

דוח סופי של הצוות הכלכלי

**בחינת המשמעויות הכלכליות
ביישום רמות תקן שונות לרעש מכבישים**

מוגש לוועדה הבינמשרדית לתקן רעש מכבישים

הצוות הכלכלי:

ד"ר אסנת ארנון - יועצת אקוסטית

אינג' רמי מנור - יועץ הנדסי

ד"ר ניר בקר - יועץ כלכלי

דורון לביא - יועץ כלכלי ומרכז הצוות

אבי צרפתי - כלכלן, משרד לביא

עמוס לביא - יועץ כלכלי והשקעות בע"מ

יגאל אלון 159 תל אביב 67443 טל' 6091333-03 פקס 6091313-03

דואר אלקטרוני lavee@ibm.net

8	רקע
9	מטרות הדו"ח
10	תהליך העבודה
29	הצגת התוצאות
35	תוצאות ומסקנות הניתוח הכלכלי
41	נספחים

תקציר

א. רקע

נושא תקן הרעש מכבישים נמצא במחלוקת מזה שנים רבות. ההתלבטות בין תקן רעש של 67 dBA לבין תקן 64 dBA (ולתקן 59 dBA) נובעת מעלויות המיגון הגבוהות הנדרשות להפחתת הרעש, לעומת הפגיעה ברווחת התושבים כאשר רמת הרעש מהכביש גבוהה.

על פי החלטת ממשלה מס' 1540 מיום 29 בינואר 1997, הוטל על השר לאיכות הסביבה להקים וועדה בינמשרדית אשר תבחן את מלוא העלויות הכרוכות בשינוי הקריטריונים העוסקים ברעש מכבישים. הוועדה תמליץ על תקן רעש מכבישים, תוך שקלול העלויות הכרוכות בשינוי והתועלת הצפויה ממנו.

הוועדה מינתה שני צוותים מקצועיים לגיבוש המלצה לתקן:

1. צוות כלכלי לבחינת המשמעויות הכלכליות ביישום רמות תקן שונות לרעש מכבישים.
 2. צוות מקצועי (אקוסטי) שימליץ¹ לחברי ועדת המליאה על שיטות החיזוי, המדידה וקריטריונים לתכנון הפחתת רעש מכבישים.
- בסיום עבודת הצוותים המקצועיים, תמליץ הוועדה על תקן רעש מכבישים, קריטריונים מתאימים לתנאי הארץ, שיטות מדידה מוסכמות והוראות תכנון וביצוע אמצעים למניעת רעש.

ב. מטרות הדו"ח

1. הצגת תהליך העבודה והמתודולוגיה של הצוות הכלכלי.
2. הצגת תוצאות עבודת הצוות הכלכלי.
3. הצגת המסקנות מעבודת הצוות.

ג. תחום הניתוח

- א. הניתוח נעשה מנקודת הראיה של כלל המשק.
- ב. המסמך אינו עוסק בשאלת אופן המימון של השגת רמת תקן רעש מסוימת ולא בחלוקת הנטל של השגת התקן הנ"ל, אלא רק ברווח הכולל למשק. סוגיות לגבי חלוקת הנטל צריכות להילקח בחשבון, אך אינם בתחום עבודה זאת.

¹ דו"ח נפרד.

ד. מתודולוגית העבודה

נבחרה השיטה האופטימלית, במסגרת המגבלות, לביצוע הבדיקה הכלכלית - מבחן עלות תועלת. הבדיקה נערכה על השינוי השולי, מבחינת העלות ומבחינת התועלת, במעבר מתקן 67 dBA לתקן 64 dBA, ובמעבר מתקן 67 dBA לתקן 59 dBA.

1. אמידת התועלת

הגישה הכלכלית הטובה ביותר, בהתחשב במגבלת הזמן שבה אמור להסתיים המחקר, הינה גישת "ערך הרכוש" (או המחירים ההדוניים). על פי גישה זו, התושבים מודעים לרמת הרעש לה הם חשופים ולכן הדבר יתבטא במחירי הדירות שברשותם. ע"י ניתוח של מחירי דירות באזורים רועשים יותר בהשוואה לאזורים רועשים פחות ועל ידי שימוש בשיטות אקונומטריות (וזאת בכדי לבדוד את השפעת הרעש מהשפעות אחרות), נתקבל אומדן לתועלת הכרוכה בהפחתת רמת הרעש מכבישים.

המתודולוגיה להערכת התועלות הכרוכות בתקן מבוססת על ניתוח מחקרי חו"ל הרלוונטיים ביותר, וכיול תוצאות ניתוח זה לישראל. הכיול הראה כי יש שוני בין הרגישות לרעש באזור "בניה רוויה" לבין הרגישות לרעש באזור בניה "צמודת קרקע". התוצאה שהתקבלה הינה כי עבור הפחתת דציבל אחד ישנה עליה של 1.4% בערך דירות בבניה רוויה, ובאזור בניה כפרית בכ- 2.4% לדציבל אחד בממוצע.

במהלך העבודה, הועלו ונשקלו נושאים רלוונטים רבים, ושוקללו באומדן התועלת:

- ◆ השפעה שכונתית, הבדלי מחיר במקור בין דירה חזיתית לאחורית, בין דירות בקומות שונות, הפחתת התועלת הנובעת מעצם קיום המיגון (קיר) האקוסטי, היזון חוזר בין רמת הרעש, ערך הרכוש והאפיון הדמוגרפי של האוכלוסייה.
- ◆ נושא עלויות המעבר של הדיירים נמצא כזניח ביחס להשפעת הרעש על ערך הרכוש. בשל עובדה זו, ובשל הקושי הרב באמידת פרמטר זה, לא שוקלל באומדן התועלת.

2. אמידת העלות

המתודולוגיה להערכת העלויות הכרוכות בשינוי התקן, מבוססת על ניתוח השוואתי תאורטי של תצורות כבישים סכמטיות (טיפוסים שונים של כבישים ובניינים הנבדלים זה מזה בצורת הכביש, במס' הקומות, במרחק הבתים מהכביש, בנתוני התנועה ובמרכיבי הטיפול האקוסטי). ניתוח כזה עדיף על ניתוח ההשוואתי המתבסס רק על ניתוח פרויקטים ספציפיים (כיוון שהשוונות בין הפרוייקטים רבה מאוד עקב קיומם של משתנים אקראיים). בשיטה המבוססת רק על ניתוח פרויקטים תחבורתיים ספציפיים יש צורך במדגם רחב מאוד (לצורך הסקה סטטיסטית שתעמוד במבחני מובהקות), החורג מאילוצי הזמן והתקציב.

את ניתוח תצורות כבישים הסכמטיות בחננו על פי מדגם של פרויקטים ספציפיים שנבחרו בתאום עם הצוות המלווה של הוועדה.

ה. תוצאות הניתוח

הצוות הכלכלי ביצע ניתוח עלות תועלת (מנקודת ראות המשק) של הפחתת רמת התקן מ 67 dBA, ל 64 dBA ול- 59 dBA. התוצאות המתקבלות אינן מראות על כדאיות כלכלית² מובהקת לתקן אחיד זה או אחר. העדר כדאיות כלכלית מובהקת לתקן יחיד, נובעת מהשפעה מכרעת של צפיפות הדיור (שהינה בעלת שונות גבוהה בין אזורים שונים) על התועלת, ומהשפעה מכרעת של סוגי המיגון הנדרש (במיוחד קירוי חלקי או מלא של הכביש שמביאים לקפיצת מדרגה³ בצד העלויות). השפעות אלו ואחרות גורמות לשונות רבה ברמת ה"תועלת נטו"⁴ בין אזורים מסוגים שונים.

ו. עיקרי התוצאות:

1. תקן 59 dBA אינו כדאי כלכלית כמעט בכל מצב, במקרים רבים הוא אינו בר יישום.
2. במחלפים יש עדיפות מובהקת לתקן 67 dBA, הן בשל עלויות גבוהות במיוחד⁵, והן בשל חוסר יכולת טכנית להשיג רמות תקן נמוכות יותר (לדוגמה, בשל הצורך לשמור על שדה ראייה לנהגים).
3. במידה ונדרשת עלות אקוסטית גבוהה (קרי קירוי חלקי או מלא), עלות הפחתת הרעש לרמה של 64 dBA גבוהה מהתועלת (במרבית המקרים).
4. בשאר המקרים בדרך כלל התועלת גבוהה או דומה לעלות בתקן 64 dBA.

² , יש חלקים במטריצת העלות תועלת עם "תועלת 64 dBA, וגם ברמה של 67 dBA ברמת תקן נטו" חיובית וחלקים עם "תועלת נטו" שלילית.

³ הגדרה בגוף העבודה - פרק "מסקנות".

⁴ תועלת נטו - התועלת הנובעת מתקן מסוים בניכוי העלות למיגון האקוסטי של אותו קטע כביש.

⁵ נדרשים ברוב המקרים ל"קפיצת עלויות" 67 dBA בניסיון למגן מחלפים לתקן

ז. מסקנות

לצורך פישוט התקן והכללה, מוצעים העקרונות הבאים:

עקרונות ההצעה:

1. כביש חדש - תקן רעש של 64 dBA, עם הקלות בהתאם למפורט בהמשך.
2. כביש קיים (שנעשות בו הרחבות או שינויים משמעותיים) - תקן רעש של 64-70 dBA ע"פ הבדיקה המפורטת בהמשך.

פירוט ההצעה:

עקרונות לכביש חדש:

התקן יהיה 64 dBA פרט לסייגים הבאים:

1. כאשר השגת תקן 64 מחייבת קירוי חלקי או מלא - לא יבוצע הקירוי אלא יבוצע פתרון משולב של מיגון אקוסטי עם מיגון דירתי.

1.1 התקן 64 dBA תקף במידה ולפני סלילת הכביש רמת הרעש הייתה נמוכה מתקן 64 dBA.

1.2 במידה ורמת הרעש לפני סלילת הכביש הייתה בין 64-67 dBA, סוללי הכביש ידאגו שרמת הרעש מהכביש החדש לא תעלה על הרמה שהייתה לפני סלילת הכביש. במידה ורמת הרעש הייתה יותר מ-67 dBA סולל הכביש ידאג לכך שרמת הרעש מהכביש לא תעלה על 67 dBA.

עקרונות לכביש מאושר/קיים (שנעשות בו הרחבות או שינוי במסגרת סטטוטורית):

התקן תלוי ברמת הרעש לפני התוספת תוך מטרה למנוע מהתושבים להרגיש עליה ברמת הרעש, לכן מוצעים העקרונות הבאים:

1. אם רמת הרעש לפני השינוי בכביש הייתה נמוכה מ 64 דציבלים - רמת הרעש מהכביש לאחר התוספת לא תעלה על 64 דציבלים (ע"פ קריטריונים של כביש חדש).

2. אם רמת הרעש לפני השינוי הייתה בין 64 ל-67 דציבלים - רמת הרעש מהכביש לאחר התוספת לא תעלה על רמת הרעש לפני השינוי בכביש (בכפוף לצורך ב"קפיצת עלויות" כמפורט להלן).

3. אם רמת הרעש לפני השינוי הייתה מעל ל-67 דציבלים - מוצעת השיטה הבאה:

שלב א'

יבדקו (ע"י הגורם המוסכם) מהם האמצעים הנדרשים לעמידה בתקן הפחות חמור - 70 dBA.

שלב ב'

יבדקו (ע"י הגורם המוסכם) מהם האמצעים הנוספים הנדרשים לעמידה ברמת תקן מחמירה יותר - 67 dBA.

כלל ההחלטה:

במידה והאמצעים הנוספים אינם גורמים ל"קפיצת עלויות", יקבע התקן היותר מחמיר.

רקע

על פי החלטת ממשלה מס' 1540 מיום 29 בינואר 1997, הוטל על השר לאיכות הסביבה להקים צוות בינמשרדי אשר יבחן את מלוא העלויות הכרוכות בשינוי הקריטריונים העוסקים ברעש מכבישים. הצוות ימליץ על הקריטריונים המתאימים לתנאי הארץ, תוך שקלול העלויות הכרוכות בשינוי והתועלת הצפויה ממנו.

הצוותים המקצועיים המייעצים לוועדה הינם:

1. צוות כלכלי לבחינת המשמעויות הכלכליות ביישום רמות תקן שונות לרעש מכבישים.

הצוות הכלכלי כולל את החברים הבאים:

ד"ר אסנת ארנון - יועצת אקוסטית

אינג' רמי מנור - יועץ הנדסי

ד"ר ניר בקר - יועץ כלכלי

דורון לביא - יועץ כלכלי ומרכז הצוות

אבי צרפתי - כלכלן, משרד לביא

2. צוות מקצועי שימליץ לחברי ועדת המליאה על שיטות החיזוי, המדידה וקריטריונים לתכנון הפחתת רעש מכבישים.

הצוות המקצועי כולל את החברים הבאים:

ד"ר אסנת ארנון - יועצת אקוסטית

אינג' יורם קדמן - יועץ אקוסטי

ד"ר יולי קלר - יועץ אקוסטי

דורון לביא - מרכז

אבי צרפתי - כלכלן, משרד לביא

מטרות הדו"ח

- הצגת תהליך העבודה והמתודולוגיה של הצוות הכלכלי.
- הצגת תוצאות עבודת הצוות הכלכלי.
- הצגת המסקנות מעבודת הצוות.

תהליך העבודה

א. הצוות הכלכלי:

1. ישיבות הצוות הכלכלי נערכו במתכונת של ישיבות דו - שבועיות.
2. לכל נושא נבחר "מוביל" שמרכז את בדיקת הנושא. המוביל העלה את ממצאיו ואת הבעיות בהם ניתקל בישיבות הצוות לדיון.
3. משרד לביא - ריכז את כלל מהלך העבודה, התאומים ואת הנושאים הלוגיסטיים.

נושא	המוביל בצוות הכלכלי
ניתוח עלויות אקוסטיות ישירות	אסנת ארנון
ניתוח עלויות נלוות (לשיקוע)	רמי מנור
ניתוח תועלת	ניר בקר
סקירת תקני חו"ל ומסמכים רלוונטיים אחרים	דורון לביא
ריכוז ותאום	אבי צרפתי

4. הצוות הכלכלי דווח לחברי וועדת המעקב על שלבי העבודה והתוצאות, כולל העלאת בעיות בהם ניתקל במהלך עבודתו.

ב. סקירת מסמכים:

במהלך עבודת הוועדה נסקרו מסמכים רלוונטיים רבים. ביניהם מאמרים מקצועיים (בנושאים אקוסטיים וכלכליים), תקינה בנושא מחו"ל, דוחות מבקר המדינה ומסמכים רלוונטיים נוספים כגון: ישראל 2020, בג"צים וכד'.

תאור תמציתי של מסמכים אלה מופיע בנספחים לעבודה. פירוט מלא של המסמכים ותכולת הנספחים בכלל מוצג בתוכן העניינים לנספחים המופיע בתחילת פרק הנספחים.

ג. ניתוח ואמידת התועלות

1. מתודולוגיה

הגישה הכלכלית הטובה ביותר, בהתחשב במגבלת הזמן שבה אמור להסתיים המחקר, הינה גישת "ערך הרכוש" (או המחירים ההדוניים). על פי גישה זו התושבים מודעים לרמת הרעש לה הם חשופים ולכן הדבר יתבטא במחירי הדירות שברשותם. ע"י ניתוח של מחירי דירות באזורים רועשים יותר בהשוואה לאזורים רועשים פחות ועל ידי שימוש בשיטות אקונומטריות (וזאת בכדי לבדוד את השפעת הרעש מהשפעות אחרות), ניתן לקבל אומדן לתועלת הכרוכה בהפחתת רמת הרעש מכבישים.

המתודולוגיה להערכת התועלות הכרוכות בתקן מבוססת על ניתוח מחקרי חו"ל הרלוונטיים ביותר, וכיול תוצאות ניתוח זה לישראל תוך התייעצות עם שמאים⁶.

2. הנחות עבודה

א. הנחת הלינאריות - התועלת מהפחתת יח' רעש (dBA) קבועה (תלויה לינארית) ברמות הרעש בטווח של 50-70 dBA.

ב. נתוני צפיפות הדיור (בצפיפות לאורך הכביש) של ה-OECD מכוילים לישראל הינם:

♦ בנייה צמודת קרקע:

ממוצע של 5 יח"ד לאורך 100 מ' כביש.

♦ בנייה רוויה:

מבנים של עד 4 קומות: ממוצע של 8 יח"ד לכל קומה⁷ לאורך 100 מ' כביש (בחזית).

מבנים של 8 קומות ויותר: ממוצע של 6 יח"ד לכל קומה⁷ לאורך 100 מ' כביש (בחזית).

⁶ ראה נספח 10.

⁷ מלבד קומת הכניסה.

3. סטטוס עדכני

התוצאות נתונות כאחוז מערך הרכוש (דיוור) כפונקציה ליח' רעש (dBA) ובכדי לתרגם למונחים כספיים שוקללו במחיר דירה ממוצעת, וצפיפות הדיוור בישראל.

לשם הצגת התוצאות נעזרנו בנתוני צפיפויות הדיוור של ה- OECD מכוילים לישראל⁸.

תוצאות - שקלול מחקרי חו"ל:

נמצאה ירידת ערך ממוצעת בחו"ל של 0.4% מערך הרכוש עבור הגברת הרעש ב- 1 dBA.

בהתבסס על הנחת הלינאריות מוצגת טבלת התועלות:

הגידול בתועלות ע"פ מחקרי חו"ל באזור בנייה רוויה

עבור שינוי בערך הרכוש של 0.4% ל- 1 dBA

(באלפי ש"ח למטר כביש)

שינוי בתקן dBA	צפיפות דיוור				
	2 קומות	4 קומות	8 קומות	12 קומות	ממוצע
64-67	0.5	1.5	2.7	4.2	2.2
59-67	1.4	4.1	7.2	11.3	6.0
10 *	1.7	5.1	9.0	14.1	7.5

הטיות במחקרים מחו"ל:

בניתוח מחקרי חו"ל עלו מספר נקודות המטות כלפי מטה (מפחיתות) את השפעת כל יח' רעש על התועלת בהשוואה לישראל:

1. המחקרים נערכו בארה"ב ובקנדה, שם דפוסי ההתנהגות והאקלים שונים: חלונות סגורים במשך רוב שעות היממה.

2. מחקריים לא עדכניים - (מלפני 15 שנים) מוטים כלפי מטה בהערכת המחיר של הרעש בשל העלייה ברמת החיים והמודעות לאיכות הסביבה מאז.

⁸ כמפורט בסעיף קודם.

3. המחקרים נערכו ברובם באזורי בנייה רוויה - נמצא כי השפעת הרעש על תושבים של אזור בנייה רוויה שונה (פחותה), מהשפעת הרעש על אוכלוסיית אזור בנייה צמודת קרקע או פרברים. השוני נובע מרמת הרעש שאליו רגילים באזורים שונים, ובשל העובדה ששיקולי רעש ואיכות סביבה נמצאים בעדיפות גבוהה אצל תושבי אזורי בנייה צמודת קרקע (העדפה נגלית).

תוצאות כיוול המחקרים לישראל:

הכיוול נערך (כפי שהומלץ בישיבת המליאה) על סמך הערכות של משרדי שמאים בצפון ובמרכז הארץ. הערכות אלו מבוססות על ניסיון רב של אנשי מקצוע, וממשות במקרים רבים לתמחור נכסים.

1. הבדל במקור בין דירה חזיתית לעורפית, והשפעות שכונתיות:

ברחוב שקט דירה חזיתית יקרה מדירה עורפית ב- 5%-10%. שתי סיבות להפרש זה:

א. ההבדלים במקור בין דירה חזיתית לעורפית.

ב. השפעה השכונתית - אם ניקח רחוב סואן, נגדר אותו ונהפוך אותו לשקט אזי ערך כל הדירות ברחוב יעלה (זו ההשפעה השכונתית), וכן ערך דירה חזיתית יעלה ביותר מערך דירה עורפית בגלל מאפייני הדירה.

2. ההשפעה הישירה ביותר של הרעש היא ירידת ערך של 0.375%-1.25% בין דירה עורפית לחזיתית (עבור 1 dBA).

3. קיום קיר מנטרל חצי מהשפעה זו ולכן התחום בו נשתמש הוא : 0.1875%-0.625% .

4. אם נסכם את שתי ההשפעות הללו יחדיו נקבל טווח השפעה של 0.8%-1.9% ל-dBA ובממוצע ניתן לאמור כי רעש מוריד את ערך הדירות (באזור עירוני) בכ- 1.4% לדציבל.

חישוב תועלת ל- 1 מטר

בסעיף זה מוצגת נוסחת חישוב התוספת לתועלת עבור מטר אחד של כביש באזור בנייה רוויה ובאזור בנייה צמודת קרקע.

חישוב תועלת ל- 1 מטר באזור בנייה רוויה:

מחיר דירה ממוצעת: 534.4 אלפי ש"ח.

שינוי בערך הרכוש של 1.4% לכל dBA.

ערך הדיור ל- 1 מטר כביש:

עד 4 קומות - 42.8 אלפי ש"ח למטר לכל קומה⁹.

8 קומות ויותר - 32.1 אלפי ש"ח למטר לכל קומה⁹.

- שינוי בערך הרכוש במעבר מתקן 67 dBA לתקן 64 dBA :

עד 4 קומות: { 1.4% * (64-67) * 42.8 * (מס' הקומות -1) } אלפי ש"ח למטר כביש.

8 קומות ויותר: { 1.4% * (64-67) * 32.1 * (מס' הקומות -1) } אלפי ש"ח למטר כביש.

- שינוי בערך הרכוש במעבר מתקן 67 dBA לתקן 59 dBA :

עד 4 קומות: { 1.4% * (59-67) * 42.8 * (מס' הקומות -1) } אלפי ש"ח למטר כביש.

8 קומות ויותר: { 1.4% * (59-67) * 32.1 * (מס' הקומות -1) } אלפי ש"ח למטר כביש.

הגידול בתועלות ע"פ כיוול לישראל אזור בנייה רוויה

עבור שינוי בערך הרכוש של 1.4% לכל 1dBA

(באלפי ש"ח למטר כביש)

שינוי בתקן dBA	צפיפות דיור				
	2 קומות (דירה אחת)	4 קומות (3 דירות)	8 קומות (7 דירות)	12 קומות (11 דירות)	ממוצע
67-64	1.8	5.4	9.4	14.8	7.9
67-59	4.8	14.4	25.1	39.5	20.9
10 *	6.0	18.0	31.4	49.4	26.2

* במקרים של קירוי מלא הפחתת הרעש היא של כ- 10 dBA.

⁹ מלבד הקומה הראשונה שהינה העמודים עליהם ניצב הבניין.

חישוב תועלת ל- 1 מטר באזור בנייה צמודת קרקע:

צפיפות הדיור באזור בנייה צמודת קרקע : כל 20 מטר בית.
שינוי בערך הרכוש של 2.4% לכל dBA.

$$\Delta B = (1,000 / 20) 0.024 * \Delta \text{ dBA}$$

כלומר:

$$\Delta B = 1.2 * \Delta \text{ dBA}$$

ΔB - שינוי בתועלת.

$\Delta \text{ dBA}$ - שינוי ברמת הרעש.

X - ערך הבית.

התוספת לתועלת במעבר מרמת תקן 67 dBA ל- 64 dBA (3 dBA): 3.6 אלפי ש"ח למטר.

התוספת לתועלת במעבר מרמת תקן 67 dBA ל- 59 dBA (8dBA): 9.6 אלפי ש"ח למטר.

נוסחת התוספת לתועלת במקרים של קירוי מלא (10 dBA): 12 אלפי ש"ח למטר.

הערה: הניתוח המפורט בנספח 2.1.

הגידול בתועלות ע"פ כיוול לישראל באזור בנייה צמודת קרקע.

עבור שינוי בערך הרכוש של 2.4% לכל dBA 1

(באלפי ש"ח למטר כביש)

השינוי בתקן dBA	ערך הבית (באלפי ש"ח)							
	540	720	900	1,080	1,260	1,440	1,620	1,800
67-64	1.9	2.6	3.2	3.9	4.5	5.2	5.8	6.5
67-59	5.2	6.9	8.6	10.4	12.1	13.8	15.6	17.3
10 *	6.5	8.6	10.8	13.0	15.1	17.3	19.4	21.6

* במקרים של קירוי מלא הפחתת הרעש היא של כ- 10 dBA.

ד. ניתוח העלויות האקוסטיות הישירות

מטרת הניתוח הנ"ל לקבוע את תוספת העלות הישירה הנובעת מתוספת המיגון האקוסטי הנדרשת עקב החמרת התקן לרעש מרבי מותר מעורקי תנועה. תקן הייחוס הינו 67 dBA, ורמות התקן שנבדקו הינן: 59 dBA, 64 dBA, 67 dBA.

1. מתודולוגיה

ביסוס הניתוח ההשוואתי רק על ניתוח פרויקטים ספציפיים אינו מספק כיוון שהשונויות בין הפרויקטים רבה מאוד עקב קיומם של משתנים אקראיים. בשיטה המבוססת רק על ניתוח פרויקטים תחבורתיים ספציפיים יש צורך במדגם רחב מאוד (לצורך הסקה סטטיסטית שתעמוד במבחני מובהקות) החורג מאילוצי הזמן והתקציב. סוכם בתוכנית העבודה, כי המתודולוגיה להערכת העלויות הכרוכות בשינוי התקן תתבסס על ניתוח השוואתי תאורטי של תצורות כבישים סכמטיות, וכיול תוצאות ניתוח זה לפי פרויקטים ספציפיים שהוגדרו בתוכנית העבודה.

2. סטטוס עדכני:

- ♦ הושלמו ניתוח וחישוב עלות המעבר מרמת תקן אחת לשניה. וכן כיול תוצאות הניתוח ע"פ פרויקטים ספציפיים שנבחרו.
- ♦ טבלאות העלויות להלן כוללות עלויות נלוות בכלל, ובמקרים של שיקוע הכביש בפרט (כגון: הזזת קווי חשמל / מים / ביוב וכו').

1. מטריצת העלויות האקוסטיות הישירות:

באורים:

קו הבנייה מרחק הבניינים ממרכז הכביש.

A אין פתרון מעשי לקריטריון הנמוך: במקרים רבים נמצא כי לא ניתן להפחית את הרעש באמצעות מתרסי רעש לקריטריון הנבדק. בעיקר מצאנו כי אין אפשרות מעשית ופרקטית להקטין את הרעש לקריטריון של 59 dBA בפרויקטים הספציפיים. כך למשל מצאנו כי במחלף כפר שמריהו ניתן יהיה להשיג מפלס של 59 dBA באמצעות קירוי של הכביש והרמפות. פתרון זה אינו מעשי ואינו יכול לעמוד בדרישות של בטיחות תנועה המחייבות קיום שדה ראייה בפניות ימינה ושמאלה ובהשתזרויות. המעבר מקריטריון של 64 dBA לקריטריון של 59 dBA התבטא בעיקר בגידול מספר הבתים בהם נדרש טיפול דירתי (מעל

ל- 60% מן הבתים לאורך הפרויקט). פתרון זה אינו פתרון חילופי למתרסי הרעש והמשמעות האמיתית של החלת קריטריון של 59 dBA של פרויקט מחלף כפר-שמריהו הינו ההכרח למצוא פתרון תחבורתי תכנוני שונה לחלוטין.

0 עלות מיגון הינה " 0 " במקרים בהם מיגון לרמת 67dBA , ממגנת גם לדרישות מחמירות יותר (64 dBA או 59 dBA) בשל אילוצים טכניים. בניתוח משווה לתועלת, יוצג במקרים אלו הסימון - ל"ר (לא רלוונטי).

קירוי מלא במקרים של קירוי מלא, העלות לא משקפת הפחתה שולית (של 3 dBA) אלא הפחתה גדולה של הרעש מהכביש (10 dBA או יותר).

אופן המיגון לתקן 64 dBA

	כביש									מחלף		
	ישר מישורי			ישר משוקע			ישר עילי			יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
קו בנייה	25	50	100	25	50	100	25	50	100			
הפרויקט												
2 קומות	6.0B 5.5M	3.5B	3.0B	5.0S 5.0B	5.0S 1.5B	5.0D	4B	3.5B	2.5B	2B 3.5B	2.8S	3.0B
4 קומות	K1	6.0B 4.0M	3.5B	K 2	5.0S 4.0B	5.0D 1.0B	6B 6M	5.5B 3M	3B	A	A	A
8 קומות	K2	K1	6.0B 2.5M	K2	K1	5.0S	K1	K1	5B	A	A	A
12 קומות	K3	K1	6.0B 4.0M	K2	K2	5.0S 4.5B	K3	K3	5.5B 4M	A	A	A

מקרא:

B - קיר הנושא את עצמו ליד שולי הכביש

M - קיר מרכזי בין מסלולים

S - קיר תמך

K1 - קירוי מסלול קרוב

K2 - מנהור שני מסלולים

K3 - קירוי קל לכביש עילי/מישורי

D - מדרון בשיפוע 1:2

A - אין פתרון מעשי

אופן המיגון לתקן 59 dBA

	כביש									מחלף		
	ישר מישורי			ישר משוקע			ישר עילי			יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
קו בנייה	25	50	100	25	50	100	25	50	100			
הפרויקט												
2 קומות	K1	6.0B 6.0M	5.0B	K1	5.0S 4.0B	5.0D 2.0B	K1	6B 5M	4.5B	A	B	B
4 קומות	K1	K1	6.0B	K2	5.0S 6.0B 6.0M	6.0B	K1	6B 6M	4.5B 3.5M	A	A	A
8 קומות	K3	K3	6.0B 5.0M	K2	K2	5.0S 4.5B	K3	K1	6B 5M	A	A	A
12 קומות	K3	K3	K3	K2	K2	5.0S 6.0B 6.0M	K3	K3	K3	A	A	A

מקרא:

B - קיר הנושא את עצמו ליד שולי הכביש

M - קיר מרכזי בין מסלולים

S - קיר תמך

K1 - קירוי מסלול קרוב

K2 - מנהור שני מסלולים

K3 - קירוי קל לכביש עילי/מישורי

D - מדרון בשיפוע 1:2

A - אין פתרון מעשי

2. הפחתת רעש מכבישים בפועל

בשל אילוצים טכניים, ואילוצים מנהלתיים בתכנון והקמת מתרסי רעש, נוצרים מצבים בהם אין אפשרות להפחית את רמת הרעש מהכביש בדיוק לרמה הקבועה בתקן (למשל במקרים בהם נדרש קירוי הכביש בכדי להגיע לרמת תקן מסוימת נוצר מצב שרמת הרעש בפועל נמוכה מרמת התקן הנדרשת). בשל עובדה זו הפחתת הרעש המשפיעה על ניתוח העלות תועלת שונה בטיפוסי כביש שונים.

- להלן טבלת הפחתת הרעש מכבישים בפועל:

טבלת הפחתת רעש בפועל במעבר מתקן של 67 לתקן 64 dBA
כל הנתונים ב-dBA

	כביש									מחלף		
	ישר מישורי			ישר משוקע			ישר עילי			יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
מרחק קו בנייה מהכביש	25	50	100	25	50	100	25	50	100			
2 קומות	3	3	0.5/3	3	3	0	3	3	0.5/3	3	3	3
4 קומות	0	3	0/3	10	3	0/3	3	3	0.5/3	A	3	3
8 קומות	10	3	1/3	0	3	0/3	0	3	0.5/3	A	A	A
12 קומות	0	0	1/3	0	10	0.5/3	0	10	0.5/3	A	A	A

הערה: במקרים של קירוי מלא, הפחתה של 10 dBA ברעש מהכביש.

טבלת הפחתת רעש בפועל במעבר מתקן של 67 dBA לתקן 59 dBA
כל הנתונים ב-dBA

	כביש									מחלף		
	ישר מישורי			ישר משוקע			ישר עילי			יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
מרחק קו בנייה מהכביש	25	50	100	25	50	100	25	50	100			
2 קומות	8	8	5.5/8	8	8	5.5/8	8	8	5.5/8	A	8	8
4 קומות	0	8	5.5/8	10	8	5.5/8	8	8	5.5/8	A	A	A
8 קומות	10	10	5.5/8	0	10	5.5/8	10	8	8	A	A	A
12 קומות	0	10	10	0	10	6/8	0	10	10	A	A	A

הערה: במקרים של קירוי מלא, הפחתה של 10 dBA ברעש מהכביש.

הגידול בעלויות במעבר מתקן 64 dBA ל- 67 dBA

באלפי ש"ח למטר כביש

	כביש									מחלף		
	ישר מישורי			ישר משוקע			ישר עילי			יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
קו בנייה	25	50	100	25	50	100	25	50	100			
הפרויקט												
ממוצע לקומות	14.4	9.1	2.5 או 7.8	24.7	30.1	3.5 או 8.5	3.1	19.2	1 או 6.9	5.7	10.7	6.7
2 קומות	10	3.3	0.7 או 3.6	5.3	4.9	0	2.2	1.4	0.7 או 2.9	5.7	9.9	6.7
4 קומות	ל"ר	6.6	ל"ר או 4.3	93.5	5.5	ל"ר או 3.7	10	3.6	1.4 או 3.6	A	11.3	6.7
8 קומות	47.8	25.8	6 או 12.9	ל"ר	16.1	ל"ר או 10.5	ל"ר	23.9	1 או 7.6	A	A	A
12 קומות	ל"ר	ל"ר	2.9 או 10.3	ל"ר	93.5	4.6 או 16.8	ל"ר	47.8	0.6 או 14.1	A	A	A

הגידול בעלויות במעבר מתקן 59 dBA ל- 67 dBA

באלפי ש"ח למטר כביש

	כביש									מחלף		
	ישר מישורי			ישר משוקע			ישר עילי			יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
קו בנייה	25	50	100	25	50	100	25	50	100			
הפרויקט												
ממוצע לקומות	20.7	39.1	20.1 או 23.7	30.1	54.7	9.3	30.6	23.7	21.4			
2 קומות	34.9	15.1	4.8 או 7.6	27.2	7.9	5.5	40.6	13.1	4.7	A	29.2	26.5
4 קומות	ל"ר	34.9	5או 9.3	93.5	17.4	7.5	34.2	10	9.8	A	A	A
8 קומות	47.8	58.6	10 או 17	ל"ר	100.3	9.5	47.8	24.1	10.8	A	A	A
12 קומות	ל"ר	47.8	60.9	ל"ר	93.5	15	ל"ר	47.8	60.3	A	A	A

* מיגון דירתי

מאחר ומיגון דירתי מהווה פתרון משלים (גם אם לא זהה) לטיפול בכביש, מוצגת להלן טבלת עלות המיגון הדירתי לאורך מטר כביש. הניתוח מבוסס על עלות מיגון אקוסטי של 30,000 ש"ח ליח"ד.

עלות מיגון דירתי באזור בנייה רוויה

מס' קומות	עלות מיגון דירתי למטר (אלפי ש"ח)
2	2.4
4	7.2
8	12.6
12	19.8

3. דיון בכיול המטריצה לפי פרויקטים ספציפיים.

השוואה בין הערכים התיאורטיים לבין הערכים הממשיים מצביעה על המסקנות הבאות:

ברוב המקרים העלות בפועל כלולה בטווח הערכים התיאורטי או מצויה בסמוך מאוד לטווח זה.

ההשוואה מצביעה על כך כי המתודולוגיה הנסמכת על תבניות סכמטיות הינה מהימנה דייה ויכולה לשמש כבסיס לניתוח עלות תועלת של הקריטריונים השונים שהוגדרו בעבודה זו.

יתר על כן, לא ניתן היה להבין את השונות הרבה של העלויות שחושבו לפרויקטים שונים, ללא הסתייעות בתוצאות שהתקבלו עבור התבניות הסכמטיות¹⁰.

¹⁰ הניתוח המפורט בנספח 11.

4. ניתוח רגישות לאמידת העלויות במחלפים

רצ"ב בנספח, טבלת עלויות למיגון מחלפים כניתוח רגישות למרחק קו הבנייה מהמחלף.

הטבלה הינה למרחק קו בנייה של 50 מטר משולי הרמפות.

השוואת העלויות בין הטבלאות הנ"ל, מצביעה על ירידה בעלויות המיגון האקוסטי כשקו הבנייה רחוק יותר (בבניה של 4 קומות - כ 40%, בבניה של 2 קומות כ 30%).

ה. עלויות נלוות לשיקוע מחלפים וקטעי כביש

סעיף זה כולל את ניתוח העלויות הנלוות במקרים בהם נדרש שיקוע בכדי להגיע לרמת הרעש הקבועה בתקן. עלויות נלוות במקרה כזה כוללות הזזת קווי חשמל ומיים, צורך בניקוז, תאורה, עלויות השיקוע עצמו וכו'.

א. מתודולוגיה

קיים קושי באמידת עלויות שיקוע לצורך קטע כביש תאורטי. השוני הרב בתחום זה בין פרויקטים ספציפיים שונים הנדסית לא מאפשר מתן ממוצע שישמש כפרמטר לניתוח עלות תועלת כללי.

