאות וניתוח השפעות הפרויקט על שוויוניות וצדק חברתי, ייעשו ל"פרויקטים המשנים באופן מהותי את רמת השרות" בתחום השפעת הפרויקט המיידית. פירוט בפרק 4.8.

5.7. בדיקת הכדאיות

בדיקת הכדאיות הכלכלית נערכת בשיטת CBA (תועלת/עלות). למרכיבי תועלות שלא ניתן להעריך במונחים כספיים (כגון: פיתוח אזורי) תיערך סקירה ערכית, שבה יפורטו תועלות או מפגעים, בליווי ערכים כמותיים ככל הניתן.

שער היוון הבדיקה⁶⁴: בדיקת הפרויקטים תעשה לפי שער היוון של 7%. בדיקת רגישות לכל הפרויקטים תעשה גם בשער היוון של 4%. (בדיקת הרגישות תאפשר להעריך את רגישות התוצאות לסביבת הריבית הנוכחית, ועבור פרויקטים עתירי הון שתרומתם למשק היא ארוכת טווח. מבין אלו פרויקטים מערכתיים של תחבורה ציבורית, לרבות מסילות, ומערכות להסעת המונים).

ביצוע הבדיקה הכלכלית וחישובי המדדים יעשו בשילוב עם המפורט בפרק 2.4.

5.7.1. הכנת זרם התועלות השנתי

א. זרם תועלות הפרויקט נטו: הבסיס לחישוב כדאיות הפרויקט הנו זרם העלויות והתועלות לכל אחת משנות חיי הפרויקט הכלכליים. **זרם התועלות נטו** מחושב כהפרש בין סך מרכיבי התועלות השוטפות לסך מרכיבי העלויות השוטפות של אותה שנה. בתקופת הקמת הפרויקט, הזרם הכספי השנתי הנו של עלות ההשקעה ולעיתים גם של עלויות ההפרעה לתנועה. ביתר התקופות אלו הן עלויות האחזקה השוטפות והתועלות לפי מרכיביהן. בפרויקטים דלי השקעה מתוסף לצד התועלות ערך הגרט, שהוא מעין החזר שווי ההשקעה הכלכלי.

ב. היוון זרם התועלות נטו: היוון מרכיב העלות והתועלת של זרם התועלות נטו, יחושב משיקולי נוחות ושמרנות, כאילו הוצאו או נתקבלו בסוף שנה, אלא אם כן ניתן להניח כי היוון לתחילת או אמצע שנה מתאימים יותר. על פי מידע מדויק ניתן גם להתאים את מועד היוון עלות ההשקעה והאחזקה, בשונה מזה של זרם התועלות השנתי, נטו.

5.7.2. חישוב מדדי הכדאיות הכלכלית (2.4.1)

המדדים שיחושבו, לצורך הצגת כדאיות הפרויקט, יהיו אלו הבאים:

- מדד כדאיות הפרויקט: ע.ג.ג. (NPV), שת"פ (IRR), יחס תועלת עלות (Benefit-Cost Ratio).
- מדד עיתוי: שנת כדאיות ראשונה או מדד שעור החזר שנה ראשונה. מבין השניים העדיפות היא למדד שנת הכדאיות הראשונה.
- מדד סיכון/ אי ודאות: מס' שנות החזר.

64 פרוט בעבודות מחקר "שער ריבית להיוון" אידע - ניהול וייעוץ כלכלי בע"מ, ינואר 2018

5.7.3. בדיקות רגישות, ניתוח סיכונים, אי ודאות וסבירות התוצאות

בתהליך הבדיקה הכלכלית מעורבים מרכיבים השונים באיכותם, ברמת הדיוק, ההיתכנות והתממשות שלהם, אשר יכולים להשפיע משמעותית על תוצאות הבדיקה. כאלה הם מודלים תחבורתיים מורכבים, תחזיות ונתונים ופרמטרים רבים אחרים, המשמשים כתשומות למרכיבי הבדיקה. מהות פרק זה הנה לתחום את גבולות תוצאות הבדיקה. יש להציג את כדאיות הפרויקט התחבורתי תוך פירוט מרכיבי הסיכון ואי והודאות, ולהעריך את מידת השפעתם על תוצאות הבדיקה.

עורך הבדיקה נדרש:

- לבצע את ניתוחי הרגישות על פי ערכי המחדל המוצגים להלן.
 - לערוך ניתוחי רגישות על בסיס תרחישים וגורמי אי ודאות אחרים, שעלו במסגרת הבדיקה, כגון: שמושי קרקע, אוכלוסייה, תחזיות ביקוש לנסיעות וכו'.
- מעבר לאמור לעיל, מומלץ כי עורך הבדיקה יבצע, על פי שיקול דעתו, בדיקות רגישות נוספות על פי מאפייני הפרויקט, נתוני הבסיס ותוצאות הבדיקה.

5.7.4. בדיקת רגישות - ערכי מחדל (חובה ורשות)

בדיקות הרגישות הנדרשות הן שינוי בשער ההיוון וגידול בהיקף ההשקעה, לאלו ניתן להוסיף שינוי בגודל התועלות ושילוב בין הפרמטרים הנ"ל

לוח 5.1: פרמטרים לבדיקת רגישות

מקל	מחמיר	פרמטר
ערכי מחדל (חובה)		
4%		שער ריבית
גידול של 25%	גידול של 50%	שיעור גידול בהשקעות
"בדיקות רשות"		
קיטון של 10%	קיטון של 25%	תועלות*
גידול של 25% בהשקעה וקיטון בתועלות ב-10%		משולב: גידול בהשקעה ושינוי בתועלות

* בדיקות "הרשות" יהיו אלה שיידרשו ע"י מזמין העבודה או שלדעת מבצע הבדיקה חשוב לבצען.

5.7.5. ניתוח סיכונים ואי ודאות

הערה: "ניתוח סיכונים וסבירות התוצאות" הינו רשות, על פי החלטת המזמין ובהתאם לאופי הפרויקט.

פרק זה נגזר מתוך ניתוח סיכוני הפרויקט בפרק 2.5, שבו מפורטת גישה כוללת להערכת

סיכון ואי ודאות בתהליך בדיקת הכדאיות של פרויקטים תחבורתיים. את המרכיבים המחייבים שינויים בבחינת הכדאיות.

ניתוח הסיכונים עשוי לחייב עריכת אומדנים חדשים או חליפיים של ביקושים, להערכות שונות של גודל ההשקעה והיקף התועלות, למיקום שונה של הפרויקט על ציר הזמן ולשינוי שער הריבית ברגישות. בשל כך אין חובה לערוך ניתוחים אלה על פי דרישה של מזמין העבודה. ככלל, ניתוח סיכונים מתאים יותר בבדיקת פרויקטים גדולים - "מגה פרויקטים", שהיקף ההשקעה בהם הנו מעל 1 מיליארד ₪. ניתוח סיכונים חלקי יכול להיעשות בפרויקטים קטנים בהתאם למרכיבי הסיכון ובתאום עם מזמין העבודה.

הנחיות כלליות לעורך הבדיקה ניתנות בסעיף 2.5.5. בחלק זה יש להציג:

- הגדרת משתנים עיקריים: זיהוי גורמי סיכון קריטיים שיש לטפל בהם בתהליך ניהול הסיכונים.
- זיהוי סיכונים: בשלב זה יבדוק המעריך את כל אחד ממרכיבי הפרויקט ביחס לסיכון הפוטנציאלי שבו. כאמור, זיהוי זה נעשה במטרה לאבחן את גורמי הסיכון המרכזיים של הפרויקט ומכאן את רמת הסיכון של הפרויקט כולו. המעריך יגדיר רשימה של גורמי סיכון ובאמצעותם יסכם את סעיפי הסיכון העיקריים.
- ◆ סיכוני חריגה מעלויות (השקעות הון, שינויים בתכנון הפרויקט, הקטנת נזקים סביבתיים, הון נייח, הון נייז, תחזוקה ותפעול, לוחות זמנים, אזורים רגישים וכיו"ב).
- ◆ סיכוני הערכת יתר של תועלות (ביקושים, נסיעות-נוסע, כלי רכב בשעת שיא, זמן נחסך, מחירי דלק עתידיים).
- ◆ סיכונים כלכליים ופיננסיים (המצב הכלכלי של המשק, שערי ריבית, הכנסות, סגירה פיננסית, פרויקטים גדולים ומסובכים).
- ◆ סיכוני מדיניות (זכויות דרך, השלמת פרויקטים אחרים, מדיניות מיסוי).
- אמידת סיכונים: לכל אחד מסעיפי הסיכון הנ"ל יציין המעריך את מידת הסיכון במונחי הסתברות, במידת האפשר. דבר זה יעשה בעזרת השיטות שפורטו בפרק 2.5. עורך הבדיקה יציג מטריצת סיכונים שבה יופיעו סעיפי הסיכון ורמת הסיכון שנאמדה לפי אחת מהשיטות שהוצגו לעיל לקבלת אומדני מידת הסיכון.
- ככל שיתאפשר יאמוד בודק הפרויקט את מידת הסיכון של כל אחד מתתי הסעיפים של גורמי הסיכון הנ"ל (למשל, ההסתברות לחריגה מלוחות זמנים בסעיף סיכוני עלויות). לצורך הערכת כדאיותו הכוללת של הפרויקט יש צורך לסכם תתי סעיפים אלו לסעיפי סיכון מרכזיים.
- הערכת הפרויקט בתנאי סיכון: בשלב זה ישתמש המעריך בנתוני מטריצת סיכוני הפרויקט כקלט לתהליך הערכת הפרויקט. דבר זה יעשה באמצעות אחת מהשיטות לעיל, למשל שיטת חישובי ערך נוכחי. במידה ואין נתוני הסתברות ניתן להשתמש באחת מהשיטות האחרות המפורטות בפרק 2.5 לעיל. המטרה העיקרית של שלב זה היא מתן הערכה, נכונה ככל האפשר, של כדאיותו הכוללת של הפרויקט אשר לוקחת בחשבון את רמת הסיכון שלו.

לוח 5.2: טבלת בסיס לניתוח סיכונים ואי ודאות

מרכיב הפרויקט:

השפעה על	יחידה	כמות	סבירות	הערות
עלות	%			
ביקוש	%			
תועלת	%			
זמן	שנים			
ריבית	%			

בטבלה זו תהיה התייחסות לכל אחד ממרכיבי הפרויקט שהבודק מעריך שיש בהם סיכון גבוה או השפעה חזקה של סיכון. כנושאים אפשריים הגורמים לסיכון (שינותחו כל אחד בנפרד בטבלה) נפרט את הבאים:

- **כספי ישיר:** עלות הקמה, בעיות תקציב, הסדרי מימון וערבויות, אומדני תועלות ועלויות שוטפות.
- **ביקוש:** תרחישי שימושי קרקע, מודלים, מאפייני תעסוקה והכנסה, זמינות רכב.
- **משך זמן:** בעיות זמינות והתנגדויות, הקצאת תקציבים, קשיי ביצוע, פרויקטים מסובכים.
- **אחר:** צורך בשינוי פרויקט, הגדלת סיכונים כלליים.

לאחר ניתוח כל מרכיב וכימות השפעתו האפשרית, תיבנה טבלה המרכזת את ההשלכות של בחינת הסיכונים במתכונת כדלהלן:

לוח 5.3: ריכוז ניתוח סיכונים ורגישות (דוגמה)

מקור הסיכון	משפיע על	עלות הקמה	ביקוש לנסיעות	אומדן התועלת	משך ההקמה	אורך חיי פרויקט	שער הריבית
							יחידת מידה
תכנון הפרויקט							
הערכה וחיזוי של ביקוש							
קשיי ביצוע							
בעיות זמינות							
רשת הרקע לפרויקט							
בעיות תהליך סטטוטורי							
בעיות מימון							
הגעה לגודש							
תלות בפרויקטים אחרים							
אי ודאות של פיתוח אזורי							
סה"כ לבחינת רגישות							
ערכי מחדל		20-50%		10-20%		15-30	7%

בלוח לעיל ימולאו, במידת הצורך, הערכות הסיכון של הבודק למרכיבים שלדעתו קיים בהם סיכון. הטבלה מלאה בחלקה, כך שאם יש מרכיבים נוספים, ייחודיים לפרוייקט, יוספו אלה ע"י הבודק. לכל מרכיב תיקבע השפעתו במונחים של כסף, זמן ושער ריבית בהתאם למוצע בטבלה. בתחתית הטבלה מובאים ערכי מחדל מומלצים.

תחת הכותרת "ערך לבדיקת רגישות" יופיע השיעור המומלץ על ידי עורך התוכנית לצורך בחינת הרגישות.

ערכים אלו יהיו בסיס לבחינות הרגישות בפרוייקטים בהם קיים ניתוח סיכון ייחודי.

תזרים התועלות והעלויות יתואר בלוח סיכום - תזרים תועלות ועלויות הפרוייקט.

5.7.6. בדיקות סבירות התוצאות

תוצאות בדיקת הכדאיות מבוססות לרוב על מודלים תחבורתיים מורכבים, תחזיות, נתונים ופרמטרים רבים. הבדיקה בפרק זה נועדה לבחון בצורה פשוטה ועניינית את תוצאות הבדיקה הראשית, תוך שימוש במספר "כללי אצבע" פשוטים שעשויים לזהות שגיאות או הערכות יתר בתחזיות הביקושים, הצבות התנועה, בחישוב התועלות ואף מדדי הכדאיות.

כאמור לעיל אין חובה לערוך ולהציג בדיקות סבירות לתוצאות הבדיקה, אלא על פי דרישת המזמין. יתרה מכך, אין בנוהל הנוכחי שיטה ייחודית לכך ועורך הבדיקה יוכל לאמץ שיטות כפי שהוא רואה לנכון.

הנחיות כלליות שעורך הבדיקה יוכל לאמץ לצורך בדיקת הסבירות:

- סבירות הנחות רקע: בקרת תחזיות האוכלוסייה, תעסוקה ושימושי קרקע.
- סבירות התוצאות: גידול בהיקף נסיעות, שינויים במאפייני הנסיעות, מספר נסיעות לנפש, פיצול נסיעות.

הנחיות מפורטות לביצוע הן בפרק 2.6.

5.8. הפרמטרים בביצוע הבדיקה

הגישה הבסיסית בנוהל היא להתאים את ערכי הפרמטרים למאפייני הפרויקט הנבדק. השימוש בערכי המחדל ייעשה כאשר אין לעורך הבדיקה נתונים, מידע או יכולת לחשב כנדרש פרמטרים אלה.

5.8.1. תקופות יום ומקדמי מעבר

הכלל המנחה הוא שככל שמספר תקופות היום הנבדקות רב יותר, מקדמי המעבר ליום נמוכים יותר ומידת הדיוק בחישוב התועלות תהיה משופרת.

ככלל, יש לבצע את הצבות התנועה לממוצע תקופת יום, ולא לשעות שיא (לדוגמה: ממוצע תקופת 07:00-09:00 ולא שעת השיא של תקופה זו).

תקופות היום המומלצות מוצגות בפרק פרמטרים (7.2.6).

- פרויקטים בדידים: תקופות היום ייקבעו על פי ספירות תנועה בשילוב עם מדדי עומס ו/או מהירויות נסיעה. ככל שהשונות בתנועה (היקפים, רמת שירות) בין תקופות היום גדולה יותר, נדרשות יותר תקופות יום לבדיקה.

- פרויקטים מערכתיים: במרבית המקרים הצבות התנועה נערכות לשתי תקופות יום - בוקר וערב. בשעות שפל צהריים נוצרות תועלות כלכליות גבוהות יחסית בעיקר בשל ערך הזמן הגבוה (נסיעות בענייני עבודה) ורצוי, ככל הניתן, להוסיף בדיקה לתקופת יום זו.

מקדמי מעבר תקופת יום. הנחיות וערכי מחדל מוצגים בפרק הפרמטרים (7.2.6). בשל השפעת המקדמים הגדולה בחישוב התועלות יש להתחשב במאפייני הפרויקט הנבדק בכל הקשור להתפלגות נפחי התנועה ובעיות התחבורה בתקופות היום. כמו גם לנקוט בגישה שמרנית ככל הניתן. במרבית המקרים תקופת הבוקר (07:00-09:00) היא הגדולה בחישוב התועלות ולאחריה תקופת הערב (15:00-18:00). תקופות השפל - צהרים ולילה, הן הנמוכות בתועלות. חריגה במבנה זה, עשויה לחייב התאמה של מקדמי המעבר.

5.8.2. מטרות הנסיעה

בפרויקטים עתירי השקעות יש להעדיף שימוש בהתפלגות מטרות הנסיעה שבתחום השפעת הפרויקט על פני ערכי מחדל כלליים (7.2.3).

תחום הנסיעה: יש להבחין בין נסיעות בתחום העירוני (להלן עד 50 ק"מ) לנסיעות בין עירוניות (מעל 50 ק"מ), לנסיעות במרחב אזורי הנמצא בין שני תחומים אלו ניתן להיעזר בטבלת כל הנסיעות.

5.8.3. סוג כלי הרכב

סוג כלי הרכב משפיע ישירות על חישוב עלויות תפעול כלי הרכב ובעקיפין על החיסכון בזמן נוסעים ונהגים מקצועיים. זאת כתוצאה מהקשר שבין סוג הרכב, מספר הנוסעים (מקדם המילוי) ומטרות הנסיעה.

יש לפיכך הבדל בהתפלגות סוג כלי רכב בחישוב עלויות תפעול לבין זו הקשורה לחישוב ערך הזמן של נוסעים ונהגים מקצועיים. פרוט סוג כלי הרכב ודרך חישוב עלויות תפעול מפורטים בפרק 4.2.

א. עלויות תפעול - סוגי כלי הרכב הן:

- רכב פרטי - כולל מוניות ספיישל ורכב מסחרי בשימוש פרטי.
- רכב עבודה - כולל כלי רכב להסעת נוסעים לרבות מוניות שרות.
- משאיות עד 12 טון.
- משאיות +12 טון.
- אוטובוס עירוני.
- אוטובוס בינעירוני.

ב. חיסכון בזמן - סוג כלי הרכב:

- רכב פרטי: רכב פרטי + רכב "מסחרי" בשימוש פרטי.
 - רכב עבודה: רכב "מסחרי" בשימוש עסקי.
 - מוניות מיוחדות (ספיישל).
 - רכב להסעת נוסעים (רל"ן): מוניות בקווי שרות + טרנזיטים ודומיהם המשמשים להסעת נוסעים.
 - אוטובוסים: מכל סוג לרבות אוטובוסים זעירים.
 - משאיות: מעל 4 טון.
- ג. מטרות הנסיעה - סוג כלי הרכב
- רכב פרטי: התפלגות המטרות של נהג ונוסעי הרכב הפרטי הן "ענייני עבודה" ו"מטרות אחרות". התפלגות זו שונה בין תקופות היום.
 - רכב עבודה: מטרת הנסיעה הן לנהג והן לנוסעיו הנה "ענייני עבודה".
 - מוניות מיוחדות: מטרת הנסיעה של נהג המונית הנה "ענייני עבודה", ושל הנוסעים היא כשל נוסעי הרכב הפרטי - "ענייני עבודה" ו"מטרות אחרות", המשתנות בין תקופות היום.

- רכב להסעת נוסעים (רל"ן): ההתפלגות דומה לזו של המוניות לעיל. הנהג "ענייני עבודה" והנוסעים "ענייני עבודה" ו"מטרות אחרות".
- אוטובוסים: ההתפלגות כשל המוניות והרל"ן.
- משאית: מטרת הנסיעה לנהג ונוסעיו הנה כשל רכב עבודה, "ענייני עבודה".

הערות

- קיימת שונות גדולה בהתפלגות כלי הרכב בין נסיעות בכבישים עירוניים לבינעירוניים, באזורי מגורים לבין אזורי מסחר, תעסוקה, בין תקופות יום ועוד. לפיכך, הכלל הבסיסי הוא שיש להיעזר ככל הניתן בספירות תנועה עדכניות אשר מתאימות למאפייני הפרויקט.
- בפרויקטים בהם נבחנות השפעות במרחב נתון ומוגדר (קטע כביש, עיר וכו'), יש לחשב את התפלגות סוג כלי הרכב ע"פ ספירות תנועה בתחנות מתאימות, שיערכו בסמיכות למועד הבדיקה.
- לפרויקטים מערכתיים יש לחשב את ההתפלגות לפי ספירות תנועה במספר קטעי דרך/צמתים, שהם בתחום השפעת הפרויקט המייד, ו/או להיעזר בנתוני צוות תחבורה מקומי.
- רכב פרטי יכלול גם רכב מסחרי בשימוש פרטי. כל עוד לא נערכה ספירה מתאימה או בדיקה מדויקת, שני שלישי מכמות ה"רכב המסחרי" תשוך לקבוצת ה"פרטי" ושליש ל"רכב עבודה".
- ערכי מחדל להתפלגות כלי הרכב מפורטים בפרק 7.2.4. ערכי המחדל הם על בסיס ממוצעים ועשויים להיות שונים משמעותית בין פרויקטים, בוודאי בפרויקטים בעלי אפיון מיוחד כגון: כבישי אגרה, אל/מ מרכזי תעסוקה ועוד.

5.8.4. מקדם מילוי

מקדם המילוי הנו מספר הנוסעים ברכב לרבות הנהג.

ככלל, מקדמי המילוי בכלי הרכב שונים בין נסיעות עירוניות ובינעירוניות, בין תקופות היום וכן בין אזורי מגורים לאזורי תעסוקה, מסחר ושירותים. יש להתחשב בהבדלים אלו בעת שימוש בערכי המחדל של מקדמי המילוי.

בפרויקטים מערכתיים גדולים יש להשתמש במקדמי המילוי הממוצעים המותקנים במודל התחבורתי של צוות התחבורה המקומי. ערכי המחדל מוצגים בפרק 7.2.5.

5.9. מקורות מידע

- רשת דרכים לשנות יעד: המקורות להוספת פרויקטים ברשת העתידית הם נתיבי ישראל (פרויקטים אזוריים וארציים) ומשרד התחבורה.
- מודלים: מודל ארצי, מודל תל אביב, מודל ירושלים, מודל חיפה והצפון וכד'.
- נתוני תכנון: תוכניות אב לתחבורה ירושלים, חיפה, נתיבי איילון.
- מהירויות: הגוף המחזיק ברישיון לניטור מהירויות מטעם משרד התחבורה.
- תאונות דרכים: הרשות לבטיחות בדרכים ו/או הלמ"ס, משטרה.
- נוסחאות עלויות תפעול כלי רכב: משרד התחבורה - עדכונים שוטפים.



פרק 6: מבנה הדו"ח

תוכן עניינים

דברי הקדמה

חלק א: תקציר הבדיקה -
ממצאים עיקריים והמלצות

חלק ב: דו"ח הבדיקה המלא

6.1 הפרויקט

6.2 תנועה ותחבורה - מצב קיים

6.3 מתודולוגית הבדיקה

6.4 תוצאות הבדיקה התחבורתית

6.5 תוצאות הבדיקה הכלכלית

6.6 סיכום ומסקנות

דברי הקדמה

פרק זה מוקדש להצגת מבנה דו"ח בדיקת הכדאיות והנחיות לכתיבתו. מטרת הפרק הן:

- יצירת אחידות בכתיבת דו"ח.

- שימת דגש על נושאי הליבה בבדיקה.

ככלל, הדו"ח יכלול את הנתונים העיקריים בבדיקה. יוצגו בו תוצאות העבודה החשובות והמלצות הבדיקה. הדו"ח נועד לאפשר קריאה בהירה ונגישות מהירה לנתונים, צריך להיות ענייני וברור בתיאור תהליך הבדיקה והצגת הממצאים.

מעורך הבדיקה נדרשים:

- הצגת מהלך הבדיקה ותוצאותיה בשקיפות ובליווי דברי הסבר נאותים.

- פירוט ההנחות החשובות שנעשו בביצוע הבדיקה.

- נדרש לציין מקור נתונים/מידע ואת מועד תוקפם.

- הצגת לוחות/טבלאות איורים ואחרים שצוינו כחובה.

הדו"ח יכלול לוחות, איורים, שרטוטים ומפות וכן נספחים. חלקם חובה בהתאם להנחיות פרק זה, ואחרים נתונים לשיקול דעת עורך הבדיקה. עורך הבדיקה רשאי גם על פי שיקול דעתו להרחיב את הניתוח בנושאים אלה ואחרים, להוסיף לוחות ונתונים ולרכז כל חומר נוסף, בנספחים לדו"ח. הנספח יכול להיות פרק העומד בפני עצמו הכולל הסברים, ניתוח וחישובים מפורטים.

עורכי הבדיקה מתבקשים לשמור על מבנה הפרקים בדו"ח, כמוצג להלן:

מבנה דו"ח הבדיקה

חלק א' תקציר: ממצאים עיקריים והמלצות

חלק ב' דו"ח הבדיקה המלא

1. הפרויקט

- 1.1 נתוני רקע: אזור הבדיקה, שימושי קרקע ותוכניות פיתוח
- 1.2 תיאור ומאפייני הפרויקט
- 1.3 סטטוס הפרויקט
- 1.4 השקעה - עלויות הקמה
- 1.5 עלויות אחזקה

2. תנועה ותחבורה - מצב קיים

- 2.1 מאפייני תנועה ותחבורה
- 2.2 תאונות דרכים

3. מתודולוגיית הבדיקה

- 3.1 סיווג הפרויקט
- 3.2 המודל התחבורתי
- 3.3 התועלות

4. תוצאות הבדיקה - ניתוח תפקודי

- 4.1 ניתוח תחבורתי
- 4.2 הפרעות לתנועה במהלך הקמת הפרויקט
- 4.3 ניתוח בטיחותי
- 4.4 השפעות סביבתיות
- 4.5 השפעות אחרות:
 - הפרעות במהלך ההקמה
 - חיסכון בחניה
 - פיתוח אזורי/כלכלי
 - ערך האופציה
 - שוויוניות וצדק חברתי
 - השפעות נוספות
- 4.6 סיכום

5. תוצאות הבדיקה הכלכלית

- 5.1 מתודת הבדיקה: פרמטרים והנחות
- 5.2 התועלות בערכים כלכליים
- 5.3 מדדי הכדאיות
- 5.4 בדיקות רגישות, ערכי מחדל, סיכונים אי ודאות וסבירות

6. סיכום ומסקנות

רשימת נספחים (חובה)

נספח 1: זרם עלויות ותועלות שנתי

נספח 2: נוסחאות חישוב עלויות תפעול כלי הרכב

חלק א' תקציר הבדיקה: ממצאים עיקריים והמלצות

חלק זה מטרתו הצגה תמציתית של הבדיקה: תוצאות הבדיקה, מסקנות והמלצות. הנושאים אשר יפורטו בפרק התקציר יהיו הבאים:

רקע הפרויקט - תיאור המצב הקיים:

- סביבת הפרויקט: תיאור סביבת הפרויקט, מאפייני האזור בו יתבצע הפרויקט: נתוני אוכלוסייה, שימושי קרקע, רמת מינוע ונתונים נוספים על פי העניין, למצב קיים ותחזיות לשנות יעד.
- רקע תחבורתי: בעיות התחבורה, נתוני תנועה ובטיחות.