ב. סטטוס עדכני (הניתוח המפורט בנספח 13)

1. נערכה רשימה של עלויות שיקוע פוטנציאליות לפרויקט מסוים, רשימה זו יכולה להוות בסיס לעבודת ועדה שתחליט אילו סוגי עלויות רלוונטיים לפרויקט ספציפי.

2. נאספו ונותחו עלויות השיקוע במספר פרויקטים ספציפיים בהם הנתונים היו זמינים:

א. מחלף כפר שמריהו.

ב. מחלף וולפסון.

ג. מחלף יוספטל.

ד. כביש 471 ב- 3 קטעים שונים.

ג. דיון בניתוח עלויות השיקוע

מניתוח הפרוייקטים הללו, ניתן להבחין בבירור בהשתנות העצומה בין פרויקט לפרוייקט והקושי הברור לתת תחום צר ומוגדר להשתנות בין מצב השיקוע למצב הרגיל.

יחד עם זאת, כאשר בכל זאת נרצה להתייחס לנושא בניתוח עלות/תועלת, וכשנבחן את התמונה יותר לעומק ובבחינות נוספות ננסה לעקר עלויות חפירה לעומת ניצול החומר החפור באזורי מילוי למשל, ואלמנטים נוספים נוכל בזהירות לאמור כי:

♦ במחלפים - התוספת שניתן להוסיף בשמרנות רבה - לעלויות השיקוע תהיה גדולה מ- 40% לעומת המצב הרגיל (הלא משוקע).

♦ בקטעי כבישים- התוספת תהיה גדולה מ- 30%.

ו. נושאים שטופלו במהלך ביצוע העבודה

הרחבת ניצול קרקע עקב קירוי כבישים.

בעת קירוי כבישים, נוצרת אפשרות לשפר את ניצול הקרקע הסמוכה לכביש (הן מבחינת מרחק קו הבנייה מהכביש והן מבחינת גובה קו הבנייה). לעובדה זו השלכה חיובית על התועלת הנובעת מקירוי הכביש. הוחלט כי נושא זה יידון בנפרד במסגרת הוועדה.

בחינת בעיית התנגדויות התושבים והמשמעות הכלכלית שלה.

1. עיכוב בסלילת כבישים והשפעת התקן על עיכובים אלו:

העיכוב בסלילת כבישים בשל התנגדויות תושבים הינו בעל מחיר כבד למשק. למרות שכנראה ישנו קשר בין רמת הרעש מהכביש לעיכובים בסלילתו, לא ברור באם תקן רעש נמוך יותר יפחית את התנגדויות התושבים לסלילת כבישים ובכמה. יחד עם זאת, נראה כי עמדה ברורה ואחידה של כל הגורמים הרלוונטיים לסלילת הכביש (קרי: תקן רעש מכבישים) תקטין עיכובים אלו.

2. בחינת נושא פיצויים לתושבים בגין רעש מכבישים והשפעת התקן עליהם :

הפיצויים הכספיים לניזוקים מסלילת הכביש נועדו לתת פיצוי (חלקי, מלא או מוגזם) על ירידת סך התועלת של הדייר. פרמטר זה כלול באומדן התועלות שביצע הצוות, התייחסות לפיצויים בנוסף תהווה "ספירה כפולה" של התועלת (או הפגיעה בה).

נושאים נוספים הכלולים באומדן התועלות:

- ◆ השפעה שכונתית - נוסף על ירידת הערך בין דירה חזיתית לעורפית, קיימת השפעה על כלל המחירים בשכונה¹¹.
- ◆ הבדלי מחיר במקור בין דירה חזיתית לאחורית.
- ◆ הפחתת התועלת הנובעת מעצם קיום המיגון (קיר) האקוסטי.
- ◆ היזון חוזר בין רמת הרעש, ערך הרכוש והאפיון הדמוגרפי של האוכלוסייה.

בחינת נושא עלויות המעבר:

- נבחן נושא עלויות המעבר (של דיירים) והשפעתן על מחירי השוק של הרכוש באזור שבו משתנה רמת הרעש, עלות זו נמצאה שולית ביחס לסך הפגיעה בתועלת של הדייר.
- הסבר לעלויות מעבר: דייר העוזב את מקום מגוריו בשל רעש, מלבד הירידה בערך הדירה נאלץ לשאת בעלויות נוספות כגון: זמן חיפוש דיירים ודירה חלופית, תשלום מכירת הדירה וכו'.

¹¹ לדוגמה שכונת בבלי בת"א.

הצגת התוצאות

א. כללי

על פי הנחיית הועדה הבינמשרדית לתקני רעש, מתבססים הצוותים המקצועיים על ניתוח עלות תועלת של יישום רמות שונות של תקן רעש מכבישים ובחינת העלות / תועלת השולית במעבר מרמת תקן 67 dBA ל- 64 dBA ומרמת תקן 64 dBA לרמה של 59 dBA.

ב. אופן הצגת התוצאות - הסבר על המטריצות העלות והתועלת

על פי החלטת ישיבת המליאה, בכדי לבדוק את המשמעויות הכלכליות של קביעת רמות תקן שונות לרעש, נערכה בדיקת עלות תועלת עבור סוגי טיפוסים שונים של כבישים ובניינים הנבדלים זה מזה בצורת הכביש, במס' הקומות, במרחק הבתים מהכביש, בנתוני התנועה ובמרכיבי הטיפול האקוסטי. לכל אחד מסוגי הטיפוסים הנבחרים בוצעה בדיקת עלות תועלת למטר כביש, עבור רמות תקן שונות. בהתאם לכמות הפרוייקטים, המתוכננים לביצוע בעתיד, מכל סוג, ניתן יהיה לגזור מתוצאות הבדיקה את ההשלכות הכלכליות העתידיות לכלל המשק הנובעות מבחירה ברמות תקן שונות (67 dBA, 64 dBA ו- 59 dBA).

ג. הצגת טבלה השוואתית - עלות מול תועלת.

הבהרות:

1. הטבלה מבוססת על נתוני צפיפות הדיור בישראל.
2. מטריצת התועלת - נטו לאזור בנייה צמודת קרקע מוצגת על בסיס מחיר נכס (בית + מגרש) של 1,000,000 ש"ח (כאינדיקציה למגמת השוואת העלות לתועלת באזור בנייה צמודת קרקע).
3. הטבלה במונחי תועלת נטו (תועלת בניכוי עלות). כלומר תועלת נטו חיובית משמעותה תועלת גדולה מהעלות.
4. הפחתת ערך הרכוש בממוצע הינה:
באזור בנייה רוויה - 1.4% לכל dBA.
באזור בנייה צמודת קרקע - 2.4% לכל dBA.

5. פרוט ניתוח רגישות להפחתת הרעש באזור בנייה רוויה נמצא בנספח 2.4. ניתוח רגישות לאזור בנייה צמודת קרקע נמצא בסעיף זה.

באורים:

1. התועלות מודגשות במקומות בהם נדרש קירוי של הכביש לצורך המיגון האקוסטי.
2. בהפחתת רעש ע"י קירוי מלא של הכביש גדולה או שווה ל- 10 dBA.
3. בקטעי כביש ישר מישורי / משוקע / עילי, במרחק קו בנייה מהכביש של 100 מ', ניתנים שני מספרים בהתאם לשתי אפשרויות מיגון שונות בעזרתן ניתן להגיע לרמות התקן.
4. ל"ר - לא רלוונטי. במקרים בהם הפתרון זהה (למשל מתחייב קירוי הן עבור תקן 64 dBA והן עבור 59 dBA) בעלות/תועלת.
5. שימוש במתרסי רעש, הפחתת 0-1 dBA בשל דרישת מינימום של הפחתת רעש ב- 5 dBA בכל מקרה.
חישוב תועלת עבור הפחתת 0.5 dBA.
6. בקטעי כביש ישר מישורי / משוקע / עילי, במרחק קו בנייה מהכביש של 100 מ', ניתנים שני מספרים בהתאם לשתי אפשרויות מיגון שונות בעזרתן ניתן להגיע לרמות התקן (פירוט בנספח 2.2).

תועלת נטו (בניכוי עלות מיגון אקוסטי) במעבר מתקן 64 dBA ל- 67 dBA
שינוי בערך הרכוש של 1.4% לכל dBA 1 - אזור בנייה רוויה
אלפי ש"ח למטר כביש

	כביש												מחלף		
	ישר משורי				ישר משוקע				ישר עילי				יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
מרחק קו בנייה מהכביש	25	50	100		25	50	100		25	50	100				
2 קומות	-8.2	-1.5	-0.4	-1.8	-3.5	-3.1	ל"ר	ל"ר	-0.4	0.4	-0.4	-1.1	-3.9	-8.1	-4.9
4 קומות	ל"ר	-1.2	ל"ר	1.1	-75.5	-0.1	ל"ר	1.7	-4.6	1.8	-0.5	1.8	A	-5.9	-1.3
8 קומות	-16.4	-16.4	0.2	3.4	ל"ר	-6.7	ל"ר	-1.1	ל"ר	-14.5	0.6	1.8	A	A	A
12 קומות	ל"ר	ל"ר	2.0	4.5	ל"ר	-44.1	-2.1	-2.0	ל"ר	1.6	1.9	0.7	A	A	A

הערה: במקרים של קירוי מלא, הפחתה של 10 dBA ברעש מהכביש.

תועלת נטו (בניכוי עלות מיגון אקוסטי) במעבר מתקן 59 dBA ל- 67 dBA
 ירידת ערך הרכוש של 1.4% לכל dBA 1 - אזור בנייה רוויה.
 אלפי ש"ח למטר כביש

	כביש												מחלף		
	ישר משורי				ישר משוקע				ישר עילי				יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
מרחק קו בנייה מהכביש	25	50	100		25	50	100		25	50	100				
2 קומות	-30.1	-10.3	-1.5	-2.8	-22.4	-3.1	-2.2	-0.7	-35.8	-8.3	-1.4	0.1	A	-24.4	-21.7
4 קומות	ל"ר	-20.5	4.9	5.1	-75.5	-3.0	2.4	6.9	-19.8	4.4	0.1	4.6	A	A	A
8 קומות	-16.4	-27.2	7.3	8.1	ל"ר	-68.9	7.8	15.6	-16.4	1.0	14.3	14.3	A	A	A
12 קומות	ל"ר	1.6	-11.5	-11.5	ל"ר	-44.1	14.6	24.5	ל"ר	1.6	-10.9	-10.9	A	A	A

הערה: במקרים של קירוי מלא, הפחתה של 10 dBA ברעש מהכביש.

תועלת נטו (בניכוי עלות מיגון אקוסטי) במעבר מתקן BA64 ל- 67 dBA
אזור בנייה צמודת קרקע
אלפי ש"ח למטר כביש

הפחתת ערך הרכוש לכל dB	כביש								מחלף		
	ישר מישורי			ישר משוקע		ישר עילי			יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
	50	100		50	100	50	100				
1.8%	-0.6	-0.3	-0.9	-2.2	ל"ר	1.3	-0.3	-0.2	-3.0	-7.2	-4.0
2.4%	0.3	-0.1	0.0	-1.3	ל"ר	2.2	-0.1	0.7	-2.1	-6.3	-3.1
2.9%	1.1	0.0	0.8	-0.6	ל"ר	3.0	0.0	1.5	-1.4	-5.6	-2.4

תועלת נטו (בניכוי עלות מיגון אקוסטי) במעבר מתקן 59 dBA ל- 67 dBA
 אזור בנייה צמודת קרקע
 אלפי ש"ח למטר כביש

הפחתת ערך הרכוש לכל dB	כביש									מחלף		
	ישר מישורי			ישר משוקע			ישר עילי			יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
	50	100		50	100		50	100				
1.8%	-7.9	0.1	-0.4	-0.7	-0.6	1.7	-5.9	0.2	2.5	ל"ר	-22.0	-19.3
2.4%	-5.5	1.8	2.0	1.7	1.1	4.1	-3.5	1.9	4.9	ל"ר	-19.6	-16.9
2.9%	-3.5	3.2	4.0	3.7	2.5	6.1	-1.5	3.3	6.9	ל"ר	-17.6	-14.9

תוצאות ומסקנות הניתוח הכלכלי

א. כללי

הצוות הכלכלי ביצע ניתוח עלות תועלת (מנקודת ראות המשק) של הפחתת רמת התקן מ- 67 dBA, ל- 64 dBA ול- 59 dBA. התוצאות המתקבלות אינן מראות מובהקות מוחלטת לתקן ספציפי.

העדר כדאיות כלכלית מובהקת לתקן מסוים נובעת מהשפעה מכרעת של צפיפות הדיור על התועלת הנובעת מתקן מסוים, ומהשפעה מכרעת של סוגי המיגון הנדרש (במיוחד קירוי חלקי או מלא של הכביש המביא לקפיצת מדרגה בצד העלויות). השפעות אלו ואחרות גורמות לשונות רבה ברמת ה"תועלת נטו"¹² בין אזורים מסוגים שונים.

ב. תחום הניתוח

1. הניתוח הנ"ל נעשה מנקודת הראיה של כלל המשק. משמעות עודף התועלת על העלות ("תועלת נטו" חיובית) הינה שההשקעה במיגון האקוסטי להשגת רמת תקן מסוימת מוצדקת ברמה של ראיה לאומית, וזאת מבלי לקחת בחשבון מיהם מקבלי התועלת או הנושאים בעלות. "תועלת נטו" חיובית משמעה שקיים גידול בתועלת הלאומית גם לאחר ההפחתה בתועלת הנובעת מההשקעה במיגון אקוסטי (גם העלות וגם התועלת כומתו במונחים כספיים לצורך ההשוואה).

2. המסמך הנ"ל אינו עוסק בשאלת אופן המימון של השגת רמת תקן רעש מסוימת, יחד עם זאת יש לומר כי מימון השגת התקן מתוך תקציב מוגבל של סולל הכביש אינה סבירה. מימון בדרך זו תפגע בהנחה העומדת בבסיסו של ניתוח עלות תועלת והגורסת שהנושאים בנטל המימון יהיו כלל האוכלוסייה. פגיעה בהנחה זו משמעה הטיה כלפי מעלה בסך התועלת מאחר ותגרום סלילה של כמות פחותה של כבישים במידה משמעותית ופגיעה בתועלת הנובעת מהאפשרות לניידות.

3. אספקט חוקי - משפטי: הניתוח התאורטי הנ"ל מבוסס על המצב המשפטי השורר כיום: אפשרות מוסדרת של העברת זכויות האוויר מעל לרצועת הדרך אינה קימת. עם יישוב השאלה המשפטית הזו, מומלץ לכלול פרמטר זה בעת הבחינה הספציפית של כדאיות המיגון האקוסטי כאשר נדרש קירוי מלא או חלקי של הכביש לצורך השגת רמת תקן מסוימת.

¹² תועלת נטו - התועלת הנובעת מתקן מסוים בניכוי העלות למיגון האקוסטי של אותו קטע כביש. ¹²

ג. עיקרי התוצאות:

1. תקן 59 dBA אינו כדאי כמעט בשום מצב. במקרים רבים הוא אינו בר יישום. מבחן עלות תועלת מצביע על כך כי לכאורה יש לדחות אימוץ תקן מחמיר של 59 dBA.
- הנתונים מצביעים על כך ברוב המקרים לא ניתן להגיע לערך זה (לא בתבניות הסכמתיות שנבחנו, ולא בפרויקטים ספציפיים) וכן שאומדני העלות הנדרשת להשגת התקן הינם גבוהים ביותר ובלתי סבירים.
- דחיית תקן זה נתמכת גם ע"י מסקנות הצוות האקוסטי שביצע סקירת רמות התקן בחו"ל, ומצא תקן זה כלא מקובל (לפירוט ראה "דו"ח התקדמות של הצוות אקוסטי").
2. במחלפים יש מובהקות לתקן 67 dBA, הן בשל עלויות גבוהות במיוחד, והן בשל חוסר יכולת טכנית להשיג רמות תקן נמוכות יותר (בשל הצורך לשמור על שדה ראיה לנהגים וכד').
3. במידה ונדרשת עלות אקוסטית גבוהה (קרי קירוי חלקי או מלא), עלות הפחתת הרעש לרמה של 64 dBA גבוהה מהתועלת (במרבית המקרים).
4. בשאר המקרים בדרך כלל התועלת גבוהה או דומה לעלות בתקן 64 dBA.

ד. דיפרנציאציה בתקן

- למרות העדר הכדאיות הכלכלית המובהקת כאמור לעיל, כאשר עורכים את הניתוח עפ"י דיפרנציאציה לפי מספר פרמטרים, ניתן להצביע על התאמה טובה יותר לתוצאות הניתוח הכלכלי.
- תקן דיפרנציאלי על בסיס אזורי ייתן התאמה טובה יותר לניתוח העלות תועלת מאחר והוא מתייחס לנושאים המשפיעים על העלות והתועלת (כגון: צפיפות הדיור, מרחק אופייני של קו הבנייה מהכביש, גובה הבנייה האופיינית ורגישות התושבים לרעש וכד').
- הוגשו מספר הצעות מפורטות לדיפרנציאציה בין אזורים¹³ (על בסיס אופי הבנייה או מעמד מוניציפאלי של האזור). אולם לתקן שכזה אספקטים שליליים רבים, כגון:

1. היווצרות "שטחים אפורים" שאינם מתאימים במובהק לשום הגדרה.

¹³ מסמך דיפרנציאציה בין אזורים על בסיס מעמד מוניציפלי (הצעה שנדחתה) מצורף בנספח 16. וכן הצעה לדיפרנציאציה בין אזורים על בסיס מאפייני הבנייה (הצעה שנדחתה) מצורף בנספח 17.

2. עצם החוסר באחידות התקן שעלול ליצור התנגדות ציבורית. התנגדות כזו עלולה ליצור עיכוב בקביעת התקן, עיכוב שמהווה עלות למשק בפני עצמו.
 3. היווצרות מצבים שנראים כנוגדים את ההגיון כגון: דיריי בניינים סמוכים הזכאים לרמות תקן שונות בשל שייכותם לאזורים שונים (על בסיס מוניציפלי או אחר).
 4. הקושי ליצור הבדל בין אזורים על בסיס קריטריונים שהינם בלתי ניתנים להטיה, ומבלי לגרום לעיכובים משמעותיים בתהליך אישור בנייה או סלילת כביש (כגון: האפשרות לבצע ניתוח עלות תועלת פרטני לכל פרויקט).
- עיקר האספקטים השליליים המפורטים לעיל רלוונטיים לדיפרנציאציה על בסיס אפיון האזור, ודיפרנציאציה שכזו אכן נדחתה (למרות שהינה יוצרת יתר התאמה לניתוח הכלכלי).

ה. מסקנות

לצורך פישוט התקן והכללה, מוצעים העקרונות הבאים:

עקרונות ההצעה:

1. כביש חדש - תקן רעש של 64 dBA, עם הקלות בהתאם למפורט בהמשך.
2. כביש קיים (שנעשות בו הרחבות או שינויים משמעותיים)¹⁴ - תקן רעש של 64-70 dBA ע"פ הבדיקה המפורטת בהמשך.

פירוט ההצעה:

עקרונות לכביש חדש:

התקן יהיה 64 dBA פרט לסייגים הבאים:

1. כאשר השגת תקן 64 מחייבת קירוי חלקי או מלא - לא יבוצע הקירוי אלא יבוצע פתרון משולב של מיגון אקוסטי עם מיגון דירתי.

1.1 התקן 64 dBA תקף במידה ולפני סלילת הכביש רמת הרעש הייתה נמוכה מתקן 64 dBA.

1.2 במידה ורמת הרעש לפני סלילת הכביש הייתה בין 64-67 dBA, סוללי הכביש ידאגו שרמת הרעש מהכביש החדש לא תעלה על הרמה שהייתה לפני סלילת הכביש. במידה ורמת הרעש הייתה יותר מ- 67 dBA סולל הכביש ידאג לכך שרמת הרעש מהכביש לא תעלה על 67 dBA.

עקרונות לכביש מאושר/קיים (שנעשות בו הרחבות או שינוי במסגרת סטטוטורית):

התקן תלוי ברמת הרעש לפני התוספת תוך מטרה למנוע מהתושבים להרגיש עליה ברמת הרעש, לכן מוצעים העקרונות הבאים:

1. אם רמת הרעש לפני השינוי בכביש הייתה נמוכה מ 64 דציבלים - רמת הרעש מהכביש לאחר התוספת לא תעלה על 64 דציבלים (ע"פ קריטריונים של כביש חדש).

¹⁴ הצעת הגדרה לשינוי/הרחבה מהותיים בדו"ח הצוות האקוסטי.

2. אם רמת הרעש לפני השינוי הייתה בין 64 ל-67 דציבלים - רמת הרעש מהכביש לאחר התוספת לא תעלה על רמת הרעש לפני השינוי בכביש (בכפוף לצורך ב"קפיצת עלויות" כמפורט להלן).

3. אם רמת הרעש לפני השינוי הייתה מעל ל-67 דציבלים - מוצעת השיטה הבאה:

שלב א'

יבדקו (ע"י הגורם המוסכם)¹⁵ מהם האמצעים הנדרשים לעמידה בתקן הפחות חמור - 70 dBA.

שלב ב'

יבדקו (ע"י הגורם המוסכם) מהם האמצעים הנוספים הנדרשים לעמידה ברמת תקן מחמירה יותר - 67 dBA.

כלל ההחלטה:

במידה והאמצעים הנוספים אינם גורמים ל"קפיצת עלויות", יקבע התקן היותר מחמיר.

הגדרת הקריטריונים ל"קפיצת עלויות" -כבישים קיימים:

1. כאשר נדרש מעבר ממתרס רעש רגיל לקירוי, חצי קירוי, או מתרס רעש שבוור לצורך עמידה ברמת התקן המחמיר יותר.

2. כאשר נדרש שינוי מערך מתרסי הרעש לאורך השוליים החיצוניות של הדרך למערך "מפוצל" המחייב הקמת מתרסים בתוך הדרך (בין שני המסלולים, לאורך הגשרים) לצורך עמידה ברמת התקן המחמיר יותר.

3. כאשר נדרש העתקת תשתיות מהותית לצורך שיקוע הכביש לשם עמידה ברמת התקן המחמיר יותר.

הגדרת העתקת תשתיות מהותית:¹⁶

3.1 הפיכת קווים גרביטציוניים לקווי סליקה.

3.2 שיקוע, קווי חשמל ממתחים של 3 קילוואט ומעלה.

3.3 תשתיות כבדות של בזק ובמיוחד סיבים אופטיים.

3.4 מובילי מים גדולים (מ-20 אינצ' ומעלה).

* כל אחת מסוגיות אלו תגרום לקפיצה משמעותית בעלויות, ולכן לחוסר כדאיות בקביעת התקן המחמיר.

¹⁵ מומלץ לדון בישיבת המליאה בנושא מיהו הגורם המוסמך לבצע בדיקה זו.

הערה

ההקלה בתקן במקרים של "קפיצת עלויות" מתייחסת רק לקטע הדרך המושפעת מקפיצת העלויות.

הסבר:

מטרת השיטה במקרה של כבישים קיימים העוברים שינוי מהותי להשיג תקן רעש כדלקמן:

רמת התקן הנדרשת	רמת הרעש לפני השינוי / ההרחבה
64 dBA	עד 64 dBA
תישמר רמת הרעש לפני השינוי, אלא אם נדרשת "קפיצת עלויות", ואז יינתנו הקלות בתקן עד למקסימום של 67 dBA	בין 64 dBA ל- 67 dBA
67 dBA אלא אם נדרשת "קפיצת עלויות", ואז יעמוד התקן על הערך החמור ביותר הניתן להשגה ללא "קפיצת עלויות" ובלבד שלא יעלה על 70 dBA	מעל 67 dBA

¹⁶ לדברי הסבר ראה נספח 18.

נספחים

נספחים - תוכן עניינים

חלק א' סקירת מסמכים

45	נספח 1: רעש תחבורה והאמצעים להפחתתו
68	נספח 2: סקירת תקינה בקליפורניה
73	נספח 3: תחזית מערכת תחבורה יבשתית לשנת 2020
74	נספח 4: סקירת דו"ח מבקר המדינה בנושא סדרי תכנון וביצוע של מחלפים
78	נספח 5: סקירת דו"ח מבקר המדינה בנושא מפגעי רעש
79	נספח 6: סקירת דו"ח מבקר המדינה בנושא חברת כביש חוצה ישראל
80	נספח 7: סקירת תקינת רעש מכבישים בחו"ל
82	נספח 8: סקירת תקן פדרלי ארה"ב
84	נספח 9: סקירת בג"צים

חלק ב' אמידת התועלות

89	נספח 10: השפעת רעש מתחבורה על מחירי הדירות
----	--

חלק ג' אמידת העלויות

102	נספח 11: תקני רעש לכבישים - נתוח עלויות
133	נספח 12: ריכוז נתונים
156	נספח 13: נתוח עלויות נלוות - מצב רגיל לעומת מצב משוקע או מצב מורם
	נספח 14: ניתוח עלויות נלוות לקטעי דרך ומחלפים משוקעים - בהשוואה להיותם
158	על פני הקרקע

חלק ד' ניתוח רגישות

160	נספח 15: ניתוח רגישות להשפעת הרעש על ערך הרכוש
-----	--

חלק ה' הצעות שנדחו לקריטריונים לקביעת רמות תקן רעש מכבישים

	נספח 16: דיפרנציאציה בין אזורים על בסיס מוניציפאלי/מקור מימון הכביש -
180	הצעה שנדחתה
182	נספח 17: דיפרנציאציה בין אזורים על בסיס מאפייני האזור - הצעה שנדחתה ...

חלק ו' העתקת תשתיות מהותיות

183	נספח 18: הסבר להעתקת תשתיות מהותיות או קפיצת עלויות
-----	---

חלק א' סקירת מסמכים



נספח 1: רעש תחבורה והאמצעים להפחתתו

ד"ר א. ארנון

ד"ר א. ארנון, רעש מעורקי תחבורה,
שיטת הערכה תקנים ואמצעים להפחתת
הרעש, חב' חוצה ישראל, אוגוסט 1994

1. הקדמה

בשנים האחרונות הולכת וגוברת המודעות לנושאי איכות הסביבה בקרב המתכננים, מקבלי ההחלטות והציבור הרחב.

במיוחד בולט משקלו של היבט הרעש בתכנון ובפתוח המערכת התחבורתית.

הצורך הדחוף בקידום פתרונות לבעיות התחבורה והנגישות הקשות, הביא להגדלת המשאבים ולהאצת תהליך הפיתוח של התשתיות התחבורתיות, אך גם להגדלת הקונפליקטים הסביבתיים הנובעים מפיתוח זה. בעיקר באיזורים העירוניים.

תכנון נכון של מערכות תחבורה, עשוי ליצור איזון נאות בין אינטרסים חברתיים מנוגדים.

מחד, קיים אינטרס בעל חשיבות ראשונה במעלה למשק המדינה ולציבור הרחב, לשיפור ניכר ודחוף של התשתית התחבורתית. קיימת הסכמה רחבה כי שיפור כזה הוא חיוני לצמיחה הכלכלית, לחסכון בשעות עבודה ובמשאבים (דלק, בלאי מואץ של כלי הרכב), לצמצום תאונות הדרכים וכיו"ב.

ממאידך יש להגן, במידת האפשר והסביר, גם על הציבור העלול להיחשף למפגעי סביבה פוטנציאליים.

מצב זה מחייב גיבוש עקרונות למדיניות טיפול כוללת במפגעי סביבה הנגרמים על ידי פיתוח תשתיות תחבורתיות בכלל, ובמפגעי רעש בפרט.

מטרתה של מדיניות הטיפול להפחתת רעש מתשתיות תחבורה (כבישים, מסילות ברזל, שדות תעופה), הינה לישוב את הקונפליקט שבין הצורך להרחבת התשתיות הפיזיות, לבין הדרישה לשמור על איכות הסביבה ועל איכות החיים של הדיירים המתגוררים בסמוך לתשתיות אלו.

מבחנה האמיתי של מדיניות זו יהיה בהצלחתה להביא לאיזון נכון של אינטרסים מנוגדים אלו - פיתוח תשתיות מחד ושמירה על איכות הסביבה מאידך.

מדיניות אשר לא תאפשר קיומם של צרכים אלו או שתגרום להפרת האיזון, לא תוכל להתקיים לאורך זמן ובסופו של דבר עלולה ליצור גרסיה ולעודד ריאקציה אגרסיבית אשר תפצה על העיכוב בפיתוח, או במקרה ההפוך, על פגיעה בזכותם של דיירים להגנה סבירה מפני מטרדי רעש.

ב. יחידות למדידת הרעש והשיטות להערכתו

כללי

תחושת הקול נוצרת עקב שינויים בלחץ האויר, הנקלטים במערכת השמיעה של האדם עם הגיעם אל עצבי השמע.

תנודות לחץ אלו נוצרות על ידי מקור קול כשלהו בעל הספק מכני, כמו מנוע הרכב וכו'.

הלחץ הקולי בכל נקודה במרחב הוא ההבדל בין הלחץ הרגעי, לבין לחץ האויר השורר באותה נקודה בהעדר הגירוי האקוסטי.

שינויי הלחץ מתפשטים באויר במהירות קבועה על ידי דחיסה והרחקה של חלקיקי האויר באמצעות העברת מומנטום בכיוון התקדמות הגל.

שינויי הלחץ ההרמוניים ניתנים לתאור על ידי פונקציה סינוסואידאלית, באמצעותה מבטאים את תכונות הגל - משרעת הגל, אורך הגל, זמן המחזור של הגל, ופאזה הגל בציר ההתקדמות.

הקול הוא על כן הפרעה המתקדמת במדיום אלסטי היוצרת בו שינוי רגעי בלבד.

במרחקים גדולים יחסית מן המקור הנקודתי, חזית הגל היא בקרוב מישורית, כלומר הגל הוא בעל אותן תכונות אקוסטיות במישור הניצב לכיוון התפשטות הגל.

המדד המתאים ביותר לתאור משרעת הגל, או עוצמת הגל, הינו שורש ממוצע הריבועים (שפירושו rms - root mean square) של שינויי הלחץ, כתלות בזמן.

הדציבל

באופן בסיסי הדציבל הוא יחס בין עוצמת הקול לבין עוצמת יחוס, o, הנמדד בסקלה לוגריתמית.

מסיבה זו נהוג להשתמש במונח "מפלס" המבטא יחס בין גדלים אלו.

שלוש התכונות ההכרחיות לתאור המופע הקולי הן:

- משרעת הגל (רום הקול או עוצמתו).
- תדירות הגל (או אורך הגל), כאשר הגל הרמוני.
- תבנית השתנות הרעש בזמן.

מערכת השמיעה של האדם אינה רגישה לשינויים קטנים בלחץ הקול.

מסיבה זו בין היתר, הוגדר מפלס הרעש על ידי סקלה לוגריתמית ולא על ידי סקלה ליניארית של ההספק הקולי.

ככלל, אוזן האדם אינה רגישה לשינויים הקטנים מ 3 dB.

תחום התדירויות הנשמע על ידי האדם הוא 16,000-20 הרץ.

מערכת השמיעה של האדם אינה קולטת תדירויות שמחוץ לתחום זה.

תחום התדירויות בו קיימת הרגישות הרבה ביותר, הינו 1000-6000 הרץ.

ההבדל ברגישות לתדרים השונים, פוחתת ככל שגדלה העוצמה הקולית.

יחידות למדידת הרעש

רעש הינו "קול בלתי רצוי לשומע", ומכאן שהרעש הוא אינטרפרטציה סובייקטיבית של התופעה הקולית הפיזיקלית.

אין כל קושי במדידה אובייקטיבית של תופעה פיזיקלית זו, בעזרת המכשירים הקיימים כיום בשוק.

הקשיים הגדולים מתעוררים כאשר עוסקים בניתוח תהליך העיבוד של התכונות הפיזיקליות הטהורות, על ידי מכניזם הקליטה של האדם וכאשר מנסים לפתח כלים פורמליים למדוד את הגירוי הפיזי בדרך שקולט אותו האדם.

יחידת המדידה הבסיסית למדידת הקול, האמורה ליצג את אופן השמיעה, היא היחידה המכונה dBA.

יחידה זו "מתקנת" את הגירוי הפיזי לפי אופן הקליטה של מערכת השמיעה, בקרוב מסוים.

כיוון שמופע הרעש אינו קבוע בזמן, ניתן לתארו בדרך כלל רק באמצעות מדדים סטטיסטיים המותאמים לתאור תופעות אקראיות בזמן.

המדד המקובל ביותר לתאור תופעת הרעש בזמן, נגזר מן התפיסה כי תגובת האדם לרעש תלויה בתכולת האנרגיה האקוסטית הממוצעת של מאורעות הרעש שחלו בפרק זמן נתון (Equal Energy Principle).

מדד זה הינו "המפלס שווה הערך" Leq - (Equivalent Sound Level), שהוא ממוצע מפלסי הרעש שחלו בפרק זמן נתון. במילים אחרות זהו המפלס הקבוע בזמן שהוא בעל אותה תכולת אנרגיה כמו המפלס המשתנה בזמן.

קיימות עוד יחידות אחרות לתאור תופעות הרעש השונות, כמו רעשי מקסימום, רעשים אימפולסיביים ועוד, המעניקות דגשים שונים לתופעת הרעש על פי תגובת האדם והמטרד שהיא יוצרת.

ואולם סקירת הספרות המקצועית והתקנים המקובלים בארצות שונות מעלה כי מפלס הרעש Leq , הנמדד בסקלת dBA, הוא המדד הנפוץ ביותר להערכת רעש התחבורה.

ג. תקני רעש מכבישים¹⁷

המצב הקיים בארץ

כאמור לעיל, אין בארץ תקנות מחייבות לרעש מכבישים.

עם זאת קבע המשרד לאיכות הסביבה את הערכים הנורמטיביים הבאים:

א. מפלס רעש מירבי מותר באזור מגורים הינו 64 dBA ביחידת Leq מחוץ למבנה.

ב. מפלס רעש מירבי מותר באזור בו מצוי מוסד ציבורי רגיש לרעש (בית ספר, בית אבות, וכו') הינו 59 dBA ביחידת Leq מחוץ למבנה.

ערכים אלו מתייחסים בעיקר לדרכים חדשות והם מהווים החמרה בהשוואה לנורמות שהיו מקובלות עד כה והמתייחסות לכבישים שתוכננו ונסללו עד היום. נורמות אלו היו 67 dBA ו-62 dBA בהתאמה.

¹⁷ Federal Highway Administration, Dep. of Transportation - (FHWA-RD-77-108) U.S 1978

תקני רעש לכבישים במדינות שונות בעולם

לצורך ההשוואה נציג בהמשך את התקנים המקובלים לרעש מכבישים במדינות שונות בעולם.

טבלה מס' 1: קריטריונים לרעש מכבישים באזורי מגורים

מקום המדידה	השעות			תחולה	מדד הרעש	הארץ
	לילה	מנוחה	יום			
F	55		60	כבישים חדשים	18h,L ₁₀	אוסטרליה
F			68	כבישים קיימים		
FF	50		60	כבישים חדשים	Leq	אוסטריה
FF	55		65	כבישים קיימים		
F	55+57		60-65	כבישים חדשים	Leq	צרפת
FF	57		63	כבישים חדשים	Leq	אנגליה
F			68	טיפול אקוסטי במבנים קיימים	18h,L ₁₀	
FF	50+F	60+5	65+5	כבישים קיימים	Leq	הולנד
FF	6-+5	65+5	70+5	כבישים חדשים		
F	50		60	כבישים קיימים	Leq	ספרד
F	55		65	כבישים חדשים		

Freefield - FF

Facade - F

הערה: המדד Leq- מתייחס לממוצע בשעות יום, לילה וכו' ולא לשעת שיא. ההבדל בין רעש ממוצע לשעות היום לבין רעש בשעת שיא הינו כ- 3-4 dBA.

השיטה לחיזוי רעש מדרכים

השיטה המוכרת והמקובלת ביותר בארץ לחיזוי רעש מכבישים מתבססת על מודל FHWA שפותח בארה"ב בסוף שנות ה-70.

בתחילת שנות ה-80 פותחה תוכנת מחשב לחיזוי מפלסי רעש על פי מודל זה.

תוכנה זו הידועה בשם STAMINA כוללת מספר שיפורים אשר הוכנסו למודל FHWA המקורי.

תוכנת המחשב אפשרה מעבר מחישוב בדו-מימד לחישוב בתלת-מימד, ללא כל הגבלה לגבי מיקום מתרס הרעש ביחס לכביש, שינוי גבהי מתרס הרעש או הכביש וכו'.

מודל FHWA מבוסס על מפלס יחוס ועל סדרת תיקונים הניתנים למפלס היחוס. תפוקת המודל הוא מפלס הרעש שווה הערך Leq ב-dBA לשעה (או L10).

מפלס היחוס במודל FHWA הוא אנרגיית הפליטה הממוצעת במרחק יחוס של 15 מ', התלויה במהירות הנסיעה. מפלס היחוס מוגדר לגבי 3 קטגוריות שונות של כלי רכב:

- רכב קל (A - Automobiles) - כל כלי הרכב עם שני צירים וארבעה גלגלים המיועדים להובלת עד 9 נוסעים או להובלת מטען, ושמשקלם אינו עולה על 4.5 טון. לכלי רכב אלו מפלט אופקי שפתחו מצוי בגובה מפלס הכביש.

- רכב בינוני (MT - Medium Trucks) - כל כלי הרכב בעלי שני צירים ו-6 גלגלים המיועדים להובלת מטען, ושמשקלם גדול מ-4.5 טון אך קטן מ-12 טון. לכלי רכב אלו מפלט בגובה של כ-0.7 מ' מעל מפלס הכביש.

- רכב כבד (HT - Heavy trucks) - כל כלי הרכב בעלי 3 צירים ושמשקלם גדול מ-12 טון.

לרכב זה מפלט אנכי שפתחו מצוי כ-2.5 מ' מעל מפלס הכביש. סדרת התיקונים הניתנים למפלס היחוס, כוללת תיקונים לנפח התנועה, למרחק מן הכביש, לשיפוע הכביש, לאורכו האפקטיבי של הכביש, לתכונות שדה ההתפשטות, למיסוך ועוד.

השפעת פרמטרים אלו על מפלס הרעש מסוכמת בקצרה להלן:

א. נפח התנועה: מפלס הרעש גדל ב- dB3 עם הכפלת נפח התנועה.

ב. מהירות הנסיעה:

התלות הכללית של מפלס הרעש במהירות מורכבת יותר, כיוון שיחד עם הגברת רעש הרכב עקב הגדלת מהירות הנסיעה, מתקצר משך האירוע, דבר המקזז חלק מן העליה הצפויה במפלס הרעש.

מפלס הרעש של כלי הרכב הקלים עולה בכ- dB8.5 עם הכפלת המהירות, מפלס הרעש של כלי הרכב הבינוניים עולה בכ- 7dB עם הכפלת המהירות, ומפלס הרעש של כלי הרכב הכבדים עולה בשעור של כ- 4.4 dB בלבד.

ג. המרחק מן הכביש:

הרעש דועך בשעור של 3dB להכפלת מרחק בשדה התפשטות שבו לקרקע תכונות מחזירות, וכ- 4.5dB להכפלת מרחק בשדה שבו לקרקע תכונות "בולעות" (שדה חרוש, שדה שיחים וכו').

ד. פרמטרים אחרים המשפיעים על מפלס הרעש הם זווית הראיה לכביש, שיפוע הכביש, הטופוגרפיה של שדה ההתפשטות (למשל ואדי בין הכביש לאזור המגורים) ועוד.

מכאן עולה כי למהירות הנסיעה התרומה הרבה ביותר להעלאת מפלס הרעש בכבישים בהם פרופ' הרכב הכבד הוא קטן.

ייעילות מתרסי הרעש על פי מודל FHWA מחושבת לתדר אופיני של 550 Hz. היעילות המקסימלית של מתרסי הרעש על פי מודל זה אינה עולה על 20 dB (ההפחתה המירבית המושגת בפועל נמוכה אף יותר, בעיקר בגלל השפעת תנאי אקלים).

לצורך חיזוי מפלסי הרעש על פי מודל FHWA נדרש איפוא מידע לגבי כל אחד מן הפרמרים הכלולים במודל:

- מידע מדויק לגבי תנוחת הדרך ב3- מימדים.
- מידע בדבר נפחי התנועה הצפויים בשעת שיא, לפי חלוקה לקטגוריות של כלי רכב ומהירות נסיעה (למשל: נפחי תנועה חזויים כעבור 10 שנים ממועד הפעלת הדרך, או בהעדר מידע מדויק לפי רמת שרות "C").
- מידע מדויק לגבי המבנים לצד הדרך (קולטי הרעש).
- מידע מדויק לגבי תכונות שדה ההתפשטות, טופוגרפיה, צמחיה, אלמנטים ממסכים או מחזירים וכו'.

הפתרונות להפחתת הרעש

את הפתרונות להפחתת רעש מכבישים ניתן לסווג ל-3 קטגוריות אלו:

א. הפחתת הרעש במקור:

הפחתת הרעש הנגרם הן מכלי הרכב עצמו והן כתוצאה מחיכוך גלגלי הרכב במסעה.

הפחתת הרעש מכלי הרכב חייבת להשתלב בתהליך התכנון של הרכב.

מאחר ומרבית כלי הרכב הנוסעים בדרכי הארץ הינם מיובאים, אין בידי הרשויות בארץ כדי לשנות את הרעש הנפלט מן המקור.

הפחתת רעש הגלגלים עשויה להיות מושגת בעיקר באמצעות ציפוי המסעה ב"אספלט שקט".

ב. הפחתת הרעש בשדה ההתפשטות באמצעות מתרסי רעש:

זוהי הדרך המקובלת ביותר בארץ ובעולם להפחתת רעש מכבישים.

מתרסי הרעש חוסמים את ההתפשטות הישירה של גלי הקול, ואל הקולט מגיע רק הגל העוקף את המחסום מעליו או מצדדיו.

ג. הפחתת הרעש על ידי טיפול בקולט:

הטיפול בקולט, בעיקר באמצעות התקנת חלונות בעלי איכות אקוסטית גבוהה, מוגבל בעיקר לאותם מקרים בהם לא ניתן למנוע את מפגע הרעש באמצעות מתרסי הרעש.

פתרון זה אינו מומלץ בדרך כלל על ידי המשרד לאיכות הסביבה, כיוון שהוא מחייב שהייה במבנה שחלונותיו סגורים.

במאמר זה נעסוק ב-2 הדרכים הראשונות.

הפחתת הרעש במקור

א. הפחתת הרעש הנפלט מכלי הרכב

ברוב ארצות אירופה נחקקו תקנים המגבילים את פליטת הרעש מכלי הרכב החדשים, כבר בשנות ה-70.

במשך כ-25 שנה הוחמרו תקני הרעש בכ- 8 dBA למכוניות נוסעים ובכ- 11-9 dBA - למשאיות (בהתאם לתקן - תקן EU, יפן שווייץ וכו').

בעבודה מקיפה שנערכה לאחרונה על ידי קבוצת עבודה של IINCE (International Institute of Noise Control Eng.)¹⁸, נמצא כי למרות החמרת תקני הפליטה לרעש מכלי רכב, לא נמצא שיפור דומה ברעש הנמדד ליד הכביש בפועל ובתחושת המטרד הנגרם לתושבי ארצות שונות ממקור זה.

¹⁸ International INCE Working Party Report on the Effect of Regulation on Road Vehicle Noise; Noise/News International; June 1995.

קבוצת העבודה מונה מספר סיבות לכך:

- הירידה הדרסטית בתקני הפליטה לרעש מכלי רכב חדשים חלה רק מסוף שנות ה-80.
- קצב תחלופת כלי הרכב הישנים בחדשים בתמהיל המכוניות הוא איטי באופן יחסי.
- הגברת המגמה ליצור מכוניות גדולות וחזקות יותר.
- אי אכיפת תקני רעש על כלי רכב בשימוש.
- חוסר ההתאמה בין שיטת המדידה לתנאים השוררים בפועל בכביש.
- העדר שימת הלב לרעש הנובע מאינטראקציה הרכב והמסעה.

על מנת להבטיח שהחמרת תקני הרעש אכן תהיה בעלת השפעה ממשית, ממליצה קבוצת העבודה ללוות את התקינה לכלי רכב חדשים בצעדים משלימים. בין היתר מונה הועדה צעדים אלו:

א. יש לתת משקל בתהליך התקינה והבדיקה לרעש הנוצר מהאינטראקציה בין הצמיגים למסעה. יש על כן לקחת בחשבון משתנים כמו סוג הצמיג וסוג המסעה.

ב. יש לשנות את תהליך בדיקת הרעש מכלי הרכב כך שיתן ביטוי לתנאי הנסיעה האמיתיים.

ג. יש להחיל את תקני הרעש גם על כלי רכב בשימוש.

דבר זה עשוי לעודד את קצב ההוצאה משימוש של כלי רכב רועשים.

ד. עידוד השימוש בכלי רכב שקטים באמצעות מיסוי דיפרנציאלי או הטבות אחרות.

ב. ציפוי המסעה ב"אספלט שקט"

"האספלט השקט" או כפי שהוא ידוע "Silent asphalt", פותח לראשונה במטרה לשפר את ניקוז המים מן הכביש.

במרוצת הזמן הסתבר שלאספלט השקט גם יתרון אקוסטי ניכר.

הפחתת הרעש על ידי האספלט השקט נובעת משתי תכונות האופיניות לאספלט זה:

- גליות נמוכה של מרקם העל של המסעה (Megatexture) הגורמת להפחתת הרעש הנגרם ע"י פעולת חכוך הצמיג במסעה.

- הגדלת תכולת החללים בתערובת לכ-20% לפחות. החללים בתערובת משפיעים על הפחתת הרעש ב-2 דרכים שונות:

הקטנת הרעש הנגרם עקב מכניזם יניקת ופליטת האויר בתהליך האינטראקציה של הצמיג והחללים במסעה והגדלת מקדם הבליעה של משטח האספלט. אפקט זה תורם להפחתת הרעש הנגרם על ידי המקורות השונים בכלי הרכב, כמו רעש המפלט, רעש המנוע וכו'.

הגדלת תכולת החללים באספלט השקט מושגת על ידי תכולה גבוהה של אגרגטים שגודלם 2 מ"מ או יותר (83-87%), תכולה נמוכה של האגרגטים הדקים והחומר המקשר ועל ידי עקום דרוג קטוע.

הקטנת רמת הגליות מושגת על ידי הגבלה של גודל אגרגט מקסימלי (עד 12-16 מ"מ בדרך כלל).

על ידי הגדלת פרקצית האגרגטים הגדולים (2 מ"מ או יותר), הקטנת פרקצית החומרים הדקים, והגבלה של גודל אגרגט מקסימלי, וכן באמצעות טכניקת ציפוי והידוק האספלט, מושגת טקסטורה התורמת להקטנת תנודות הצמיג הנוצרות בעת האינטראקציה במסעה, ולהקטנת הרעש בהתאם.

מקדם הבליעה של האספלט השקט תלוי בתכונות התערובת, עובי השכבה, ועוד. על פי המודל הקלאסי ותוצאות המדידות יש לאספלט השקט מקדם בליעה גבוה בעיקר בתחום התדירויות הגבוהות (1000-2000Hz).

בליעה בתחום זה גורמת להסטת הספקטרום אל עבר תחום התדירויות הנמוך יותר, ובמילים אחרות להקטנת תכולת התדירויות הגבוהות בספקטרום.

כיוון שהתדירויות הגבוהות מטרידות יותר, תורם האספלט השקט להקטנת מטרד הרעש אף מעבר להפחתה הממשית המושגת במפלט הרעש הכולל.

כאמור קיימים הבדלים רבים בין התרכובות השונות שנוסו במדינות שונות ובין מימצאיהם של הסקרים השונים שנערכו במדינות אלו.

לצורך סיכום ביניים של התוצאות וגיבוש מסקנות והמלצות ערך ארגון PIARC (Permanent International Assoc. of Road Congresses), סקר מקיף בשנת 1993.

מסקנות דו"ח PIARC הינן:

א. תכונות תערובת האספלט השקט צריכות לענות על הדרישות הבאות:

- עובי שכבת האספלט השקט - 4-5 ס"מ.

11: $\frac{1}{2} \epsilon \delta \div \dot{u}$ - $\dot{u} \dot{a} \dot{e} \dot{a} \dot{i} \dot{o} \dot{\zeta} \dot{a} \dot{u} \dot{\delta}$ _____

- גודל מירבי של אגרגטים - 8-16 מ"מ.
- תכולת חללי האויר - 20% לפחות.
- החומר המקשר צריך להיות ביטומן משופר.
- יש להקפיד על תנאי היצור, השינוע וציפוי המסעה.
- ב. היעילות האקוסטית של האספלט השקט הינה כ- 4.5 dB בממוצע.
- ג. היתרונות הנוספים של האספלט השקט הינם:
 - שיפור הניקוז ומניעת ההצפות
 - הקטנת סכנת ההחלקה בכביש
 - הקטנת הסינוור בכביש רטוב
- ד. חסרונותיו של האספלט השקט על פי PIARC ואחרים הינם:
 - עלות גבוהה יותר הקשורה לתהליך היצור, מערכת הניקוז ועוד.
 - על פי ההערכה עלולה העלות להיות גבוהה בכ- 30%-100% בהשוואה לעלות אספלט רגיל (בעיקר עקב הדרישה להשתמש בביטומן משופר).
 - דרישות אחזקה רבות יותר לניקוי, תיקון ותחזוקת חורף.
 - יעילות אקוסטית פוחתת עם הזמן עקב הקטנת נפח החללים בטקסטורה.
- בארץ נערכו כבר מספר נסיונות להקטנת הרעש על ידי ציפוי המסעה באספלט שקט. במדידות שנערכו נמצאה הפחתה בשעור שבין 3-5 dBA, ואף יותר.
- מע"צ וחב' נתיבי אילון מקדמות את השימוש בפתרון זה בכבישים הנסללים על ידן, וצוברות נסיון רב בנושא.

מתרסי רעש

א. עקרונות התכנון

- כאשר בין הקולט לבין הכביש לא קיים כל מכשול, מתפשטים גלי הקול ישירות מן המקור לקולט.
- במצב בו מצוי מכשול כלשהו החוסם את דרך ההתפשטות הישירה, משתנה אופן ההתפשטות של גלי הקול.
- במצב זה מבחינים ב-3 דרכי התפשטות:

חלק מגלי הקול עוקף את ראש המחסום (Diffracted path), חלקם עובר דרך המחסום (Transmitted path) וחלקם האחר מוחזר על ידי המכשול (Reflected path).

הגלים העוברים דרך המחסום והמוחזרים על ידו עלולים לפגום ביעילות המחסום ולהקטין את הפחתת הרעש המושגת על ידי הדיפרקציה.

בהכללה ניתן להצביע על כללי "האצבע" הבאים:

- חציצה אופטית בין מקור הרעש לקולט, שקולה להפחתת רעש של 5 dB- (ובתנאי כי יעילות המחסום אינה נפגמת בשל תנאי מזג אויר, החזרות או גורמים אחרים).

- היעילות המירבית של מחסומי הרעש אינה עולה על 20 dB (בפועל היא נמוכה אף יותר).

כיוון שלחסימת קו הראיה לכביש השפעה רבה על המטרד הסובקטיבי, ובגלל שבתחום זה הרגישות לאי הדיוק בתכנון היא רגישות מירבית, נהוג לתכנן את מתרסי הרעש כך שיעילותם תהיה 5 dB לפחות.

קביעת קריטריון מינימום לתכנון בא להבטיח גם כי התועלת המושגת עקב הקמת מחסומי הרעש תהיה מורגשת בבירור על ידי אוזן האדם, שאינה רגישה כאמור להבדלים קטנים במפלסי הרעש.

על מנת להשיג את ההפחתה המירבית יש למקם את מתרס הרעש (בדרך כלל) קרוב ככל הניתן לכביש (או למקור הרעש).

בקביעת מיקום מתרס הרעש, יש לקחת בחשבון שיקולים רבים כמו המבנה הטופוגרפי, האימפקט החזותי של המחסומים, אילוצים שונים בשטח (כמו קיומו של קו מתח עליון, תעלת ניקוז ועוד).

עקיפת גלי הקול מתבצעת מעל המחסום או מצדדיו.

במקרים רבים נפגמת יעילות המחסום בשל אורכו (ולא בשל גובהו).

את אורכו של המחסום יש לתכנן על פי הנקודה המרוחקת ביותר מן הכביש, שעליה יש להגן.

נדגיש כי תנאי מזג אויר וביחוד מצבי אינברסיה ורוחות המנשבות בכיוון לקולט, עלולים לפגום מאד ביעילות המיסוך האקוסטי, בעיקר כאשר המרחק בין הכביש לקולט הוא רב.

על פי מודל FHWA, סוללת עפר הינה בעלת יעילות אקוסטית גדולה יותר בשעור של כ- 3dB+ בהשוואה לקיר הנושא את עצמו (Free standing wall), שהוא בעל אותה גיאומטריה.

11: 11 çôñð - íéùéáëì ùðø éð÷ú :úääåìð çåúð

בתכנון מתרסי הרעש יש לקחת בחשבון גם שיקולים חזותיים, שיקולים בטיחותיים ושיקולי עלות.

טבלה מס' 2 מציגה את יעילות מחסומי הרעש לפי דרגת קושי ותרומה להפחתת מטרד:

טבלה מס' 2: הפחתת רעש של מחסומים -דרגת קושי ותועלת

הפחתת רעש dBA	דרגת קושי	הפחתת האנרגיה האקוסטית	הפחתת רום-קול
5	פשוט	68%	30%
10	ניתן להשגה	90%	50%
15	קשה מאד	97%	65%
20	בלתי אפשרי כמעט	99%	75%

מכאן נסיק כי לא ניתן להסתייע במתרסי רעש כאשר יש להפחית את עוצמת הרעש ביותר מ-15 dBA, ויש לבדוק אמצעים נוספים כמו רה-תכנון של הדרך, הגבלות תנועה, קירוי הדרך וכו'.

בתהליך תכנונם של מתרסי הרעש ניתן דגש מיוחד (נוסף לנושאי היעילות האקוסטית, אילוצי ביצוע וכו') גם למראהו החזותי ולמידת השתלבותו בנוף הסביבה.

כאשר עושים שימוש גם במתרסי רעש וגם באספלט שקט יש לבצע את החישובים באופן מושכל ובזהירות, כיוון שהשימוש באספלט שקט גורם להסטת הספקטרום לתחום התדירויות הנמוכות. במקרה זה ההנחה עליה מתבססת תוכנת המחשב STAMINA, לפיה היעילות של מתרסי הרעש המושגת בתדר 550 Hz מבטאת את היעילות ב-dBA, עלולה להמצא בלתי מדויקת.

ב. סוגי מחסומים

במקרים רבים חייב המתכנן האקוסטי לתת דעתו גם לגבי סוג המחסום. זאת בעיקר במצבים בהם עלולות החזרות על ידי מחסומים לפגום ביעילותם.

מעבר אנרגיה באמצעות החזרת גלי הקול מתקיים בעיקר בשלושה מצבים אלו:

- כאשר המחסום מחזיר את גלי הקול לבנינים הניצבים מעברה האחר של הדרך.
- כאשר לצידו הדרך ניצבים שני מחסומים מקבילים פחות או יותר וגלי הקול הפוגעים במחסום האחד מוחזרים אל צידו האחר של הכביש, המוגן על ידי המחסום השני.

- כאשר ליד הקולט ניצב משטח מחזיר.

התרומה המירבית התאורטית של ההחזרות להגברת מפלסי הרעש, במקרה הראשון והשלישי, אינה עולה על 3 dB. בדרך כלל נמצא כי התרומה הממשית אינה עולה על 2 dB.

מאידך במקרה השני עלולות ההחזרות הנגרמות על ידי המחסום האחד, לפגוע בשעור ניכר ביעילותו של המחסום האחר, והתרומה עלולה על כן להיות גבוהה מ-3 dB.

תרומת ההחזרות חשובה איפוא בעיקר במצב בו ניצבים מחסומי רעש לאורך שני צידי הדרך והם מגינים על מבנים המצויים בצדדיה השונים.

באופן תאורטי עלולות ההחזרות להקטין בשעור ניכר את ההגנה המושגת על ידי מתרסי הרעש.

על מנת להקטין או לבטל לחלוטין את תרומת ההחזרות חייב מחסום הרעש, או המשטח המחזיר הרלבנטי, להיות בעל מקדם בליעה גבוה יחסית.

ישנן מספר דרכים בסיסיות להגדלת מקדם הבליעה של המחסום או למניעת החזרות:

1. בניה בקונפיגורציה של יחידות שונות שבתוכן חללי תהודה הבולעים בתדר המתאים לרעש תחבורה.

2. הצבת אלמנט הכולל שמיכת צמר סלעים או צמר זכוכית מאחורי דופן מתכת מחוררת או קורות עץ.

3. כיסוי המשטח בפנל עשוי תערובת של בטון וסיבי עץ (דמוי "הרקליט"), או בנית המתרס מבלוקים העשויים מתערובת כזו.

4. התזת תרסיס אגרגטים של בטון קל או חומר אחר על פני המשטח המחזיר.

5. הצבת המחסום בזווית נטויה (העולה על 10-15 מעלות) ביחס לכביש או למקור הרעש.

6. יצירת מחסומי רעש ע"י סוללת עפר.

מבין שיטות אלו נפוצות בארץ השיטות העושות שימוש בסוללות עפר או במחסומי אלומיניום.

בפרויקט נתיבי אילון נעשה שימוש גם בבלוקים עשויים בטון מעורב בסיבי עץ.

האלמנט הכולל חללי תהודה, עשוי מחומרים קשיחים בדרך כלל ומתאים לבנית מחסום יציב ללא תמיכה (Free standing wall).

מקדם הבליעה האופיני לחומרים המצויים בשוק הוא $NRC=0.55$. אלמנט זה אינו מוכר בארץ והניסיון בו מועט.

הקונסטרוקציה האופינית של האלמנט השני כוללת בדרך כלל שמיכת צמר סלעים, או צמר זכוכית, בעובי 5 ס"מ המונחת מאחורי דופן מתכת מחוררת שהשטח הפתוח בה עולה על 30%.

באופן חילופי ניתן להתקין את השמיכה מאחורי קורות עץ שהשטח הפתוח שלהן עולה על 50%.

מומלץ בדרך כלל להשאיר מרווח אויר בין השכבה הבולעת והדופן התומכת האחורית, על מנת להגדיל את יעילות הבליעה של התדירויות הנמוכות.

מקדם הבליעה האופיני לאלמנטים המצויים בשוק הוא $NRC=0.9$.

הדרך השלישית להגדלת מקדם הבליעה של המחסום הינה להניח לוח של סיבי עץ מעורבים בבטון על דופן קשיחה תומכת.

האלמנט חייב לעבור טיפול למניעת התלקחות ובלאי מהיר בתנאי חוץ.

מקדם הבליעה האופיני הוא $NRC=0.55$ או יותר.

הטיפול הרביעי הינו תרסיס אגרגטים של בטון עם תוספים במשקל קל. גם חומר זה רגיש לנזקים הנגרמים בתנאי חוץ ויש להבטיח הגנה נאותה בפני בלאי מהיר. מקדם הבליעה האופיני הוא $NRC=0.6$ או אף פחות.

הנסיון שהצטבר בארץ

בארץ נבנו לאורך דרכים ראשיות מחסומי רעש מסוגים אלו:

- סוללת עפר או סוללת עפר נתמכת על ידי קיר תמך.
- מתרסי רעש מחזירים פשוטים:
- מתרסים אלו בנויים מבטון שמראהו החזותי שופר באמצעים שונים.
- מתרסי רעש בולעים:
- מתרסי רעש קלים מאלומיניום (או מעץ) או מתרסי רעש מבטון בולע.
- מתרסי רעש שקופים:
- מתרסי רעש מחזירים, קלים.
- מחסומים דקורטיביים:

בעיקר מתרסי רעש מבלוקים דמויי "בלוק אקרשטיין" או "בלוק אמריקה" וכו'.

עיצוב מחסום הרעש יכול שיכלול כמובן, שילוב של מספר אלמנטים, כמו סוללת עפר שעליה ניצב קיר הנושא את עצמו, שילוב של מחסום אלומיניום עם קיר שקוף וכו'.

בסקירה שלהלן נפרט את תכונותיהם של מחסומי רעש שונים שהוקמו ברחבי הארץ.

להלן תאור מחסומי הרעש שהוקמו בארץ:

א. סוללות עפר

סוללות העפר הינן מתרס רעש בעל מקדם בליעה גבוה והפסד העברה רב.

סוללות העפר הינן מתרסי הרעש היעילים ביותר (סוללות העפר הינן בעלות יעילות אקוסטית גדולה יותר בשעור של 3 dB- בהשוואה לקיר הנושא את עצמו בעל אותה גיאומטריה), והזולים ביותר.

יתרון הנוסף של סוללות העפר, הוא בהיותן בעלות חזות נעימה המשתלבת בנוף הטבעי.

לעתים מהוות סוללות העפר פתרון גם לעודפי עפר הנוצרים בעת סלילת הכביש.

חסרון העיקרי של סוללות העפר הוא בתפיסת שטח רבה. שיפוע הסוללה הטבעי (שיפוע שאינו מחייב תמיכה) הינו בד"כ שיפוע של 1:2. כך למשל, הרמת סוללה בגובה של 3 מ' מעל מפלס הקרקע, תחייב תפיסת שטח של 14- מ' (12 מ' בתוספת 2 מ' של רום הסוללה לצורך הידוק וייצוב). יתר על כן, הרחקת רום הסוללה ממקור הרעש עלולה לפגום ביעילותה.

בשנים האחרונות פותחו שיטות ליצוב מדרונות משופעים יותר (עד שיפוע של 1:1 ואף יותר), באמצעות רשתות.

סוללות העפר דורשות אחזקה שוטפת לצורך טיפול גנני, תיקון שקיעה וסחף ועוד. זמן הקיימא ארוך.

ההקמה פשוטה ומהירה.

סוללות עפר שהוקמו בארץ

בארץ הוקמו סוללות עפר במקומות רבים, כמו לאורך נתיבי האילון בצפון תל-אביב, ליד שכונת הצנחנים במחלף אלוף שדה, ליד הכפר הירוק במחלף הכפר הירוק ועוד.

ב. סוללות עפר הנתמכות על ידי קיר תמך

השילוב של סוללת העפר הנשענת על קיר תמך בא לפתור בעיקר את בעית תפיסת השטח.

הקמת קיר התמך מחייבת הפעלת ציוד כבד כגון עגורנים. ההרכבה מבוצעת בשטח.

ג. קירות מחזירים מבטון טרום, פלסטיק ממוחזר וכו'

הפסד העברה של בטון טרום גבוה בשעור ניכר מן המינימום הנדרש (כ40 dB- ויותר). המחסום הינו מחסום מחזיר.

מחסום רעש עשוי מבטון טרום בין עמודים יצוקים באתר, הוא המחסום הנפוץ ביותר שעלות הקמתו קטנה, בהשוואה למתרסי רעש "דקים" אחרים.

זמן הקיימא ארוך, הוא מיוצר בארץ על ידי תעשיות רבות, ואינו רגיש לפגיעות מכניות.

מחסום זה אינו מחייב תפיסת שטח וניתן להקימו גם כהשלמה לסוללת עפר.

חסרונו הבולט ביותר הינו חזותו המעוררת לעתים תגובות שליליות. ניתן לרכך את מראה הקיר על ידי שילובו עם ערוגות נוי, צביעה, יציקתו בגיאומטריות שונות ועוד.

חסרון בולט נוסף, הוא החשש לכיסוי הקיר ב"גרפיטי" (אף כי לאחרונה פותחו שיטות שונות לניקוי הקיר).

קיר הבטון אינו דורש כל אחזקה (למעט ניקוי במקרה הצורך, אם הקיר התכסה ב"גרפיטי").

זמן הקיימא ארוך.

מהירות הביצוע בינונית עד גבוהה.

שיטות ההקמה פשוטות ומוכרות.

קירות בטון שהורכבו בארץ

קירות הבטון הורכבו במקומות רבים בארץ.

קיר אקוסטי מפלסטיק ממוחזר הוקם לאורך כביש מס' 1, ליד אזור. למתנס זה מספר חסרונות ביחס לקיר הבטון אך עלותו קטנה יותר.

ד. קירות מבטון "בולע"

בארץ מוכרים שני סוגים של קיר מבטון בולע:

- בלוקים בעלי תכונות בליעה המושגות על ידי שילוב אגרגטים של בטון קל ושבבי עץ.

- קיר עשוי לוחות טרומיים בתוספת כיסוי בולע עשוי תערובת של בטון קל ושבבי עץ. קיר זה לא הוקם עדיין בארץ.

קיים ניסיון של חברות שונות בחו"ל לפתח קירות מאסיביים "בולעים" באמצעות יצירת חללי תהודה באלמנט. אך הניסיון המעשי בקירות אלו מוגבל עדיין.

הפסד העברה של קירות הבטון הבולעים, הינו 40 dB ויותר.

מקדמי הבליעה האופייניים הינם $NRC = 0.75-0.9$ (מינימום נדרש הינו $NRC = 0.6-0.7$).

משקל משטחי הינו כ-360-400 ק"ג למ"ר.

יתרונותיו של הקיר הם בדומה לקיר הבטון, בתוספת היתרון החשוב שהינו קיר בולע. כמו כן ניתן ליצור את הקיר בגוונים שונים ולשפר את מראהו החזותי.

שלא בדומה לקיר בטון טרום, רגישותו לפגיעות מכניות גדולה יותר, וקשה יותר לנקותו מכתובות "גרפיטי".

הקיר אינו דורש אחזקה.

טרם הצטבר ניסיון לגבי זמן הקיימא של הקיר בארץ.

מהירות הביצוע של קיר הבלוקים - בינונית ופשוטה יחסית.

ההקמה מהירה ופשוטה

מחסומי רעש ממתכת שהוקמו בארץ

מחסומי רעש ממתכת הוקמו בעיקר לאורך קטעים שונים בפרויקט האילון, בכביש 2 ליד כפר שמריהו, בכביש 4 דרומית לצומת רעננה ועוד.

ו. קירות עץ בולעים

הקונסטרוקציה האופינית של הקיר כוללת שמיכת צמר סלעים (או צמר זכוכית) כמתואר לעיל, המונחת בין שני דפנות עץ. הדופן הפונה לכיוון הכביש בנויה מקורות עץ עם מרווחים ביניהן.

הפסד העברה של המחסום 30 dB ויותר.

מקדם הבליעה הינו $NRC = 0.8-0.9$ (מקדם בליעה גבוה).

המשקל המשטחי של המחסום הינו כ-40 ק"ג למ"ר.

למחסום מראה חזותי נעים.

מקדמי הבליעה של הקיר גבוהים ומשקלו המשטחי נמוך (הוא ניתן להקמה על גשר).

חסרונו הבולט של האלמנט שהוא רגיש לתנאי מזג אויר ותנאי חוץ. קיר עץ הוקם בקטע ניסיוני על תעלת האילון. תוצאות הניסוי אינן משביעות רצון עקב הסדקות העץ.

חסרון נוסף - הידע הקיים בארץ בתחום עבודות בעץ וטיפול בעץ, מוגבל מאוד.

זמן הקיימא מוגבל.

קירות עץ בולעים שהוקמו בארץ

כאמור לעיל הקיר הוקם בקטע ניסיוני בפרויקט האילון. תוצאות הניסוי אינן משביעות רצון.

כמו כן הקיר הינו קל וניתן לבנותו על גשר וכו'.

הקיר ניתן לניקוי.

יתכן כי ניתן להקימו גם בצמתים, בנקודות בהן דרוש שדה ראייה לנהגים, אף כי הנושא טרם נבדק לעומק.

הקיר רגיש לפגיעות מכניות ועלול לקבל עכירות עקב קרינת שמש.

הקיר דורש כנראה אחזקה מסוימת. זמן הקיימא מוגבל. טרם הצטבר ניסיון לזמן ממושך בארץ.

הקמת הקיר מהירה ופשוטה.

מחסומים שקופים שהוקמו בארץ

קיר שקוף הוקם על גשר הגישה לתחנה המרכזית החדשה בתל-אביב ובמחלף בר-אילן.

אלמנטים משולבים בקיר בלוקים נבנו במחלף אלוף שדה.

קירות שקופים נוספים מוקמים בימים אלו על גשר הירקון ועל גשר הקוממיות בחולון.

ז. סיכום

בפרסום של OECD המציג את עיקרי הידע הקיים בתחום הטיפול להקטנת רעש התחבורה (OECD) 1995 מובאת טבלה המציגה את היעילות, העלות, הישימות ואורך הקיימא של האמצעים השונים להפחתת רעש התחבורה.

רשימת מקורות נבחרים

- Baker, S.M., Tarnopolsky, A. (1978) Assessing bias in surveys of symptom attributes to noise, J. of Sound & Vib. 59 (3).
- FHWA (1976) Highway Noise - Noise barrier design handbook, U.S. Dep. of Transportation.
- FHWA (1978) Highway Noise - FHWA Highway traffic noise predictor model, U.S. Dep. of Transportation.
- Fidell, S., Barber, P. S. (1991) Updating a dosage effect relationship for the prevalence of annoyance due to general transportation noise, J. Acoust. Soc. Am. 89 (1).
- Gofflod, D., Regulation For Community Noise; Noise/News International vol 3 Dec. 1995
- International INCE Working Party Report on the Effect of Regulation on Road Vehicle Noise, Noise/News International, vol 3 (2), June 1995.
- Lefebvre, G. (1993) Porous Asphalt, Permanent International Assoc. of Road Congresses.
- Nelson, P. M. (1988) Transportation noise, Butterworths & Co. Ltd.
- OECD; Roadside Noise Abatement, 1995.
- Schultz, T. J. (1978) Synthesis of social surveys on noise annoyance, J. of Acoust. Soc. of Am. 64 (2).
- Weinstein, N. D. (1976) Human evaluation of environmental noise in perceiving environmental quality - Research and Application, Plenum Press Ltd.

נספח 2: סקירת תקינה בקליפורניה (תקציר)

Highway Design Manual

State Of California

Department Of Transportation

Central Publication Distribution Unit

6002 Folsom Boulevard

Sacramento California 95819

1. הקדמה:

עקב רגישות הציבור לרעש מכבישים סואנים, והעלויות הגבוהות שכרוכות במיגון הכביש, הכרחי שיותקנו תקנות ויהיו כללים ברורים לפיהם יפעלו הרשויות.

תשומת הלב תהיה בשלושת המישורים הנ"ל:

1. בניית כבישים חדשים, או שיפור והרחבת כבישים קיימים.
2. הפחתת הרעש באמצעות התאמת מיגונים שונים, לכבישים קיימים סמוך לאזורי מגורים.
3. הפחתת הרעש באמצעות התאמת מיגונים שונים, לכבישים קיימים סמוך למוסדות חינוך ראשיים ומישניים.

2. המטרה:

המטרה היא להגביל את הפרעת הרעש מכבישים סואנים (חדשים וקיימים), שנמצאים סמוך לאזורי מגורים ובתי ספר, לרמה סבירה (בהתאם לתקנות) במגבלת תקציב נתון.

להשגת יעד זה הרשויות יפעלו בשלושת האופנים הבאים:

1. הפחתה מהשורש - הפחתת רעש התנועה מהרכבים עצמם ע"י חקיקה.
2. עידוד שימוש באדמות חלופיות - המועצות האזוריות והעיריות ע"י תקנות ותוכניות מתאר יכולות לנתב בנייה ואזורי תעשייה, לאזורים שונים בעיר, במטרה למנוע היוצרות עומס תנועה באזור מסוים, וכך להקטין את רמת הרעש.
3. הפחתת הרעש - הרשויות יפעלו להפחתת הרעש ע"י איתור מקור הרעש, בנייה ותיכנון כבישים בצורה יעילה, ובמיקרים שהנ"ל לא יעזור במניעת הרעש, הרשויות ינסו לעשות זאת בעזרת מיגונים ומחסומי רעש שונים.

הפרק הבא מתאר את האמצעים השונים להפחתת רעש ומפרט היבטים שונים בדבר מחסומי הרעש הקיימים.

א. כללי - להלן טבלה ובה קטגוריות לאזורים שונים שבהם תהיה רמת רעש מכסימלית.

טבלה 1:

11 : $\frac{1}{10} \leq \frac{1}{10} \leq \frac{1}{10}$ - $\frac{1}{10} \leq \frac{1}{10} \leq \frac{1}{10}$

LEQ	L10	פירוט הקטגוריה	הקטגוריה
57	60	אדמות שמשמשות לצרכים ציבוריים, שהשקט נחוץ בהן.	A
67	70	פארקים ציבוריים, מיגרשי מישחקים, בתי מלון ואכסניות, ספריות, בתי חולים, בתי ספר וכנסיות.	B
72	75	אדמות מפותחות שלא נכללות ב-A או ב-B.	C
-	-	אדמות לא מפותחות.	D
52	55	אזורי מגורים, מוטלים, בתי מלון, חדרי ישיבות, בתי ספר, כנסיות, ספריות, בתי חולים ואולמות ארועים.	E

הערה: קטגוריות A,B,C הם אזורי חיצוניים וקטגוריה E היא לאזורי פנימיים.

ב. בניית כבישים חדשים או שיפוץ כבישים קיימים - לדרכים חדשות או משופצות, הפחתת רעש שהיא סבירה ואפשרית, צריכה להעשות בשיתוף עם תוכניות ליעדים והמטלות השנתיות רעשי תנועה קורים כאשר רעשי התנועה החזויים עולים על אלה המופיעים בטבלה או על אלה הקיימים.