הפרויקט

- תיאור הפרויקט: מהות וסוג הפרויקט (כגון: הרחבת כביש קיים, הפרדה מפלסית, מסילה חדשה, נת"צ), נתונים הנדסיים בסיסיים (כגון: אורך, מספר נתיבים). תיאור הפרויקט יכלול גם את מפת תכנון הפרויקט ותוואי הפרויקט.
- יעדי/מטרות הפרויקט: פירוט יעדי הפרויקט והתוצרים שהוא אמור להשיג, על רקע בעיות התחבורה שצוינו.
- סטטוס הפרויקט: מצב סטטוטורי, רמת התכנון (תכנון רעיוני, ראשוני, מוקדם, מפורט), זמינות הביצוע, חסמים קיימים ולוח זמנים (משוער/מתוכנן) לביצוע.
- עלות השקעה - עלות הקמת הפרויקט לפי מרכיבי השקעה ראשיים, לרבות עקיפות ובצ"מ.

מתודת הבדיקה

- סיווג הפרויקט: פרויקט מערכתי, פרטני (בדיד).
- תחום השפעת הפרויקט.
- הבדיקה התחבורתית: המודל התחבורתי שנבחר, שנות הבדיקה, תקופות היום.
- הבדיקה הכלכלית - התועלות שחושבו: זמן נחסך, עלויות תפעול, סביבתיות ואחרות ככל שחושבו או הוצגו.

תוצאות הבדיקה התחבורתית

- השפעות העיקריות של הפרויקט: נפחי תנועה בפרויקט, השפעות על רשת הדרכים שבתחום השפעת הפרויקט (שינויים בנפחי תנועה, במסלולי נסיעה, במהירות נסיעה).
- התועלות התחבורתיות הישירות: חיסכון בזמן, בנסועה, בטיחות.
- תועלות אחרות: סביבתיות ואחרות.

תוצאות ומדדים כלכליים

- פרוט התועלות לפי המרכיבים שפורטו לעיל.
- מדדי כדאיות ובדיקות הרגישות.

מסקנות והמלצות

ההמלצות יכללו את כדאיות ביצוע הפרויקט ועיתוי ההשקעה.

עורך הבדיקה יציין כל מסקנה, הערה או התניה חשובה הקשורות לביצוע הפרויקט, מאפייני הפרויקט, תצורת הפרויקט ומידת התאמתו לבעיית התחבורה ופתרונה (תכנון יתר); עלות השקעה, עיתוי או תנאי הביצוע ואחרים, על פי הערכתו המקצועית.

יש מקום לציין בהמלצות אילו פרויקטים משלימים (תשתית, הסדרי תנועה וכיו"ב) יש לבצע על מנת שהפרויקט יתפקד או ישתלב במערכת התחבורה בצורה מיטבית.

תוצאות הבדיקה המרכזיות יוצגו בלוח 6.1 להלן.

הערה: לפרויקטים להם נערכו בדיקות סיכון, אי זדאות וסבירות התוצאות, יש להוסיף את התוצאות ללוח להלן.

לוח 6.1: טבלת סיכום בדיקת הכדאיות (חובה)

סלילת כביש א"ב - ישראל		תיאור הפרויקט	
מאושר לביצוע		סטטוס	
מפורט		תכנון	
שנת התחלה: סוף שנת 2020 שנת סיום: 2025		לוח זמנים לביצוע	
מערכתי		סיווג הפרויקט	
מודל ארצית/ת"א/תוכנית אב לתחבורה וכיו"ב		מודל הבדיקה	
2050, 2040, 2020		שנות תכנון	
ממוצע שיא בוקר (7-9), ממוצע שיא ערב (16-19)		תקופות יום (בבדיקה)	

כלכלי: xxxx		פיננסי: xxxx		עלות ההשקעה (אלפי ₪)	
אחר (ציון) סביבתי		בטיחות	חיסכון בעלויות תפעול כלי רכב	חיסכון זמן נוסעים	תועלות שחשבו
xxxx	xxxx	xxxx		xxxx	התועלות (אלפי ₪)
שנות החזר	שנת כדאיות ראשונה	יחס תועלת (B/C) עלות	ש"פ (IRR)	ע.ג.נ (NPV)	תוצאות מזדי כדאיות
		xx	xx%	מיליוני ₪	
משולב: +25% השקעה: -10% ביקושים	תחזית ביקושים -25%	גידול השקעה +50%		שינוי שער ריבית: 4%	בדיקות רגישות חובה
					תוצאות בדיקות רגישות ע.ג.נ (NPV) ש"פ (IRR) יחס תועלת עלות (B/C) שנת כדאיות ראשונה מספר שנות החזר
מסקנות: הפרויקט כדאי, שנת כדאיות ראשונה 2027					
המלצות: אין הכרח בביצוע מידי/קידום תכנון					
הערות: הפרויקט מייצר עודף קיבולת בשנים הראשונות, ראוי לבקר את היקף ההשקעה. מצמצם את כדאיות הפרויקט.					

חלק ב' - דו"ח הבדיקה המלא

6.1. נתוני הרקע והפרויקט

בפרק זה יש להציג בהרחבה את מאפייני האזור שהם בתחום השפעת הפרויקט; תיאור הפרויקט הנבדק, מאפיינים וחלופות שהוגדרו לבדיקה.

6.1.1. נתוני רקע

נתוני רקע יכללו:

א. סקירה סוציו-אקונומית של מאפייני אזור הבדיקה לרבות: אוכלוסייה, מועסקים, שימושי קרקע, רמת מינוע, כלי רכב, תוכניות פיתוח ותב"ע, כל אלו לשנת בסיס ותחזיות לעתיד. ככל הניתן התחזיות יתבססו על תוכניות אב לתחבורה ועל נתונים של גופי תכנון אחרים.

לוח 6.2: נתוני רקע - מצב קיים ותחזיות (דוגמה)

שנת יעד (טווח ארוך)	שנת יעד (טווח ביניים)	שנת יעד (זמן קצר)	שנת בסיס (מצב קיים)	
				אוכלוסייה
				תעסוקה
				רמת מינוע

מקור:

- ב. נתונים תחבורתיים: נפחי תנועה, נוסעים, מהירויות נסיעה, עיכובים, אורכי תורים. על פי ספירות וסקרי תחבורה, למועד הסמוך לעריכת הבדיקה (עד שלוש שנים, ופחות מכך אם בוצעו שינויים באזור אשר השפיעו על מאפייני התנועה).
 - ג. בעיית התחבורה: יש להציג את בעיות התחבורה באזור, בדגש על הבעיות אותן הפרויקט מיועד לפתור, עד כמה שאפשר בנתונים כמותיים.
 - ד. יעדי/מטרות הפרויקט: הגדרת מטרות הפרויקט לטווח קצר ובינוני ויעדים לטווח הזמן הארוך יותר. יש להדגיש את הצרכים והבעיות אותם הפרויקט אמור לפתור או לממש. כגון: הקלה בבעיות גודש בתנועה, בטיחות, תמיכה בתוכנית פיתוח מקומית או אזורית, אחר.
- הערה: חשוב לצרף מפה/סקיצה או תמונה של אזור הפרויקט.

6.1.2. תיאור ומאפייני הפרויקט

כללי: סעיף זה מיועד לתיאור הפרויקט, המאפיינים התכנוניים/הנדסיים וסטטוס. התיאור יינתן לפי קטעי הפרויקט ו/או שלבי ביצוע על פי מבנה הפרויקט. חובה ללוות סעיף זה בתשריט תכנוני תחבורתי של הפרויקט, וכן את תוואי הפרויקט במפת האזור וחיבוריו למערכת הקיימת.

מאפיינים הנדסיים: אורך ורוחב זכות הדרך, חתכי רוחב ואורך, מספר נתיבים, שיפועים, מהירות תכן, צמתים, הפרדות מפלסיות - קטעי מנהרה/גישור.

השתלבות הפרויקט בתוכניות מערכת התחבורה: אופן השתלבות הפרויקט בתוכנית האב (ארצית/מחוזית/מקומית), ו/או תוכניות השקעה בפרויקטים מתוכננים באזור, קיום יחסי תחלופה או השלמה ביניהם.

תהליך הביצוע: שלביות ביצוע הפרויקט, ככל שקיימת.

הצגת חלופות הפרויקט: ככל שהוצגו חלופות תכנון לפרויקט שיש לבדוק אותן. יש לכלול תיאור חלופות אלה, כאמור לעיל, תוך מתן דגש למרכיבים וההשפעות הייחודיות שלהן.

6.1.3. סטטוס הפרויקט

- זמינות סטטוטורית: קיום אישור סטטוטורי או שלב באישור סטטוטורי של הפרויקט, התניות לביצוע.
- מצב תכנוני: רמת התכנון לפיה מוגש הפרויקט לבדיקה: תכנון רעיוני, מוקדם, מפורט.
- זמינות זכויות דרך: מצב זכות הדרך, בעיות חוקיות, תביעות משפטיות, בעיות פיננסיים, צפי לסיום תהליך הרכישה וזמינות.
- חסמים לביצוע: קיום מטרדים והעתקת תשתיות אחרות העשויים לגרום לעיכובים, גורמים אחרים שעשויים להשפיע על זמינות הביצוע.
- לוח זמנים הכולל את: השלמת תהליך הזמינות והתכנון עד לביצוע הפרויקט, מועד משוער של הפתיחה לתנועה.

6.1.4. השקעה - עלויות הקמה

עלות הקמת הפרויקט, ההשקעה על פירוט מרכיבי החשובים, תוצג בלוח להלן:

לוח 6.3: סיכום עלויות הקמת הפרויקט - חובה

עלות	סעיף
	הנדסת דרכים
	עבודות עפר
	מצע ותשתית
	שכבה נושאת
	גישור ומחלפים
	ניקוז
	הנדסת תנועה (דרכים)
	רמזורים ובקרה
	תמרור וצביעה
	מעקות
	תאורה
	עלויות נלוות
	קירות אקוסטיים
	גיבון
	אחר
	זכויות דרך*
	העתקת תשתיות ופינוי מטרדים
	עלות הקרקע
	העמסות
	תכנון, פיקוח, ניהול (%)
	בנ"מ (%)
	מע"מ
	סה"כ עלות תקציבית
	סה"כ עלות כלכלית

(* לא כולל פיצויים בגין סעיף 197 לחוק התכנון והבנייה
מקור:
מועד הכנת האומדן;

- לפרויקטים של תחבורה ציבורית יש להוסיף את מרכיבי העלות הייחודיים:
- עלויות הקמת תשתיות: עלויות הנדסיות, זכויות דרך וכו' כולל מרכיבים מיוחדים: מסופים, מוסכים, חניה תפעולית וכו'.
 - ציוד הפעלה: תקשורת, חשמול.
 - רכישת כלי רכב וציוד ניידי: הצטיידות וחימוש של כלי רכב (אוטובוסים) רכבות וקרונות. דגשים לניתוח והצגת עלויות הפרויקט:
 - עלות ההשקעה בפרויקט לא תכלול עלויות שכבר בוצעו או אחרות המיועדות להשקעות עתידיות.
 - מועד הכנת האומדן: רצוי כי מועד הכנת האומדן יהיה בסמוך למועד הבדיקה, שאם לא כן נדרש יהיה לעדכן את האומדן.
 - שעור הבנ"מ: על פי נתוני מתכנן הפרויקט. היה והמתכנן לא נקב בהם בעלות ההשקעה או שנמצאו כשגויים למועד הבדיקה יש להיעזר בערכי המחדל (פרק 7.2.10).
 - עלות הקרקע: יש להציג את עלות הקרקע בערכים כלכליים למשק, במקרים בהם לא ניתן לאמוד את שווי הקרקע יש להציג את היקף צריכת הקרקע (פרק 3.2).
 - מרכיב הפינויים: יש לנתח ולציין בנפרד את מרכיב הפינויים בפרויקט. אין לכלול תשלום פיצויים שמקורם על פי סעיף 197 לחוק התכנון והבנייה (פרק 5.5.1).
 - עלויות העתקת תשתיות או ביצוע/השבחה של תשתיות שאינן חלק מתחייב בביצוע הפרויקט התחבורתי (כגון: ניקוז), יש לנכות ככל האפשר עלויות אלה. לחילופין יש לפרט בנפרד מרכיבים אלה בעלות ההשקעה, ולהביא לשיקול דעת מזמין הבדיקה כיצד לנהוג בהם (פרק 3.2).
 - ביצוע בשלבים: לפרויקטים גדולים בהם הוגדרו שלבי ביצוע הנעשים בתקופות זמן שונות, יש להציג בנפרד את העלויות לצורך חישוב הערך הנוכחי של ההשקעה.