צימצום הרעש

1. רמות הרעש המופיעות בטבלה 1, לא תהינה סף מינימלי אליו יש להגיע אלא, במיקרים מסוימים אם ניתן, השאיפה תהיה להוריד את סף הרעש מעבר לרמה המצויינת. כאשר יוצע מחסום רעש מסויים, מטרתו תהיה לצמצם את הרעש בלפחות 5 דצ', אלא אם תחת תנאים מסוימים הפער בעלות בין שני מחסומים מוצעים יהיה פער משמעותי.

2. בבניית דרכים חדשות או שיפוץ דרכים קיימות, הפחתת הרעש תבוצע, אם רעש התנועה החזוי יעלה באופן משמעותי על רעש התנועה הקיים, למרות שיתכן שרעש התנועה יהיה פחות מסף הרעש המצויין בטבלה 1.

במטרה להיות אחידים בקביעת "העלאה משמעותית" הפחתת הרעש צריכה להישקל בכל בנייה חדשה או שיפוץ של כביש קיים, כאשר רמת הרעש הצפויה תגדל ב- 12 דצ' לפחות או תעבור סף של 65 דצ' (LEQ).

ארבעת הפרקים הבאים דנים במחסומי הרעש השונים, היכן הם ימוקמו, מה יהיה גובהם ואורכם וכיצד הם יעוצבו.

ניתן לציין כי בבניית מחסום רעש יש להתחשב בנוף הסביבתי, אך אם הנ"ל מגדיל את העלויות באופן משמעותי יש להמנע מכך, כמו כן יש להשתמש רק בחומרים שעומדים בתקנים של משרד העיצוב והבינוי.

הסדרי תחזוקה בעיצוב מגן הרעש - לעיתים מחסומי הרעש ממוקמים סמוך למקומות ציבוריים, לכן חשוב שהם יראו בצורה אסתטית כדי לשמר את הנוף. הנ"ל כמובן מגדיל את העלות ביחוד אם האתרים קיימים משני צידי הכביש ולכן יש להתחשב בעלות זאת.

חייבת להיות גישה לאתרים ציבוריים אלה ולכן לעיתים בלית ברירה הגישה חייבת להיות דרך מחסום הרעש דבר שפוגע ביעילות המחסום.

נקודה נוספת היא שמיגוני הרעש צריכים להיות מותאמים לאותה סביבה בה הם ממוקמים, לדוגמא ככביש מהיר הם צריכים להיות יותר אמידים, שכן יתכן שרכב שיסטה מהכביש וממחסום הביטחון עלול להרוס אותם, או באזורים שנימצאים בקרבת מקורות אש לא יבנו מיגוני רעש העשויים מעץ.

הפרק הבא דן בסוגיית דירוג הפרויקטים - מפרויקט שנמצא בעדיפות ראשונה ועד לפרויקט שנמצא בעדיפות אחרונה.

תחילה בודקים אם האזור שבו יתבצע הפרויקט הינו מתאים, וההתאמה נקבעת לפי שני קריטריונים. (1 - אם האזור היה מפותח לפני 1/11/74 ולפני שנפתח הכביש העובר בו. 2 - אם האזור התפתח לאחר בניית הכביש, אך חלה עלייה ברמת הרעש מהכביש בלפחות 3 דצ').

לרשימת הפרויקטים המתאימים קיים אינדקס ראשוני שאותו מחשבים לכל פרויקט שבו הרעש הנאמד עולה על רמת הרעש המופיעה בטבלה 1 בקטגוריה B (67 דצ' LEQ).

האינדקס הוא PI :

$$PI = (NL - 67) \cdot AR \cdot LU / \text{עלות (אלפי דולרים)}$$

AR - מידת ההפחתה.

NL - רמת הרעש הנמדדת (LEQ).

LU - מ"ס יחידות הדיור.

מידת ההפחתה - מחשבים את ממוצע ההפחתה ברמת הרעש, שמחסום הרעש המוצע ישיג.

11 : çôñð - íéùéáëì ùèø éð÷ú : úáéâìð çåúð

- המטרה היא אכן לצמצם את רמת הרעש לפי קטגוריה B , אך אין זה כלל בל יעבור, כל מחסום רעש ישקל תחת תוכנית זאת במטרה לקבל יתרון משמעותי בהפחתת הרעש אלא, אם הוא יביא להפחתת רמת הרעש בלפחות 5 דצ'.

רמת הרעש הנמדדת (LEQ) צריכה להתחשב בעובדה שיתכנו עליות קטנות ברמת הרעש הנמדדת בעתיד ולכן ההתחשבות הנ"ל תהיה בהתאם לטבלה הבאה:

טבלה 2 :

קטגוריה	התאמה
A	2+ DBA
B	1+ DBA
C	0
D,E,F	טרם הוחלט

- מס' יחידות הדיור יהיו אלה שנמצאות בסמוך לכביש. דירות שממוקמות מעל קומה ראשונה בביניין רב קומות יכללו רק אם מחסום הרעש המוצע מוריד מרמת הרעש בדירותיהם 5 דצ' לפחות.

- את האינדקס (PI) מעדכנים גם לפי אחוז התושבים בשכונה, שגרים בסמוך לכביש, והעידכון נעשה ע"י חיבור האחוז הנ"ל עם האינדקס שחושב בנוסחא. לדוגמא אם אחוז התושבים שגרים סמוך לכביש הוא 52.5% מכלל התושבים בשכונה, והאינדקס חושב להיות 10 , אזי האינדקס החדש עבור אותו פרויקט יהיה $62.5\% = 52.5\% + 10\%$ (כאשר ישנם כללים ברורים בהגדרת המושגים "סמוך לכביש", "תושב השכונה" וכו') .

עלות אפקטיבית - פרויקטים ברשימת העדיפויות צריכים להיות פרויקטים בעלי עלות אפקטיבית , כאשר עלות אפקטיבית הינה עבור פרויקטים שעולים לכל היותר \$ 30,000 ליח' דיור, שמוגנים ממחסום הרעש .

בחישוב העלות האפקטיבית נכללות כל יח' הדיור (בתים פרטיים, וילות קוטג'ים וכו') שיצליחו בהם להפחית 5 דצ' או יותר מרמת הרעש, ע"י מחסום הרעש המוצע.

- סעיף נוסף בתקנות מחייב את הרשויות למדוד, ובמידת הצורך להפחית את רמת הרעש מכבישים באזורים בהם ישנם בתי ספר פרטיים או ציבוריים, כאשר רמת הרעש מהכביש עולה על 55 דצ' (

(L10) או 52 דצ' (LEQ). בסעיף זה יש צורך לדון בסוגייה האם לבנות מיגון רעש לכביש או למגן את בית הספר במיגונים אקוסטיים שונים או שניהם יחד, הנ"ל ידון בכל פרויקט ופרויקט לגופו של עניין.

נספח 3: תחזית מערכת תחבורה יבשתית לשנת 2020

אילן סלומון, ערן פייטלאן, יהודה גור

ישראל 2020 מדיניות תכנון נושאת
תחבורה ותקשוב (1996)

1. כמו בכל המדינות המערביות, גם בישראל גדל שיעור התושבים הגרים בריכוזי האוכלוסין. כבר היום כ- 60% מהתושבים בישראל חיים באגד הערים של ת"א, חיפה וירושלים.
2. בשל "חוק הצפיפות הקבועה" יורדת חשיבות ההשקעה בתשתית כפתרון לבעיית הגודש בכבישים, ניסיון לפתרון הבעיה מתמקד כיום בשתי דרכים עיקריות:
 - א. הגדלת הניצול של המערכת הקיימת ע"י ניהול ובקרת התנועה (TSM).
 - ב. שימוש באמצעי תקשורת / מחשוב (להלן תיקשוב) לשם ניתוב התנועה בתנאי גודש, ולשם פיזור גיאוגרפי וביטול הצורך בחלק מהנסיעות.
 - ב. ניהול הביקוש לנסיעות (TMD) ע"י אגרות גודש וכבישי אגרה. ניסיון לפזר את הביקושים לנסיעות על פני כל שעות היום. מאחר וקימות השפעות חיצוניות שליליות, האופטימום שרואים הפרטים המשתמשים בכבישים אינו האופטימום החברתי, בכדי להגיע לאופטימום חברתי נדרשת "אגרת גודש". אגרה כזו יכולה להיגבות כיום ע"י אמצעים מכנים- ממוחשבים מבלי לעקב את זרימת התנועה בכביש. כמו כן הינה תנאי הכרחי להפרטת מערכת הדרכים (שמומלצת ע"י מע"צ מסיבות של חוסר יעילות של הסקטור הציבורי, ומגבלת תקציבים שגורמת לנזק כלכלי כבד בשל עיקוב בפתחת כבישים.
3. רעש מכבישים מאוזכר כאחת ההשלכות השליליות של הגודש בכבישים.
4. עידוד לשימוש בתחבורה ציבורית - רלוונטי לארץ אוטובוסים ורכבות קלות.
5. השלכות לעתיד:

1995 - מבקר המדינה - דו"ח שנתי מספר 45

מטרה: מתן תשומת לב לביקורת מבקרת המדינה בדבר תכנון וביצוע מחלפים, תוך כדי השלכות הביקורת, המסקנות, והשיפורים המוצעים על תקנים לרעש בכבישים.

1. מחלף הכפר הירוק - על מנת להקל בעומס התנועה בצומת הכפר הירוק, החליטו ב- 1986 על בניית מחלף.
2. חלופות הוצעו: 1. בניית מחלף עם גשר עילי.
2. בניית מחלף עם כביש משוקע.

לשתי החלופות נדרש שלב מקדים לביצוע החלופה (פיצול מרובע של הצומת), להלן יקרא שלב א, כאשר בו בזמן התעורר ויכוח בין אנשי מע"צ, שהעדיפו את הצעה מס' 1, לעומת ראש המועצה המקומית של רמת השרון שהעדיף את הצעה מס' 2.

ב-1989 בעוד הויכוח נמשך, החליטה הועדה המחוזית על ביצוע שלב א של התוכנית ולהמשיך בדיונים על שלב ב (בחירת החלופה המתאימה) למרות התנגדות אנשי מע"צ.

באיחור של 18 חודשים החלו העבודות של שלב א, בהנחה שהמחלף יבוצע ע"פ חלופה ראשונה, אולם מאחר שהוועדה המחוזית אישרה את החלופה השנייה, התארך ביצוע שלב א כשנה וחצי מעבר

למתכנן, שכן נאלצה מע"צ להתאים את התכנון לכביש משוקע. עלות הפרויקט שנאמדה ע"פ מע"צ ב- 51.5 מליון ש"ח הגיע ע"פ נתוניה ללמעלה מ- 70 מליון ש"ח.

מסקנות:

- תהליך הקמת המחלף ארך 8.5 שנים, כאשר רק התהליך הסטטוטורי ארך כ-5.5 שנים. עיקר העיכובים נגרמו מחילוקי דעות לגביי החלופה המתאימה.
- בשל תחילת העבודות לפני קביעת השלבים מראש, עלות הפרויקט התייקרה, עקב התאמות ושינויים שנדרשו לשלב הבא שנבחר.
- בכדי לקצר את ההליך, ניתן להכין שינוי לתוכנית המתאר הארצית, לדרכים ברמת פירוט של תוכנית מפורטת לטיפול של המועצה הארצית לתכנון ובנייה.

מחלף כפר שמריהו - בתחילת ינואר 1988 הוסכם בין מע"צ וראש עיריית הרצליה על בניית מחלף בצומת כפר שמריהו עם גשר, כאשר באותה שנה מע"צ התכוונה להתחיל בהוספת נתיבים בצומת לצורך ביצוע הגשר, אך העבודות לא החלו כמתוכנן, בשל עתירה לבג"ץ של התושבים באזור בטענה שמע"צ אינה רשאית לבצע את הרחבת הדרך ללא היתר. לבקשת העותרים ניתן צו ביניים שאסר על ביצוע העבודות בכפר שמריהו.

בינואר 1992 אישר בג"ץ את הרחבת הדרך בלא שנערך דיון על הקמת המחלף.

ביוני 1992 הוגשה תכנית של ועד הפעולה של התושבים לבניית כביש משוקע ברצועת הדרך המוכרזת, בעוד שמע"צ התנגדה לחלופה זאת משיקולי עלות. עקב התנגדותם החריפה של התושבים לפתרון המחלף עם גשר, שינתה מע"צ את תכניתה לבניית גשר עם עמודים.

בסופו של דבר הוחלט שתוקם ועדה בחסות שני פרופסורים מהטכניון לבחון את שתי ההצעות במסקנותיהם (יולי 1993) התברר כי מבחינה סביבתית קיימת עדיפות לחלופת השיקוע, אך היא יקרה יותר ב- 19.5 מיליון ש"ח. על אף ההפרש הגדול בין החלופות הסכימה מע"צ בסופו של דבר לפתרון המשוקע, לאחר ששר האוצר ושר השיכון הסכימו למימון חלופה זאת.

מסקנות:

- עקב פניית התושבים לבג"ץ, התוכנית לבניית המחלף התעכבה בשנתיים, עד למתן פסק הדין. עיכוב זה גרם נזק למשק הלאומי שע"פ חישוביה של מע"צ מסתכם בכ- 57 מיליון ש"ח.

- אילו מע"צ מלכתחילה הייתה מתחשבת בתושבים ומציעה פתרון עם כביש משוקע יתכן שהפער בעלות אלטרנטיבה זאת לעומת גשר עילי היה מצטמצם והיו בוחרים בכביש המשוקע עוד בהתחלה.

מחלף שער הגיא - ביצוע פרויקט של דרך נחשב כאמור בעל כדאיות כלכלית, כאשר החיסכון המצטבר למשק כתוצאה מהפחתת העיכובים בזרימת התנועה למשך תקופת השירות של הדרך (20 שנה) עולה על ההשקעה בו, פרויקט כזה יבוצע אם הוא עדיף מפרויקטים כדאיים זמינים אחרים באותו מועד.

מע"צ לא נהגה לערוך בדיקות שיטתיות של הכדאיות הכלכלית לכל פרויקט שבטיפולה כמו זו שערכה לגביי מחלף שער הגיא.

משרד מבקר המדינה העיר כי למבחן הכדאיות הכלכלית למחלף שער הגיא אין משמעות בכל הנוגע להשוואה בין פרויקטים, שהרי לא נבחנו באופן שיטתי פרויקטים אחרים בדרך דומה.

לפיכך לא היה בידיה המידע הדרוש להשוואת כדאיות ההשקעה בפרויקט זה לזו שבפרויקטים אחרים במסגרת התקציב הנתון.

מחלף מורשה- באוקטובר 1991 בחנה מע"צ 2 חלופות למחלף בצומת מורשה.

במע"צ הייתה מקובלת תפיסה ששמה דגש על מציאת פתרון ללא הליך סטטוטורי חדש, אלא בהסתמך על תוכניות המתאר המקומיות המאושרות על בסיס חלופה הסטורית (חלופה שכבר הייתה קיימת עוד ב- 1982 אך לא התאימה כעת לנפחי התנועה הקיימים והעתידיים).

לאחר שנקבע החלופה המתאימה, בהתאם לתפיסה זאת החלו בבניית המחלף בכמה שלבים כאשר לא היה תיאום בין השלבים השונים, ובכל שלב מתקדם יותר היו צריכים לבטל או להוסיף נתונים על השלב הקודם-דבר שהגדיל את העלויות.

לדעת מבקר המדינה נפחי התנועה שעברו בצומת מורשה חייבו את התכנון והבנייה של המחלף זמן רב לפני שמע"צ החל בתהליך, ובנוסף היא נאלצה לבצע את הפרויקט בשלבים, תוך כדי עבודות זמניות, המיועדות לביטול בשלבים הבאים.

החלופה שנבחרה לא ענתה על מירב בעיות התחבורה שהיו קיימים במקום, ולכן רק ב - 1994 הוגשה תוכנית חדשה המבוססת על החלופה שנבחרה- תהליך זה דחה במספר שנים את ביצוע המחלף בשלמותו.

סיכום

- צמתים גורמים לעצירת שטף התנועה ואף מהווים סיכון בטיחותי ומקום תורפה לתאונות דרכים- בכך נגרם למשק נזק כלכלי .

אחד הפתרונות הקיימים הוא הקמת מחלפים. הכדאיות הכלכלית של מחלף מתבטא ביחס עלות/ תועלת .

נוכח מגבלת התקציב הקיימת יש לבצע פרויקטים שכדאיותם היא הגדולה ביותר.

- לקיצור גורם הזמן בכל שלב משלבי הקמתו של המחלף נודעת חשיבות רבה בבחינת כדאיותו, דחייה מעבר למועד המיטבי גורמת הפסד למשק עקב אי מיצוי החסכוניות מן השימוש במחלף .

- ככל שמשך ביצוע הפרויקט יהיה קצר יותר, כן תוקדם התרומה הכלכלית למשק, עם זאת קיצור זמן הביצוע כרוך לעתים קרובות בגידול עלות הפרויקט ויש לבחון את התחלופיות שבין גורמים אלה.

- אחת הסיבות לכך, שהפרויקט נמשך זמן רב, היא התנגדות התושבים לפרויקט, לכן בבחינת החלופות האפשריות ובשלב התכנון יש להתחשב באינטרסים של התושבים באזור . יתכן לעתים שעלות הפרויקט תתייקר, אך ע"י כך ניתן יהיה למנוע התנגדויות ופניות לבג"צ ים למיניהם, והיה נחסך זמן רב שהוקדש להסרתן.

נספח 5: סקירת דו"ח מבקר המדינה בנושא מפגעי רעש

1997 - מבקר המדינה - דו"ח שנתי מספר 47

המשרד לאיכות הסביבה-מפגעי רעש-ריכוז ממצאים:

בעקבות מחקרים שנעשו בנושא מפגעי רעש, התגלה כי חשיפה לרעש גורמת לאדם נזק בריאותי ונזק כלכלי (מחירה של דירה שפונה לכביש רועש מוערך ב-15% פחות בממוצע מדירה באותו בניין, שאינה פונה לכביש) .

לפי קביעתו המקצועית של המשרד 64% מכלל האוכלוסייה בארץ חשופים לרעש מטריד, מתוכם כשליש חשופים לרעש העלול לסכן את בריאותם.

לנוכח העובדה שהרעש מכבישים קיימים הולך וגדל, חיוני למפות את אזורי הרעש, כך שיהיה אפשר להתבסס על המיפוי ככלי לקביעת מדיניות כוללת, ולשמירה על הגבלות הבנייה.

ברור למדי שלגבי כבישים קיימים הפתרונות אינם פשוטים והפתרון עשוי להיות מורכב, למשל- הגבלות תנועה לרכב כבד ולאופנועים, מיגון דירת, מיגון הכביש או שימוש באספלט שקט (אספלט שמקטין את רעש כלי הרכב) במשולב.

יתכן שלגבי כבישים מסוימים לא יימצא פתרון כלל לפיכך, הגדרת סדרי עדיפויות מתבקשת מאליה.

לדעת משרד מבקר המדינה קיים צורך בהתקנת תקנות בנושא רעש מכבישים, דבר שימנע ויכוח ארוך ומייגע לגביי כל כביש חדש, ויחייב לקבוע נורמות פעולה לגביי כבישים ישנים, כמו כן על התקנות לשקף איזון ראוי בין אילוצים כלכליים לבין דרישות סביבתיות. ראוי לציין כי לנושא זה נתן את דעתו בית הדין הגבוה לצדק, וקבע שיש להתקין חוק לתקנות. (בג"ץ 372/71 פראניו ואח' נ' שר הבריאות ואח', בעניין זיהום אוויר).

התקנת התקנות היא אפוא בבחינת חובה ע"פ דין.

המשרד מוסיף שדרוש לפתור את המחלוקת בין המשרד לאיכות הסביבה ובין מע"ץ בעניין קביעת מפלס הרעש המרבי בכבישים חדשים, מהר ככל שניתן, כדי להתקין את התקנות בהקדם האפשרי.

נספח 6: סקירת דו"ח מבקר המדינה בנושא חברת כביש חוצה ישראל

1997 - מבקר המדינה - דו"ח שנתי מספר 47

חברת כביש חוצה ישראל בע"מ

המסמך מבקר את חברת כביש חוצה ישראל בע"מ, משרד הפנים ומשרד התחבורה בדבר קידום פרויקט כביש חוצה ישראל.

עיקר הביקורת היא סביב העובדה שעד מועד הביקורת לא התקדמו העבודות, ההחלטות והתוכניות בדבר מימוש הפרויקט, כפי שנקבעו זמן רב קודם.

עובדה מעניינת שמציג המסמך היא שהבעיה המרכזית של מערכת התחבורה בישראל, היא הגודש בכבישים, שנגרם כתוצאה מהגידול המהיר בשימוש ברכב פרטי ומהפיגור בהתאמת מערכת הכבישים לצרכים הנובעים מרמת מינוע ומפיזור מקומות מגורים על פני שטחים נרחבים.

הגודש גם מפחית מן היעילות ומרמת השירות של התחבורה הציבורית.

ניתן ללמוד כי רמת המינוע בישראל עלתה מאז שנות ה-70 בשיעור ניכר (לכלל כלי הרכב 168% ולרכב הפרטי 241%), אך עדיין היא נמוכה יחסית לרמה הממוצעת באירופה, לפיכך יש יסוד להניח שמגמת העלייה ברמת המינוע בישראל תימשך.

ע"פ התחזיות שב"ניתוח תנועה והערכה כלכלית לדרך מהירה מס' 6" שנערכו במאסר 1995 עולה כי בשנת 2020 יגיע מספר כלי הרכב בארץ ל-3.6 מיליון ואילו רמת המינוע של הרכב הפרטי תגדל מ-260 כלי רכב ל-1000 תושבים ל-450 כלי רכב ל-1000 תושבים.

במקביל חלה ירידה במספר הנוסעים בתחבורה הציבורית מכלל הנוסעים מ-55% בשנות ה-70, ל-30% בשנות ה-90.

מלבד עובדה זאת לא ניתן ללמוד ולהפיק לקחים ממסמך זה לגביי תקנים לרעש מכבישים, מכיון שעיקר הביקורת הנה ספציפית לנושא הקמת כביש חוצה ישראל.

נספח 7: סקירת תקינת רעש מכבישים בחו"ל

Regulation for Community Noise
Noise and News (what levels of noise
should we accept?)
Dieter Gottlob
Federal Environmental Agency,
Berlin, Federal Republic of Germany.
Noise News International מתוך:

מטרה:

למידת הנושא מארצות שונות בעולם, שבהם קיימות תקנות למניעת רעש מכבישים.

נקודות חשובות:

- ישנן ארצות כמו נורבגיה (אוסלו) שמציבות לעצמן יעדים להגיע לאחוז מוטורדים מסויים מרעש כבישים, (כמובן קטן ככל האפשר).
אופן ביצוע היעד נעשה ע"י עקומת מוטורדים - הנ"ל גרף שצירו האופקי הוא רמת הרעש הנמדדת (בדצ"), וצירו האנכי הוא אחוז המוטורדים מן הרעש.
את העקומות הנ"ל בודקים לגבי פרמטרים שונים כגון אוכלוסייה שנמצאת באזור פתוח או סגור או בדיקת אוכלוסייה שבבעלותה חלונות מבודדים וכאלה שאין בידיה הנ"ל.
מה שמתבצע בפועל הוא קביעת אחוז המוטורדים (מקובל לדוגמא בשוויץ 25%), רואים מהיא רמת הרעש שעד אליה סובל אחוז זה (שוויץ 55 דצ"), ומנסים באמצעות מיגונים שונים להגיע לרמת רעש זאת.
- ישנה מגמה, בשנים האחרונות, באירופה ובארה"ב להוריד את רמת הרעש המותרת באזורי אוכלוסייה שונים, עקב מודעות הציבור לנושא וגם עקב העובדה שכמות כלי הרכב בכבישים עלתה בשיעור ניכר.
ממשלות ואירגונים למיניהם מרכזים מאמצים לא מבוטלים במטרה להוריד את רמת הרעש באזורי אוכלוסיות, ולדאוג לאלה שאכן סובלים ממטרד זה.
- כדי להשיג יעד זה, מקובל להשתמש בכמה שיטות, תחילה מנסים להוריד את רמת הרעש ע"י מודעות הציבור לרעש, בקשות לטכנולוגיה מתקדמת בתעשייה והגבלות למיניהן על מקורות רעש שונים.
בשלב שני מרכזים מאמצים באזורים מפותחים ע"י אמצעי מיגון שונים, ולבסוף אם הנ"ל לא עוזר מבודדים בניינים או כבישים מפני רעש.

- בשווייץ לדוגמא ישנן כמה כללים ברורים:
- באזורים חדשים שמתפתחים או עומדים להתפתח, או לחילופין כאשר ישנן תקנות חדשות בתעשייה או בהסדרי תחבורה, מגדירים ערכים או פרמטרים מסויימים שלא יהיו ברי שינוי, לדוגמא רמת הרעש באיזור.
- במקומות בהן רמת הרעש עלתה, מגורים חדשים מותרים רק אם הם מבודדים מפני רעש.
- דירוג אזורים לפי קדימויות ועדיפויות לטיפול מפני רעש.

נספח 8: סקירת תקן פדרלי ארה"ב

Federal Aid Highway Program manuel
8/1992
U.S Department of Transportation
Federal Highway Administration

מטרה:

- לספק נהלים למחקרי רעש, וקריטריונים להפחתת רעש מכבישים במטרה לדאוג לרווחת הציבור.
- פירסום דרישות ומידע לרשויות לצורך תכנון כבישים.

ניתוח השפעת רעשי תנועה:

- א. הרשויות ינתחו את השפעות רעשי התנועה ומחסומי הרעש השונים, וישקלו הפחתה ברעש ע"פ קריטריון עלות תועלת מבחינה כלכלית, סביבתית וחברתית.
- ב. ניתוח רעשי תנועה יכלול את האספקטים הבאים:
 1. זיהוי פעילויות קיימות, שטחים מפותחים ושטחים לא מפותחים שעתידיים להתפתח שעשויים להיות מושפעים מרעש כבישים.

2. חיזוי רמת רעש התנועה.
3. הגדרת רמת הרעש הקיים.
4. הגדרת פגיעת רעש התנועה.
5. בחינה והערכה של האלטרנטיבות השונות להפחתת הרעש.

הפחתת הרעש:

- א. הפחתת רעש תיבחן בעדיפות ראשונה, באזורים חיצוניים מאוכלסים, כאשר תחילה היא תשקל האם היא כדאית.
 - ב. עדיפות שנייה תנתן לאזורים תחת קורת גג, שנמצאים בקרבת הכביש וסובלים מרעש.
 - ג. אם יאובחן מקום הסובל מהפרעת רעש, ישקלו אמצעי הפחתת רעש שונים.
 - ד. כאשר יבחן אמצעי הפחתת רעש מסוים, נדרש לעשות את המאמץ המירבי לנסות להפחית את הרעש ככל שניתן.
 - ה. על הרשויות להבחין בין השפעות רעש שניתן למצוא להן אמצעי מיגון שמתאימים לסביבה בה הם ימוקמו, ובין השפעות של רעש שאין להן פיתרון ממשי כלל.
 - ו. בבחירת אמצעי המיגון המתאים, יש לשים לב כיצד הנ"ל משפיע על הנוף הסביבתי.
- בסוף המסמך מופיעה טבלה ובה חלוקת האזורים לפי קטגוריות שונות, כאשר לכל קטגוריה מותאם סף רעש מכסימלי (הטבלה זהה לטבלה מס' 1 המופיעה בתקן הקליפורני).

נספח 9: סקירת בג"צים

בג"צ 1681/90 - ועד פעולה בעניין הרחבת דרך מס' 2.

- נגד: 1. שר הבינוי והשיכון.
2. הועדה המקומית לתכנון ובנייה הרצליה.

3. הועדה המחוזית לתכנון ובנייה מחוז ת"א.

תאריך: 21.08.90

מס' שופטים: 1

עתירה זאת דנה בהתנגדות תושבי האזור לתוכניתיה של מע"צ, לבניית מחלף בצומת כפר שמריהו עם גשר לאורך כביש מס' 2, בטענה שמע"צ אינה רשאית לבצע את הרחבת הדרך ללא היתר.

ההחלטה:

1. מדידות הרעש תעשינה ע"י מע"צ בפקוח המשרד לאיכות הסביבה והעותרים יוכלו למנות מומחה מצידם כמשקף.

2. ההחלטה באיזה אמצעי מגננה להשתמש כנגד הרעש הנוסף, שיווצר עקב הרחבת הכביש, תהיה בידי מומחה המשרד לאיכות הסביבה ביחד עם מומחה עצמאי שיתמנה בהסכמת באי כוח הצדדים.

כל אחד מהצדדים יוכל להגיש לשני אלה חוות דעת של מומחים מצדו.

3. הבדיקה הנוספת תיעשה כעבור אותה תק' זמן לאחר גמר ביצוע הרחבת הכביש, כפי שיחליטו המומחים.

נותרו עוד שתי שאלות:

(א) האם יש לבדוק את השפעת הרעש לא רק על בעלי הנכסים המשיקים, אלא גם על אלה שבשתי השורות שמאחריהם.

(ב) מה תהיה ההתייחסות לתושבים שנכנסו לגור במקום אחרי 1964 (לאחר צו ההרחבה) האם יוטל עליהם להשתתף בהוצאות המיגון.

באשר לשתי שאלות אלה, שני הצדדים יבואו לידי מגעים ודיונים ביניהם.

בג"צ 1681/90 - ועד הפעולה בעניין הרחבת דרך מס' 2.

נגד: 1. שר הבינוי והשיכון.

2. הועדה המקומית לתכנון ובנייה הרצליה.

3. הועדה המחוזית לתכנון ובנייה מחוז ת"א.

בבית המשפט העליון בשבתו כבית משפט גבוה לצדק.

תאריך: 22.01.92

מס' שופטים: 5

- לפי בקשת העותרים:

(א) מע"צ אינה רשאית לבצע את הרחבת קטע הדרך הנ"ל ללא היתר, וללא תכנית מתאר מקומית או מפורטת בהתאם לחוק התכנון והבנייה (1965).

(ב) אין לבצע את הרחבת קטע הדרך הנ"ל ללא קביעת מיגונים אקוסטיים ובטיחותיים הולמים.

(ג) מע"צ אינה רשאית לתפוס חזקה במקרקעין של העותרים לצורך הרחבת קטע הדרך הנ"ל ללא צו של בית משפט מוסמך.

- לבקשת העותרים ניתן צו ביניים (21.08.90) המורה לשר הבינוי והשיכון להימנע מלתפוס חזקה במקרקעי העותרים, ולבצע בהם עבודות להרחבת הכביש ולהקמת מחלף או גשר.

צו הביניים גם אוסר על הועדה המקומית להוציא היתר להרחבת קטע הדרך או להקמת המחלף או הגשר.

- בסיכום משפט זה, ברוב דעות (שלושה כנגד שניים) אישר בג"צ את הרחבת הדרך בלא שנערך דיון על הקמת המחלף.

- ביו הטענות לדחיית העתירה נטען כי לגופו של עניין, מע"צ יכולה להשתמש בתוכניות המתאר שבידיה. (מסעיפים שונים בחוק, כגון סעיף מפקודת הדרכים ומסילות הברזל המסמיך את הרשות לפעול על פיו ולתפוס חזקה במקרקעין לצורך הרחבת כביש).

עוד נטען כי למרות התוצאה האמורה, השופטים מניחים כי שני הצדדים יפעלו לצמצום אפקטיבי של מפגעי הרעש והבטיחות שיהיו כרוכים בהקמת הכביש.

בג"צ 2920/94 - אדם וטבע ודין (אגודה ישראלית להגנת הסביבה).

נגד: 1. המועצה הארצית לתכנון ולבנייה.

2. השר לאיכות הסביבה.

3. שר הפנים.

4. ממשלת ישראל.

5. חברת כביש חוצה ישראל בע"מ.

תאריך: 28/07/96 , 12/06/95

מס' שופטים: 3

מקצת טענות העותרים:

עם סלילת הכביש ייווצר מצב של דלדול שטחים מפאת היות הפרויקט עתיר שטח, פגיעה באופיו החקלאי של האזור, זחילה אורבנית של אגד הערים ת"א ומזרחה, עידוד רכב פרטי כנגד תחבורה ציבורית, גידול בזיהום אויר, ריבוי תאונות ושימוש אינטנסיבי יותר ברכב למרחק רב יותר.

סיכום המשפט:

פרוייקט הכביש נותח מבחינה כלכלית ומהיבט המשק הלאומי, ובכלל זה בוצעה הערכה מוקדמת של פוטנציאל מפגעי הסביבה-דעש, זיהום אויר, נוף, חי, צומח, ניקוז, ערכי טבע מיוחדים, קרקע חקלאית ועוד, על כן החלטת המועצה הארצית לתכנון ובנייה על סלילתו של כביש חוצה ישראל, הנה החלטה תקפה המעגנת עצמה בתכנית שאושרה כדין, הלא היא תמ"א/3.

בנוסף תכלול התכנית הוראות פרטים ומסמכים בדבר:

(1) תוואי ורוחב הדרך ומיקום הצמתים המתחלפים בה, שיוצגו בתשריט.

(2) סקירה של ערכי טבע, נוף ואחרים מיוחדים לאורך הדרך.

(3) האמצעים המוצעים למניעת מפגעים סביבתיים לרבות מפגעי דעש וזיהום אויר בקטעי דרך או מחלפים העוברים באזורים בנויים או מיועדים לבנייה.

(4) האמצעים לשמירת ערכי טבע ונוף ולמניעת מפגעים נופיים לטיפול בנוף ולשיקומו, לרבות המקומות לכריית עפר ולעודפי עפר הנחוצים לביצוע הדרך, הטיפול בהם או סילוקם וכן טיפול בקטעי חפירה ובקטעי מילוי לרבות מדרונות.

בג"צ 3236/93 - מרכז ע"ש ורה סלומונס

1. נגד: הועדה המחוזית לתכנון ובנייה מחוז המרכז.
2. המנהל הכללי של משרד הפנים.
3. מחלקת עבודות ציבוריות - משרד הבינוי והשיכון.

תאריך: 22.11.93 , 24.01.94

מס' שופטים: 3

עתירה זאת עניינה תכנית מס' מח/54 ב' - דרך מס' 531 הדנה בסלילת כביש אשר אמור לקשר בין השומרון למישור החוף, ואשר כוללת בין היתר מחלף בנקודות המפגש עם כביש גהה לרבות יציאות לכפר סבא ורעננה.

העותרת מנהלת בית מגורים לקשישים, ובתוכו מחלקה סיעודית ברחוב נתיבות בכפר סבא בקרבת כביש גהה וצומת רעננה. בבניין 56 דירות מוגנות לקשישים ובהן מתגוררים 60 דיירים.

התכנית הנ"ל עליה סבה העתירה פורסמה בחודש ינואר 1992. העותרת הגישה התנגדות לתכנית שעיקריה החשש מפני מטרדי רעש, והעדד אמצעי מיגון מפניו, מגבלות בכניסה למוסדות, החנייה, שינוי תוואי דרך הווה ואומר פגיעה באיכות החיים של אוכלוסיית המוסד.

לפי הנחיותיו של המשרד לאיכות הסביבה הוכן עוד בשנת 1991 תסקיר השפעה על הסביבה של הדרך המוצעת. לטענת העותרת עולה מן התסקיר שאין פתרון מוחלט לפגיעות האפשריות בבית האבות שבהנהלתה.

לפי הצעת התסקיר, צידו הצפוני של הקיר באמצע הכביש המתוכנן חייב להכיל חומר לבלימת רעש.

הוזכר כי בשל אופיו של בית האבות, לא ניתן לבצע שינוי במבנה, כגון חלונות כפולים עם מערכת מיזוג. כן צוין כי בית האבות יסבול מחסימת מבט כמעט מלאה לכיוון דרום בגלל הקיר האקוסטי המתוכנן.

בחוות דעת של האגף לתכנון סביבתי במשרד לאיכות הסביבה, שהוכנה בעקבות התזכיר, צוין כי סלילת הדרך תביא לשינוי חזותי של הסביבה הכפרית לסמי אורבנית.

עבור בתים מסוימים יתבטא השינוי בחסימת אור, בעיקר כתוצאה מהקמת המחסומים האקוסטיים.

הומלץ על כן כי שלב התכנון המפורט יבוצע בתאום עם הרשויות המקומיות, באמצעות היחידה האזורית לאיכות הסביבה, על מנת לשלב את המגוונים האקוסטיים עם הדרישות החזותיות הכלליות בכל קטע של הכביש. צוין כי מבנה העותרת הוא אחד המקומות בהם צפויים מפלסי הרעש להיות בין DB(A) 74-67 וכי יש לבחון את המגוונים האקוסטיים לפני ביצוע הכביש.

לטענת המשיבים הקמתו של המחלף הנה צורך ציבורי חיוני ביותר, כביש גהה הוא מן הדרכים המרכזיות ביותר במדינה, כמו כן מע' הרמזורים הקיימת איננה יכולה מזה זמן, לאפשר תנועה שוטפת של כלי רכב.

הקמת המחלף חייבת להתבצע באזור מפגש כביש גהה עם כביש 531 אשר יעביר את התנועה באזור שומרון ממזרח למערב ואשר בתחומה מתוכננת הקמת רכבת הפרברים.

בנוסף אזור השרון הינו אזור מאוכלס בצפיפות ונגרמים בו פקקי תנועה גדולים, על כן יש למצוא פתרונות תחבורתיים ראויים המחייבים יעוד של רצועות קרקע נרחבות להרחבת ולסלילת דרכים חדשות. עקב כך נוצרת פגיעה בזכויות קניין בקרקע ופגיעה בבעלי מקרקעין הסמוכים לדרכים המתוכננות. כמובן שיש שאיפה למעט ככל האפשר בנזק ולפצות את מי שזכאי לכך בהתאם להוראות החוק. יחד עם זאת צריכים להיות ערים לכך כי לא ניתן להבטיח שלא תגרם פגיעה כתוצאה מסלילת דרכים.

בעניין המעון של העותרת הוער שאין לגביו פתרון מוחלט. ע"פ עמדתם של המומחים האקוסטיים מטעם מע"צ עבודות אלה ניתנות לביצוע באופן שיגרם מינימום נזק לעותרת, ומאחר שחלק מן הדרך ייסלל ככביש משוקע, ניתן יהיה ככל הנראה לספק לעותרת מענה אקוסטי ראוי בשלב זה של ביצוע העבודות.

בסיכומו של דבר הוחלט ע"י השופטים כי, המחלף עומד במרכזו של התכנון והוא חיוני. בעניין האקוסטיקה, הועדה המחוזית פעלה בתחום זה במסגרת סמכויותיה לפי סעיפים 106 ו 108 לחוק הנ"ל.

סוף דבר הוא ביטול הצו על תנאי ודחיית העתירה.

חלק ב'



נספח 10: השפעת רעש מתחבורה על מחירי הדירות

(ניתוח התועלת משקט)

מאת דר' ניר בקר

מבוא

רעש הנגרם כתוצאה מקרבה לכביש מהיר מהווה מטרד ומפגע סביבתי אשר יש להעריכו ולטפל בו כבכל צורת זיהום אחרת. יחד עם זאת, מחקרים מראים כי רק שיפור קלוש הושג בנושא זה בעשור האחרון ובארצות מסוימות אף ניכר גידול באחוז האוכלוסיה המעידה כי היא סובלת מרעש (OECD). הרעש, בדומה לזיהום אויר ומים, גם הוא תוצר לוואי של פעילויות יצור וצריכה, אולם שלא כמו פעילויות זיהום אחרות הוא אינו נאגר בסביבה. הערכת הנזקים מרעש הינה בעייתית וזאת משום שכל אדם מגיב אליו בצורה שונה. מבחינה מדעית, רעש מתחבורה אינו גורם לנזקי שמיעה אולם הוא מהווה גורם מפריע בפעילויות כגון שיחה, עבודה או מנוחה וכן נמצא כי יתכנו הפרעות פסיכולוגיות המתבטאות בלחץ (stress).

על מנת להעריך את ההשפעה הכלכלית הכוללת של רעש יש צורך לבצע ניתוח עלות-תועלת הבוחן את השפעתו, נטו, על הסביבה. בחינת העלויות היא בעיקרה על סמך הנתונים הטכנולוגיים של הדרכים להפחתת הרעש ואילו להערכת התועלת ניתן להשתמש במספר שיטות שונות:

1. גישת המחירים ההדונים המשתמשת בנתוני שוק הדיור להערכת ערכו הכלכלי של הרעש¹⁹.
2. גישת ההערכה המותנה (Contingent Valuation Method). (Soguel (1994 ערך מחקר CVM להערכת הנכונות לשלם של תושבים בשוויצריה עבור הפחתת רעש מתחבורה. הנשאלים התבקשו לענות לשאלה כמה יהיו מוכנים לשלם תמורת הפחתה של רמת הרעש לחצי מרמתו הנוכחית. התקבל כי הנכונות לשלם נעה בין 56 ל- 67 פרנקים שוויצרים לחודש²⁰ וזאת בדומה לתוצאות מחקרים הדונים קודמים שבוצעו בנושא.
3. לפי עלות המניעה. הנחת העבודה היא שהעלות הנחסכת בבידוד כפול וכדומה הכרוכה ברמת רעש מסוימת הינה אמד מינימלי לנזק מרעש. זאת כיוון שהפרט היה מוכן לשלם סכום זה על מנת להמנע מרעש (אולם יתכן שהיה מוכן לשלם אף יותר).
4. לפי עלות בריאותית. השוואה בין יכולת שמיעה של אוכלוסיה החשופה לרעש ואוכלוסיה שאינה חשופה לרעש וקביעת עלויות הטיפול כאמד (מינימלי) לתועלות. דרך זו פחות מומלצת לשימוש כיוון שכפי שצויין קודם לכן, אין הוכחות כי רעש מתחבורה גורם לנזקי שמיעה.

¹⁹ ראה סעיף 1.1

²⁰ \$0.66 בתקופה בה נערך המחקר

דו"ח זה משתמש בגישת המחירים ההדונים לצורך הערכת המחיר הכלכלי של הרעש בעיני הפרטים (התועלת). הבחירה בגישה זו מתבססת על מחקרים קודמים בנושא וכן על מחקרים להערכת התועלת מהפחתת צורות זהום אחרות (זהום אוויר ומים לדוגמא).

א. גישת המחירים ההדונים

על פי התאוריה ההדונית (Rosen, 1974) ניתן להתייחס למוצר מסויים, z , כאל וקטור של n מאפיינים מדידים אשר לכל אחד מהם מחיר משלו. מחיר המוצר בכללותו, $P(z)$, הוא פונקציה של כל המאפיינים ועל ידי איסוף תצפיות על דגמים שונים של z ומחיריהם ניתן להגיע, בעזרת רגרסיה, למחירי המאפיינים עצמם.

אם נתייחס לשוק הדיור, כל דירה הינה צרור מאפיינים המורכב ממאפיינים מבניים של הדירה (שטח, מספר חדרים, גיל הבניין וכדומה), מאפיינים שכונתיים (קירבה למרכז קניות, תחבורה ציבורית, גנים וכדומה) ומאפיינים סביבתיים הכוללים זהום אוויר, נוף, רעש ועוד. הקונים מחליטים בין הדירות השונות על פי הרכב המאפיינים הרצוי להם והמחיר אותו הם נדרשים לשלם. במצב של שווי משקל בו כל הפרטים בחרו במיקום הטוב ביותר בעיניהם (תנאי חשוב הוא שלקונים יש מידע מלא על האפשרויות העומדות בפניהם ויכולת לבחור בין האזורים השונים) ניתן לקבל את הערכת הפרטים לגבי "מחיר" הרעש על ידי בדיקת דירות בעלות חשיפה שונה לרעש בהינתן שכל שאר המאפיינים זהים.

בהצגה מתימטית, אנו מחפשים את הקשר

$$V=v(Q,Z)$$

כאשר V מייצג וקטור של מחירי דירות, Q מייצג שקט ו- Z מייצג את כל שאר המאפיינים.

הפרמיה המשולמת עבור דירות באזור שקט יחסית למחיר דירות בקרבת כביש סואן תייצג את מחיר השקט בעיני הפרטים.

מבחינת הפרטים, ישנן מספר דרכים בהן מתבטאת התועלת מהפחתת רעש דרך מחירי הדירות:

- ♦ אנשים שמתכוונים לעבור דירה והפחתת הרעש העלתה את ערך הדירה ב-D.
- ♦ אנשים שתיכננו לעבור דירה אך בחרו להשאר לאחר הפחתת הרעש. עבורם יש גידול של התועלת מעבר ל-D בעוד S וכן חיסכון של עלויות המעבר R. עבור אנשים אלו מתקיים $S+D+R > N$, N מייצג את עלות הרעש, ולפיכך, $S+D+R$ הוא אומדן מירבי לתועלת.
- ♦ אנשים שנשארים ונהנים מהפחתת הרעש. עבורם $S+D-R > N$.
- ♦ אנשים שהיו עוברים לשכונה בכל מקרה וכעת יפגעו בגובה D (עלית ערך הדירות). קבוצה זו מפוצה על ידי ירידת עלות הרעש ל-N. אם B מייצג את התועלת מירידת הרעש אזי $B-D < 0$.
- ♦ מכיוון שהנתונים מייצגים עסקאות בפועל ניתן ביטוי לכל הקבוצות הללו בערכים שיתקבלו כיוון שהחלטותיהם לגבי רכישת הדירה מבטאות את הערך אותו הם מייחסים לרעש.

הצורה הפונקציונלית בה משפיע הרעש על ערך הרכוש נלקחה כלינארית. הנחה זו מבוססת על שתי סיבות עיקריות:

1. בטווח בו מדובר "עקומת המוטרדים" (%) המוטרדים כפונקציה של רמת הרעש) הינה לינארית.
 2. בסקירת ספרות בנושא נמצא גם כן שימוש בפונקציה לינארית. (Barde et al, 1987, OECD).
- פרוש הדבר שתוצאות מחקר זה יהיו תקפות לא רק בתחום הרעש הנבדק אלא גם מחוץ לו.

ב. מדידת הרעש

על מנת שאפשר יהיה לשקף השפעות על המחיר יש צורך בשונות ברמת הרעש בין אזור לאזור. רמת הרעש המקובלת ברב המחקרים האמפיריים היא בין 55 ל- 85 דציבלים ואחוז האוכלוסייה החשופה משתנה ברמות שונות של רעש. כמו כן, ידוע כי רעש מכביש מהיר יורד בשלושה עד שישה דציבלים על כל הכפלה של המרחק מהכביש (Bolt Beranek and Newman, 1973). טבלא 1.1 מסכמת נתונים שנאספו על ידי המשרד לאיכות הסביבה בארה"ב (EPA) על אחוז החשיפה לרעש באוכלוסייה.

טבלא 1.1: אחוז האוכלוסיה החשופה לרמות שונות של רעש בארה"ב בשנת 1972

רמת הרעש בדציבלים	אוכלוסייה חשופה באחוזים
59-55	36.7
64-60	36.4
69-65	18.6
74-70	6
79-75	1.7
84-80	0.4
90-85	0.1

מקור: Nelson, 1978

(ניתן לראות כי מעל 70 דציבלים אחוז מאד קטן של אוכלוסייה חשוף לרעש. ואכן מוסכם כי זוהי רמה גבוהה של רעש והיא מפריעה בצורה ניכרת.)

רעש נמדד בדציבלים - DB. בשל מבנה האוזן רעש של 60 DB חזק פי עשר מרעש של 50 DB. שני גורמים משפיעים על מידת הרעש: עוצמה ותדירות. מידת הרעש הנגרמת מתנועה תלויה בסוגי רכב שונים, צורתו של הכביש והשעה ביום.

נגדיר:

L_{90} רעש רקע קיים 90% מהזמן 45-55 DBA

L_{50} רמה ממוצעת של רעש קיימת 50% מהזמן.

L_{10} הרמה הגבוהה ביותר של הרעש קימת 10% מהזמן.

מדדים לרעש

$L_{10}-L_{90}$, $L_{10}-L_{50}$,

L_{eq} מודד תנודתיות במשך היום,

$TNI = L_{10} - L_{90} + 0.25 L_{90}$ מדד רעש הנגרם מתנועת רכבים.

$NPL = L_{eq} + (L_{10} - L_{90})$ רמת הפגיעה מרעש.

מדד NDSI מתאר את אחוז השינוי בשווי הנכס חלקי השינוי בחשיפה לרעש.

ג. מחקרים בנושא השפעת רעש הנגרם מתנועה על ערך נכסים

מספר מחקרים נעשו, בארץ ובעולם, על הקשר בין רעש מתחבורה וערך נכסים על סמך מודל המחירים ההדוניים. Anderson and Wise, 1977 בדקו מחירי בתים בארבעה פרברים בארה"ב הסמוכים לכביש מהיר. הם לקחו מרחק של 1000 רגל מהכביש כערך קריטי לקיום רעש ובדקו את השפעת הרעש על מחירי הבתים באזורים אלו. תוצאותיהם מראות כי לקיום רעש יש השפעה שלילית של בין \$42 ל-\$129 על בתים שמחירם \$30,000. Bailey, 1977 בדק גם כן עבור ערך קריטי של 1000 רגל מהכביש והראה כי יש ירידה של 7.5% במחיר בית הסמוך לכביש לעומת בית המרוחק ממנו ביותר מ-1000 רגל. הוא גילה כי כל דציבל מעבר ל-55 מוריד את ערך הבית ב-0.3%. מחקרים נוספים בארה"ב הגיעו גם כן לתוצאות דומות.

(Allen, 1980; Gamble et al 1974; Hall et al 1978; Langley 1976, 1980; Nelson 1978; Palmquist 1980, 1981; Vaughan and huckins, 1975; Oosterhuis and van der pligt, 1985).

בכל המחקרים הללו נימדד הקשר בין עליית הרעש לבין ירידת המחיר באחוזים בעזרת מדד ²¹NDSI, מדד המתאר את רגישות ירידת ערך הנכס לרעש (Walters, 1975). עבור שני נכסים זהים השונים רק במידת החשיפה שלהם לרעש, ירידת הערך לדציבל אחד מוגדרת כ-D כך ש:

$$D = \text{השוני בחשיפה לרעש} / \text{השוני בשווי הנכס}$$

חלוקת D בערך הנכס הבסיסי נותנת את אחוז ירידת ערך הנכס. NDSI מוגדר על ידי:

$$\text{שינוי בחשיפה לרעש} / \text{אחוז השינוי בשווי הנכס} = 100 * (D / \text{שווי הנכס}) = \text{NDSI}$$

מכיוון שערך הנכסים ומידת הרעש נמדדו במחקרים השונים בתקופות זמן שונות, הונח כי השינוי בערך הנומינלי נלקח בחשבון כאשר D מחושב עם הערך הממוצע של הנכסים באזור המחקר.

טבלא 1.2 בעמוד הבא מסכמת את הערכים של NDSI במחקרים השונים.

בטבלא, NDSI לא מתוקנן (Unadjusted) הוא הערך הניתן במחקרים עצמם, NDSI מתוקנן (Adjusted) משקף את העובדה שבכל מחקר נעשה שימוש במדד אחר לרעש ומתקנן את הנתונים לפי מדד Leq, בעזרת נתונים מארה"ב (EPA, 1976). הטווח של Adjusted NDSI נע בין 0.08% ל-1.05% לדציבל, ובממוצע משוקלל בסביבות 0.4% לדציבל. כלומר דירה החשופה לרעש ברמה של 75 דציבלים לפי Leq תימכר ב-8% פחות מדירה דומה לה החשופה ל-55 דציבלים.

²¹ Noise Depreciation Sensitivity Index

בסוף הטבלה מופעים שלושה ממוצעים וסטיות תקן. הממוצע הפשוט הוא 0.42 עם סטית תקן של 0.26 רק בשלושה מקומות קימת חריגה מעבר לממוצע פלוס מינוס סטית תקן אחת. כאשר מתעלמים מהערכה הגבוהה ביותר והנמוכה ביותר מתקבל ממוצע של 0.4 עם סטית תקן של 0.2. כאשר מתעלמים מתוצאות מחקרו של Gamble ומהנתונים מצפון ספרינגפילד נשאות עשר הערכות כאשר הממוצע הוא 0.4 עם סטית תקן של 0.23 (average-weighted). לפי חישוב זה רק באזור אחד ישנה חריגה מהממוצע פלוס מינוס סטית תקן אחת.

מקדם השונות (coefficient of variation) הוא 0.58.

11 : 11 çôñđ - íéùéáëì ùòø éđ÷ú : 11 çôñđ

טבלא 1.2: סיכום מחקרים הדונים להערכת השפעת הרעש על מחירי הדירות

Unadjusted NDSI %	Adjusted NDSI %	שיטת המדידה	מחקר
		$L_{eq}, L_{10}-L_{90}, L_{10}$	Allen (1980)
0.15	0.15		Northern Virginia
0.14	0.14		Tidewater
		NPL	Anderson and Wise (1977)
0.14	0.18		North Springfield
0.43	0.54		Towson
0.25	0.31		Four areas
			Bailey (1977)
0.30	0.38		North Springfield
		NPL	Gamble et al. (1974)
0.21	0.26		North Springfield
0.43	0.54		Towson
0.26	0.32		Four areas
		L_{eq}	Hall et al. (1977)
1.05	1.05		Toronto suburbs
			Langley (1976)
0.32	0.40		North Springfield
			Langley (1980)
0.40	0.50		North Springfield
		L_{dn}	Nelson (1978)
0.87	0.88		Washington, D.C
		L_{10}	Palmquist (1980)
0.48	0.48		Kingsgate
0.30	0.30		N. King country
0.08	0.08		Spokane
		L_{eq}	Vaughan and Huckins (1975)
0.65	0.65		Chicago
-	0.42 (0.26)		Average - all studies
-	0.40 (0.20)		average - excluding spokane and toronto
-	0.40 (0.23)		average - weighted

סיכום סקירת מחקרי חו"ל

כאשר בוחנים את תוצאות המחקרים שנעשו ב 14 שווקי הנדל"ן בקנדה ובארה"ב יש לקחת בחשבון כי בגלל המספר הקטן של הבדיקות האמפיריות, השימוש החוזר במספר אזוריים והקשיים במדידות קיים עיוות מסוים בתוצאות ולכן גם שונות המדגם גדולה.

למרות זאת התוצאות היו די עקביות ומראות על מגמה ברורה אשר לפיה על כל תוספת של דציבל יש פגיעה של 0.4% במוצע לכל דציבל (Nelson, 1982; Pearce, Barde and Lambert, 1987). ההבדל בין בית שקט לרועש הוא כ- 20 עד 25 דציבלים. מסקנה נוספת היא שרגישות המחיר לרעש תהיה חזקה יותר באזורים בהם ההכנסה היא גבוהה. במחקרים אחרים הגיעו למסקנה כי תיתכן רגישות אף יותר גבוהה מאשר 0.4% (Ariel A. and J. P. Barde 1985).

יישום בישראל

בארץ נעשה עד כה מחקר אחד בנושא השפעת הרעש על מחירי הדירות (נבו ובן-אור, 1996). המחקר בדק מחירי דירות באזור הכרמל בחיפה בעזרת פונקציה מחירים הדונית ונמצא כי המחיר השולי של הרעש הינו \$13,000²², כלומר - דירה באזור רועש תעלה כ- \$13,000 פחות מאשר דירה באזור ללא רעש (מדובר על דירות בטווח המחירים הבינוני ומעלה)²³.

הערכת התועלת מהפחתת רעש בישראל

הפחתת הרעש מיוצגת במחקר זה כגידול במרחק הדירה מהכביש הראשי. נבדקו מחירי דירות זהות בכל המאפיינים מלבד בקרבתן לכביש: בכל אזור נבדקו מחירי דירות משתי שורות סמוכות, האחת פונה לכביש הראשי (חזיתית) והשניה נמצאת מאחוריה (עורפית).

על מנת לחשב את סך ההשפעה של הרעש על מחיר הדירה יש להתחשב בשלושה גורמים:

1. מה היה ההבדל במחירי שתי הדירות ללא קיום הכביש הראשי- האם דירה חזיתית יקרה יותר מעורפית ובכמה.
2. מהו ההבדל במחיר שתי הדירות כיום.
3. האם קיימת השפעה שכונתית בשל הקרבה לכביש (האם היתה ירידת ערך של כל הדירות בשכונה לעומת שכונות שאינן סמוכות לכביש ראשי).

²² לא נעשה שימוש במדידה מדויקת של רעש אלא במשתנה דמי שקיבל ערך של 1 במידה והדירה נמצאת בסמוך לאזור המוגדר כרועש (למשל כביש ראשי).

²³ מחירה של דירה ממוצעת הוא כ- 160 אלף דולר. כלומר, הבדל של כ- 8%.

בנוסף נבדקה השפעתו של קיר למניעת הרעש על ידי בדיקת דירות באזורים עם ובלי קיר.

הבדיקה נערכה על סמך שני מקורות עיקריים: מחירון הדירות המלא של לוי יצחק (אפריל, מאי, יוני 1997) שימש כבסיס הנתונים המרכזי ולאחר מכן אומתו הנתונים על ידי בדיקה עם משרדי תיווך באזורים המדוברים. המחירים המופיעים במחירון הם על סמך סקר שוק חודשי, בהתבסס על עסקאות שבוצעו בפועל. המידע לגבי השפעת הרעש מבוסס על הערכה ממוצעת שכונתית (לוי יצחק, 97). המחירון מציין שתי השפעות של רעש: "עורף ברחוב רועש" - הכוונה לבניין שחזיתו פונה לרחוב רועש ועורפו למקום שקט. "עורף ברחוב שקט" - הכוונה לדירה עורפית בבנין הממוקם כולו (חזית ועורף) באזור שקט.

כיוון שלא נעשתה רגרסיה הדונית מלאה הכוללת את מכלול מרכיבי הדירה (מפאת אילוצי זמן) בתישואל משרדי התיווך נבדקו דירות הזהות בכל המרכיבים מלבד מיקומן ביחס למקור הרעש.

טבלא 2.1 מסכמת את הנתונים מתוך המחירון לגבי אזור המרכז.²⁴ ניכר כי ברב השכונות קיימת השפעה זהה לרעש על מחיר הדירה: ירידה של 3%-5% במחיר דירה חזיתית לעומת דירה זהה עורפית. בנוסף, חשוב לשים לב כי ללא קיום הרעש כמטרד היה מחירה של דירה חזיתית גבוה ב-5% ממחיר דירה עורפית.

ונקודה נוספת מהטבלא היא השינוי בהשפעת הרעש בין רחוב אבן גבירול ושכונות בבלי ורמת אביב לבין שאר השכונות. יש לשער שהדבר נובע מקיום הקיר אך נקודה זו עוד תיבדק בהמשך.

טבלא 2.1: השינוי באחוזים במחירי דירות בשל קירבה למקור רעש - אזור המרכז

עורף ברחוב שקט	עורף ברחוב רועש	השכונה
5%-	5%+	בבלי
5%-	5%+	צפון מערב ת"א-אבן גבירול
5%-	3%+	נאות אפקה ב'
5%-	5%+	ק. האוניברסיטה
5%-	3%+	רמת אביב ג'
5%-	3%+	גשר ההלכה
10%-	5%+	ככר המדינה

מקור: לוי יצחק, 1997

²⁴ הנתונים באזור חיפה והקריות מראים תמונת מצב דומה ולכן לא פורטו.

בנוסף להבדלים במחירי הדירות קיימת השפעה גם על זמן המכירה של דירה באזור רועש: "...חשוב לציין שמדובר בדירות המצויות במיקום טוב, ללא מטרד סביבתי, כביש ראשי וכדו'. דירות במיקום פחות טוב נמכרות רק לאחר התפשרות במחיר כלפי מטה..." (לוי יצחק, 1997). את הדברים הללו מאשר מוטי היינריך ממשדד התיווך "ג'זל" בתל-אביב. לטענתו דירה באזור רועש תמכר בזמן כפול מאשר הזמן הדרוש למכירת דירה "רגילה".

ממשדדי התיווך עולה תמונה דומה לגבי ירידת מחירי דירות חזיתיות בשכונות אלו. בנוסף נשאלו במשרדים לגבי דירות הממוקמות על דרך נמיר (שאינן מופיעות במחירון), ההבדלים נעו בין 5% (משרד תיווך "נינוה") ועד 20% ("איגוד הנדל"ן"). הדעה הרווחת היא שהפרש המחירים הוא כ- 10% בין דירה חזיתית ועורפית. בכל המשרדים הסכימו כי בכביש איילון, שם הוקם קיר, ההפרש במחירים נמוך יותר בכ- 5%.

גם באזור חיפה והקריות הפער בין דירה חזיתית ועורפית הוא כ- 10% ("אנגלו סכסון"-קריות).

א. השפעה שכונתית

השפעה עקיפה של הרעש על מחירי הדירות הינה ההשפעה השכונתית - ירידת הערך של כלל הדירות בשכונה הסמוכה לכביש ראשי ביחס לשכונה באזור שקט יותר. ברור שהשפעה זו נמוכה יותר מההשפעה הישירה הן בשל העובדה שגם בשכונה הרועשת קיימים רחובות שקטים (הערך הנבדק הוא ממוצע שכונתי) והן בגלל שהקרבה לכביש ראשי מאפשרת המנעות מפקקים ושאר מטרדים הקיימים במרכז העיר.

מבדיקת ההשפעה העקיפה התקבל כי קיימת ירידת ערך של 1% במחירי הדירות בשל הקרבה למקור רעש.

ב. סיכום הנתונים

אם ניזכר בנתונים העולמיים שצויינו בסעיף 1.3.1 הירידה בערך הדירות היתה כ- 0.4% לכל דציבל. בארץ, כפי שמראים הנתונים, ניתן לחשב את הירידה בערך הדירות על ידי חישוב סך ההשפעות שנבדקו.

ערך מירבי (תיווך)	ערך מינימלי (מחירון)	
10%+	3%+	עלית ערך דירה עורפית ברחוב רועש:
10%+	5%+	עלית ערך דירה חזיתית ברחוב שקט:

קשה לאחד את שני הנתונים הללו למספר בודד כיוון שערך אותה דירה ברחוב רועש וברחוב שקט אינו זהה ולכן האחוזים אינם מחושבים מאותו סכום.

בהערכה הנמוכה ביותר, על סמך הפרש של 8 דציבלים בין דירה חזיתית ועורפית, יש ירידה ממוצעת של ערך הדירות בטווח של 0.375%-1.25% לדציבל²⁵. אם נתעלם משינויים במחירי דירות זהות בין רחוב רועש ושקט ונחבר את שני הנתונים של שינויי ערך הדירות, מתקבלת ירידת ערך בטווח של 1%-2.5% לדציבל לכל היותר.

סיכום

הבדיקה שנערכה היא מציאת התועלת משקט או חוסר התועלת מקירבה לרעש שמקורו בציר תנועה ראשי. כפי שמלמדים המחקרים בתחום זה בעולם, קיימת ירידת ערך ממוצעת של כ- 0.4% לכל דציבל במחירי הדירות. על מנת לבדוק תקפותו של ערך זה בישראל נבדקו מחירי דירות חזיתיות ועורפיות בבניינים הסמוכים לכבישים ראשיים באזור המרכז והתקבלו תוצאות דומות ברב המקרים. השפעות נוספות שהתגלו הן ההשפעה השכונתית של 1%- בשכונה "רועשת" וכן הבדלים בזמן המכירה של הדירות הסמוכות לכביש. בנוסף, קיר למניעת הרעש מקטין את ירידת ערך הדירת לחצי בתחום המדובר (ירידה של 10% בדרך נמיר לעומת 5% באילון, על פי משרדי התיווך).

באופן כללי, ניתן לחשב ממוצע של כל ממוצעי התוצאות שהתקבלו:

ההשפעה הישירה ביותר היא 0.375%-1.25% בין דירה עורפית לחזיתית. אמרנו כי קיום קיר מנטרל חצי מהשפעה זו ולכן התחום בו נשתמש הוא : 0.625%-0.1875%

כעת נותר להוסיף את ההבדלים במקור בין דירה חזיתית לעורפית ואת ההשפעות השכונתיות. כפי שצויין קודם, ברחוב שקט דירה חזיתית יקרה מדירה עורפית ב- 5%-10%. שתי סיבות להפרש זה: האחת היא ההבדלים עצמם בין דירה חזיתית לעורפית והשניה היא ההשפעה השכונתית שנדונה בסעיף 2.1.1 (אם ניקח רחוב סואן, נגדר אותו ונהפוך אותו לשקט אזי ערך כל הדירות ברחוב יעלה-זו ההשפעה השכונתית, וכן ערך דירה חזיתית יעלה ביותר מערך דירה עורפית בגלל מאפייני הדירה).

אם נסכם את שתי ההשפעות הללו יחדיו נקבל טווח השפעה של 0.8%-1.9% ובממוצע ניתן לאמר כי רעש מוריד את ערך הדירות בכ- 1.4% לדציבל.

²⁵ בהסתמך על נתוני המחירון בלבד התוצאה המתקבלת קרובה מאד לתוצאות שהתקבלו במחקרים בעולם.

ביבליוגרפיה

לוי יצחק (1997), *מחירון הדירות המלא*, אפריל - יוני (תל-אביב).

שגיא נבו ודורית בן-אור (1996), "השפעת הרעש על מחירי דירות". *הביוספרה*, כרך כ"ה / 3 מאי- יוני 1996. עמ' 7-4.

Anderson, R.J., and D. E. Wise (1977), *The Effects of Highway Noise and ccessibility on Residential Property Values*. National Technical Information Service, (Springfield, Va.)

Ariel A. and J. P. Brade (1985), *The Valuation of Noise*. Organisation for Economic Cooperation and Development, (Paris, France.)

Bailey, M.J. (1977), *Report on Pilot Study: Highway Noise and Property Values*. Unpublished paper University of Maryland.

Bolt Beranek and Newman, Inc. (1973), *Fundamentals and Abatement of Highway Traffic Noise* National Technical Information Service. (Springfield, Va.)

Gamble, H. b., et al. (1974), *The Influence of Highway Environmental Effects on Residential Property Values*. Institute for Research on Land and Water Resources. (university park, pa.)

Hall, F. L., B. E. Breston and S..M. Taylor (1978) " Effects of Highway Noise and Residential Property Values". *Transportation Research Record* 686, National Academy of Sciences, pp.38-43. (Washington, D.C.)

Jon P. Nelson (1982) "Highway Noise and Property Values" *.Journal of Transport Economics and Policy*, (May 1982),117-138.

Langly, C. J. (1976) " Adverse Impacts of the Washington Beltway on Residential property Values". *Land Economics*, 52 (February 1976), 54-65.

Langly, C. J. (1980) *Highways and Property Values: The Washington Beltway Revisited*. Unpublished paper. University of Tennessee.

Nelson, J.P. (1978b) "Residential Choice, Hedonic Prices and the Demand for Urban Air Quality". *Journal of Urban Economics*, 5 (June 1978). 357-369.

OECD, *Roadside Noise Abatement*, Road Transport Research

Oosterhuis, F.H. and Van der Pligt (1985) "Cost and Benefits of the Noise Nuisance Law".

Palmquist, R. B. (1980) *Impact of Highway Improvements on Property Values in Washington*. WA-R-D-37.1. National Technical Information Service. (Springfield, Va.)

Pearce, David, Barde, Jean-Phillipe, Lambert Jacques (1987), "Estimating the Cost of Noise Pollution in France", *Ambio*.

Plamquist, R. B. (1981) "Measuring Environmental Effects on Property Values Without hedonic Regressions". *Journal of Urban Economics*, forthcoming.

Quigley, J. M., and D. H. Weinberg (1977) "Intra- Urban Residential Mobility: A Review and Synthesis". *International Regional Science Review*, 2 (Fall 1977), 41-66.

Rozen, Sherwin, (1974) "Hedonic Prices and Implicit Markets:Product Differentiation in Pure Competition", *journal of political economy*,82, 34-55

Vaughan, R. J., and L. Huckins (1975) *The Economics of Expressway Noise Pollution Abatement*. p-5475. The Rand Corporation. (Santa Monica, Ca)

Walters, A.A. (1975) *Noise And Prices*. Oxford University Press.

חלק ג' אמידת התועלות



נספח 11: תקני רעש לכבישים - נתוח עלויות

מטרת העבודה

מטרת עבודה זו הינה לקבוע את תוספת העלות הישירה הנובעת מתוספת המיגון האקוסטי הנדרשת עקב החמרת התקן לרעש מירבי מותר מעורקי תנועה.

התקנים שנבדקו היו:

- 67 dBA ביחידת leq לשעה. - תקן זה ההווה את תקן הייחוס.
- 64 dB(A) ביחידת leq לשעה.
- 59 dB(A) ביחידת leq לשעה.

מתודולוגיה להערכת העלויות הישירות הכרוכות בשינויי התקן

א. כללי

המתודולוגיה שאומצה לבחינת המשמעויות הכלכליות של תקני הרעש כללה 2 מרכיבים:

א. ניתוח השוואתי של תבניות תחבורתיות ותבניות בנינים סכמטיות.

ב. כיול הניתוח ההשוואתי באמצעות ניתוח המשמעויות הכלכליות של תקני הרעש בהתייחס לפרויקטים ספציפיים שתוכננו ו/או בוצעו בארץ.

השיטה שגובשה עושה שימוש בהסקה דדוקטיבית במקום ההסקה האינדוקטיבית בה נעשה שימוש בעבודות קודמות. כלומר, כיוון העבודה היה מן הניתוח הכוללני לניתוח הפרטני במקום יצירת הכללה מתוך בחינת פרויקטים תחבורתיים פרטניים.

חסרונה של השיטה האינדוקטיבית הוא בכך שהשיטה מחייבת בחינת מספר רב מאוד של פרויקטים ספציפיים כדי להתגבר על השונות ביניהם הנובעת ממשתנים אקראיים, וכדי להגיע להכללה בעלת תקפות סטטיסטית.

גזירת מסקנה כללית באמצעות ניתוח השוואתי המבוסס על ניתוח פרויקטים ספציפיים בלבד, עלולה להיות שגויה אם העבודה אינה עושה שימוש במדגם רחב מאוד של פרויקטים המאפשר הסקה סטטיסטית שתעמוד במבחני מובהקות. מסגרת בדיקה רחבה זו לא התאימה לאילוצי הזמן והתקציב אשר נקבעו לעבודה זו.

השיטה שנבחרה עושה שימוש בתבניות תחבורתיות ובתבניות מבנים סכמטיות, על פיהן קובעים את העלויות הנדרשות עבור טיפוסים מוכללים של כבישים ובניה. לאחר מכן בודקים את תקפות המסקנות או מכיילים את התוצאות ע"י ניתוח מספר מצומצם של פרויקטים תחבורתיים ספציפיים (כמו בחינת תקפות המודל בשיטת הרגרסיה).

להלן פירוט מרכיבי הניתוח על פי המתודולוגיה שגובשה:

ב. הניתוח ההשוואתי של תבניות סכמטיות

שלב זה כלל ניתוח השוואתי תאורטי של עלויות ישירות ע"י הערכת המיגון האקוסטי הנדרש להשגת התקנים עבור טיפוסים שונים של כבישים ובניינים. ההערכה הינה הערכה "נקיה" והיא נגזרת רק מנתוני הכבישים והבנייה.

כאמור, בשיטה זו ניתן היה לבצע הכללה לגבי כבישים שונים בלא להיות מושפעים ממשתנים אקראיים המתקיימים בפרויקטים ספציפיים שונים.

התבניות התחבורתיות הסכמטיות גובשו לאחר בחינת מספר רב של תוכניות לפתוח כבישים שבוצעו ו/או הכנו בארץ בעשר השנים האחרונות. התבניות שנבחרו הינן:

א. תבניות הכבישים

- כביש מישורי ישר.
- כביש משוקע ישר.
- כביש עילי ישר.
- מחלף יהלום עילי.
- מחלף יהלום משוקע.
- מחלף לולאה עם כביש רוחב עילי.

נפחי התנועה נקבעו על פי רמת שרות "C" ב-2 מסלולים בכביש המהיר.²⁶

נפח תנועה לכל נתיב ברמפות היה 500 כלי רכב בשעה. נפח התנועה בכבישים החוצים היה 1500 כלי רכב לכל כיוון. נפחים אלו מאפיינים מחלפים שונים שהוקמו בארץ ונקבעו לאחר התייעצות עם יועץ התנועה.

ב. טיפוס בניה

צפיפות הבנייה נקבעו על פי פרסום OECD משנת 1995.

קו הבנייה וגבהי המבנים בתבניות הסכמטיות היו כדלקמן:

- ♦ ליד הכבישים הישרים (כביש משוקע ומישורי) נבדקו קווי בניה של 25 מ', 50 מ', ו- 100 מ' מציר הדרך. קווים אלו מיצגים מרחקים אופייניים על פי זכויות דרך המקובלות בחוק.

²⁶ על פי מכתבו של ד"ר סטיליאן גלברג מיום 20/4/97.

- ◆ ליד המחלפים נקבע קו בניה אופייני של 30 מ' משולי הרמפות החיצוניות במחלף. אישור המחלפים נעשה באמצעות הגשת תוכנית בנין עיר ולא באמצעות הכרזה על זכות דרך ועל כן המרחקים שצוינו לעיל אינם תקפים לגבי מחלפים.
- ◆ בכל המקרים נבדקו גבהים של 2, 4, 8 ו-12 קומות.
- ◆ הנחת העבודה היתה כי כל המבנים משמשים למגורים.