6.1.5 עלויות אחזקה

- עלויות אחזקה הן עלויות שנתיות לאורך חיי הפרויקט והן מקזזות את תועלות הפרויקט השנתיות. עלויות האחזקה יחושבו ויפורטו על פי הנחיות שפורטו בפרק 3.4. ויוצגו בטבלה הבאה.

לוח 6.4: אומדן עלויות אחזקה שנתיות (מיליוניש) (דוגמה)

שנה (לאחר תקופת ההקמה)	אחזקה תקופתית	מנהור	גשרים (ללא מנהרות)	מערכות בקרה ואלקטרוניקה	אחזקה שוטפת	סה"כ
1						
2						
...						
סה"כ						
סה"כ מהוון (7%)						

6.2. תנועה ותחבורה - מצב קיים

בפרק זה יוצגו נתונים ודברי הסבר למצב התנועה והתחבורה בפרויקט ערב ביצועו, לרבות: נפחי תנועה, מהירויות נסיעה, סוג כלי רכב ותאונות דרכים. כאשר נבדק פרויקט של סלילת כביש חדש, הנתונים יתייחסו לכבישים סמוכים בעלי זיקה לפרויקט.

הבסיס לנתוני תנועה הוא ספירות תנועה; מהירויות הנסיעה - על בסיס עיבוד ניטור מדידות/גוגל/משרד התחבורה; תאונות דרכים - על בסיס עיבוד נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.

6.2.1. מאפייני תנועה ותחבורה

נפחי התנועה

המקור לנפחי תנועה הנו כאמור ספירות התנועה. אלו חייבות להיות עדכניות וביצוען ייעשה בסמוך למועד ביצוע הבדיקה. נפחי התנועה משמשים גם לצורכי כיוול המודל התחבורתי. תיאור, היקף ומאפייני זרימת התנועה, צריכים להתייחס לשעות יום בדגש על תקופות השיא. התפלגות התנועה ומאפייני ההתפלגות לאורך תקופות יום עשויים לשמש גם לחישוב מקדמי מעבר לניפוח התוצאות של תקופות יום. להלן לוחות דוגמה להצגת התוצאות:

לוח 6.5: התפלגות תנועה (כלי רכב) לפי שעות יום (דוגמה)

שעות יום	מצפון לדרום	מדרום לצפון	סה"כ שני כיוונים	מצפון	מדרום	סה"כ שני כיוונים
06:00-07:00						
07:00-08:00						
08:00-09:00						
...						
12:00-13:00						
...						
15:00-16:00						
...						
19:00-20:00						
סה"כ						

מקור: לציין מבצע ומועד הספירה

לוח 6.6: התנועה בצמת לפי זרועות כניסה - שעות שיא (כלי רכב) (דוגמה)

סה"כ	חיל הנדסה מדרום לצפון	חיל הנדסה מצפון לדרום	מנביאים מזרח	מנביאים מערב	
4,364	1,449	1,955	458	502	בוקר 07:00-08:00
100%	33%	45%	10%	12%	
3,745	1160	1472	311	802	שפל 12:00-13:00
100%	31%	39%	8%	21%	
4,401	1,707	1,535	300	859	ערב 16:00-17:00
100%	39%	35%	7%	20%	
53,490	18,765	21,270	4,313	9,142	יומי
100%	35%	40%	8%	17%	

מקור: לציין מבצע ומועד

מהירויות נסיעה: קטעי דרך

המקור לנתוני מהירות הנסיעה הנו מדידות רציפות הנאספות כיום בהסכם עם חברת גוגל בע"מ. מהירות הנסיעה בקטעי דרך של הפרויקט ואחרים, שהם חלק חשוב ברשת רקע הבדיקה, יהיו ממוצע של ימי א-ה בשבוע, בניכוי אירועים מיוחדים. רצוי כי מהירויות הנסיעה יוצגו במועד ספירות התנועה או בסמוך להן ככל הניתן.

ככלל, מהירות הנסיעה עשויה לשמש גם ככלי עזר בכינון מודל הבדיקה התחבורתי.

לוח 6.7: מהירות נסיעה בקטעים במסלולים נבחרים ובשעות יום (קמ"ש) (דוגמה)

שעות יום	מ..... אל..	מ..... אל..	מ..... אל..
07:00-08:00			
08:00-09:00			
.....			
13:00-14:00			
..			
16:00-17:00			

מקור: לציין מבצע ומועד

סוג כלי הרכב

התפלגות התנועה לפי סוג כלי הרכב יתקבל מתוך ספירת התנועה. נתון זה הינו אחד מנתוני הבסיס לחישוב תועלות הזמן הנחסך ועלויות התפעול.

לוח 6.8: התפלגות התנועה לפי סוג כלי רכב בתקופות יום (באחוזים) (דוגמה)

תקופות יום				סוג כלי הרכב
יומי	שיא ערב	תקופת שפל	שיא בוקר	
				פרטי
				רכב עבודה
				מונית ספיישל
				רכב להסעת נוסעים (רל"נ)
				אוטובוס
				משאית
100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	סה"כ כלי רכב

מקור: לציין ממבצע ומועד הספירה

6.2.2. תאונות דרכים

הצגת תאונות הדרכים וסקירת נושא הבטיחות במצב הקיים "ללא פרויקט", יעשו בהתאמה למתודולוגיה בפרק הבטיחות 4.3. אלו יכללו הצגת נתוני התאונות שאירעו בתחום או בסביבת הפרויקט, בהתאמה לאפיון הפרויקט (בדיד, מערכת, חדש או שידרוג).

המקור הנגיש לנתונים אלו הנו של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, הנתונים מעובדים גם לערכים כלכליים.

רצוי כי הנתונים יוגשו ויונתחו לאורך מספר שנים רצופות, ולא לשנה או מספר שנים בודדות.

לוח 6.9: תאונות ונפגעים לפי שנים (2015-2020) (דוגמה)

נפגעים			תאונות			שנה
סה"כ	קשה	קל	סה"כ	קשה	קלה	
						2015
						2016
						2017
						2018
						2019
						2020
						סה"כ
						ממוצע שנה

מקור: לציין מקור

לוח 6.10: עלות התאונות לפי סוג ושנים (אלפי ₪) (דוגמה)

סה"כ	אחר	פגיעה בהולך רגל	התנגשות עם עצם דומם	התהפכות או החלקה	התנגשות צד בצד	התנגשות אחור אל חזית	התנגשות חזית אל צד	התנגשות חזית בחזית	התנגשות חזית באחור	שנה / סוג תאונה
										2015
										2016
										2017
										2018
										2019
										2020
										סה"כ
										ממוצע לשנה

מקור: לציין מקור

6.3. מתודולוגית הבדיקה

פרק זה מוקדש להסברת תהליך הבדיקה, פירוט השיקולים לבחירת מתודולוגית הבדיקה, תיאור המודל התחבורתי ופרטי תכן הבדיקה. כמפורט להלן.

6.3.1. סיווג הפרויקט

- פרויקט מערכתי או בדיד כנדרש לבחירת מודל הבדיקה.
- תחום השפעת הפרויקט: התחום שבו נוצרות עיקר תועלות הפרויקט ("חלון") או מרחב השפעה גדול יותר עד כלל רשת הדרכים. רצוי לתחום במפה את אזור ההשפעה המובהק של הפרויקט.

6.3.2. המודל התחבורתי

- המודל התחבורתי: דברי הסבר לבחירת המודל שנבחר, וההכנות שנעשו לשימוש בו.
- כיוול המודל: תיאור תהליך הכיוול ופירוט התוצאות. את התוצאות יש להציג בנספח בטבלה או בתשריט.
- רשת הבדיקה: תיאור רשת "מצב קיים" ולשנות התכנון. יש לציין את רשימת הפרויקטים המתוכננים להתווסף לרשת העתידית, רצוי להציג במפה את רשתות העתיד בהדגשת הכבישים המתוכננים להתווסף.
- תחזית הביקושים: להציג בטבלאות מתאימות את מטריצת הנסיעות - יצירת/משיכת נסיעות, לפי שנות הבדיקה.
- הצבות תנועה: תהליך הצבות התנועה (מודל מערכתי) או הרצות (מודל סימולציה לפרויקט בדיד), יש לציין את מספר האיטרציות/הרצות שבוצעו ואת הטיפול בעומס התנועה.
- שנות הבדיקה שנבחרו: שנת בסיס, טווח זמן בינוני, זמן ארוך.
- תקופות היום שנבחרו: תקופת שיא בוקר, תקופת ערב, תקופת שפל.

6.3.3. התועלות שנחקרו

- התועלות בערכים כספיים: זמן נחסך, עלויות תפעול כלי רכב, חניה, ערך האופציה ואגלומרציה (שלושת האחרונים - לפרויקטים של תחבורה ציבורית).
- התועלות בערכים נורמטיביים: בטיחות (רצוי ערך כספי אם ניתן), סביבה (רצוי ערך כספי אם ניתן), פיתוח אזורי, אחר.

6.4. תוצאות הבדיקה - ניתוח תחבורתי

בפרק זה יוצגו תוצאות השפעת הפרויקט. בראש ובראשונה ההשפעות התחבורתיות - היקף הנסיעות בפרויקט (במונחי כלי רכב או יר"מ) והשינויים בפרסת הנסיעות בכבישי הרשת החשובים; רמת השירות (מהירות, משך הנסיעה) תועלות במונחי שעות רכב, נסועה ובטיחות. ניתוח התוצאות ודברי הסבר ילוו בלוחות, מפות, תוצרי הצבות התנועה, איורים ושרטוטים מתאימים.

במקרה של השפעות אחרות שלא ניתן להציג אותן בנתונים כמותיים ניתן יהיה להסתפק בניתוח איכותי.

6.4.1. ניתוח תחבורתי

ההשפעות התחבורתיות של הפרויקט, יהיו עבור:

- נפחי תנועה: בתחום הפרויקט עצמו ובצירי תנועה ראשיים ברשת הדרכים.
- רמת השירות: במונחי משך נסיעה או מהירות.
- יעילות המערכת: במונחי נסועה ברמת המערכת.
- תוספת קיבולת המערכת והגדלת הנגישות.

בפרויקטים של תחבורה ציבורית: מדדי כיסוי ורמת שירות.

הניתוח התחבורתי, השפעת הפרויקט, יעשה בשלוש רמות כדלהלן:

א. רמת הפרויקט - היקף התנועה, הגודש (v/c) ומהירות הנסיעה בקטע הפרויקט בתרחישים עם/בלי הפרויקט.

בפרויקט "כביש חדש", חלופת "ללא פרויקט" איננה קיימת וירשמו תוצאות "עם פרויקט" בלבד.

ב. קטעי הרשת החשובים: השפעת הפרויקט עשויה להיות "משלימה", גורמת לתוספת נסיעות בקטעי דרך אחדים, או "חליפית", הגורעת נסיעות מקטעי דרך אחרים ברשת. תיאור ההשפעה יכלול את ההשפעה על היקף התנועה, מהירות ועומס.

ג. תחום ההשפעה: תיאור וניתוח השפעת הפרויקט, על אזור הבדיקה ("חלון") ו/או תחום השפעה רחב עד לכלל הרשת, יכלול את השינויים במסלולי נסיעה ותוצאותיהם במונחים של שינויים בנפחי תנועה, בנסועה, מהירות הנסיעה ובטיחות.

התוצאות ברמות השונות יחושבו, ותרחישי הניתוח יוצגו:

- לתקופות היום החשובות, תוך התייחסות למטרות הפרויקט. אלו הן בדרך כלל: תקופת הבוקר, תקופת אחה"צ/ערב.
- לשנות התכנון (יעד): שנת בסיס, שנת ביניים, טווח הזמן הארוך.

התוצאות יוצגו בלוחות, דוגמת הלוחות שלהלן. ניתן ואף רצוי להציג את תוצאות הבדיקה במפות/איורים. הנתונים שיוצגו הם לשנות בסיס, לשנות תכנון, ולתקופות יום.