ג. כיול תוצאות הניתוח ההשוואתי הסכמטי עפ"י פרויקטים ספציפיים

תוצאות הניתוח הסכמטי הנ"ל נבחנו ביחס לתוצאות ניתוח פרטני אשר התייחס לפרויקטים ספציפיים נבחרים.

פרויקטים אלו כללו:

- פרויקט האילון בקטע קוממיות - יוספטל.
- פרויקט האילון בצומת וולפסון.
- פרויקט האילון בקטע רוקח ההלכה.
- דרך 471 (מכבית) מזרח (מזרחה לכביש 40).
- דרך 471 (מכבית) מערב.
- כביש 2 בין נתניה לבית ינאי.
- מחלף אלוף שדה.
- מחלף כפר שמריהו.
- מחלפון ראש העין.
- פרויקט האילון בקטע קיבוץ גלויות.
- דרך הגבורה.

בחירת המחלפים התבססה על רשימת הפרויקטים אשר הוגדרו בנספח מס' 2 אשר צורף לתכנית העבודה. ברשימה זו ערכנו מספר שינויים כאשר מצאנו שיש להעדיף פרויקט מסוים כיוון שהוא מבטא תבנית סכמטית שנבדקה בשלב ראשון אך נעדרה מהרשימה או עקב זמינות נתונים. כך למשל נבחר מחלף כפר שמריהו כיוון שרשימת הפרויקטים המועדפים בנספח 1 לא כללה מחלף שצורתו צורת יהלום משוקע.

בנוסף לניתוח הפרויקטים הנ"ל שולבו בעבודה תוצאות ניתוח השוואתי אשר נערכו ע"י משרד קדמן במסגרת תכנון מחלף 4/9 בירושלים, וע"י חב' א.ש.ל במסגרת התכנון האקוסטי המוקדם למחלף דניאל.

ערכים אלו מבטאים עלות ממוצעת כפי שנתקבלה ממספר מכרזים שנערכו ע"י מע"צ וחב' נתיבי אילון ושהתיחסו לקירות מסוגים שונים כמו קיר פשוט, קיר דקורטיבי וקיר שקוף. יש להדגיש כי כל שהתקן מחמיר יותר יהיה צורך לעשות שימוש בקירות בולעים שעלותם גבוהה מן הממוצע. העלות הנ"ל מבטאת עלות ממוצעת של קיר פשוט וקיר בולע או דקורטיבי.

ב. עלות קיר תמך - 800 ש"ח למ"ר. עלות זו נקבעה לאחר התייעצות עם יועצי מבנה.

ג. עלות יצירת מדרון בשיפוע 1:2 בכביש משוקע - 0 ש"ח. עלות זו נקבעה על סמך ההנחה כי שיקוע הכביש מתחייב ללא קשר לבעיית הרעש וכי יצירת המדרונות בשני צידי הדרך היתה מתחייבת על כן ממילא.

ד. עלות מיגון דירתי - 20,000 ש"ח לדירה.

ה. עלות סוללת עפר - 60 ש"ח למ"ק (כולל גינון וכו').

ו. עלות קירוי קל ("מחסום שבור") חצי שקוף של מסלול יחיד - 18,500 ש"ח למ"א.

ז. עלות מינהור 2 מסלולים עם קירוי בטון + כיסוי אדמה של 1 מ' - 112,000 ש"ח למ"א.

ח. עלות קירוי קל של שני מסלולים - 66,300 ש"ח למ"א.

עלויות הקירוי והמינהור מתבססות על מסמך ניתוח חלופות²⁷ שהוכן ע"י משרד ירון שמעוני שחם במסגרת בדיקת חלופות למיגון אקוסטי לכביש מס' 4 בירושלים.

בדיקה ראשונית העלתה כי ניתן להתבסס על מסמך זה לצורך קבלת אומדן כללי לגבי סדר גודל ההוצאה. על כן הוחלט לעשות שימוש בערכים הכלולים במסמך זה בתיקון הערכים לפי עליית מדד תשומות הבנייה.

כל העלויות חושבו עבור טיפול במבנים מצד אחד של הדרך המהירה, או המחלף.

ג. אספלט שקט

אספלט שקט נלקח בחשבון כאשר ההפחתה הנדרשת ע"מ להגיע לקריטריון הינה 2-3 dB(A), או כתוספת למתירי רעש ובתנאי שיעילות מתירי הרעש אינה עולה 6-7 dB(A). יעילות אספלט שקט במקרים אלו תהיה 3 dBA. הנחה זו היא שמרנית כיוון שבפועל יעילות האספלט השקט עשויה להגיע ל-4-5 dBA. ואולם בהתחשב בהקטנת יעילות האספלט השקט עם הזמן, הפחתה זו מבטאת יעילות אקוסטית ממוצעת לפרק זמן של 5 שנים ממועד השמת האספלט השקט.

²⁷ סקר מיסוך אקוסטי, כביש מס' 4 בירושלים קטע בית הכרם, הוכן ע"י משרד ירון - שמעוני - שחם

עלות תוספת אספלט שקט ביחס לאספלט רגיל הינה 10 ש"ח למ"ר.

ד. נפח תנועה

- לפי רמת שרות "C" בכביש מהיר בתבניות הסכמטיות.
- לפי תחזיות תנועה בפועל בפרויקטים ספציפיים.

ה. תחום הסטייה בחישובים

בחישובים התרנו סטייה של ± 0.5 dBA .

ו. שיקולים בבחירת הפתרונות

א. בעוד שברוב המקרים ניתן היה להגיע ל- 67 dBA ו- 64 dBA בעזרת מתרסי רעש או קירוי קל של הכביש המהיר, לא ניתן היה להגיע באמצעות אלו למפלס של 59 dBA כיוון שקריטריון זה מחייב גם קירוי הרמפות כאשר גובה המבנים הינו 4 קומות או יותר. קירוי הרמפות אינו אפשרי בגלל הצורך להבטיח שדה ראייה לנהגים לפני פניה או השתזרות עם הכביש המהיר לכן ברוב המקרים נקבע שאין פתרון למפלס של 59 dBA.

ההנחה היא שכאשר הקריטריון הוא 59 dBA לא ניתן יהיה לבצע את הפרויקט. הפתרון של מיגון דירתי של כל המבנים הגובלים בכביש, כאשר הקריטריון הוא 59 dBA, אינו פתרון חלופי למתרסי רעש כיוון שאיכויותיו ומטרותיו שונים.

ב. הבחירה בין סוגי קירוי שונים היה כדלקמן:

- ♦ עבור כביש עילי או מישורי נבחר קירוי קל .
- ♦ עבור כביש משוקע נבחר קירוי בטון + כיסוי אדמה, כיוון שבמקרה זה הנחנו ששיקולי התכנון ושיקולי העלות יכתיבו שימוש בפתרון המאפשר גם ניצול השטח המקורה.

ניתוח תבניות סכמטיות

תוצאות הניתוח מוצגות בנספח מס' 1 לדו"ח.

הטבלאות הבאות מרכזות את החישובים הסופיים.

טבלה מס' 1:

מקדמי הגידול בעלויות עבור מעבר מ- 67 dB(A) ו- 64 dB(A)

ממוצע	12 קומות	8 קומות	4 קומות	2 קומות	קו בניה (מ')	הכביש
1.9	1	3.6	1	2.1	25	ישר מישורי (500 מ')
1.7	1	2.4	1.7	1.7	50	
13/1.3	22/1.2	19/1.8	7/1	6.0/1.2	100	
5.5/1.6	8/1.1	8.3/2.6	3.2/1.2	3.3/1.7	ממוצע	
2.3	1	1	6.1	1.2	25	ישר משוקע (500 מ')
2.5	6.1	1.6	1.2	1.2	50	
10/1.1	24/1.1	13/1.0	2/1	1.0	100	
4.9/2	10.1/2.7	5.2/1.2	3.1/2.8	1.1	ממוצע	
1.4	1	1	2.0	1.6	25	ישר עילי (500 מ')
2.1	3.6	2.2	1.3	1.4	50	
11/1.2	21/1	12/1.1	6/1.5	5/1.25	100	
4.8/1.6	8.5/1.9	5.1/1.4	3.1/1.6	2.7/1.4	ממוצע	
.	1	1	A	1.9	-	מחלף
.	1	1	A	1.9	ממוצע	יהלום עילי
	B	B	1.3	1.4	-	מחלף יהלום
	B	B	1.3	1.4	ממוצע	משוקע
	B	B	1.2	1.4	-	מחלף לולאה
	B	B	1.2	1.4	ממוצע	

A- לא ניתן לחישוב

B- אין פתרון

11 : 11 çôñð - íëùéáëì ùòø éð÷ú _____

טבלה מס' 2:

מקדמי הגידול בעלויות עבור מעבר מ- 67 dB(A) ל- 59 dB(A)

ממוצע	12 קומות	8 קומות	4 קומות	2 קומות	קו בניה (מ')	הכביש
2.6	1	3.6	1	4.8	25	ישר
5.3	3.6	8.6	4.8	4.0	50	(500 מ')
67.9/4.7	221/12	24.5/2.3	14/2.0	12/2.3	100	
25.3/9.3	75.2/5.5	12.2/4.8	6.6/2.6	6.9/3.7	ממוצע	
2.7	1	1	6.1	2.9	25	ישר משוקע
4.9	6.1	9.6	2.4	1.6	50	(500 מ')
2.8	1.9	1.8	4.7	-	100	
3.5	3.0	4.1	4.4	2.3	ממוצע	
5.3	1	3.6	4.4	12.3	25	ישר עילי
3.1	3.6	2.2	2	4.7	50	(500 מ')
5.1	11.1	2.4	4.4	2.6	100	
4.5	5.2	2.7	3.6	6.5	ממוצע	
A	1	1	A	A	-	מחלף יהלום
A	1	1	A	A	ממוצע	עילי
	B	B	B	2.6	-	מחלף יהלום
	B	B	B	2.6	ממוצע	משוקע
	B	B	B	2.7	-	מחלף לולאה
	B	B	B	2.7	ממוצע	

A- לא ניתן לחישוב
B- אין פתרון

טבלה מס' 3:

מקדמי הגידול בעלויות עבור מעבר מ- 67 dB(A) ל- 59 dB(A)

ממוצע	12 קומות	8 קומות	4 קומות	2 קומות	קו בניה (מ')	הכביש
1.3	1	1	1	2.3	25	ישר
2.8	2.4	3.6	2.8	2.4	50	(500 מ')
3.6/2.8	9/6	1.3	2	1.9	100	
2.6/2.3	4.1/3.1	2	1.9	2.2	ממוצע	
1.4	1	1	1	2.5	25	ישר משוקע
2.6	1	6.1	1.9	1.3	50	(500 מ')
2.7	1.7	1.8	4.7	-	100	
2.2	1.2	3	2.5	1.9	ממוצע	
3.6	1	3.6	2.2	7.7	25	ישר עילי
1.7	1	1	1.5	3.3	50	(500 מ')
4.5	10.6	2.2	2.9	2.1	100	
3.3	4.2	2.2	2.2	4.4	ממוצע	
					-	מחלף יהלום
					ממוצע	עילי
				1.8	-	מחלף יהלום
				1.8	ממוצע	משוקע
				1.9	-	מחלף לולאה
				1.9	ממוצע	

A- לא ניתן לחישוב
B- אין פתרון

11 : 11 çôñð - íéùéáëì ùòø éð÷ú : _____

טבלה מס' 4:

העלות השולית במעבר מ- 67 dB(A) ל- 59 dB(A)

באלפי ש"ח

ממוצע	12 קומות	8 קומות	4 קומות	2 קומות	קו בניה (מ')	הכביש
6500	0	23900	0	2100	25	ישר מישורי (500 מ')
1880	0	5400	1375	700	50	
530 או 1625	600 או 2150	1275 או 2700	0 או 900	150 או 750	100	
2970 או 3330	200 או 720	10190 או 10670	460 או 760	980 או 1180	ממוצע	
11825	0	0	46750	550	25	ישר משוקע (500 מ')
12800	46750	3400	600	450	50	
95 או 1355	375 או 3425	0 או 1850	0 או 150	0	100	
8240 או 8660	15710 או 16725	1130 או 1750	15780 או 15830	330	ממוצע	
640	0	0	2100	450	25	ישר עילי (500 מ')
7490	23900	5050	725	300	50	
190 או 1480	125 או 2975	175 או 1600	300 או 750	150 או 600	100	
2770 או 3200	8010 או 8960	1740 או 2220	1040 או 1190	300 או 450	ממוצע	
				1930	-	מחלף
				1930	ממוצע	יהלום עילי
			3310	2730	-	מחלף יהלום
			3310	2730	ממוצע	משוקע
			2248	2279	-	מחלף לולאה
			2248	2279	ממוצע	

טבלה מס' 5:

העלות השולית במעבר מ- 67 dB(A) ל- 59 dB(A)

באלפי ש"ח

הכביש	קו בניה (מ')	2 קומות	4 קומות	8 קומות	12 קומות	ממוצע
ישר (500 מ')	25	7325	0	23900	0	7810
	50	3150	7325	29300	23900	14570
	100	1000	1050	2100	30450	8650
	ממוצע	3825 או 4025	2790 או 3090	16630 או 17110	18120	10340 או 10590
ישר משוקע (500 מ')	25	6050	46750	0	0	13200
	50	1200	3600	50150	46750	25425
	100	600	1100	1575	3000	1570
	ממוצע	2620	17150	17240	16580	13400
ישר עילי (500 מ')	25	8500	7150	23900	0	9890
	50	2750	2100	5050	23900	8450
	100	975	2025	2275	30150	8860
	ממוצע	4075	3760	10410	18020	9065
מחלף יהלום עילי	-					
	ממוצע					
מחלף יהלום משוקע	-	10490				
	ממוצע	10490				
מחלף לולאה	-	8874				
	ממוצע	8874				

11 : 11 çôñð - íéùéáëì ùòø éð÷ú _____

טבלה מס' 6:

העלות השולית במעבר מ- 67 dB(A) ל- 59 dB(A)

באלפי ש"ח

ממוצע	12 קומות	8 קומות	4 קומות	2 קומות	קו בניה (מ')	הכביש
1310	0	0	0	5225	25	ישר
14050	23900	23900	5950	2450	50	(500 מ')
8140	29850	825	1050	850	100	
7830	17920	8240	2330	2840	ממוצע	
1375	0	0	0	5500	25	ישר משוקע
12625	0	46750	3000	750	50	(500 מ')
1475	2625	1575	1100	600	100	
5160	875	16110	1370	2280	ממוצע	
9250	0	23900	5050	8050	25	ישר עילי
960	0	0	1375	2450	50	(500 מ')
8670	30025	2100	1725	825	100	
6290	10010	8670	2720	3775	ממוצע	
					-	מחלף יהלום
					ממוצע	עילי
				7760	-	מחלף יהלום
				7760	ממוצע	משוקע
				6595	-	מחלף לולאה
				6595	ממוצע	

ניתוח פרויקטים ספציפיים

א. פרויקט האילון בקטע קוממיות יוספטל

פרויקט נתיבי האילון בין רח' קוממיות בדרום לבין רח' יוספטל בצפון, כולל סלילת שני מסלולים בכיוון צפון-דרום ויצירת מחלפים בנקודות החיבור של פרויקט האילון עם רחובות אלו.

רחוב קוממיות יוגבה ויעבור בגשר מעל פרויקט האילון ואילו במחלף יוספטל יעבור פרויקט האילון מתחת לרח' יוספטל.

מחלף הקוממיות הינו מסוג מחלף לולאה עילי ומחלף יוספטל הינו מסוג מחלף יהלום משוקע.

מערך המיגון האקוסטי המתוכנן להשגת קריטריון של 67 dBA הינו מערך מיגון מורכב ביותר הכולל את המרכיבים הבאים:

- ◆ מתרסי רעש לאורך השוליים החיצוניים של הדרך והרמפות בגובה של 3-6 מ' מעל מפלס הכביש.
 - ◆ סוללת עפר בין שני המסלולים של הכביש המהיר.
 - ◆ מתרסי רעש הבנויים כתוספת לקירות התמך של תעלת הכביש המשוקע.
- הנתונים לקטע זה מתבססים על עבודה שהוכנה בשנת 1995 עבור חב' נתיבי אילון. בקטע זה אין פתרון עבור 59 dBA.

ב. פרויקט האילון בצומת וולפסון (קטע וולפסון-נווה עופר)

קטע זה של פרויקט האילון מצוי צפונית לרח' דב הוז ודרומית לצומת חולון.

הפרויקט כולל הקמת 2 גשרים מעל צומת וולפסון (צפונית לבית החולים וולפסון) וסלילת כביש מהיר מדרום ומצפון למחלף.

בגלל הקרבה הרבה של מבני מגורים גבוהים לכביש המהיר מדרום למחלף וולפסון כולל מערך המיגון האקוסטי אשר תוכנן בקטע זה על פי קריטריון של 7 dB(A) מתרסי רעש בגובה מירבי לאורך השוליים החיצוניים של הדרך ובין המסלולים המהירים.

בקטע זה תתבטא החמרת התקן בעיקר ע"י תוספת יחידות דיור שבהן יבוצע מיגון דירתי.

בשכונת נווה עופר תוכננו במקור מתרסי רעש נמוכים יותר, ועל כן בקטע זה ניתן היה לענות על דרישות התקן המחמיר באמצעות הגבהת מתרסי הרעש.

הפרויקט הינו בעיקרו הקמת גשר מעל דרכי הרוחב שהינן במפלס קרקע.

תכנית הדרכים היא מסוג יהלום עילי (לא סטנדרטי).

הנתונים לקטע זה מתבססים על עבודה שהוכנה בשנת 1995 עבור חב' נתיבי אילון. בקטע זה אין פתרון לתקן של 59 dBA.

ג. פרויקט האילון בקטע ההלכה - רוקח (בבלי)

קטע זה של הפרויקט תחום בין גשר ההלכה בדרום לבין גשר רוקח בצפון.

מסלולי הכביש המהיר כוללים 4 נתיבים לפחות בכל כיוון וביניהם אי תנועה רחב שבו עוברת מסילת הרכבת.

את הקטע שנבדק ניתן לסווג ככביש מישורי, או משוקע בחלקו.

בצידו המערבי של הפרויקט מצויה שכונת בבלי בתל-אביב ובצידו המזרחי - שכונת עילית ברמת-גן.

מעריך המיגון הקיים אשר תוכנן על פי קריטריון של 67 dBA כולל 4 מתרסי רעש שונים המצויים משני צדדיו של כל מסלול מהיר. חלק ממחסומי הרעש הינם מחסומי רעש גבוהים במיוחד.

בקטע זה חרגנו מן הקריטריון המנחה לגבי גובה מירבי (6 מ' מעל מפלס הקרקע), והנחנו כי סוללת העפר וקיר הטר-ארמה יגיעו לגבהים של 9-10 מ' מעל מפלס הכביש.

ד. כביש מכבית (471 מערב)

כביש מכביה הינו כביש העתיד לחבר בין כביש מס' 4 במערב לבין כביש מס' 40 במזרח.

מלכתחילה תוכנן הכביש להיות כביש עילי, אך בלחץ הציבור הוחלט לשקע את הכביש בחלקו הגדול, תוך יצירת קירות תמך שעומקם מגיע ל- 10 מ' ואף יותר ביחס למפלס הקרקע הטבעית.

הקטע שנבדק הינו הקטע שבין כביש תל-השומר לבין מחלף לוי אשכול.

ממדרום לתוואי מצויות שכונות המגורים קרית אונו וגבעת ברכה, ומצפון לו שכונת נווה אילן ומבני המוסד החינוכי.

חלקו המערבי של הכביש, הסמוך לשכונת נווה אילן מקורה.

חציו האחד של מחלף לוי אשכול הינו מחלף לולאה משוקע, בו עובר הכביש המהיר מתחת לכביש הרוחב המצוי במפלס קרקע. חציו השני הינו מסוג יהלום משוקע.

ההנחיות להכנת תסקיר ההשפעה על הסביבה לכביש מכבית כללו את הדרישה שלא להגביר את מפלס רעש הרקע הקיים ביותר מ- 15 dB

מאחר ומפלסי הרעש הקיימים כיום לאורך קטעים רבים הינם נמוכים מאוד, תוכנן מערך המיגון האקוסטי למכתחילה כך שיבטיח לפחות עמידה בתקן הרעש המחמיר (64 dB(A)).

במקרה זה מבטא התכנון המקורי דווקא את דרישות התקן המחמיר ולא את דרישות התקן הקיים לפיו יש להבטיח מפלס רעש מירבי של 67dBA.

ה. כביש מכבית - מזרח (471 מזרח)

קטע זה כולל את תוואי הכביש אשר ממזרח לדרך 40.

מצפון לכביש מצויים שכונת שעריה של פתח תקווה וכפר סירקין, ומדרום לו המושב נחלים.

את הקטע שנבדק ניתן לסווג ככביש מישורי ישר.

מפלסי הרעש הנמוכים השוררים במקום מאפשרים עמידה בתקן המקל ללא צורך בהקמת מתרסי רעש.

ו. מחלף אלוף שדה

פרויקט מחלף אלוף שדה כולל הסטה מזרחה של המסלול לצפון ובנית גשר מעל כביש מס' 4 אשר בו מתנהלות כל התנועות בכיוון מזרח מערב.

השינוי הדרסטי ביותר מבחינת מפלסי הרעש חל במתחם בית האבות של רמת אפעל שבסמיכות אליו נבנתה רמפה המשרתת את התנועות מדרום למזרח.

ממערב לכביש מס' 4 ומדרום למחלף מצויה שכונת הצנחנים.

מצפון למחלף מצויה שכונת המגורים נווה יהושע.

המבנים בשכונות אלו הינם ברובם מבנים חד משפחתיים בעלי קומה אחת.

הנתונים לקטע זה מתבססים על עבודה שהוכנה בשנת 1993 עבור מע"צ.

מחלף אלוף שדה הינו מחלף לולאה עילי בחלקו הדרומי ומחלף יהלום עילי בחלקו הצפוני.

מערך המיגון האקוסטי כולל 3 מתרסי רעש:

- ◆ סוללת עפר המסתיימת בקיר גבוה למדי בסמוך לשכונת הצנחנים.
- ◆ מתרס רעש בסמוך לרמת אפעל.
- ◆ מתרס רעש בסמוך לשכונת נווה יהושע.

ז. מחלף כפר שמריהו

מחלף כפר שמריהו תוכנן ובוצע על מנת לאפשר תנועה חופשית בכביש מס' 2.

המחלף הינו מסוג יהלום משוקע והוא נוצר ע"י שיקוע הכביש המהיר מתחת לכביש החוצה המצוי במפלס קרקע.

כביש מס' 2 כולל 2 נתיבים לכל כיוון.

לאורך הקטע שנבדק מצויים בתים צמודי קרקע של כפר שמריהו והרצליה. מפלס הקרקע משתנה מביחס למפלס הכביש. מדרום למחלף וממזרח לכביש משתפלת הקרקע הטבעית כלפי מעלה, עד ליצירת מדרון תלול.

מתרסי הרעש תוכננו במקור להשגת קריטריון של 67 dB(A).

בבעבודה נערכה אבחנה בין הקטע מדרום ומצפון למחלף. בשני הקטעים אין פתרון למפלס של 59 dBA. בקטע הצפוני אין פתרון גם למפלס של 64 dBA, למעט הגדלת מספר יחידות הדיור בהן יבוצע טיפול אקוסטי. על פי השערה ב-60% מן המבנים יכללו בתכנית הטיפול כאשר התקן הוא 64 dBA לעומת כ-23% עבור תקן של 67 dBA.

ח. כביש מס' 2 - נתניה (צפון)

הקטע שנבדק מצוי מצפון למחלף 57. קטע זה מתוכנן להרחבה ל- 3 נתיבים בכל מסלול. במסגרת התכנון יזמה מע"צ גם תכנון מתרסי רעש לאורכו.

מתרסי הרעש תוכננו במקור על פי קריטריון של 67 dB(A), אך תוך מאמץ להפחית את הרעש עד לרמה של 64 dB(A) ככל האפשר.

ממערב לכביש מצויים בתי המגורים של נתניה, שחלקם הינם בתים בבניה רוויה בעלי 4-8 קומות וחלקם בתים צמודי קרקע עד 3 קומות.

את הקטע שנבדק ניתן לסווג ככביש ישר מישורי.

בקטע זה אין פתרון לתקן של 59 dBA.

ט. כביש מס' 2 - גבעת שפירא

הקטע הנדון מצוי ליד גבעת שפירא, אביחיל וביתן אהרון.

גם קטע זה נכלל בתכניות להרחבת כביש מס' 2 ל- 3 נתיבים בכך מסלול.

הבתים צמודי הקרקע מצויים משני צדדיו של הכביש. מפלס הקרקע משתנה, אך בקטע הנבדק הינו מצוי ברובו מעל מפלס הכביש.

בין אביחיל לבין גבעת שפירא יהיה מחלפון שצורתו דומה לחצי מחלף יהלום משוקע.

י. מחלפון ראש העין

מחלפון זה אמור לחבר בין כביש 444 לבין כביש 483 ללא רמפות חיבור לכביש מס' 6.

מצידו המזרחי של המחלף מצויים בתיה צמודי הקרקע עד 3 קומות של ראש העין.

תכנית המחלפון אינה סטנדרטית.

מתרסי הרעש תוכננו במסגרת תסקיר ההשפעה על הסביבה המוכן בימים אלה ע"י חברת חוצה ישראל.

י"א. פרויקט האילון בקטע קיבוץ גלויות

הקטע הנבדק מצוי בין גשרי חיל השריון לבין צומת חולון.

בקטע הנדון מתוכנן גשר עילי, אשר יעבור מעל רחוב קיבוץ גלויות אשר ישאר במפלס קרקע.

למערכת תכנית הדומה לתכנית יהלום עילי.

הגשר יכלול שני נתיבים מהירים בכל מסלול.

צומת קיבוץ גלויות ישאר במתכונת דומה לזו הקיימת כיום.

מתרסי הרעש תוכננו להשגת קריטריון של 67 dB(A).

י"ב. דרך הגבורה

דרך הגבורה הינה דרך עירונית המתחברת לרחוב אלוף שדה ועוברת בתחום הערים רמת-גן וגבעתיים.

הדרך תוכננה להיות בעלת 3 נתיבים לכל כיוון, אך נסללה על פי פשרה שהושגה בבית משפט, עם שני נתיבים לכל כיוון.

מתרסי הרעש תוכננו להשגת קריטריון של 67 dB(A).

מצידה האחד של הדרך מצויים בתי מגורים של גבעתיים ורמת-גן בעלי 3-7 קומות. מעברה השני מצויים בתים צמודי קרקע.

הדרך מתחברת בצמתים לרחובות החוצים אותה.

סיכום הנתונים

טבלאות מס' 7-9 מציגות את הגידול בעלויות הצפוי עקב החמרת התקן ל-64 dBA ול-59 dBA בהשוואה לתקן יחוס של 67 dBA.

הנתונים נורמלו כולם למטר רץ של כביש, זאת על מנת להתגבר על ההבדלים באורכי הקטעים השונים שנבחנו (בעיקר הדברים אמורים לגבי הפרויקטים הספציפיים).

כל העלויות חושבו בהתייחס לצד אחד של הכביש.

לעניין הערכים המופיעים בטבלאות יש להדגיש את הדברים הבאים:

במקרים רבים מצאנו כי לא ניתן להפחית את הרעש באמצעות מתרסי רעש לקריטריון הנבדק. בעיקר מצאנו כי אין אפשרות מעשית ופרקטית להקטין את הרעש לקריטריון של 59 dB(A) בפרויקטים הספציפיים. כך למשל מצאנו כי במחלף כפר שמריהו ניתן יהיה להשיג מפלס של 59 dB(A) באמצעות קירוי של הכביש והרמפות. פתרון זה אינו מעשי ואינו יכול לעמוד בדרישות של בטיחות תנועה המחייבות קיום שדה ראייה בפניות ימינה ושמאלה ובהשתזרויות. המעבר מקריטריון של 64 dB(A) לקריטריון של 59 dB(A) התבטא בעיקר בגידול מספר הבתים בהם נדרש טיפול דירתי (מעל ל-60% מן הבתים לאורך הפרויקט). פתרון זה אינו פתרון חילופי למתרסי הרעש והמשמעות האמיתית של החלת קריטריון של 59 dB(A) לגבי פרויקט מחלף כפר-שמריהו הינו ההכרח למצוא פתרון תחבורתי תכנוני שונה לחלוטין.

במקרה זה ובמקרים דומים אחרים סימנו במטריצת הפרשי העלויות את העובדה כי אין פתרון מעשי עבור הקריטריון הנמוך מבין השניים (באות "A").

העלויות המוצגות בטבלאות 7-9 חושבו על בסיס הבדלי העלויות שהוצגו לעיל ובתוספת התיקונים הבאים:

א. מע"מ

לעלויות הוסף מע"מ בשעור של 17%

ב. עלויות נלוות להקמת מתרסי הרעש

העלויות הנלוות עקב הקמת מתרסי רעש נובעות מהצורך לטפל בנושאים שונים כמו ניקוז, קווי מתח עליון, נוף, תשתיות תת קרקעיות וכו'. תוספת העלויות הללו נקבעה על בסיס נתוח השוואתי שנערך לפרויקטים שונים ובכללם: מחלף דב הוז, גשרי וולפסון, מחלף הכפר הירוק ומחלף כפר שמריהו.

לאחר בחינת עלויות אלו הוחלט על תקנון הערכים באופן הבא:

- ♦ תוספת של 20% מעלות הקמת מתרסי הרעש בכבישים עיליים.
- ♦ תוספת של 30% מעלות סלילת הכביש בכבישים משוקעים. עלות סלילת כביש בעל 2 מסלולים ו- 3 נתיבים הינה כ- 3,000\$ למטר רץ. העלויות הנוספות הינן כ- 3,100 ש"ח למטר רץ.

ג. קיימא

למתרסי הרעש זמן קיימא מוגבל הן עקב היותם בנויים מחומרים עמידים פחות (אלומניום, פנלים שקופים וכו') בהשוואה לחומרי בניה קונבנציונאליים והן כיוון שהם מועדים יותר לפגיעות ע"י רכב, גרפיטי ונדליזם וכו'.

בחישוב הנחנו זמן קיימא ממוצע של 15 שנים.

פקטור הגידול בעלויות הנובע מפרמטר זה הינו 1.7.

הערה: כיוון שהעלויות לקירוי קל ולמנהור מבוססים על מחירי קבלן, ניתן למרכיבים אלו תיקון בגין קיימא בלבד.

(תיקון זה לא ניתן לפתרון של מנהור + כיסוי אדמה).

טבלה מס' 7: הגידול בעלויות עבור 64-67 dB
באלפי ש"ח למטר רץ

	כביש									מחלף		
	ישר מישורי			ישר משוקע			ישר עילי			יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
קו בניה	25	50	100	25	50	100	25	50	100			
הפרויקט												
ממוצע לקומות	14.4	9.1	2.5 או 7.8	24.7	30.1	3.5 או 8.5	3.1	19.2	1 או 6.9	5.7	10.7	6.7
2 קומות	10	3.3	0.7 או 3.6	5.3	4.9	B	2.2	1.4	0.7 או 2.9	5.7	9.9	6.7
4 קומות	B	6.6	B או 4.3	93.5	5.5	B או 3.7	10	3.6	1.4 או 3.6	A	11.3	6.7
8 קומות	47.8	25.8	6 או 12.9	B	16.1	B או 10.5	B	23.9	1 או 7.6	A	A	A
12 קומות	B	B	2.9 או 10.3	B	93.5	4.6 או 16.8	B	47.8	0.6 או 14.1	A	A	A
אילון קוממיות- יוספטל											7.5	5.3
אילון וולפסון										5		
אילון בבלי		6.2	6.2									
471 מערב					5.3	5.3						
471 מזרח		1	1									

úáéåìò çåúð - íéùéáëì ùòð éð÷ú :11 çôñð _____

טבלה מס' 7: הגידול בעלויות עבור 64-67 dB (המשך)
באלפי ש"ח למטר רץ

	כביש									מחלף		
	ישר מישורי			ישר משוקע			ישר עילי			יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
קו בניה	25	50	100	25	50	100	25	50	100			
הפרויקט												
מחלף אלוף שדה												11
כפר שמריהו (צפון)											15.8	
כביש 2 נתניה צפון		7.4	7.4									
כביש 2 גבעת שפירא					5.7	5.7						
מחלפון ראש העין										2.6		
אילון קיבוץ גלויות										4.3		
דרך הגבורה	2.6	2.6										
מחלף 4/9 משוקע												*
מחלף 4/9 עילי												*
מחלף דניאל									*			

* בגלל עלויות נמוכות יחס העלות אינו משקף נתון סביר

A - אין פתרון מעשי לקריטריון הנמוך.

B- לא רלבנטי.

טבלה מס' 8: הגידול בעלויות עבור 59-67dBA
באלפי ש"ח למטר רץ

	כביש									מחלף		
	ישר מישורי			ישר משוקע			ישר עילי			יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
קו בניה	25	50	100	25	50	100	25	50	100			
הפרויקט												
ממוצע לקומות	20.7	39.1	20.1 או 23.7	30.1	54.7	9.3	30.6	23.7	21.4			
2 קומות	34.9	15.1	4.8 או 7.6	27.2	7.9	5.5	40.6	13.1	4.7	A	29.2	26.5
4 קומות	B	34.9	5 או 9.3	93.5	17.4	7.5	34.2	10	9.8	A	A	A
8 קומות	47.8	58.6	10 או 17	B	100.3	9.5	47.8	24.1	10.8	A	A	A
12 קומות	B	47.8	60.9	B	93.5	15	B	47.8	60.3	A	A	A
אילון קוממיות- יוספטל											A	A
אילון וולפסון										A		
אילון בבלי		A	A									
471 מערב					12.8	12.8						
471 מזרח		6.5	6.5									
מחלף אלוף שדה												A
כפר שמריהו											A	

11 : 59-67dBa - 8 : 59-67dBa (המשך)

טבלה מס' 8: הגידול בעלויות עבור 59-67dBa (המשך)

באלפי ש"ח למטר רג

	כביש									מחלף		
	ישר מישורי			ישר משוקע			ישר עילי			יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
קו בניה	25	50	100	25	50	100	25	50	100			
הפרויקט												
כביש 2 נתניה צפון		A	A									
כביש 2 גבעת שפירא					A	A						
מחלפון ראש העין										A		
אילון קיבוץ גלויות										A		
דרך הגבורה	27.7	27.7										
מחלף 4/9 משוקע												לא נבדק
מחלף 4/9 עילי												לא נבדק
מחלף דניאל									לא נבדק			

A - אין פתרון מעשי לקריטריון הנמוך

B - לא רלבנטי

טבלה מס' 9: הגידול בעלויות עבור 59-64dBA
באלפי ש"ח למטר רץ

	כביש									מחלף		
	ישר מישורי			ישר משוקע			ישר עילי			יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
קו בניה	25	50	100	25	50	100	25	50	100			
הפרויקט												
ממוצע לקומות	6.2	33.9	18.2	8.7	28.6	9.1	27.6	4.5	20.6			
2 קומות	25.1	11.7	4.1	25	6.1	5.5	38.5	11.7	4.1	A	22.4	19.6
4 קומות	B	28.4	5	B	15	7.5	24.1	6.7	8.4	A	A	A
8 קומות	B	47.8	4.1	B	93.5	9.5	47.8	B	10	A	A	A
12 קומות	B	47.8	59.7	B	B	13.6	B	B	60.1	A	A	A
אילון קוממיות- יוספטל											A	A
אילון וולפסון										A		
אילון בבלי		A	A									
471 מערב					10.7	10.7						
471 מזרח		5.5	5.5									
מחלף אלוף שדה												A
כפר שמריהו											A	
כביש 2 נתניה צפון												

11 : -

טבלה מס' 9: הגידול בעלויות עבור 59-64dBA (המשך)

באלפי ש"ח למטר רץ

	כביש									מחלף		
	ישר מישורי			ישר משוקע			ישר עילי			יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
קו בניה	25	50	100	25	50	100	25	50	100			
הפרויקט												
כביש 2 גבעת שפירא						A						
מחלפון ראש העין										*A		
אילון קיבוץ גלויות										A		
דרך הגבורה	25.1	25.1										
מחלף 4/9 משוקע												לא נבדק
מחלף 4/9 עילי												לא נבדק
מחלף דניאל									לא נבדק			

A- אין פתרון מעשי לקריטריון הנמוך.

B - לא רלבנטי

* בגלל עלויות נמוכות יחס העלות אינו משקף נתון סביר

כיוול המודל הסכמטי

טבלאות 7-9 לעיל מציגות את העלויות הנדרשות לצורך מיגון אקוסטי לפי קריטריונים שונים אשר חושבו לתבניות סכמטיות הומוגניות שנתוניהן פורטו במסגרת הדוח.

מידת התקפות והמהימנות של חישובים אלו נבחנה באמצעות חישוב העלויות של מיגונים אקוסטיים בפרויקטים ספציפיים שבוצעו ו/או תוכננו ברחבי הארץ.

פירוט המיגונים והעלויות מוצג בנספח B.

טבלאות 10 ו-11 מציגות את ההשוואה בין העלויות שחושבו לתבניות סכמטיות לבין העלויות שחושבו לפרויקטים ספציפיים.

בעוד שהעלות המתיחסת לפרויקט ספציפי מובטאת ע"י מספר יחיד, העלויות המתיחסות לתבניות הסכמטיות מבוטאת ע"י טווח של ערכים, הסיבה לכך הינה שהתבנית הסכמטית היא הומוגנית ואילו הבינוי או תצורת הפרויקט הספציפי הם בעלי שונות רבה.

בינוי בסמוך לפרויקט כלשהו הוא בינוי מעורב בדרך כלל הכולל בנינים גבוהים ובמרחקי בניה שונים. טווח העלויות בטבלה תואם את המרכיבים האופייניים לבינוי הקיים שהינו למעשה קומבינציה של מספר תבניות סכמטיות.

למשל: מחלף קוממיות יוספטל הינו בחלקו הדרומי מחלף של חצי לולאה ובחלקו הצפוני מחלף יהלום משוקע. לאורכו מצויים בנינים שרובם הינם בעלי 2-4 קומות במרחק של 50-100 מ' מציר הדרך. העלות שחושבה לפרויקט זה לקחה בחשבון את הבינוי הספציפי ומערך הכבישים הקיים (והמתוכנן). טווח העלויות הסכמטיות מבטא את ערכי המינימום והמקסימום שהתקבלו עבור כל המקרים: יהלום משוקע, מחלף לולאה ובינוי בגובה 2 ו-4 קומות.

השוואה בין הערכים התאורטיים לבין הערכים הממשיים מצביעה על המסקנות הבאות:

א. ברוב המקרים העלות כלולה בטווח הערכים התאורטי או מצויה בסמוך מאוד לטווח זה.

ההשוואה מצביעה על כך כי המתודולוגיה הנסמכת על תבניות סכמטיות הינה מהימנה דייה ויכולה לשמש כבסיס לנתוח עלות תועלת של הקריטריונים השונים שהוגדרו בעבודה זו.

יתר על כן, לא ניתן היה להבין את השונות הרבה של העלויות שחושבו לפרויקטים שונים, ללא הסתיעות בתוצאות שהתקבלו עבור התבניות הסכמטיות.

ב. במספר מקרים התקבלו הבדלים גדולים בין העלות הספציפית לבין העלות התאורטית. נעמוד על שנים מהם על מנת להדגים את הסיבות להבדלים אלו:

כפר שמריהו (צפון)

עלות המיגון הנדרש להשגת קריטריון של 64 dBA בפרויקט זה הינה 15.8 אלפי ש"ח למטר רץ, ואילו הערך המירבי שהתקבל בחישוב התאורטי הינו 11.3 אלפי ש"ח למטר רץ בלבד. ניתוח הנתונים העלה כי הסיבה לחוסר ההתאמה במקרה זה הינה שהחישוב התאורטי מתיחס לצד אחד של הכביש בעוד שבמקרה זה (אגב, באופן יוצא דופן למדי גם בהשוואה לפרויקטים אחרים) מצויים הבנינים משני עברי הכביש.

מחלפון ראש העין

בפרויקט זה קיים הבדל ניכר בין העלות שחושבה לפרויקט לבין העלות שחושבה לתבנית הסכמטית. הסיבה לכך נעוצה אף היא בין היתר בבינוי הקיים בסמוך למחלפון ראש העין. בעוד שבתבנית הסכמטית הבינוי הינו בשני רבעים של המחלף, הרי שבפועל הבינוי בראש העין קיים רק ברביע אחד של המחלפון.

ג. חלק מן ההבדלים שהתקבלו בין הערכים התאורטיים והממשיים נובע מכך שבמערך המיגון הספציפי לפרויקט נכלל פתרון של טיפול אקוסטי בבתים. פתרון זה לא נכלל במערך המיגון הסכמטי כיוון שאינו שווה ערך לפתרון הניתן ע"י מתרסי רעש והוא מבטא למעשה מדיניות טיפול שונה במפגעי הרעש.

ככלל: תהליך הכיול מצביע על מהימנות השימוש בתבניות הסכמטיות ועל יתרונה של המתודולוגיה שאומצה בעבודה זו.

טבלה מס' 10: כיוול הנתוח ההשוואתי הסכמטי 64-67dBA

שם הפרויקט	הפרמטרים האופייניים	אלפי ש"ח למטר רץ		הערות
		עלות על פי תבנית סכמטית (ממוצעת)	עלות לפרויקט	
אילון קוממיות יוספטל	יהלום משוקע ולולאה. 4-2 ק'. מרחק אופייני 100-50 מ'.	11.3-6.7	5.3+ טיפול דירתי	
אילון וולפסון	יהלום עילי. 8-4 קומות. מרחק אופייני 100-50 מ'.	אין פתרון	5+ טיפול דירתי	המעבר ל-64 מתבטא בעיקר במיגון דירתי
אילון בבלי	ישר מישורי. 8-4 קומות. מרחק אופייני 100-50 מ'.	12.9-4.3 (10.8)	6.2	"
471 - מערב	ישר משוקע בקטע הדומיננטי. 4-2 ק'. לאורך הקטע הנבדק. מרחק אופייני 50 מ'.	5.5-4.9	5.3	ללא עלות הקטע המקורה
471 מזרח	ישר מישורי. 4-2 קומות, מרחק אופייני 100-50 מ'.	6.6-0.7	1	
מחלף אלוף שדה	יהלום/לולאה עילי. 4-2 קומות מרחק אופייני 50 מ'.	6.7 - אין פתרון	11	מחלף לא סטנדרטי
כפר שמריהו (צפון)	יהלום משוקע. 4-2 קומות. מרחק אופייני 50-25 קמ"ש.	11.3-9.9	15.8	
כביש 2 נתניה צפון	ישר מישורי. 4-2 קומות. מרחק אופייני 50 מ'.	6.6-3.3	7.4	
כביש 2 גבעת שפירא	ישר משוקע 4-2 קומות. מרחק אופייני 100-50 מ'.	5.5-4.9	5.7	
מחלפון ראש העין	מחלף לולאה לא סטנדרטי. 2 קומות.	5.7	2.6	
קבוץ גלויות	יהלום עילי. 4-2 קומות. מרחק אופייני 50 מ'.	5.7	4.3	
דרך הגבורה	מישורי ישר. 5-3 קומות. מרחק אופייני 50-25 מ'.	6.6-3.3	4.3	

טבלה מס' 11: כיול הנתוח ההשוואתי הסכמטי 59-67dBA

שם הפרויקט	הפרמטרים האופייניים	אלפי ש"ח למטר רץ		הערות
		עלות על פי תבנית סכמטית (ממוצעת)	עלות לפרויקט	
אילון קוממיות יוספטל	יהלום משוקע ולולאה. 4-2 ק'. מרחק אופייני 100-50 מ'.	29.2-26.5 אין פתרון	אין פתרון	
אילון וולפסון	יהלום עילי. 8-4 קומות. מרחק אופייני 100-50 מ'.	אין פתרון	אין פתרון	
אילון בבלי	ישר מישורי. 8-4 קומות. מרחק אופייני 100-50 מ'.	34.9-5	אין פתרון	
471 - מערב	ישר משוקע בקטע הדומיננטי. 4-2 קומות לאורך הקטע הנבדק. מרחק אופייני 50 מ'.	7.2-1.2	12.8	
471 מזרח	ישר מישורי. 4-2 קומות, מרחק אופייני 100-50 מ'.	9.3-5	6.5	
מחלף אלוף שדה	לולאה עילי. 4-2 קומות מרחק אופייני 50 מ'.	*	אין פתרון	
כפר שמריהו (צפון)	יהלום משוקע. 4-2 קומות. מרחק אופייני 50-25 מ'.	**	אין פתרון	
כביש 2 נתניה צפון	ישר מישורי. 4-2 קומות מרחק אופייני 50 מ'.	34.9-15.1	אין פתרון	
כביש 2 גבעת שפירא	ישר משוקע 4-2 קומות. מרחק אופייני 100-50 מ'.	17.4-5.5	אין פתרון	
מחלפון ראש העין	מחלף לולאה לא סטנדרטי. 2 קומות.	29.2	אין פתרון	
קבוץ גלויות	יהלום עילי. 4-2 קומות. מרחק אופייני 50 מ'.	אין פתרון	אין פתרון	
דרך הגבורה	מישורי ישר. 5-3 קומות. מרחק אופייני 50-25 מ'.	34.9-15.1	27.7	

* ל-2 קומות קיימות 26.5. ל-4 קומות אין פתרון

** ל-2 קומות קיימות 29.2. ל-4 קומות אין פתרון

נספח 12: ריכוז נתונים

חלק א: ריכוז נתונים עבור תבניות סכמטיות

טבלה מס' 1: המאפיינים של כבישים

ישר עילי	ישר משוקע	ישר מישורי	הפרמטר
2	2	2	מסלולים
3 בכל מסלול	3 בכל מסלול	3 בכל מסלול	נתיבים
6 מ'	6 מ'	6 מ'	אי תנועה
15 מ' כ"א (כולל שוליים)	15 מ' כ"א (כולל שוליים)	15 מ' כ"א (כולל שוליים)	רוחב מסלול
36 מ' (כולל שוליים ואי תנועה)	36 מ' (כולל שוליים ואי תנועה)	36 מ' (כולל שוליים ואי תנועה)	רוחב כביש
5 מ' ביחס לפני קרקע	5 מ' ביחס לפני קרקע	-	השיקוע/הגבהה
רמת שרות "C" בכל מסלול	רמת שרות "C" בכל מסלול	רמת שרות "C" בכל מסלול	נפחי תנועה *
2%, 5%, 93%	2%, 5%, 93%	2%, 5%, 93%	התפלגות לסוגי רכב
80 קמ"ש	80 קמ"ש	80 קמ"ש	מהירות
500 מ'	500 מ'	500 מ'	אורך קטע ניסוי
15,000 מ"ר	15,000 מ"ר	15,000 מ"ר	שטח אספלט שקט

* 1,500 כלי רכב לנתיב

מקרא לכל הטבלאות בנספח:

- D - מדרון בשיפוע 1:2
 K1 - קירוי מסלול קרוב
 B - קיר הנושא את עצמו ליד שולי הכביש
 A - אין פתרון מעשי
 K2 - מנהור שני מסלולים
 M - קיר מרכזי בין מסלולים
 K3 - קירוי קל לכביש עילי/מישורי
 S - קיר תמך

1éùéáëî ùòø ì÷ú - éìèìëä úääöä ç"ää

טבלה מס' 1B: נתונים לכביש ישר מישורי

קו הבניה (מ')	רמת רעש ללא מיגון	2 קומות			4 קומות			8 קומות			12 קומות		
	(ממוצע לקומות)	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח
Leq 67 dB(A)													
25	78	5.5B	2750	1925	K1	7500	9,250	K1	7500	9,250	K3	18,000	33,150
50	74.5	3.5B	1750	1050	5.5B	2750	1925	6.0B 5.0M	3000 2500	3850	K1	7500	9,250
100	70	2.5B או אספלט שקט	1250	750 או 150	3.5B או אספלט שקט	1750	1050 או 150	4.5B או אספלט שקט	2250	1575 או 150	6.0B 2.0M או אספלט שקט	3000 1000	2700 או 150
Leq 64 dB(A)													
25	78	6.0B 5.5M	3000 2750	4025	K1	7500	9,250	K3	18000	33,150	K3	18000	33,150
50	74.5	5.0B	2500	1750	6.0B 4.0M	3000 2000	3300	K1	7500	9,250	K1	7500	9,250
100	70	3.0B	1500	900	3.5B	1750	1050	6.0B 2.5M	3000 1250	2850	6.0B 4.0M	3000 2000	3300
Leq 59 dB(A)													
25	78	K1	7500	9,250	K1	7500	9,250	K3	18000	33,150	K3	18000	33,150
50	74.5	6.0B 6.0M	3000 3000	4200	K1	7500	9,250	K3	18000	33,150	K3	18000	33,150
100	70	5.0B	2,500	1,750	6.0B	3,000	2,100	6.0B 5.0M	2,250	3,675	K3	18,000	33,150

íéďǎúď ěǎěéø :12 çôňď _____

טבלה מס' 1C: השוואה לכביש ישר מישורי

קו בניה	2 קומות		4 קומות		8 קומות		12 קומות	
	הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות	הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות	הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות	הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות
Leq 64-67 dB(A)								
25	2,100	2.09	0	1	23,900	3.6	0	1
50	700	1.67	1,375	1.7	5,400	2.4	0	1
100	150	1.2	0	1	1,275	1.8	600	1.2
	או 750	6.0	או	או	או	או	או	או
			900	7	2,700	19	3,150	27
Leq 59-67 dB(A)								
25	7,325	4.8	0	1	23,900	3.6	0	1
50	3,150	4.0	7,325	4.8	29,300	8.6	23,900	3.6
100	1,000	2.3	1,050	2.0	2,100	2.3	30,450	12.3
	או	או	או	או	או	או		
	1,600	11.67	1,950	14	3,525	24.5		

טבלה מס' 2B: נתונים לכביש ישר משוקע

קו הבניה (מ')	רמת רעש ללא מיגון (ממוצע לקומות)	2 קומות			4 קומות			8 קומות			12 קומות		
		H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח
Leq 67 dB(A)													
25	78	5.0S 4.0B	2500S 2000B	3200	K1	7500	9,250	K2	18,000	56,000	K2	18000	56,000
50	74.5	5.0S	2500S	2000	5.0S 2.0B	2500S 1000B	2600	5.0S 6.0B 5.0M	2500S 3000B 2500M	5850	K1	7500	9,250
100	70	5.0D	2500D	0	5.0D 1.0B או אספלט שקט	2500D 500B	300 או 150	5.0S או אספלט שקט	2500S	2000 או 150	5.0S 4.0B או אספלט שקט	2500S 2000B	3200 או 150
Leq 64 dB(A)													
25	78	5.0S 5.0B	2500S 2500B	3750	K 2	18000	56,000	K2	18000	56,000	K2	18000	56,000
50	74.5	5.0S 1.5B	2500S 750B	2450	5.0S 4.0B	2500S 2000B	3200	K1	7500	9,250	K2	18000	56,000
100	70	5.0D	2500D	0	5.0D 1.0B	2500D 500B	300	5.0S	2500S	2000	5.0S 4.5B	2500S 2250	3575
Leq 59 dB(A)													
25	78	K1	7500	9,250	K2	18,000	56000	K2	18000	56,000	K2	18000	56,000
50	74.5	5.0S 4.0B	2500S 2000B	3200	5.0S 6.0B 6.0M	2500S 3000B 3000M	6200	K2	18000	56,000	K2	18000	56,000
100	70	5.0D 2.0B	2500D 1000B	600	6.0B	2500D 2000B	1400	5.0S 4.5B	2500S 2250B	3575	5.0S 6.0B 6.0M	2500S 3000B 3000M	6,200

íéďǎúď ěǎěéő :12 ȝôňď _____

טבלה מס' 2C: טבלת השוואה לכביש ישר משוקע

קו בניה		2 קומות		4 קומות		8 קומות		12 קומות	
	הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות	הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות	הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות	הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות	
Leq 64-67 dB(A)									
25	550	1.17	46,750	6.1	0	1	0	1	
50	450	1.22	600	1.2	3,400	1.6	46,750	6.1	
100	0	1	0	1	0	1.0	375	1.12	
			או	או	או	או	או	או	
			150	2.0	1,850	13.3	3,425	23.8	
?Leq 59-67 dB(A)									
25	6,050	2.9	46,750	6.1	0	1	0	1	
50	1,200	1.6	3,600	2.4	50,150	9.6	46,750	6.1	
100	600		1100	4.67	1,575	1.8	3,000	1.9	

טבלה מס' 3B: נתונים לכביש ישר עילי

קו הבניה (מ')	רמת רעש ללא מיגון (ממוצע לקומות)	2 קומות			4 קומות			8 קומות			12 קומות		
		H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח
Leq 67 dB(A)													
25	78-79	2.5B	1,250	750	6B	3,000	2,100	K1	7,500	9,250	K3	18,000	33,150
50	74.5	2.5B	1,250	750	4B 3M	2,000 1,500	2,100	6B 6M	3,000 3,000	4,200	K1	7,500	9,250
100	70	אספלט שקט או 2B		150 או 600	אספלט שקט או 2B	1,000	150 או 600	אספלט שקט או 4.5B		150 או 1,575	6B 3M או אספלט שקט	3,000 1,500	3,000 או 150
Leq 64 (A)													
25	76-79	4B	2,000	1,200	6B 6M	3,000 3,000	4,200	K1	7,500	9,250	K3	18000	33150
50	74.5	3.5B	1,750	1,050	5.5B 3M	2,750 1,500	2,825	K1	7,500	9,250	K3	18,000	33150
100	70	2.5B	1,250	750	3B	1,500	900	5B	2,500	1,750	5.5B 4M	2,750 2,000	3,125
Leq 59 dB(A)													
25	76-79	K1	7,500	9,250	K1	7,500	9250	K3	18,000	33,150	K3	18,000	33150
50	74.5	6B 5M	3,000 2,000	3,500	6B 6M	3,000 3,000	4,200	K1	7,500	9250	K3	18,000	33150
100	70	4.5B	2,250	1,575	4.5B 3.5M	2,250 1,750	2,625	6B 5M	3,000 2,500	3,850	K3	18,000	33150

íéďǎúď ěǎěéő :12 ȝôňď _____

טבלה מס' 3C: השוואה לכביש ישר עילי

קו בניה	2 קומות		4 קומות		8 קומות		12 קומות	
	הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות	הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות	הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות	הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות
Leq 64-67 dB(A)								
25	450	1.6	2,100	2.0	0	1	0	1
50	300	1.4	725	1.3	5050	2.2	23,900	3.6
100	150	1.25	300	1.5	175	1.1	125	1
	או	או	או	או	או		או	או
	600	5.0	750	6.0	1,600	11.7	2,975	20.8
Leq 59-67 dB(A)								
25	8,500	12.3	7,150	4.4	23,900	3.6	0.	1
50	2,750	4.7	2,100	2	5050	2.2	23,900	3.6
100	975	2.6	2.025	4.4	2,275	2.4	30,150	11.05

טבלה מס' 1: המאפיינים של מחלפים

הפרמטר	יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה עילי
תצורת המחלף	שרטוט מס' 1	שרטוט מס' 1	שרטוט מס' 2
מספר נתיבים בכביש מהיר	3 בכל מסלול	3 בכל מסלול	3 בכל מסלול
נתוני תנועה לכביש מהיר	רמת שרות "C" 80 קמ"ש התפלגות לפי 93%, 5% , 2%	רמת שרות "C" 80 קמ"ש התפלגות לפי 93%, 5% , 2%	רמת שרות "C" 80 קמ"ש התפלגות לפי 93%, 5% , 2%
נתוני תנועה לרמפה	500 לכל כיוון 60 קמ"ש התפלגות לפי 95%, 4% , 1%	500 לכל כיוון 60 קמ"ש התפלגות לפי 95%, 4% , 1%	500 לכל כיוון 60 קמ"ש התפלגות לפי 95%, 4% , 1%
שעור ההגבהה / שיקוע	8 מ' מעל כביש חוצה	8 מ'	8 מ'
אורך הגזרה	800 מ'	800 מ'	800 מ'

*הערה: החישובים מתייחסים לצד אחד של המחלף

íéðáúð æåëéø :12 çôñð _____

_____ íéùéáëî ùòø ï÷ú - éìëìëä úääöä ç"ää

12 : 12 çôñđ

טבלה מס' 4B: נתונים למחלף יהלום עילי

רמת רעש ללא מיגון (ממוצע לקומות)	מיגון לכביש מהיר/ לרמפה	2 קומות			4 קומות			8 קומות			12 קומות		
		H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח
Leq 67 dB(A)													
76-70	כביש מהיר	2B	1,200	720	2.0B 3.0M 3.5B	400 1,200 1,400	1,800	K3	-	53,040	K3		53,040
	רמפות	5B	2,000	1,400	2.0B 3.0B 4.5B 6.0B	500 600 900 2,400	2,970	-	-	-	-	-	-
	סה"כ			2,120			4,770			53,040			53,040
Leq 64 dB(A)													
76-70	כביש מהיר	2B 3.5B	400 1,400	1,080	+ K3 מיגון דירתי				אין פתרון - מיגון דירתי				
	רמפות	2B	500	2,970									
		3.5B	600										
		4.5B	900										
		6.0B	2,400										
100	מיגון דירתי	-	-	-									
	סה"כ			4,050									
Leq 59 dB(A)													
אין פתרון למפלס של 59													

íéùéáëî ùðø ï÷ú - ëìëä úääöä ç"åã
 טבלה מס' 4C: השוואה למחלף יהלום עילי

2 קומות		4 קומות		8 קומות		12 קומות	
הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות	הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות	הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות	הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות
Leq 64-67 dB(A)							
1,930	1.9	x	x	0	1	0	1
Leq 59-67 dB(A)							
x	x	x	x	0	1	0	1

x - אין פתרון לרמה הנמוכה

12 : 12

טבלה מס' 5B: נתונים למחלף יהלום משוקע

רמת רעש ללא מיגון		מיגון לכביש מהיר/ לרמפה	2 קומות			4 קומות			8 קומות			12 קומות		
			H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח
Leq 67 dB(A)														
76-70	כביש מהיר	2.8S	6000	4,800	3.0B 2.8S	3600 6000	2160 4800	K2	-	89,600	K2	-	89,600	
	רמפות	1.5B 3.0B	600 2400	360 1440	2.5B 6.0B	1000 4800	600 3360	-	-	-	-	-	-	
	מיגון דירתי						-	-	-	-	-	-	-	
	סה"כ			6,600			10,920			89,600			89,600	
Leq 64 dB(A)														
76-70	כביש מהיר	2.8S	6000	4,800	3.0B	2,400	1440	אין פתרון - מיגון דירתי						
					4.0B	1600	960							
					5.0M	1000	700							
					2.8S	6000	4,800							
	רמפות	1.5B	750	450	3.5B	1750	1050							
		2.5B	1000	600	4.0B	3200	1920							
		4.0B	1600	960	6.0B	4800	3360							
		4.5B	3600	2,520										
	סה"כ	-	-	9,330			14,230							

íéùéáëî ùòø ï÷ú - ëìëä úääöä ç"ãã

טבלה מס' 5B: נתונים למחלף יהלום משוקע (המשך)

רמת רעש ללא מיגון		מיגון לכביש מהיר/ לרמפה	2 קומות			4 קומות			8 קומות			12 קומות		
			H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח
Leq 59 dB(A)														
	כביש מהיר	2.0B	800	480	אין פתרון - מיגון דירתי									
		4.0B	1,600	960										
		6.0B	2,400	1,680										
		6.0M	2,400	1,680										
		2.8S	6,000	4,800										
	רמפות	3.5B	1,750	1,050										
		5.0B	2,000	1,400										
		6.0B	7,200	5040										
	סה"כ			17,090										

íéďăúďđ đăđéđ :12 đôđđ _____

טבלה מס' 5C: השוואה למחלף יהלום משוקע

2 קומות		4 קומות		8 קומות		12 קומות	
הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות	הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות	הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות	הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות
Leq 67-64 dB(A)							
2,730	1.4	3,310	1.3	x	x	x	
Leq 67-59 dB(A)							
10,490	2.6	x	x	x	x	x	x

x - אין פתרון לרמה הנמוכה

íéùéáëî ùòø ì÷ú - ëìëä úääöä ç"ã

טבלה מס' 6B: נתונים למחלף לולאה עילי

רמת רעש ללא מיגון (ממוצע לקומות)		מיגון לכביש /מהיר/ לרמפה/ דירתי	2 קומות			4 קומות			8 קומות			12 קומות		
			H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח
Leq 67 dB(A)														
76-70	כביש מהיר	2.0B	400	240	1.0B	300	180	קירוי מסלולים						
		3.0B	2700	1620	3.5B	2100	1260							
					5.0B	1000	700							
					6.0B	1800	1260							
	רמפות	2.0B	660	396	3.5B	700	420							
		2.5B	1600	960	4.0B	4240	2544							
		3.0B	2040	1224	4.5B	2070	1449							
		3.5B	770	462	5.0B	1485	1040							
		4.0B	800	480	6.0B	2520	1764							
	סה"כ			5,382			10,617							
Leq 64 dB(A)														
76-70	כביש מהיר	4.0B	1200	720	3.5B	2100	1260	אין פתרון - מיגון דירתי						
		4.5B	2700	1890	5.0B	1000	700							
					6.0B	1800	1260							
					5.0M	2000	1400							
					5.5M	1100	770							
	רמפות	2.0B	1280	768	3.5B	3010	1806							
		2.5B	1600	960	4.0B	1600	960							
		3.0B	1380	828	5.0B	3950	2765							
		3.5B	700	420	6.0B	2520	1764							
		4.0B	880	528	1.0B	300	180							
		5.0B	1000	700										
		5.5B	1210	847										
	סה"כ	-	-	7661			12,865							

íéďǎúď ěǎěéő :12 ȝôňď _____

טבלה מס' 6B: נתונים למחלף לולאה עילי (המשך)

[illegible]

טבלה מס' 6C: השוואה למחלף לולאה עילי

2 קומות		4 קומות		8 קומות		12 קומות	
הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות	הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות	הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות	הבדל עלויות (אלפי ש"ח)	פקטור עלויות
Leq 67-64 dB(A)							
2,279	1.4	2,248	1.2	x	x	x	x
Leq 67-59 dB(A)							
8,874	2.7	x	x	x	x	x	x

x - אין פתרון לרמה הנמוכה

_____ 15 : çôñ ð çåúéð úàùéâð ùððùäð ùððä ò ð èððä ùäëðä

חלק ב': ריכוז נתונים עבור פרויקטים ספציפיים

שם הפרויקט	סוג המיגון	קריטריון 67 dB		קריטריון 64 dB		קריטריון 59 dB	
		מ"ר/מ"ק/יח'	עלות אלפי ש"ח	מ"ר/מ"ק/יח'	עלות אלפי ש"ח	מ"ר/מ"ק/יח'	עלות אלפי ש"ח
נתיבי אילון יוספטל קוממיות	נתיבי	מתרס רעש במ"ר	14,218	9,953	18,384	12,868	
	אילון	סוללה במ"ק	51,312	3,079	54,835	3,290	
	יוספטל	מיגון דירתי ביח'	60	1,200	68	1,360	
	קוממיות	סה"כ		14,232		17,518	
		פקטור	-	-	1.23		
נתיבי אילון וולפסון נווה עופר	נתיבי	מתרס רעש במ"ר	9,146	6,402	12,751	8,926	
	אילון	סוללה במ"ק	8,727	-5,235	8,727	5,235	
	וולפסון	מיגון דירתי ביח'	60	1,200	92	1,840	
	נווה	סה"כ	-	12,837	-	16,001	
	עופר	פקטור	-	-	-	1.25	
מחלף אלוף שדה	מחלף	מתרס רעש במ"ר	9,023	6,316	17,631	12,342	
	אלוף	סוללה במ"ק	-	-	-	-	
	שדה	מיגון דירתי ביח'	6	120	6	120	
		סה"כ	-	6,436		12,462	
		פקטור	-	-	-	1.94	
דרך הגבורה	דרך	מתרס רעש במ"ר	4,950	3,465	6,075	4,140	1,293
	הגבורה	סוללה במ"ק	9,600	576	9,600	576	21,600
		מיגון דירתי ביח'	34	680	40	800	78
		קירוי קל					קירוי מסלול 9,250
		סה"כ	-	4,721	-	5,516	-
		פקטור	-	-	-	1.2	-

שם הפרויקט	סוג המיגון	קריטריון 67 dB		קריטריון 64 dB		קריטריון 59 dB	
		מ"ר/מ"ק/ יח'	עלות אלפי ש"ח	מ"ר/מ"ק/ יח'	עלות אלפי ש"ח	מ"ר/מ"ק/ יח'	עלות אלפי ש"ח
מחלף 4/9 שכונת רמות אלון (חלופה עילית)*	מתרס רעש במ"ר	1705	1,023	9,763	6,584		
	סוללה במ"ק	-	-	-	-		
	מיגון דירתי ביח'	-	-	-	-		
	סה"כ	1705	1,023	9,763	6,584		
	פקטור	-	-		6.4		
מחלף 4/9 שכונת רמות אלון (חלופה משוקעת)**	מתרס רעש במ"ר	250	150	6,100	3,660		
	סוללה במ"ק	-	-	-	-		
	מיגון דירתי ביח'	-	-	-	-		
	סה"כ	250	150	6,100	3,660		
	פקטור	-	-	-	24.4		
מחלף דניאל (כביש 6)**	מתרס רעש במ"ר	3,730	2,238	3,850	4,095		
	סוללה במ"ק	-	-	-	-		
	מיגון דירתי ביח'	-	-	-	-		
	סה"כ	3,730	2,238	3,850	4,095		
	פקטור	-	-	-	1.8		
כביש 2 נתניה צפון	מתרס רעש במ"ר	8,740B	5,906	12,095B 4,400M	11,473		
	סוללה במ"ק	-	-		-		
	מיגון דירתי ביח'	-	-		-		
	סה"כ		5,906		11,473		
	פקטור				1.94		

* הוכן ע"י משרד קדמן במסגרת תסקיר השפעה על הסביבה למחלף 4/9 בירושלים.

** הוכן ע"י חב' א.ש.ל במסגרת תכנון אקוסטי מוקדם למחלף דניאל עבור חב' חוצה ישראל.

שם הפרויקט	סוג המיגון	קריטריון 67 dB		קריטריון 64 dB		קריטריון 59 dB	
		מ"ר/מ"ק/ יח'	עלות אלפי ש"ח	מ"ר/מ"ק/ יח'	עלות אלפי ש"ח	מ"ר/מ"ק/ יח'	עלות אלפי ש"ח
מכבית מערב	מתרס רעש במ"ר	17,556	13,504	20,306	15,445	26,358	20,100
	סוללה במ"ק	-	-	-	-	-	-
	מיגון דירתי ביח'	-	-	-	-	112	2,240
	סה"כ	-	13.504	-	15,445	-	22,340
	סה"כ באחוזים	-	-	-	1.1	-	1.7
בבלי	מתרס רעש במ"ר	8,670	5,336	10,279	6,515	10,279	6.515
	סוללה במ"ק	87,093	5,226	121,828	7,309	121,828	7309
	מיגון דירתי ביח'	28	56	44	880	198	3,960
	סה"כ	-	11,122	-	14,704	-	17,784
	פקטור	-	-	-	1.3	-	1.6
מחלפון ראש העין	סוללה במ"ק	40,808	2,448	61,005	3,660	61,005	3,660
	מיגון דירתי ביח'	-	-	-	-	21	420
	סה"כ	-	2,448	-	3,660	-	4,080
	פקטור	-	-	-	1.5	-	1.7

_____ 15 : çôñð ùàëðä êðð ìò ùððä úððùäì úàùéâð çâúéð

ניתוח רגישות למיגון מחלפים

טבלה מס' 6B: נתונים למחלף לולאה עילי
עבור קו בנייה של 50 מ' משולי הרמפות

רמת רעש ללא מיגון (ממוצע לקומות)	מיגון לכביש מהיר/ לרמפה/ דירתי	2 קומות			4 קומות		
		H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח	H (מ')	שטח (מ"ר)	אלפי ש"ח
Leq 67 dB(A)							
	מהיר				2.0B 2.0 M 2.5B 3.0B 3.0M 4.0B	350 800 500 1440 600 800	210 480 300 864 360 480
	רמפות	2.5B 3.0B	3550 1890	2130 1134	2.5 3.0 4.0	3650 1290 720	2190 774 432
	סה"כ			3,264		סה"כ	6,090
Leq 64 dB(A)							
	מהיר	2.0B 2.0M 3.0B 3.5B 4.0B	560 1200 1800 700 1080	360 720 1080 420 648	2.0B 3.0B 3.0M 3.5M 3.5B 5.0B	700 1200 600 700 1680 2115	420 720 360 420 1008 1480
	רמפות	2.0B 2.5B 3.0B 3.5B	1620 250 1080 735	972 150 648 441	2.5B 3.0B 4.0B	3650 240 360	2190 144 216
	סה"כ	-	-	5439			6958
Leq 59 dB(A)							
	מהיר	3.0B 3.0M 3.5B 4.0M 4.5M 5.0B 6.0B	450 600 700 800 900 2000 5700	270 360 420 480 630 1400 3990			
	רמפות	2.0B 3.5B 4.0B 4.5B 5.5B	1300 1330 800 900 2090	780 798 480 630 1463			
	סה"כ			11701			

נספח 13: נתוח עלויות נלוות - מצב רגיל לעומת מצב משוקע או מצב מורם

אינג' רמי מנור

1. בעת ביצוע סלילה בשטח טופוגרפי רגיל, ניתן לבצע הסלילה על פני השטח במינימום חפירה/מילוי, או בשיקוע של התוואי הראשי בקרקע לעומקים הניתנים והסבירים או להרים התוואי הראשי לגובה המאפשר לכביש החוצה לעבור ללא שיקוע משמעותי - תחתו.
2. על מנת לישים מי מהחלופות הנ"ל, ובהתחשב בהיבט האקוסטי במיוחד - שהוא נשוא העבודה שלנו, ברור כי פתרון של הרמת הכביש הוא הבעייתי ביותר בהיבט האקוסטי ועל כן אין לישימו פיסית אם רוצים להקטין הבעיה האקוסטית מלכתחילה ולכן אין לנו ענין לבחון משמעויות נלוות שלו.
3. מאידך, ברור כי בהיבט האקוסטי, יש יתרונות ברורים והעדפה גוברת והולכת לשלב חלק משמעותי של הפתרון האקוסטי תוך תכנון גובהי הסלילה, ע"י שיקוע משמעותי ככל הניתן של הצייר העיקרי והרועש בפני השטח וע"י כך ליצור מיסוך אקוסטי כבר אז (עקב הסלילה) שיקל משמעותית על פתרון הבעיות שם, בהיבט האקוסטי.
4. משמעות העלויות הנלוות של שיקוע תוואי בהיבטים הפיסיים והכלכליים יכולים להתבטא בדברים הבאים:

א. עלויות תפיסת קרקע יתרה:

בעת ביצוע שיקוע של התוואי (לעומקים סבירים של $7 \div 5$ מטר בסדר גודל, שהם העומקים שהן דרושים טכנית לפתרון מעבר הכביש החוצה מעל התוואי המשווק ללא הרמתו מעל פני השטח הקיים - באופן משמעותי) ולצורך שפוע המדרונות ואבטחת יציבותם, ידרש שפוע למדרונות החפירה בצמוד לשתי תעלות בכביש המשווק, וכן ברמות (או בתי גידול לצמחיה ועצים) שידרשו שם בדרך כלל. הדבר יגרום בהכרח תפיסת שטח לעומת הכביש אילו היה על פני הקרקע. לשטחים הללו ודאי יש ערך פיסי וכלכלי שיש לקחת בחשבון.

ב. בעיות ניקוז:

לעיתים קרובות, עקב הטופוגרפיה המקומית ועקב ההכרח בשפועי ניקוז מתאימים לדרך, פתרונות הניקוז לכבישים משוקעים מסובכים ויקרים הרבה יותר מאשר לכבישים שעל פני השטח.

ברור כי עלויות נלוות אלה צריכות להילקח בחישוב בעת הבחינה ההשוואתית בין החתך הרגיל למשווק.

ג. תשתית תת-קרקעית:

באורך כל תוואי, יש סבירות גבוהה ביותר להימצאות תשתיות תת-קרקעיות קיימות. ברור שחתך רגיל על פני הקרקע עשוי לעיתים לא לפגוע בהן או ליצור צורך בהעתקה מלאה ובדיקה של כל הקווים, במיוחד באיזורי חציות של התוואי.

מאידך, בחתך המשוקע, עקב ביצוע החפירה בתחום התשתיות, ברור שיש הכרח מיידי בהעתקה כוללת שלהם מחוץ לגבולות התוואי המשוקע. במיוחד חמור הדבר לגבי קווים גרביטציוניים כמו קווי ביוב וניקוז שם הטיפול עשוי להיות בעיתי במיוחד ויקר יותר לעיתים עקב כך.

יש יתרון בשיקוע לגבי חציית קווים עיליים שלעיתים אז אין צורך בהגבהתם.

ד. מעבר להולכי רגל בעלי חיים וכו':

בעת בחינת השיקוע של תוואי באיזור מסוים ובעיקר באיזורים הבין עירוניים, יש סוגיה של חצית התוואי לרוחבו לשמוש הולכי רגל, בעלי חיים וכו'. בתוואי בחתך רגיל, בהנחה של כביש שאין בו צמתים ומעברי חציה בהם - שאז הפתרון הוא הפשוט והזול ביותר, ניתן לבצע במקומות הנדרשים מעבר חקלאי לצורך זה או בשילוב עם מעביר מים מתאים.