רמת הפרויקט

לוח 6.11: נפחי תנועה ורמת שרות בפרויקט - חובה

שנת יעד:

יחס V/C		מהירות (קמ"ש)			נפחי תנועה (יר"ח)			קטע הפרויקט/ כיוון
עם פרויקט	ללא פרויקט	הפרש	עם פרויקט	ללא פרויקט	הפרש	עם פרויקט	ללא פרויקט	
א. תקופת בוקר								
								כיוון 1
								כיוון 2
ב. תקופת ערב								
								כיוון 1
								כיוון 2

רמת קטעי הרשת

לוח 6.12: נפחי תנועה ורמת שרות בכבישים ראשיים שבתחום ההשפעה (דוגמה)

שנת יעד:

יחס V/C		מהירות (קמ"ש)			נפחי תנועה (יר"ח)			כבישים ראשיים ברשת/כיוון
עם פרויקט	ללא פרויקט	הפרש	עם פרויקט	ללא פרויקט	הפרש	עם פרויקט	ללא פרויקט	
תקופת בוקר								
								בכביש ראשי א - כיוון 1
								בכביש ראשי א - כיוון 2
תקופת ערב								
								בכביש ראשי א - כיוון 1
								בכביש ראשי א - כיוון 2

רמת תחום ההשפעה

לוח 6.13: השפעת הפרויקט באזור הבדיקה (דוגמה)

שנת יעד:

הפרש (תועלות)			עם פרויקט			ללא פרויקט			א. בוקר
מהירות (קמ"ש)	שעות רכב*	נסועה (אלף ק"מ)	מהירות (קמ"ש)**	שעות רכב*	נסועה (אלף ק"מ)	מהירות (קמ"ש)**	שעות רכב*	נסועה (אלף ק"מ)	
									אזור הבדיקה
									תחום השפעה רחב
ב. ערב									
									אזור הבדיקה
									תחום השפעה רחב

* יר"מ

** מהירות ממוצעת בכלל רשת

לוח 6.14: התועלות התחבורתיות לשנות הבדיקה - חובה

פרמטרים	שנת בסיס	2030	2040
חיסכון בשעות רכב (יר"מ) (אלפים)			
חיסכון בנסועה (אלפי ק"מ)			
שינוי מהירות כלל הרשת הנבדקת (קמ"ש)			

ניתוח תפקודי: פרויקטים של תחבורה ציבורית

תיאור וניתוח תוצאות הבדיקה התחבורתית לפרויקטים בתחבורה הציבורית ייערך בתשומת לב מיוחדת, זאת בשל מורכבות הדיווח והצורך לדווח על אמצעי התחבורה הציבורית בנפרד מהשפעת הפרויקט על התנועה הכללית.

בפרויקטים אלה יש להציג גם תיאור כללי של התנועה ברשת הדרכים, כמתואר לעיל, אך גם להציג את ההשפעות בתחום התחבורה הציבורית במקרים רבים (בעיקר בפרויקטים מסילתיים) ברשת תחבורה נפרדת. את הניתוח והנתונים יש לערוך במספר מימדים בהתאם לפרויקט הנבדק: תנועת כלי רכב, הנוסעים, ולעיתים גם ברמת קו, דרך ו/או תחנות.

הדיווח ייעשה בטבלה ובהפרדה לפי סוגי הרכב - תחבורה ציבורית בהפרדה למסילות ואוטובוסים. יכללו נתוני רמת שרות ברמת הקו, ניתוח זמני נסיעה וזמנים מדלת לדלת, נפחי נוסעים בתחבורה ציבורית בקטעים מרכזיים ובתחנות ודיווח אודות פיצול הנסיעות.

הדיווח יעשה באמצעות לוחות ומפות רשת, דוגמה לטבלאות מוצגות להלן.

לוח 6.15: סיכום נפחי תנועה נוסעים ורמת שרות (דוגמה)

תחבורה ציבורית						כיוון	קטע	תקופת יום	שנת בסיס
משך נסיעה (דקות)		נפח לשעה							
		נוסעים		כלי רכב					
עם פרויקט	מצב קיים	עם פרויקט	מצב קיים	עם פרויקט	מצב קיים				

לוח 6.16 : סכום תוצאות הבדיקה התחבורתית (דוגמה)

שנת יעד				שנת בסיס				
מחדל	עם פרויקט	הפרש	%	מחדל	הפרש	עם פרויקט	מצב קיים	
								נסיעות נוסע
								תחבורה ציבורית
								רכב פרטי
								סה"כ
								אחוז בתחבורה ציבורית
								נסיעות תחבורה ציבורית
								ברכת/רק"ל
								רכבת + אוטובוס
								אוטובוס
								סה"כ
								עליות בתחבורה הציבורית
								רכבת/רק"ל
								רכבת + אוטובוס
								אוטובוס
								סה"כ
								ממוצע עולים לנסיעה
								רכבת/רק"ל
								רכבת + אוטובוס
								אוטובוס
								סה"כ
								רשת הכבישים
								נסיעות נוסע
								נסיעות רכב
								אורך נסיעה ממוצע

שנת יעד				שנת בסיס				
מחדל	עם פרויקט	הפרש	%	מחדל	הפרש	עם פרויקט	מצב קיים	
								משך נסיעה ממוצע
								שעות רכב
								ק"מ רכב
								מקדם מילוי רכב
								מהירות ממוצעת
								נסיעות תחבורה ציבורית
								בתוך הרכב
								שעות נוסע
								ק"מ נוסע
								אורך נסיעה ממוצע
								משך נסיעה ממוצע
								רשת תחבורה ציבורית
								רכבת/רק"ל:
								ק"מ רכבת/קרונ
								שעות רכבת/קרונ
								צי רכב
								מהירות ממוצעת
								יציאות
								מספר קווים
								תדירות ממוצעת
								אורך קווים
								אוטובוס:
								ק"מ רכב
								שעות רכב
								צי רכב
								מהירות ממוצעת
								יציאות
								מספר קווים
								תדירות ממוצעת
								אורך קווים

סיכום הניתוח התחבורתי

סיכום הניתוח התחבורתי יכלול את:

- תיאור/ניתוח ההשפעות התחבורתיות הבולטות בתחום הפרויקט עצמו וברמת הרשת התחבורתית שבתחום השפעת הפרויקט.
- השגת יעדי הפרויקט כפי שצוינו בפרק תיאור הפרויקט, וככל שנמצאו גם השתלבות במערכת התחבורה ותוכניות לפיתוח האזור שמסביבו.

6.4.2 הפרעות לתנועה במהלך הקמת הפרויקט

השפעת ההפרעה לתנועה תוצג בסעיף נפרד בדו"ח, בשל היווצרות ההפרעה בשלב הקמת הפרויקט. במהלך תקופה זו, התועלות התחבורתיות של הפרויקט הן שליליות בשל הפגיעה בזרימת התנועה.

מבנה ותוכן פרק זה נגזרים ממתודולוגיית הבדיקה המוצגת בפרק 3.3. יש להציג השפעות אלה ככל הניתן במבנה דומה לאלו של ההשפעות התחבורתיות של הפרויקט, כפי שהוצגו לעיל. הנקודות שיש להתייחס אליהן בכתיבת הדו"ח הן:

- פרטי ביצוע: מועד ומשך זמן העבודות, תכנון זרימת התנועה בתחום הפרויקט ובאזור הסמוך לו בתקופת העבודות, כולל: אורך הדרך החלופית, מס' נתיבים, רמת התכן וכו'.
 - מתודולוגיית הבדיקה: הגדרת תחום ההפרעה לתנועה, פרטי המודל התחבורתי שבו נעשה שימוש.
 - פרטי תהליך הבדיקה: התשומות למודל: קידוד הפרויקט ו/או כלל הרשת בתקופת הקמת הפרויקט.
 - תוצאות תחבורתיות - השפעת ההפרעות הצפויות על זרימת התנועה במהלך הביצוע בתקופת העבודות: שינויים בהיקף התנועה וברמת השרות - מהירות או משך זמן הנסיעה, שינויים בהיקף הנסועה, בשל הסטת נסיעות למסלולים אחרים, ביחס לחלופת "מצב קיים".
 - השפעות אחרות: בטיחות, סביבה ואחרות ככל שהן משמעותיות.
 - עלות ההפרעות לתנועה תוצג בנפרד בפרק הבדיקה הכלכלית.
- פרויקט המתבצע בשלבים: יש לציין ולחשב בנפרד את האמור לעיל לכל שלב בנפרד, במועד הביצוע.

6.4.3 ניתוח בטיחותי

תוצאות וניתוח ההשפעות הבטיחותיות של הפרויקט, ייעשו על פי ההנחיות והמתודולוגיה המתוארות בפרק 4.3.

הדו"ח יכלול:

- השפעות הפרויקט על היקף וחומרת התאונות. על פי הערכת השינויים הצפויים בתחום ו/או באזור הפרויקט.
 - חישוב השינוי בהיקף התאונות בגין ביצוע הפרויקט. החישובים ייעשו לשנות התכנון, ילוו בדברי הסבר ויוצגו בטבלאות מתאימות.
- חישוב הערכים הכלכליים, ייעשה על פי מקדמים המפורטים בפרק 4.3 לעיל. יש להציג את דרך החישוב ואת התוצאות לשנות התכנון ולכלול תוצאות אלה בנפרד במודל הבדיקה הכלכלי. בהעדר יכולת לאמוד כמותית את השפעת הפרויקט על היקף וחומרת תאונות הדרכים, יש לבטא את ההשפעה במונחים נורמטיביים, על פי תובנות שנתגבשו, לגבי תוספת או פגיעה ברמת הבטיחות בגין הפרויקט.
- לוחות דוגמה להצגת התוצאות, להלן:

לוח 6.17: מספר תאונות ונפגעים לפי מידת החומרה ועלות התאונות הכלכלית (דוגמה)

שנה	תאונות לפי חומרת התאונה			סה"כ תאונות	נפגעים לפי חומרת הפגיעה			סה"כ נפגעים
	קלות	קשות	קטלניות		קלות	קשות	קטלניות	
ללא פרויקט								
עם פרויקט								
הפרש								
ללא פרויקט								
עם פרויקט								
הפרש								
ללא פרויקט								
עם פרויקט								
הפרש								

לוח 6.18: התועלות הבטיחותיות של הפרויקט (ש) (דוגמה)

שנה	ללא פרויקט	עם פרויקט	תועלת
שנת בסיס			
שנת יעד - טווח זמן בינוני			
שנת יעד - טווח זמן ארוך			

הערה: נתוני לוח זה יועברו למודל הכלכלי

6.4.4. השפעות סביבתיות

- ניתוח ההשפעות הסביבתיות של הפרויקט, ייערך בהתאם למתודולוגיה המתוארת בפרק 4.4. להלן הנושאים להצגה בפרק ההשפעות הסביבתיות:
- ציון מרכיבי ההשפעות הסביבתיות בגין הפרויקט.
 - הצגת השיטה להערכת כל אחד מהמשתנים הסביבתיים שצוינו לעיל, כמותית ו/או איכותית.
 - בחלק זה יש להיעזר בלוחות הסינון המפורטים.
 - תיאור של מרכיבי התשתית וההשקעות בפרויקט שקבע המתכנן לצורך הקטנת הפגיעה הסביבתית.
 - הצגת ההשפעות הכלכליות, הכמותיות והאיכותיות של ההשפעות הסביבתיות.
 - סיכום ההשפעות הסביבתיות של הפרויקט.
- הערה: בפרויקטים רבים השפעות הפרויקט על משתני הסביבה הם נמוכים ולמעשה בלתי ניתנים לכימות. ראוי במקרים אלו להיוועץ עם המומחה הסביבתי לסיכום התובנות שנמצאו.

6.4.5. השפעות אחרות

עורך הבדיקה יציג השפעות נוספות של הפרויקט על פי הנחיות הנוהל (פרק 5.6). אלו הן:

- 1) חיסכון בחניה - לפרויקטים של תחבורה ציבורית.
 - 2) פיתוח אזורי - אגלומרציה. לפרויקטים של תחבורה ציבורית.
 - 3) ערך האופציה - לפרויקטים של תחבורה ציבורית.
 - 4) שיווינויות וצדק חברתי.
- בעוד אשר השפעות החיסכון בחניה, אגלומרציה וערך האופציה ניתנות לאמידה וחישוב כספי, מדד שוויוניות וצדק חברתי הנו כמותי, אך לא כספי. השפעות המדד יוצגו בצד התועלות הערכיות, בליווי דברי הסבר על פי מתודת החישוב בפרק 4.8.
- השפעות נוספות: עורך הבדיקה, ביוזמתו וכפי שימצא לנכון, רשאי להתייחס להשפעות נוספות של הפרויקט אשר לא הועלו לעיל, והן להערכתו בעלות חשיבות. תיאור השפעות אלה יוצג בליווי נתונים כמותיים ככל הניתן.
- לעניין זה ראוי להרחיב על תרומת הפרויקט לקידום של תוכניות פיתוח אזורי תעסוקה ואחרים (שיפור הנגישות), גם אם לא ניתן לכך עדיין מודל הערכה כלכלי.

6.5. תוצאות הבדיקה הכלכלית

פרק זה הנו התרגום הכספי של עלויות הפרויקט והתועלות התחבורתיות ובעקבותיו חישוב מדדי הכדאיות הכלכלית שלו.

נושאים אותם חובה להציג בדו"ח הם:

- שיטת חישוב התועלות בערך הכספי.
 - הצגת התועלות. סיכום התועלות לכל שנת תכנון לה נערך ניתוח מפורש, לפי מרכיבי התועלות- חיסכון בזמן המשתמשים, עלויות תפעול כלי הרכב, השפעה על עלות תאונות הדרכים ואחרים.
 - מדדי כדאיות.
 - בדיקות הרגישות.
 - הצגת תזרים התועלות והעלויות השנתי לפי מרכיבים.
- הצגת וניתוח האמור לעיל, ילוו בדברי הסבר ובטבלאות מתאימות, כמפורט להלן.

6.5.1 שיטת הבדיקה, הפרמטרים וההנחות

אלה יכללו:

- תיאור שיטת חישוב התועלות בערכים כספיים.
- השיטה לבניית תזרים התועלות לאורך חיי הפרויקט. חישוב תועלות הפרויקט בשנות התכנון ובשנות הביניים (אינטרפולציה).
- מועד תחילת העבודות, שנות פעילות ואורך החיים הכלכלי של הפרויקט.
- מקדמי ניפוח התועלות - יומי, שנתי.
- שער היוון.
- חישוב ערך גרט.
- הצגת הפרמטרים סוג כלי הרכב ומקדמי מילוי:

לוח 6.19: התפלגות סוג כלי הרכב ומקדמי המילוי - חובה

תקופת ערב ממוצע 15:00-18:00		ממוצע בוקר 07:00-09:00		תקופת יום/ סוג רכב
רמת מילוי*	אחוז	מקדם מילוי	אחוז	
				פרטי
				רכב עבודה
				מוניות מיוחדת
				רל"ן
				אוטובוס
				משאית

מקור:

- ערך שעה לפי מטרות הנסיעה

לוח 6.20: התפלגות מטרות הנסיעות וערך שעה* - חובה

ערך שעה ש"ח*		התפלגות הנסיעות (%)		מטרת הנסיעה
ממוצע ערב 15:00-18:00	ממוצע בוקר 07:00-09:00	ממוצע ערב 15:00-18:00	ממוצע בוקר 07:00-09:00	
				בענייני עבודה
				מטרות אחרות

מקור:
* (שנה/רבעון)

6.5.2. התועלות

התועלות הכלכלית (כספיות)

מרכיבי התועלות השכיחים הם זמן נחסך לנוסעים ונהגים מקצועיים, חיסכון בעלויות תפעול של כלי הרכב ולעתים גם בטיחות. הצגתם לפי שנות הבדיקה וסה"כ תיעשה במתכונת הלוח הבא.

לוח 6.21: התועלות בשנות התכנון, לפי מרכיבי התועלות (אלפי ש"ח) (דוגמה)

שנת תכנון	תועלות זמן	עלויות תפעול	בטיחות	אחר (פרט)	סה"כ
שנת בסיס					
טווח ביניים					
טווח ארוך					
סה"כ (ע.ג.)*					
התפלגות ב%					

* לפי שער היוון ...

תועלות אחרות (ערכיות)

תועלות אחרות, אשר על אף ערכן הכלכלי, לא תמיד ניתנות לתרגום כספי, הן השפעות סביבתיות, פיתוח אזורי, תאונות דרכים (בטיחות). השפעת הפרויקט על מרכיבים אלה תוכל להיות מוצגת כסקירה מילולית.

6.5.3. מדדי הכדאיות (פרק 2.4.1)

מדדי הכדאיות מחושבים מנקודת המבט של המשק הלאומי והם לב הבדיקה. המדדים מבטאים ומסכמים את בדיקת הכדאיות הכלכלית, את עיתוי ההשקעה המתאים לפרויקט ואת מידת אי הוודאות ("סיכון") בביצועו. הנתונים יוצגו בהתאם ללוח 6.22 להלן:

לוח 6.22: מדדי הכדאיות הכלכלית - חובה

אלפי ₪	עלות ותועלות הפרויקט
	ההשקעה (עלות למשק, ע.ג. מיליוני ₪)
	תועלת כלכלית נטו (ע.ג. מיליוני ₪)*
	ערך גרט (ע.ג. מיליוני ₪)
	מדדי הכדאיות
	ערך נוכחי נקי (מיליון ₪)
	יחס תועלת/עלות
	שיעור תשואה פנימי
	שנה ראשונה לכדאיות או: שיעור החזר שנה ראשונה
	מספר שנים לכיסוי ההשקעה

(* התועלות בניכוי עלויות אחזקה שנתיות)

6.5.4 בדיקות רגישות - ניתוח סיכונים, אי ודאות וסבירות התוצאות

א. בדיקת רגישות - חובה ו"רשות"

בדיקות הרגישות חובה ו"רשות" מוצגות בלוח 6.23. בדיקות "הרשות" יהיו אלה שיידרשו ע"י מזמין העבודה או שלדעת מבצע הבדיקה חשוב לבצען.

תוצאות בדיקת הרגישות, יחד עם בדיקות תרחישי סיכון וסבירות יוצגו במתכונת לוח 6.24 להלן.

לוח 6.23: ערכי מחדל לבדיקת הרגישות - חובה

מקל	מחמיר	פרמטר
בדיקות חובה		
4%		שער ריבית
גידול של 25%	גידול של 50%	שיעור גידול בהשקעות
בדיקות רשות		
קיטון של 10%	קיטון של 25%	תועלות
גידול של 25% בהשקעה וקיטון בתועלות ב-10%		משולב: גידול בהשקעה ושינוי בתועלות

לוח 6.24: סיכום בדיקות הרגישות, תרחישי סיכון וסבירות (דוגמה)

הבדיקה	NPV	B/C	IRR	שנת פ	שנה ראשונה לכדאיות	שנות כסוי השקעה	שעור החזר שנה ראשונה
חלופת הבסיס (שער היוון 7%)							
בדיקות רגישות - ערכי מחדל							
שער ריבית -4%							
השקעה: · גידול של 50% · גידול של 25%							
בדיקות רשות							
תועלות: שינוי תועלות -25% שינוי תועלות -10%							
משולב: עלות הקמה +25% ושינוי בתועלות -10%							
ניתוח רגישות על בסיס תרחישי סיכונים וסבירות							
שינוי בביקוש לנסיעות							
התארכות משך ההקמה							
אחר							

ב. ניתוח סיכונים ואי ודאות

ניתוח סיכונים הפרויקט וחישוב השפעתם על הפרויקט יתבצע על פי המודל המפורט בפרק 2.5. יידרש בבדיקת פרויקטים גדולים - "מגה פרויקטים", שהיקף ההשקעה בהם הנו מעל 1 מיליארד ₪. ניתוח סיכונים חלקי יכול להיעשות גם בפרויקטים קטנים בהתאם למרכיבי הסיכון בתאום עם מזמין העבודה.

ניתוח הסיכונים כולל שינויים מהותיים במאפייני הפרויקט, עלויות, משך הקמה, ביקושים, תועלות, וכן שער הריבית בהיוון. הצגת חלק זה בדו"ח תעשה על פי האמור בפרק ההנחיות סעיף 5.7.5.

ג. בדיקות סבירות

תוצאות בדיקות הסבירות יוצגו בהתאמה להנחיות הכלליות בנושא זה:

- סבירות הנחות רקע: אוכלוסייה, תעסוקה, שימושי קרקע.
- סבירות התוצאות התחבורתיות: הגידול בנסיעות ונסועה.
- התאמה פנימית במערכת התוצאות.

עורך הבדיקה רשאי לקבוע על פי שיקול דעתו את צורת הצגת תוצאות הבדיקה בדו"ח הסקירה והטבלאות.

6.6. סיכום ומסקנות

סיכום הבדיקה: ראוי שיהיה תמציתי וכסה את הנקודות העיקריות של העבודה, שהן:

- מהות הפרויקט והשפעותיו.
 - מתודת הבדיקה.
 - תיאור אירועים ופרויקטים אשר השפיעו על תוצאות הבדיקה.
 - התוצאות התחבורתיות והאחרות.
 - מדדי הכדאיות הכלכלית.
- מסקנות הבדיקה: התייחסות בהרחבה הנדרשת:
- השגת יעדי הפרויקט.
 - תנאים מוקדמים נדרשים (ככל שקיימים).
 - הערות וסייגים שלהם השפעה מהותית על כדאיות ביצוע הפרויקט או התניה (אי ודאות, סיכון) שעל מקבל ההחלטה להתחשב בהן.

המלצות:

- כדאיות הפרויקט ככלל ועיתוי הביצוע (שנת הכדאיות) בפרט.
- הערות לגבי: גודל ההשקעה, רמת תכן, תצורת הפרויקט, חלופות שראוי לבחון.
- הערות אחרות מהתובנות שעלו במהלך הבדיקה.

נספחים

נספח 1: זרם עלויות ותועלות שנתי (אלפי ₪) - חובה

זרם תועלות-עלויות		תועלות					עלויות		שנה	
החזר השקעה (ע.ג. מצטבר)	סה"כ זרם תועלות נטו	סה"כ תועלות	אחר (לפרט)	סביבה	בטיחות	עלויות תפעול	חיסכון זמן	הפרעה לתנועה	עלות הקמה / אחזקה / הפעלה*	
										2020
										2021
										2022
										2023
										2024
										2025
										2026
										2027
										2028
										2029
										2030
										2031
										2032
										2033
										2034
										2035
										2036
										2037
										2038
										2039
										2040
										2041
										2042
										2043
										2044
										2045
										2046
										2047
										2048
										2049
										2050
										ערך גרט
										סה"כ
			החזר שנתי			שנת כדאיות ראשונה:		ש.ת.פ.		ע.ג.ג.

(* בפרויקטים בהם עלויות תפעול/אחזקה מתקיימים בעת ובעונה אחת עם ההשקעה (כגון: השקעה בשלבים) יש להציג בעמודות נפרדות

נספח 2: נוסחאות מודל חישוב עלויות תפעול כלי רכב חובה

$y=a+b*v^2+c*\ln(v)$	הפונקציה:
לכל אחת משנות היעד בבדיקה	שנת יעד:

מקדמי הפונקציה			סוג הרכב
c	b	a	
			רכב פרטי + מסחרי בשימוש פרטי + מוניות מיוחדות
			רכב עבודה (מסחרי בשימוש עסקי) + רל"נ + מוניות שירות
			משאית עד 12 טון*
			משאיות מעל 12* טון
			אוטובוס עירוני*
			אוטובוס בינעירוני*

(* עלויות תפעול אוטובוסים ומשאיות כולל את מלוא עלויות ההון המחושבות ועלות המיסעה

פרק 7: הפרמטרים וערכי מחדל

תוכן עניינים

7.1 מבוא - הפרמטרים בבדיקת הכדאיות

7.2 פרמטרים - ערכי מחדל

7.2.1 אורך חיי הפרויקט - ערך גרט

7.2.2 שנות תכנון

7.2.3 התפלגות מטרות הנסיעה

7.2.4 התפלגות סוג כלי רכב

7.2.5 מקדמי מילוי כלי רכב

7.2.6 מקדמי מעבר שעות יום

7.2.7 קדם ימי תועלת בשנה

7.2.8 מקדמי גדול שנתי בתנועה

7.2.9 שער ההיוון

7.2.10 מרכיב בנ"מ

7.1. מבוא - הפרמטרים בבדיקת הכדאיות

נוהל פר"ת מגדיר מסגרת רחבה של פרמטרים הנדרשים לאמידת השפעות פרויקטים תחבורתיים, בחלקם לתרגום השפעות אלה לערכים כמותיים וכלכליים.

המונח "פרמטרים" מתייחס למגוון משתנים, מקדמים וערכים המשמשים בתהליך הערכת הפרויקט. מטרת הוראות השימוש בפרמטרים אלו ובערכי המחדל שלהם, היא יצירת בסיס אחיד ומחייב לעורכי הבדיקות בפרויקטים.

עורך הבדיקה יציג את הפרמטרים והערכים בהם השתמש. עליו לפרט את דרכי החישוב ובסיסי הנתונים.

גישת הנוהל הבסיסית היא לקבוע את ערכי הפרמטרים על פי מאפייני הפרויקט הנבדק. השימוש בערכי מחדל עשוי להידרש כאשר אין לעורך הבדיקה יכולת או כל מידע מוקדם לאומדן פרמטר נדרש. היה ועורך הבדיקה ישתמש בערכי המחדל, עליו לציין זאת.

רשימת הפרמטרים לערכי מחדל

- (1) אורך חיי הפרויקט - ערך גרט.
- (2) שנות תכנון.
- (3) התפלגות מטרות הנסיעה.
- (4) התפלגות סוג כלי רכב.
- (5) מקדמי מילוי כלי רכב.
- (6) מקדמי מעבר תקופות יום.
- (7) מקדם ימי תועלת בשנה.
- (8) מקדמי גידול שנתי בתנועה.
- (9) שער ההיוון.
- (10) מרכיב בנ"מ.

7.2. הפרמטרים - ערכי מחדל

7.2.1. אורך חיי הפרויקט - חישוב ערך גרט

אורך חיי הפרויקט הכלכלי הינו מניין שנות השפעת הפרויקט בהן מחושבות התועלות ממנו, ולפיו נערכים חישובי כדאיות הפרויקט. מכאן חשיבותו של פרמטר זה על תוצאת הבדיקה. אורך חיי הפרויקט הכלכלי מחושב לתקופה מיום פתיחתו לתנועה, להבדיל ממועד ההשקעה בפרויקט.

ערך הגרט הנו ערך השייר - ערכו של הפרויקט בתום אורך חייו הכלכליים (במחירים למשק). אורך החיים הכלכלי של פרויקט הנו אופק הבדיקה הכלכלית, אשר מותנה בגודל ההשקעה בפרויקט (במחירים למשק), כדלקמן:

כבישים (לרבות תשתיות של פרויקטים בתחבורה ציבורית)

- פרויקטים "דלי השקעה" (עד 150 מיליון ₪): אופק הבדיקה הכלכלית הנו 15 שנים. ערך הגרט: מלוא עלות פינניים, הפקעות ורכישת זכויות דרך + 30% מיתר מרכיבי עלות ההשקעה.
- פרויקטים גדולים "עתירי השקעה" (150 מיליון ₪ ומעלה): אופק הבדיקה הכלכלית - 30 שנים. ערך הגרט: מלוא עלות פינניים, הפקעות ורכישת זכויות דרך בלבד.
- "מגה" פרויקטים (1.0 מיליארד ₪ ומעלה): אופק הבדיקה הכלכלית - 40 שנים. ערך הגרט: מלוא עלות פינניים, הפקעות ורכישת זכויות דרך בלבד.

רכבות ורק"ל

- רכבות כבדות ורכבת קלה: אופק הבדיקה הכלכלי 40 שנים. ערך גרט: מלוא עלות פינניים, הפקעות ורכישת זכויות דרך בלבד. תחנות ומסופי תחבורה ציבורית (כפרויקט נפרד)
- תחנות רכבת כבדה ראשיות: 30 שנים.
- מסופי תחבורה ציבורית - אוטובוסים ורכבת קלה: 30 שנים. ערך גרט: מלוא עלות פינניים, הפקעות ורכישת זכויות דרך בלבד.
- תחנות זמניות או עד 50 מיליון ₪: 15 שנים. ערך גרט: מלוא עלות פינניים, הפקעות ורכישת זכויות דרך + 30% משאר מרכיבי עלות ההשקעה.

עורכי הבדיקה, בתאום עם מזמין העבודה, יכולים להפעיל שיקול דעת כדלקמן:

- פרויקטים "דלי השקעה": ניתן להאריך את אופק הבדיקה מעבר ל-15 שנים, על מנת לתת ביטוי לקיום תועלות ארוכות טווח של הפרויקט (השפעתו על הרשת שבתחום ההשפעה).
- פרויקטים "עתירי השקעות": ניתן לקצר את אופק הבדיקה מ-30 שנים, היה וקיים ספק סביר באשר לתועלות בטווח השנים המאוחרות (בגין שינויים ברשת, טכנולוגיה מתחרה, מבנה הביקושים וכו').

7.2.2. שנות תכנון (שנות יעד)

הפרמטר "שנות תכנון" הוא נקודת זמן בחיי הפרויקט, שבה נערכות הצבות התנועה והניתוח התחבורתי של הפרויקט, והן הבסיס ליצירת הזרם השנתי של התועלות הכלכליות. ניתן להפעיל שיקול דעת באשר למועדי ערכים אלה בהתאם ל: מאפייני הפרויקט, התפתחויות צפויות באזור השפעת הפרויקט, ובעיקר שינויים צפויים ברשת התחבורה (כבישים, רכבות, תחבורה ציבורית) ו/או בתוכניות פיתוח שהם באזור זה. זברים אמורים במיוחד בפרויקטים "עתירי השקעה".

שנות התכנון ייקבעו בתאום עם מזמין העבודה.

כערכי מחדל, המועדים המומלצים הם:

- שנת בסיס: מועד פתיחת הפרויקט לתנועה, או בסמוך לו.
 - טווח הזמן הבינוני: 10-15 שנים ממועד שנת הבסיס.
 - טווח הזמן הארוך: 20-30 שנים ממועד שנת הבסיס.
- לפרויקטים "דלי השקעה" יספיקו שתי שנות יעד: שנת בסיס וטווח הזמן הבינוני, כאמור לעיל. לפרויקטים "עתירי השקעה" נדרשות שלוש שנות יעד. בהעדר יכולת ממשית נדרשות שתי שנות יעד: שנת בסיס או שנת יעד של הטווח הבינוני או של טווח הזמן הארוך.
- לפרויקטי מסילות (רכבת כבדה וקלה) ול"מגה פרויקטים", בהם אורך חיי הפרויקט הינו 40 שנים, חובה לבחון את הפרויקט בשלושה מועדי בדיקה:
- שנת בסיס, כאמור לעיל.
 - טווח הזמן הבינוני: 10-15 שנים ממועד פתיחת הפרויקט.
 - טווח הזמן הארוך: 20-30 שנים ומעלה ממועד פתיחת הפרויקט.

7.2.3. התפלגות מטרות הנסיעה

חישוב התועלות הכלכליות בגין החיסכון בזמן הנסיעה נעשה על פי מטרות הנסיעה לפי תקופות יום. מטרות הנסיעה משתנות על פי תקופות יום וטווחי (אורך) הנסיעה.

בגרסת הנוהל הנוכחית קיימות שתי מטרות נסיעה בלבד והן:

- נסיעות בענייני עבודה - הערך הכלכלי הנו 100% מערך שעה נחסכת.
- נסיעות למטרות אחרות (כל יתר מטרות הנסיעה לרבות אל ומהעבודה) - הערך הכלכלי 30% מערך שעה נחסכת.

ערכי המחדל של התפלגות מטרות הנסיעה, בתקופות היום השונות (שש תקופות יום), ולפי טווח ואורך הנסיעה, מוצגים בטבלה להלן.

נסיעות באורך של עד 50 ק"מ, מתאימות לאזור עירוני, מעבר לכך הן מיוחסות לנסיעות בינעירוניות. לנסיעות במרחב מטרופוליני או לנסיעות מעורבות אחרות מתאים הממוצע המשוקלל (כל הנסיעות - בלוח 7.1).

התפלגות הנסיעות מוצגת בלוח 7.1 להלן, על פי מטרות נסיעה משוקללות בנסועה.

לוח 7.1: התפלגות מטרות הנסיעה לפי טווח הנסיעה ותקופות יום

א. נסיעות עד 50 קמ"ש (משוקלל בנסועה)

מטרה	06:00-07:00	07:00-09:00	09:00-12:00	12:00-15:00	15:00-18:00	18:00-20:00	סה"כ יומי 06:00-20:00
ענייני עבודה	14.5%	13.2%	18.6%	11.0%	5.0%	2.3%	9.1%
מטרות אחרות	85.5%	86.8%	81.4%	89.0%	95.0%	97.7%	90.9%
סה"כ	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

ב. נסיעות מעל 50 קמ"ש (משוקלל בנסועה)

מטרה	06:00-07:00	07:00-09:00	09:00-12:00	12:00-15:00	15:00-18:00	18:00-20:00	סה"כ יומי 06:00-20:00
ענייני עבודה	26.7%	23.6%	25.7%	10.4%	5.3%	2.4%	13.9%
מטרות אחרות	73.3%	76.4%	74.3%	89.6%	94.7%	97.6%	86.1%
סה"כ	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

ג. כל הנסיעות (משוקלל בנסועה)

מטרה	06:00-07:00	07:00-09:00	09:00-12:00	12:00-15:00	15:00-18:00	18:00-20:00	סה"כ יומי 06:00-20:00
ענייני עבודה	18.7%	16.2%	21.0%	10.8%	5.0%	2.3%	10.7%
מטרות אחרות	81.3%	83.8%	79.0%	89.2%	95.0%	97.7%	89.3%
סה"כ	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

7.2.4 סוג כלי הרכב

סוג כלי הרכב משפיע ישירות על חישוב עלויות תפעול כלי הרכב ובעקיפין על החיסכון בזמן נוסעים ונהגים מקצועיים. זאת בשל הקשר שבין סוג הרכב, מספר הנוסעים (מקדם המילוי) ומטרות הנסיעה.

יש להבדיל בין התפלגות סוג כלי רכב בחישוב עלויות תפעול לבין ההתפלגות הקשורה לחישוב ערך הזמן לנוסעים ונהגים מקצועיים.

ערכי מחדל של התפלגות סוג כלי הרכב מוצגים בטבלה 7.2 להלן, תוך הפרדה בין פרויקטים בעלי אפיון "עירוני" לבין אפיון "בינעירוני". לפרויקטים "אזוריים", ניתן להיעזר בהתפלגויות להלן על פי שיקול דעת מבצע הבדיקה. יש לציין זאת בדו"ח הבדיקה.

הערה: ערכי המחדל חושבו כממוצע של ספירות תנועה ממגוון מקורות, אימות הנתונים נעשה ע"י השוואה עם התפלגות נסועת כלי הרכב - נתוני אגף הרישוי של משרד התחבורה. עיבודים פרטניים נעשו לסוגי הרכב, אשר אינם נספרים בנפרד בספירות התנועה המקובלות: רכב עבודה (להבדיל מ"רכב מסחרי"), רכב להסעת נוסעים (רל"ן), משאיות עד 12 טון ומעלה, אוטובוסים עירוניים ובינ"ע. הערכים מבוססים על עבודות מחקר וסקרים נפרדים ובמידת מה גם על הערכות מקצועיות.

בשל האמור לעיל עשויים ערכי המחדל להיות שונים בתכלית ממאפייני הפרויקט הנבדק, הדבר נכון בעיקר עבור פרויקטים בעלי אפיון מיוחד כגון כבישי אגרה ומרכזי תעסוקה. אשר על כן השימוש בערכי המחדל צריך להיעשות כברירה אחרונה.

לוח 7.2: התפלגות התנועה לפי סוג כלי הרכב

א. פרויקטים עירוניים

סוג רכב/תקופת יום	בוקר 07:00-09:00	שפל 1 09:00-12:00	שפל 2 12:00-15:00	ערב 1 15:00-18:00	ערב 2 18:00-20:00
רכב פרטי+ "מסחרי" בשימוש פרטי	80.5%	77.4%	78.0%	81.8%	86.0%
רכב עבודה (מסחרי בשימוש עסקי)	5.0%	5.9%	5.7%	4.9%	3.9%
מוניות "ספיישל"	3.0%	3.8%	3.7%	3.5%	3.3%
רכב להסעת נוסעים (רל"ן) כולל מוניות שרות	3.5%	4.0%	3.9%	3.0%	2.0%
אוטובוס עירוני	4.5%	4.9%	4.7%	4.1%	3.3%
משאיות עד 12 טון	2.2%	2.4%	2.4%	1.6%	0.9%
משאיות 12 טון ומעלה	1.3%	1.6%	1.6%	1.1%	0.6%
סה"כ	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

ב. פרויקטים בינעירוניים

סוג רכב/תקופת יום	בוקר 07:00-09:00	שפל 1 09:00-12:00	שפל 2 12:00-15:00	ערב 1 15:00-18:00	ערב 2 18:00-20:00
רכב פרטי+ "מסחרי" בשימוש פרטי	82.8%	78.0%	78.7%	83.1%	86.8%
רכב עבודה (מסחרי בשימוש עסקי)	4.5%	6.4%	6.1%	4.8%	3.6%
רכב להסעת נוסעים (רל"ן) כולל מוניות שרות	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%	3.0%
אוטובוס בינעירוני	3.1%	2.3%	2.6%	2.8%	2.6%
משאיות עד 12 טון	3.7%	6.0%	5.5%	3.5%	2.4%
משאיות 12 טון ומעלה	2.4%	3.8%	3.6%	2.3%	1.6%
סה"כ	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

7.2.5. מקדמי מילוי כלי רכב

מקדם מילוי כלי הרכב הנו מספר נוסעים + נהג הרכב. מקדמי המילוי משתנים לפי סוג כלי הרכב, תקופות יום ומאפיין הנסיעה - עירונית/בינעירונית.

מקדמי המילוי המוצגים בלוח 7.3, הם עבור ימי חול (א'-ה'), בחלוקה לשלוש תקופות יום, תוך הפרדה בין פרויקטים בעלי אפיון "עירוני" לבין אפיון "בינעירוני". לפרויקטים "אזוריים", ניתן להיעזר בהתפלגויות הנ"ל, על פי שיקול דעת מבצע הבדיקה. יש לציין זאת בדו"ח הבדיקה. כמו כן ניתן להשתמש במקדמים אלו לתקופות יום מפורטות יותר.

מקורות הנתונים לערכי המחדל הם מגוונים, על פי סקרי תחבורה שונים, גם משנים קודמות והערכות מקצועיות. עם זאת בשל הקושי הקיים לאסוף נתונים אמין לפרויקט הנבדק, ניתן להשתמש בערכים אלה.

עבור מקדמי מילוי לסופי שבוע, חגים ושעות לילה יש להשתמש במקדמי מילוי ייחודיים על פי ניתוח פרטני.

לוח 7.3: טבלת ערכי המחדל עבור מקדמי המילוי

ערב ממוצע (15:00-18:00)		שפל ממוצע (12:00-15:00)		בוקר ממוצע 07:00-09:00		
פרויקטים בינעירוניים	פרויקטים עירוניים	פרויקטים בינעירוניים	פרויקטים עירוניים	פרויקטים בינעירוניים	פרויקטים עירוניים	
2.0	1.4	1.5	1.3	1.5	1.2	רכב פרטי+ "מסחרי" בשימוש פרטי
2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	רכב עבודה ("מסחרי" בשימוש עסקי)
		2.5	2.5		2.5	מונית "ספיישל"
8	6	8	6.5	8	8	רכב להסעת נוסעים (רל"ן) כולל מוניות שירות
	14.6		15.0		16.3	אוטובוס עירוני
13.0		11.7		14.3		אוטובוס בינעירוני
	6.8		7.6		7.8	אוטובוס אזורי
1.2	1.2	1.2		1.2	1.2	משאיות עד 12 טון
1.2	1.2	1.2		1.2	1.2	משאיות 12 טון ומעלה

7.2.6. מקדמי מעבר - תקופות יום

מקדמי המעבר "תקופות יום" מיועדים לנפח את התועלות שחושבו לחלק משעות היום בלבד, לתקופת יום מלאה שהיא בין השעות 06:00-20:00.

ככלל, הרצוי הנו שימוש במקדמים המחושבים לכל אחת משעות היום. לחילופין, ניתן להיעזר במקדמים בתקופות היום האופייניות, כפי שנקבעו בסעיף "מטרות הנסיעה", כדלקמן:

- שחר: 06:00-07:00.
- תקופת בוקר: בין 07:00 - 09:00 (שעת השיא חדה יותר בין השעות 07:30 - 08:30).
- תקופת שפל 1: 09:00 - 12:00.
- תקופת שפל 2: 12:00-15:00.
- תקופת ערב 1: 15:00-18:00.
- תקופת ערב 2: 18:00-20:00.

שימוש בתקופות היום ייעשה בהתחשב במאפייני התנועה באזור השפעת הפרויקט וקיבולת המערכת (רמת שרות-גודש בתנועה). בהעדר נתונים מפורטים על התנועה, על פי שיקול דעת הבודק ניתן יהיה:

- לוותר על תקופת השחר.
- לאחד את שעות השפל לתקופה אחת בין 09:00 ל-15:00.

- לאחד את תקופות הערב לתקופה אחת בין 15:00 ל-20:00.
- אין לוותר על תקופת הבוקר ללא הסבר מפורט.

ערכי מחדל של מקדמי המעבר

כאמור בפרק ההנחיות, חישוב תועלות רצוי שייעשה על בסיס ממוצע תקופות היום ולא לפי שעת השיא. בהתאם לכך, מרבית המקדמים המוצגים בטבלה להלן הם על בסיס ממוצע תקופתי, אלא אם מצוין אחרת.

השימוש במקדמי המעבר:

- עדיפות ראשונה: חישוב התועלות לפי מקדם משולב לחמש תקופות יום (ללא תקופת השחר).
- עדיפות שניה: חישוב התועלות לפי שלוש תקופות יום: בוקר-שפל-ערב.
- עדיפות שלישית: לפי תקופת בוקר ותקופת ערב - (עדיפות לחלופה 1 בלוח 7.4).
- עדיפות רביעית: תקופת יום אחת, מקדם בודד - עדיפות למקדם ממוצע בוקר.
- עדיפות חמישית: תקופת יום אחת, מקדם בודד - עדיפות למקדם שעת שיא בוקר.

לוח 7.4: מקדמי מעבר לפי תקופות יום

תקופת יום אחת (מקדם בודד)		שתי תקופות		שלוש תקופות	חמש תקופות	תקופת יום העדפה
שעת שיא	ממוצע	חלופה 2	חלופה 1			
חמישית	רביעית	שלישית		שניה	ראשונה	
אז: 5.7	אז: 6.8	2.5	3.2	2	2	בוקר: 7-9
				6		תקופת שפל: 9-15
					3	שפל 1: 9-12
					3	שפל 2: 12-15
	אז: 11.0	6.8		5		תקופת ערב: 15-20
אז: 6.1	אז: 7.7		4.1		3	ערב 1: 15-18
					2	ערב 2: 18-20

הערה: למבצע הבדיקה שמורה הזכות לשנות ממקדמים אלה בטווח רגישות של $\pm 25\%$, ו/או להשתמש במקדמים אחרים על פי מאפייני הפרויקט. אלו יפורטו בדו"ח הבדיקה.

דברי הסבר ודוגמאות:

א. חמש תקופות יום (חמישה מקדמים)

- תקופת בוקר בין 7-9: תועלת שעה ממוצעת תוכפל במקדם 2.
- תקופת שפל 1 בין 9-12: תועלת שעה ממוצעת תוכפל במקדם 3.

- תקופת שפל 2 בין 15-12: תועלת שעה ממוצעת תוכפל במקדם 3.
 - תקופת ערב 1 בין השעות 18-15: תועלת שעה ממוצעת תוכפל במקדם 3.
 - תקופת ערב 2 בין השעות 20-18: תועלת שעה ממוצע תוכפל במקדם 2.
- התועלת היומית היא סכום חמש המכפלות לעיל.
- ב. שתי תקופות יום-חלופה 1 (שני מקדמים)
- תקופת בוקר בין 9-7: תועלת שעה ממוצעת תוכפל במקדם 3.2.
 - תקופת ערב 1 בין השעות 18-15: תועלת שעה ממוצעת תוכפל במקדם 4.1.
- התועלת היומית היא סכום שתי המכפלות לעיל.
- ג. תקופת יום אחת (מקדם בודד)
- מקדם תקופת בוקר 9-7: התועלת על פי שעה ממוצעת לתקופה, המקדם הנו 6.8 על פי תועלת שעת שיא (בד"כ 8:30-7:30) המקדם הנו 5.7.
 - מקדם תקופת ערב 20-15: התועלת על פי שעה ממוצעת לתקופה, המקדם הנו 11.0.
 - מקדם תקופת ערב 1 18-15: התועלת על פי שעה ממוצעת לתקופה, המקדם הנו 7.7 ולשעת שיא 6.1.
- הערה: חישוב תועלות על פי מקדם ערב בלבד יעשה בנסיבות מיוחדות, לאחר אישור מזמין העבודה.

7.2.7 מקדם מעבר - ימי תועלת בשנה

- תועלות הפרויקטים מחושבות עבור יום פעילות אחד בשנה. במרבית המקרים ליום ממוצע בשבוע. מקדם המעבר "ימי תועלת בשנה" מכון לנפח את התועלת יומית לשנת תועלת. הפרקטיקה המקובלת היא חישוב תועלות ליום פעילות מייצג שהוא אחד מימי החול ב' - ה'. נהוג להניח כי התועלות בימי ו', שבת, ערבי חג וחג, הן קטנות מתועלות יום חול ממוצע, כמו גם ימי חופש אחרים. בשל האמור לעיל לא ניתן להשתמש במקדם 365 (ימים בשנה) לחישוב התועלת השנתית. מקדם המעבר תלוי במאפייני הפרויקט, כדלקמן:
- סוג התועלת המתקבל מהפרויקט:
 - ◆ תועלות בגין הפחתת עומס: תועלות אלה קיימות בד"כ ובעיקר רק בשעות שיא של ימי חול בשבוע, פחות בתקופות חופש, בימי שישי וערבי חג ומשמעותית פחות בשבתות וחגים.
 - ◆ תועלות בגין קיצור מרחק נסיעה: תועלות אלה מתקיימות בכל ימות השנה, וגודלן צמוד להיקף התנועה בתחום הפרויקט.
 - המקדם עשוי להיות שונה לפי סוג הפרויקט:

- ◆ כבישים: עירוני - בינעירוני, פרויקט בדיד - מערכת.
- ◆ פרויקטי תחבורה ציבורית: מסילות וכבישים (נת"צ).

ערכי מחדל למקדם מעבר מיום חול ממוצע לשנה יהיו:

- לפרויקטים המשפרים רמת שרות: 260 ימים.
- פרויקטים מקצרי מרחק: 275 ימים.
- פרויקטים של תחבורה ציבורית (כבישים ומסילות): 260 ימים.

7.2.8. מקדמי גידול שנתי בתנועה

מקדמי גידול שנתי בתנועה נדרשים לעריכת תחזיות התנועה. היה ואלו אינם מתקבלים מצוותי התכנון המקומיים, על עורך הבדיקה לחשב מקדמי גידול מתאימים בהתאם לפרויקט הנבדק ולשנות את התכנון שנקבעו.

ערכי מחדל למקדמי גידול עבור תחזיות התנועה עשויים להיזרש כאשר אין לעורך הבדיקה יכולת או כל מידע מוקדם לביצוע התחזיות. היה ועורך הבדיקה ישתמש בערכי המחדל, עליו לפרט את הנימוקים לכך ואת החישובים שערך.

ערך המחדל הינו 2.5% לשנה - ערך זה מתבסס על הגידול הממוצע בנסועה בעשור האחרון בישראל, שהוא האינדיקטור המתאים ביותר לגידול היקף התנועה. בהעדר חתכי נתונים של נסיעות עירוניות, בינ"ע וכיו"ב ישמש ממוצע זה כערך מחדל לכל סוגי הפרויקטים.

המגמה הנראית היא כי הממוצע בנסועת כלי רכב נמצא במגמת ירידה משנת 2000 (מ-20.5 אלף ק"מ ל-17.5 אלף ק"מ בשנת 2018). ככל שניתן להניח מגמת ירידה זו תמשך בשנים הקרובות ואף תגדל, בהנחה שתופעת הליסינג ברכב ו/או השתתפות המעביד באחזקת כלי הרכב, יקטנו.

7.2.9. שער היוון

שערי הריבית להיוון פרויקטים, בגרסת נוהל 2021⁶⁵, הם כדלקמן:

- שער ההיוון לכל סוגי הפרויקטים הינו אחיד בשיעור של 7%.
- בדיקת רגישות (חובה) תעשה לשער ריבית של 4%.

7.2.10 מרכיב הבנ"מ (Contingency)

מרכיב חשוב באומדן עלות ההשקעה בפרויקט הנו ה"בלתי נודע מראש" (ב.ג.מ). שער הבנ"מ תלוי ברמת התכנון של הפרויקט. אי הוודאות באמידת ההשקעה בפרויקט הולכת וקטנה עם שלבי התכנון. בשלב התכנון המפורט, ידועים בדרך כלל הפרמטרים התכנוניים של הפרויקט

65 פירוט בנספח מס' 3 - "שער ריבית להיוון", אידע בע"מ, ינואר 2018

והאומדן מבוסס על כתבי כמויות ולאחר ביצוע בדיקות קרקע ואחרות. בהתאם לכך אחוז הבנ"מ הולך ופוחת עם רמת התכנון.

שלבי התכנון המקובלים בהתפתחות פרויקט הם:

- **תכנון רעיוני:** רמת תכנון בסיסית של הפרויקט, שבו ידועים: תוואי, סוג אזור, רמת הכביש. מחירי היח' הם גנריים, נגזרים מפרויקטים אחרים דומים.
 - **תכנון מוקדם:** השלמת הפרמטרים התכנוניים העיקריים של הפרויקט. אין עדיין תוכניות ביצוע ומסמכי מכרז. אך ידועים חתכי אורך/רוחב והגיאומטריה.
 - **תכנון מפורט:** לאחר תכנון מוקדם וקודם לתכנון מפורט לביצוע.
 - **גמר תכנון מפורט לביצוע:** השלמת תכנון לביצוע, קיימים מסמכי מכרז וכתבי כמויות.
- את הבנ"מ יש לחשב ולהוסיף לאומדן ההשקעה בתשתית. ללא עלות רכישת זכויות דרך ותכנון. אומדן הבנ"מ יערך על ידי עורך הבדיקה, בהתייעצות עם מתכנן הפרויקט ו/או מהנדס כבישים.

ערכי המחדל

יש להיעזר בשיעורי הבנ"מ להלן, היה ומתכנן הפרויקט לא כלל אותם בעלות ההשקעה או שנמצאו כשגויים למועד הבדיקה.

- תכנון רעיוני: בנ"מ 50%.
- תכנון מוקדם: בנ"מ 30%.
- תכנון מפורט: בנ"מ 20%.
- תכנון מפורט לביצוע: בנ"מ 15%.

נספח:

מחקרים וסקרים שנערכו לשיפור נוהל פר"ת

מס'ד	שם	נושא	מבצע
1	ערך הזמן לנוסעים	חקר מתודולוגי של ערך הזמן כולל סקירת ספרות עולמית, עדכון ערך הזמן הנחסך בנוהל	מת"ת בע"מ, נובמבר 2017
2	עלויות אחזקת דרכים וגשרים	עדכון, מעבר לשיטת חישוב מתאימה בנושא	Economikr מאי 2018
3	שער הריבית להיוון	בקרת המתודולוגיה, סקירת השינויים בשערי ריבית בעולם, עדכון שער הריבית והצעת מתודה לעדכון בעתיד	אידע - ניהול וייעץ כלכלי בע"מ, ינואר 2018
4	עלויות הקמה	עדכון מרכיבי ההשקעה, ייחוד לעניין שווי קרקע ופיצויים (סעיף 192 - חוק התכנון ובנייה)	אידע - ניהול וייעץ כלכלי בע"מ, ינואר 2018
5	מטרות הנסיעה	שינוי מטרות הנסיעה על בסיס המטרות הנהוגות בעולם, עדכון ההתפלגויות על בסיס סקרים, סקרי הרגלי נסיעה בארץ	קולניק- ייעוץ כלכלי ופיננסי
6	מקדמי מעבר - תקופות יום	עדכון מקדמי מעבר מתועלות תקופות יום לסך התועלת יומית	קולניק- ייעוץ כלכלי ופיננסי, אוקטובר 2017
7	מקדם מעבר התועלות מיום לשנה	חקר ימי תועלת בשנה, עדכון המקדם לפי מאפיין וסוג הפרויקט	P.G.L בע"מ א.ב.פלאן בע"מ ספטמבר 2018
8.	שילוב מרכיבי רווחת הנוסע בנוהל פר"ת 2021	תוספת לפרק התחבורה הציבורית	מת"ת בע"מ, מאי 2020