בכביש בחתך משוקע ידרש לנושא זה רק גישור מתאים - כפתרון אפשרי לסוגיה זאת, במידה ותמצא כנדרשת לפתרון זה.

5. בדרך כלל ניתן לחשוב ששיקוע הכביש יוצר עודף עבודות עפר בחפירה/חציבה לעומת החתך הלא משוקע.

בעקרון, לקטע המשוקע בלבד זה תמיד נכון, אבל בבחינה כוללת של תחום העבודה כולה (בין אם זה מחלף או תוואי דרך שבו הקטע המשוקע הוא קטן יחסית) נמצא לעיתים קרובות שאין לדבר משקל ולעיתים אפילו יש יתרון של איזון (חפירה למילוי) בהיבט הכולל שאפילו נותן יתרונות מסוימים לעבודה הכוללת.

לכן, יש לבחון היטב בכל מקרה לגופו סוגיה זאת ולראות אם יש השפעה לנושא השיקוע על העלות הכלכלית הכוללת של המחלף או הדרך כולה.

נספח 14: ניתוח עלויות נלוות לקטעי דרך ומחלפים משוקעים - בהשוואה להיותם על פני הקרקע

אינג' רמי מנור

1. בהמשך לדיונים בצוות וניתוח משמעויות של העלויות הנלוות על ניתוח עלות/תועלת - סוכם לנסות ולכמת נושא עלויות נלוות לשיקוע קטעי כבישים ומחלפים לעומת המצב של אותם אלמנטים על פני הקרקע, על מנת לכלול המשמעות הכלכלית בניתוח עלות/התועלת הכולל.
2. בעקרון, הוסבר והודגם לחברי הצוות הבעייתיות של הנושא - שמקשה ביותר לקבל נתונים אמינים ומיצגים באופן גורף.
זאת, מאחר ושיקוע משפיע באופן שונה בתכלית בכל אתר ספציפי, בכל איזור יש בעיות הניקוז שונות בתכלית האחת מרעותה, בעית המצאות קווי תשתיות עיליים ותחתיים וסוגם משפיעה אף היא באופן שונה בכל מקום ומקום וכו'.
3. בכל זאת, סוכם בתאום עם חברי הצוות לנסות ולגבש תחום לתוספת עלות בגין שקוע הן לגבי קטע כבישים והן לגבי מחלפים שיתן בכל זאת מדד מסוים לתוספת העלות הכרוכה בשיקוע - לעומת המצב הרגיל, וזאת על פי ניתוח של מקרים ספציפיים שתוכננו או שיש נתונים בדוקים לאותה קונפיגורציה של כביש או מחלף הן במצב משוקע והן במצב הרגיל ולפיהם ניתן לקבל תמונה כוללת לנדון, ולהסיק על תוספת העלות עקב השיקוע.
4. במשותף עם גורמי מע"צ, נתיבי איילון ובסבב פגישות עם חלק מהמתכננים נאספו נתונים לפרויקטים כאלה תוך ניתוח והקפדה שהאינפורמציה אכן תהיה ברמת אמינות הגבוהה ביותר האפשרית.
5. להלן פירוט הפרויקטים שנבחנו ועלויות בשני המצבים וניתוח הגידול בשיקוע לעומת אי-שקוע באחוזים כדלהלן:

_____ 15 : çôñð ùàëðä êðð ìð ùððä úððùäì úàùéâð çâúéð

הערות	הפרש ב-%	עלות בתצורה משוקעת	עלות בתצורה לא משוקעת	שם הכביש / מחלף
בעית ניקוז קשה	+ 53 %	ש"ח 27,000,000	ש"ח 17,700,000	1. מחלף כפר שמריהו
	+ 126 %	ש"ח 75,000,000	ש"ח 33,000,000	2. מחלף וולפסון
	+ 50 %	ש"ח 78,000,000	ש"ח 52,000,000	3. מחלף יוספטל
	+ 25 %	ש"ח 36,480,000	ש"ח 29,214,720	4. כביש 471 קטע חתכים 0600
+ 26 %	ש"ח	9,429,120	ש"ח 7,477,920	5. כביש 471 קטע מחתך 11201500
	+ 62 %	ש"ח 15,595,200	ש"ח 9,604,800	6. כביש 471 קטע מחתך 1500 - 2100
	+ 34 %	ש"ח 11,456,400	ש"ח 8,528,400	7. כביש 471 מכביש מס' 6 לכביש 444

6. מניתוח הפרוייקטים הללו, ניתן להבחין בבירור בהשתנות העצומה בין פרויקט ל-פרויקט והקושי הברור לתת תחום צר ומוגדר להשתנות בין מצב השיקוע למצב הרגיל.

יחד עם זאת, כאשר בכל זאת נירצה להתייחס לנושא בניתוח עלות/תועלת, וכשנבחן התמונה יותר לעומק ובבחינות נוספות ננסה לעקר עלויות חפירה לעומת ניצול חומר החפור באיזורי מילוי למשל, ואלמנטים נוספים נוכל בזהירות לאמור כי:

א. במחלפים - התוספת שניתן להוסיף בשמרנות רבה - לעלויות השיקוע תהיה גדולה מ- 40% לעומת המצב הרגיל (הלא משוקע).

ב. בקטעי כבישים - התוספת תהיה גדולה מ- 30%.

להערכת לקיחת מקדמים כאלה היא מינימאלית ושמרנית בהתייחס לממצאים הללו.

חלק ד' ניתוח רגישות



נספח 15: ניתוח רגישות להשפעת הרעש על ערך הרכוש

חישוב התועלות

1. מקור הנתונים:

א. טבלאות הפחתת הרעש מכבישים בפועל - תוצאתי מניתוח עלויות אקוסטיות למיגון כבישים (פירוט בנספח 2.2).

ב. טבלאות עלויות הפחתת הרעש (מיגון אקוסטי) - תוצאת ניתוח עלויות אקוסטיות ישירות (1) ועלויות עקיפות (פירוט בנספח 2.2).

ג. טבלאות הגידול בתועלת - תוצאתי מטבלאות הפחתת הרעש בפועל (1) ומהפחתת ערך הרכוש בשל רעש (ניתוח התועלות - פירוט בנספח 2.1).

2. חישוב תועלת ל- 1 מטר באזור בנייה רוויה

מחיר דירה ממוצעת: 534.4 אלפי ש"ח.

שינוי בערך הרכוש של 1.4% לכל dBA.

ערך הדיור ל- 1 מטר כביש:

עד 4 קומות - 42.8 אלפי ש"ח למטר לכל קומה²⁸.

8 קומות ויותר - 32.1 אלפי ש"ח למטר לכל קומה¹.

- שינוי בערך הרכוש במעבר מתקן 67 dBA לתקן 64 dBA :

עד 4 קומות: { 1.4% * (64-67) * 42.8 * (מס' הקומות -1) } אלפי ש"ח למטר כביש.

8 קומות ויותר: { 1.4% * (64-67) * 32.1 * (מס' הקומות -1) } אלפי ש"ח למטר כביש.

- שינוי בערך הרכוש במעבר מתקן 67 dBA לתקן 59 dBA :

עד 4 קומות: { 1.4% * (59-67) * 42.8 * (מס' הקומות -1) } אלפי ש"ח למטר כביש.

8 קומות ויותר: { 1.4% * (59-67) * 32.1 * (מס' הקומות -1) } אלפי ש"ח למטר כביש.

²⁸ מלבד הקומה הראשונה שהינה העמודים עליהם ניצב הבניין.

_____ 15 çôñð : çåúéð úàùéâð ùððùäì ùððä ò ì èððä ùäëðä

הגידול בתועלות ע"פ כיול לישראל. באזור בנייה רוויה
שינוי בערך הרכוש של 1.4% לכל dBA
באלפי ש"ח למטר כביש

שינוי בתקן dBA	הפחתת הרעש dBA	צפיפות דיור				
		2 קומות (דירה אחת)	4 קומות (3 דירות)	8 קומות (7 דירות)	12 קומות (11 דירות)	ממוצע
67-64	3	1.8	5.4	9.4	14.8	7.9
67-59	8	4.8	14.4	25.1	39.5	20.9
קירוי	10 *	6.0	18.0	31.4	49.4	26.2

* במקרים של קירוי מלא הפחתת הרעש היא של כ- 10 dBA.

3. פירוט החישובים - חישוב תועלת ל- 1 מטר באזור בנייה צמודת קרקע

צפיפות הדיור באזור בנייה צמודת קרקע : כל 20 מטר בית.
שינוי בערך הרכוש של 2.4% לכל dBA.

$$\Delta B = (1,000 / 20) 0.024 * \Delta \text{dBA}$$

כלומר:

$$\Delta B = 1.2 * \Delta \text{dBA}$$

ΔB - שינוי בתועלת.

ΔdBA - שינוי ברמת הרעש.

X - ערך הבית.

התוספת לתועלת במעבר מרמת תקן 67 dBA ל- 64 dBA (3 dBA): 3.6 אלפי ש"ח למטר.

התוספת לתועלת במעבר מרמת תקן 67 dBA ל- 59 dBA (8 dBA): 9.6 אלפי ש"ח למטר.

נוסחת התוספת לתועלת במקרים של קירוי מלא (10 dBA): 12 אלפי ש"ח למטר.

הגידול בתועלות ע"פ כיול לישראל. באזור בנייה צמודת קרקע.

שינוי בערך הרכוש של 2.4% לכל dBA

באלפי ש"ח למטר כביש

השינוי בתקן dBA	הפחתת הרעש dBA	ערך הבית (באלפי ש"ח)							
		540	720	900	1,080	1,260	1,440	1,620	1,800
67-64	3	1.9	2.6	3.2	3.9	4.5	5.2	5.8	6.5
67-59	8	5.2	6.9	8.6	10.4	12.1	13.8	15.6	17.3
קירוי	10 *	6.5	8.6	10.8	13.0	15.1	17.3	19.4	21.6

* במקרים של קירוי מלא הפחתת הרעש היא של כ- 10 dBA.

חישוב העלויות

טבלת הפחתת רעש בפועל במעבר לרמת תקן 64 dBA

	כביש									מחלף		
	ישר מישורי			ישר משוקע			ישר עילי			יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
מרחק קו בנייה מהכביש	25	50	100	25	50	100	25	50	100			
2 קומות	3	3	0.5/3	3	3	0	3	3	0.5/3	3	3	3
4 קומות	0	3	0 או 3	10	3	0 או 3	3	3	0.5/3	A	3	3
8 קומות	10	3	1/3	0	3	0 או 3	0	3	0.5/3	A	A	A
12 קומות	0	0	1/3	0	10	0.5/3	0	10	0.5/3	A	A	A

הערה: במקרים של קירוי מלא, הפחתה של 10 dBA ברעש מהכביש.

ÙǻĖǻ êøò ìò ùòøǻ úòôùǻì úǻùéǻø çǻúéð :15 çôñð _____

טבלת הפחתת רעש בפועל במעבר לרמת תקן 59-67 ד"ב

	כביש									מחלף		
	ישר מישורי			ישר משוקע			ישר עילי			יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
מרחק קו בנייה מהכביש	25	50	100	25	50	100	25	50	100			
2 קומות	8	8	5.5/8	8	8	5.5/8	8	8	5.5/8	A	8	8
4 קומות	0	8	5.5/8	10	8	5.5/8	8	8	5.5/8	A	A	A
8 קומות	10	10	5.5/8	0	10	5.5/8	10	8	8	A	A	A
12 קומות	0	10	10	0	10	6/8	0	10	10	A	A	A

הערה: במקרים של קירוי מלא, הפחתה של 10 dBA ברעש מהכביש.

הגידול בעלויות עבור DB 64-67

באלפי ש"ח למטר כביש

	כביש									מחלף		
	ישר מישורי			ישר משוקע			ישר עילי			יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
קו בניה	25	50	100	25	50	100	25	50	100			
הפרויקט												
ממוצע לקומות	14.4	9.1	2.5 או 7.8	24.7	30.1	3.5 או 8.5	3.1	19.2	1 או 6.9	5.7	10.7	6.7
2 קומות	10	3.3	0.7 או 3.6	5.3	4.9	0	2.2	1.4	0.7 או 2.9	5.7	9.9	6.7
4 קומות	ל"ר	6.6	ל"ר או 4.3	93.5	5.5	ל"ר או 3.7	10	3.6	1.4 או 3.6	A	11.3	6.7
8 קומות	47.8	25.8	6 או 12.9	ל"ר	16.1	ל"ר או 10.5	ל"ר	23.9	1 או 7.6	A	A	A
12 קומות	ל"ר	ל"ר	2.9 או 10.3	ל"ר	93.5	4.6 או 16.8	ל"ר	47.8	0.6 או 14.1	A	A	A

_____ :15 çôñð ùáûéâð çáúéð ùòðùäì úòðùäì ùòðä ìò èð ùäëðä

הגידול בעלויות עבור 59-67d BA

באלפי ש"ח למטר כביש

	כביש									מחלף		
	ישר מישורי			ישר משוקע			ישר עילי			יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
קו בניה	25	50	100	25	50	100	25	50	100			
הפרויקט												
ממוצע לקומות	20.7	39.1	20.1 או 23.7	30.1	54.7	9.3	30.6	23.7	21.4			
2 קומות	34.9	15.1	4.8 או 7.6	27.2	7.9	5.5	40.6	13.1	4.7	A	29.2	26.5
4 קומות	ל"ר	34.9	5 או 9.3	93.5	17.4	7.5	34.2	10	9.8	A	A	A
8 קומות	47.8	58.6	10 או 17	ל"ר	100.3	9.5	47.8	24.1	10.8	A	A	A
12 קומות	ל"ר	47.8	60.9	ל"ר	93.5	15	ל"ר	47.8	60.3	A	A	A

תועלות נטו (בניכוי העלות)

1. תועלות נטו באזור בנייה רוויה - ניתוח רגישות

גידול בתועלת בפועל במעבר 64-67 ד"ב
שינוי בערך הרכוש של 0.8% לכל DB - אזור בנייה רוויה
אלפי ש"ח למטר כביש

	כביש												מחלף		
	ישר מישורי				ישר משוקע				ישר עילי				יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
מרחק קו בניה מהכביש	25	50	100		25	50	100		25	50	100				
ממוצע לקומות	9.49	3.16	1.60	4.49	5.64	9.43	1.41	5.64	2.05	9.43	0.75	4.49	1.03	2.05	2.05
2 קומות	1.03	1.03	0.17	1.03	1.03	1.03	ל"ר	ל"ר	1.03	1.03	0.17	1.03	1.03	1.03	1.03
4 קומות	ל"ר	3.08	ל"ר	3.08	10.26	3.08	ל"ר	3.08	3.08	3.08	0.51	3.08	A	3.08	3.08
8 קומות	17.96	5.39	1.80	5.39	ל"ר	5.39	ל"ר	5.39	ל"ר	5.39	0.90	5.39	A	A	A
12 קומות	ל"ר	ל"ר	2.82	8.46	ל"ר	28.22	1.41	8.46	ל"ר	28.22	1.41	8.46	A	A	A

- במקרים של קירוי מלא, הפחתה של 10 ד"ב ברעש מהכביש.

_____ 15 : çôñð ùáüéâø çåúéð úòðùäì ùòðä èð ìò ùäëðä

גידול בתועלת בפועל במעבר 59-67 ד"ב
 ירידת ערך הרכוש של 0.8% לכל ד"ב אחד - אזור בנייה רוויה
 (אלפי ש"ח למטר כביש)

	כביש												מחלף		
	ישר מישורי				ישר משוקע				ישר עילי				יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
מרחק קו בניה מהכביש	25	50	100		25	50	100		25	50	100				
ממוצע לקומות	10.35	14.28	11.40	13.38	6.50	14.28	8.58	11.97	9.63	13.38	12.53	13.38	A	2.74	2.74
2 קומות	2.74	2.74	1.88	2.74	2.74	2.74	1.88	2.74	2.74	2.74	1.88	2.74	A	2.74	2.74
4 קומות	ל"ר	8.21	5.64	8.21	10.26	8.21	5.64	8.21	8.21	8.21	5.64	8.21	A	A	A
8 קומות	17.96	17.96	9.88	14.36	ל"ר	17.96	9.88	14.36	17.96	14.36	14.36	14.36	A	A	A
12 קומות	ל"ר	28.22	28.22	28.22	ל"ר	28.22	16.93	22.57	ל"ר	28.22	28.22	28.22	A	A	A

- במקרים של קירוי מלא, הפחתה של 10 ד"ב ברעש מהכביש.

תועלת נטו (בניכוי עלות מיגון אקוסטי) במעבר 64-67 ד"ב
שינוי בערך הרכוש של 0.8% לכל DB - אזור בנייה רוויה
אלפי ש"ח למטר כביש

	כביש												מחלף		
	ישר מישורי				ישר משוקע				ישר עילי				יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
מרחק קו בניה מהכביש	25	50	100		25	50	100		25	50	100				
ממוצע לקומות	-19.4	-8.7	-0.6	-1.6	-43.8	-20.6	-3.2	-4.7	-4.0	-9.7	-0.2	-2.6	-4.7	-8.5	-4.6
2 קומות	-9.0	-2.3	-0.5	-2.6	-4.3	-3.9	ל"ר	ל"ר	-1.2	-0.4	-0.5	-1.9	-4.7	-8.9	-5.7
4 קומות	ל"ר	-3.5	ל"ר	-1.2	-83.2	-2.4	ל"ר	-0.6	-6.9	-0.5	-0.9	-0.5	A	-8.2	-3.6
8 קומות	-29.8	-20.4	-1.1	-0.6	ל"ר	-10.7	ל"ר	-5.1	ל"ר	-18.5	-0.1	-2.2	A	A	A
12 קומות	ל"ר	ל"ר	-0.1	-1.8	ל"ר	-65.3	-3.2	-8.3	ל"ר	-19.6	0.8	-5.6	A	A	A

- במקרים של קירוי מלא, הפחתה של 10 ד"ב ברעש מהכביש.

_____ 15: çôñð : çãúéð úáùéâð úòðùäì ùòðä ìò èð òä

תועלת נטו (בניכוי עלות מיגון אקוסטי) במעבר 59-67 ד"ב
ירידת ערך הרכוש של 0.8% לכל ד"ב אחד - אזור בנייה רוויה
אלפי ש"ח למטר כביש

	כביש												מחלף		
	ישר מישורי				ישר משוקע				ישר עילי				יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
מרחק קו בניה מהכביש	25	50	100		25	50	100		25	50	100				
ממוצע לקומות	-31.0	-24.8	-8.8	-10.3	-53.9	-40.5	-1.7	0.9	-31.2	-10.4	-8.9	-8.0	A	-26.5	-23.8
2 קומות	-32.2	-12.4	-2.9	-4.9	-24.5	-5.2	-3.6	-2.8	-37.9	-10.4	-2.8	-2.0	A	-26.5	-23.8
4 קומות	ל"ר	-26.7	0.6	-1.1	-83.2	-9.2	-1.9	0.7	-26.0	-1.8	-4.2	-1.6	A	A	A
8 קומות	-29.8	-40.6	-0.1	-2.6	ל"ר	-82.3	0.4	4.9	-29.8	-9.7	3.6	3.6	A	A	A
12 קומות	ל"ר	-19.6	-32.7	-32.7	ל"ר	-65.3	1.9	7.6	ל"ר	-19.6	-32.1	-32.1	A	A	A

- במקרים של קירוי מלא, הפחתה של 10 ד"ב ברעש מהכביש.

גידול בתועלת בפועל במעבר 64-67 ד"ב
שינוי בערך הרכוש של 1.4% לכל DB - אזור בנייה רוויה
אלפי ש"ח למטר כביש

	כביש												מחלף		
	ישר מישורי				ישר משוקע				ישר עילי				יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
מרחק קו בניה מהכביש	25	50	100		25	50	100		25	50	100				
ממוצע לקומות	16.61	5.54	2.79	7.86	9.88	16.50	2.47	9.88	3.59	16.50	1.31	7.86	1.80	3.59	3.59
2 קומות	1.80	1.80	0.30	1.80	1.80	1.80	ל"ר	ל"ר	1.80	1.80	0.30	1.80	1.80	1.80	1.80
4 קומות	ל"ר	5.39	ל"ר	5.39	17.96	5.39	ל"ר	5.39	5.39	5.39	0.90	5.39	A	5.39	5.39
8 קומות	31.42	9.43	3.14	9.43	ל"ר	9.43	ל"ר	9.43	ל"ר	9.43	1.57	9.43	A	A	A
12 קומות	ל"ר	ל"ר	4.94	14.81	ל"ר	49.38	2.47	14.81	ל"ר	49.38	2.47	14.81	A	A	A

- במקרים של קירוי מלא, הפחתה של 10 ד"ב ברעש מהכביש.

ÙǻĖǻ êøò ìò ùòøǻ úòôùǻì úǻùéǻø çǻúéđ :15 çôñđ _____

גידול בתועלת בפועל במעבר 59-67 ד"ב
ירידת ערך הרכוש של 1.4% לכל ד"ב אחד - אזור בנייה רוויה
אלפי ש"ח למטר כביש

	כביש												מחלף		
	ישר מישורי				ישר משוקע				ישר עילי				יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
מרחק קו בניה מהכביש	25	50	100		25	50	100		25	50	100				
ממוצע לקומות	18.11	24.99	19.96	23.42	11.37	24.99	15.02	20.95	16.86	23.42	21.92	23.42	A	4.79	4.79
2 קומות	4.79	4.79	3.29	4.79	4.79	4.79	3.29	4.79	4.79	4.79	3.29	4.79	A	4.79	4.79
4 קומות	ל"ר	14.36	9.88	14.36	17.96	14.36	9.88	14.36	14.36	14.36	9.88	14.36	A	A	A
8 קומות	31.42	31.42	17.28	25.14	ל"ר	31.42	17.28	25.14	31.42	25.14	25.14	25.14	A	A	A
12 קומות	ל"ר	49.38	49.38	49.38	ל"ר	49.38	29.63	39.50	ל"ר	49.38	49.38	49.38	A	A	A

- במקרים של קירוי מלא, הפחתה של 10 ד"ב ברעש מהכביש.

תועלת נטו (בניכוי עלות מיגון אקוסטי) במעבר 64-67 dBA
שינוי בערך הרכוש של 1.4% לכל dBA - אזור בנייה רוויה
אלפי ש"ח למטר כביש

	כביש												מחלף		
	ישר מישורי				ישר משוקע				ישר עילי				יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
מרחק קו בניה מהכביש	25	50	100		25	50	100		25	50	100				
2 קומות	-8.2	-1.5	-0.4	-1.8	-3.5	-3.1	ל"ר	ל"ר	-0.4	0.4	-0.4	-1.1	-3.9	-8.1	-4.9
4 קומות	ל"ר	-1.2	ל"ר	1.1	-75.5	-0.1	ל"ר	1.7	-4.6	1.8	-0.5	1.8	A	-5.9	-1.3
8 קומות	-16.4	-16.4	0.2	3.4	ל"ר	-6.7	ל"ר	-1.1	ל"ר	-14.5	0.6	1.8	A	A	A
12 קומות	ל"ר	ל"ר	2.0	4.5	ל"ר	-44.1	-2.1	-2.0	ל"ר	1.6	1.9	0.7	A	A	A

- במקרים של קירוי מלא, הפחתה של 10 dBA ברעש מהכביש.

ùåëøä êøò ìò ùòøä úòòùàì úáùéâø çáúéď :15 çôñď _____

תועלת נטו (בניכוי עלות מיגון אקוסטי) במעבר 59-67 dBA
ירידת ערך הרכוש של 1.4% לכל dBA אחד - אזור בנייה רוויה
(אלפי ש"ח למטר כביש)

	כביש												מחלף		
	ישר מישורי				ישר משוקע				ישר עילי				יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
מרחק קו בניה מהכביש	25	50	100		25	50	100		25	50	100				
2 קומות	-30.1	-10.3	-1.5	-2.8	-22.4	-3.1	-2.2	-0.7	-35.8	-8.3	-1.4	0.1	A	-24.4	-21.7
4 קומות	ל"ר	-20.5	4.9	5.1	-75.5	-3.0	2.4	6.9	-19.8	4.4	0.1	4.6	A	A	A
8 קומות	-16.4	-27.2	7.3	8.1	ל"ר	-68.9	7.8	15.6	-16.4	1.0	14.3	14.3	A	A	A
12 קומות	ל"ר	1.6	-11.5	-11.5	ל"ר	-44.1	14.6	24.5	ל"ר	1.6	-10.9	-10.9	A	A	A

- במקרים של קירוי מלא, הפחתה של 10 dBA ברעש מהכביש.

גידול בתועלת בפועל במעבר 64-67 ד"ב
שינוי בערך הרכוש של 1.9% לכל DB - אזור בנייה רוויה
אלפי ש"ח למטר כביש

	כביש												מחלף		
	ישר מישורי				ישר משוקע				ישר עילי				יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
מרחק קו בניה מהכביש	25	50	100		25	50	100		25	50	100				
2 קומות	2.44	2.44	0.41	2.44	2.44	2.44	0.00	0.00	2.44	2.44	0.41	2.44	2.44	2.44	2.44
4 קומות	ל"ר	7.31	ל"ר	7.31	24.37	7.31	ל"ר	7.31	7.31	7.31	1.22	7.31	A	7.31	7.31
8 קומות	42.65	12.79	4.26	12.79	ל"ר	12.79	ל"ר	12.79	ל"ר	12.79	2.13	12.79	A	A	A
12 קומות	ל"ר	ל"ר	6.70	20.10	ל"ר	67.01	3.35	20.10	ל"ר	67.01	3.35	20.10	A	A	A

- במקרים של קירוי מלא, הפחתה של 10 ד"ב ברעש מהכביש.

_____ 15 : çõñð ùáùéâð çãúéð ùòðùäì úòðùäì ùòðä ò ì èð ùäëðä

גידול בתועלת בפועל במעבר 59-67 ד"ב
 ירידת ערך הרכוש של 1.9% לכל ד"ב אחד - אזור בנייה רוויה
 אלפי ש"ח למטר כביש

	כביש												מחלף		
	ישר מישורי				ישר משוקע				ישר עילי				יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
מרחק קו בניה מהכביש	25	50	100		25	50	100		25	50	100				
ממוצע לקומות	24.57	33.91	27.08	31.78	15.43	33.91	20.38	28.43	22.88	31.78	29.75	31.78	A	6.50	6.50
2 קומות	6.50	6.50	4.47	6.50	6.50	6.50	4.47	6.50	6.50	6.50	4.47	6.50	A	6.50	6.50
4 קומות	ל"ר	19.49	13.40	19.49	24.37	19.49	13.40	19.49	19.49	19.49	13.40	19.49	A	A	A
8 קומות	42.65	42.65	23.45	34.12	ל"ר	42.65	23.45	34.12	42.65	34.12	34.12	34.12	A	A	A
12 קומות	ל"ר	67.01	67.01	67.01	ל"ר	67.01	40.21	53.61	ל"ר	67.01	67.01	67.01	A	A	A

- במקרים של קירוי מלא, הפחתה של 10 ד"ב ברעש מהכביש.

תועלת נטו (בניכוי עלות מיגון אקוסטי) במעבר 64-67 ד"ב
שינוי בערך הרכוש של 1.9% לכל DB - אזור בנייה רוויה
אלפי ש"ח למטר כביש

	כביש												מחלף		
	ישר מישורי				ישר משוקע				ישר עילי				יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
מרחק קו בניה מהכביש	25	50	100		25	50	100		25	50	100				
ממוצע לקומות	-6.4	-4.4	1.6	4.6	-36.0	-7.6	-1.2	3.1	-1.2	3.2	0.9	3.6	-3.3	-5.7	-1.8
2 קומות	-7.6	-0.9	-0.3	-1.2	-2.9	-2.5	ל"ר	ל"ר	0.2	1.0	-0.3	-0.5	-3.3	-7.5	-4.3
4 קומות	ל"ר	0.7	ל"ר	3.0	-69.1	1.8	ל"ר	3.6	-2.7	3.7	-0.2	3.7	A	-4.0	0.6
8 קומות	-5.2	-13.0	1.4	6.8	ל"ר	-3.3	ל"ר	2.3	ל"ר	-11.1	1.1	5.2	A	A	A
12 קומות	ל"ר	ל"ר	3.8	9.8	ל"ר	-26.5	-1.2	3.3	ל"ר	19.2	2.8	6.0	A	A	A

- במקרים של קירוי מלא, הפחתה של 10 ד"ב ברעש מהכביש.

_____ 15 : çõñð ùáùéâø çåúéð ùòðùäì úòðùäì ùòðä ìò òò ùäëðä

תועלת נטו (בניכוי עלות מיגון אקוסטי) במעבר 59-67 ד"ב
ירידת ערך הרכוש של 1.9% לכל ד"ב אחד - אזור בנייה רוויה
אלפי ש"ח למטר כביש

	כביש												מחלף		
	ישר מישורי				ישר משוקע				ישר עילי				יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
מרחק קו בניה מהכביש	25	50	100		25	50	100		25	50	100				
ממוצע לקומות	-16.8	-5.2	6.9	8.1	-44.9	-20.9	6.3	12.5	-18.0	8.0	8.4	10.4	A	-22.7	-20.0
2 קומות	-28.4	-8.6	-0.3	-1.1	-20.7	-1.4	-1.0	1.0	-34.1	-6.6	-0.2	1.8	A	-22.7	-20.0
4 קומות	ל"ר	-15.4	8.4	10.2	-69.1	2.1	5.9	12.0	-14.7	9.5	3.6	9.7	A	A	A
8 קומות	-5.2	-16.0	13.5	17.1	ל"ר	-57.7	14.0	24.6	-5.2	10.0	23.3	23.3	A	A	A
12 קומות	ל"ר	19.2	6.1	6.1	ל"ר	-26.5	25.2	38.6	ל"ר	19.2	6.7	6.7	A	A	A

- במקרים של קירוי מלא, הפחתה של 10 ד"ב ברעש מהכביש.

2. תועלות נטו באזור בנייה צמודת קרקע

הגידול בתועלות ע"פ כיול לישראל. שינוי בערך הרכוש של 2.4% לכל dBA

באזור בנייה צמודת קרקע

באלפי ש"ח למטר כביש

השינוי בתקן	ערך בית (באלפי ש"ח):							
dBA	540	720	900	1,080	1,260	1,440	1,620	1,800
67-64	1.9	2.6	3.2	3.9	4.5	5.2	5.8	6.5
67-59	5.2	6.9	8.6	10.4	12.1	13.8	15.6	17.3
* 10	6.5	8.6	10.8	13.0	15.1	17.3	19.4	21.6

* במקרים של קירוי מלא הפחתת הרעש היא של כ- 10 dBA.

_____ 15 : çôñđ çâúéđ úâúéâð ùâùðä ùððä ò ì èðä ùâëðä

תועלת נטו (בניכוי עלות מיגון אקוסטי) במעבר 64-67 dBA

אזור בנייה צמודת קרקע

אלפי ש"ח למטר כביש

הפחתת ערך	כביש								מחלף		
	ישר מישורי			ישר משוקע		ישר עילי			יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
הרכוש לכל dB											
	50	100		50	100	50	100				
1.8%	-0.6	-0.3	-0.9	-2.2	ל"ר	1.3	-0.3	-0.2	-3.0	-7.2	-4.0
2.4%	0.3	-0.1	0.0	-1.3	ל"ר	2.2	-0.1	0.7	-2.1	-6.3	-3.1
2.9%	1.1	0.0	0.8	-0.6	ל"ר	3.0	0.0	1.5	-1.4	-5.6	-2.4

תועלת נטו (בניכוי עלות מיגון אקוסטי) במעבר 59-67 dBA

אזור בנייה צמודת קרקע

אלפי ש"ח למטר כביש

הפחתת ערך		כביש								מחלף		
הרכוש לכל dB	ישר מישורי			ישר משוקע			ישר עילי			יהלום עילי	יהלום משוקע	לולאה
	50	100		50	100		50	100				
1.8%	-7.9	0.1	-0.4	-0.7	-0.6	1.7	-5.9	0.2	2.5	ל"ר	-22.0	-19.3
2.4%	-5.5	1.8	2.0	1.7	1.1	4.1	-3.5	1.9	4.9	ל"ר	-19.6	-16.9
2.9%	-3.5	3.2	4.0	3.7	2.5	6.1	-1.5	3.3	6.9	ל"ר	-17.6	-14.9

חלק ה' הצעות שנדחו לקריטריונים לקביעת רמות תקן רעש מכבישים



נספח 16: דיפרנציאציה בין אזורים על בסיס מוניציפאלי / מקור מימון הכביש - הצעה שנדחתה

מטרת המסמך

תוצאות עבודת הוועדה הכלכלית מראות כי יש לקבוע תקני רעש שונים לאזורים שונים. מטרת נייר זה, לקבוע כיצד ייקבעו האזורים בהן רמת התקן חמורה יותר, והאזורים בהם רמת התקן תהיה חמורה פחות.

רקע

מתוצאות ניתוח עלות תועלת ניתן לסווג באופן חלקי את האזורים על פי החלוקה הבאה:

אזור שקט (תקן 64 dBA) - בנייה נמוכה (עד 2 קומות), רחוקה מהכביש (50 מטר ומעלה).

אזור פחות שקט (תקן 67 dBA) - בניה גבוהה (3 קומות ומעלה) וקרובה לכביש.

יש לסייג את התוצאות הללו מכיוון שהן אינן מובהקות, ובהחלט יש מקרים ספציפיים שאינם תואמים את החלוקה. למרות זאת, ברוב המקרים ישנה התאמה על פי מבחן עלות תועלת.

מהות הבעיה

לא ניתן להשתמש בקריטריונים של גובה בניה ומרחק מהכביש, כאמצעי לקביעת רמת התקן. יש לאתר קריטריונים ברורים יותר, קלים ליישום ובלתי נתונים להטיה. להערכתנו עדיף להשתמש בקריטריונים אלה, גם אם ייווצרו עיוותים במספר מקרים.

קריטריונים

להלן מספר סוגי קריטריונים עליהם ניתן לבסס את החלוקה לאזורים:

1. סיווג האזור מבחינה מוניציפלית - עיר, מועצה מקומית, מועצה אזורית.
2. קביעת רמת התקן על ידי הגורם המשרת את הנהנים אך גם מממן את עלות המיגון - לדוגמה: העירייה ממנת ב- 50% כבישים עירוניים בתחומה, אך היא גם אמורה לדאוג לרווחת התושבים בתחומה.
3. סוגי הפתרונות המוצעים - קיר אקוסטי, קירוי חלקי, קירוי מלא.

4. מספר יחידות הדיור החשופות לכביש (יחידות דיור בעלות חזיתות הפונות לכביש).

הצעה לדוגמה

להלן מפורטת הצעה לדיון:

א. בכבישים עירוניים, בהם הרשות מממנת לפחות 50% מעלות הכביש, תקבע הרשות את רמת התקן לכל אזור. הרשות יכולה לקבוע מפת ישוב בה תהיה חלוקה לאזורים בהם התקן יהיה 64 או 67 dBA. הרשות חייבת לפרסם את המפה, עוד בטרם אישורה הסופי, לצורך שמיעת הסתייגויות. יש ליצור תהליך מחייב לקביעת מפת אזורים.

ב. כבישים בינעירוניים העוברים בתוך או בסמוך למועצות מקומיות או אזוריות, התקן יהיה 64 dBA, וזאת פרט למקרים בהם המיגון הנדרש הינו קירוי חלקי או מלא של הכביש או שיקועו.

ג. בכבישים בינעירוניים העוברים בתוך או בסמוך לעיר, התקן יהיה 67 dBA, זאת פרט למקרים הבאים:

1. במקרה והרשות המקומית מוכנה להשתתף בלפחות מחצית מעלויות המיגון של הכביש.
2. במקרים בהם כמות יחידות הדיור החשופות לכביש אינה עולה על 12 קומות (במקרים בהם גובה קו הבנייה עולה על 12 קומות, יתכן כי יהיה כדאיות כלכלית לתקן 64 dBA).
3. באזורי מחלפים - התקן 67 dBA בכל מקרה.

נתונים רלוונטיים

1. כביש בינעירוני - כביש אשר ממומן (מעל ל- 50%) ע"י גורם ממשלתי - מע"צ, משרד השיכון, משרד התחבורה, משרד הביטחון וכו'.
2. יחידות הדיור הרלוונטיות הינן יחידות הדיור לפי תב"ע מאושרת סופית.

נספח 17: דיפרנציאציה בין אזורים על בסיס מאפייני האזור - הצעה שנדחתה

מטרת המסמך

מניתוח תוצאות ניתוח העלות - תועלת, עולה כי אבחנה בתקן בין אזור X לאזור Y (כמפורט להלן) יוצרת התאמה טובה יותר לתוצאות הניתוח הכלכלי:

א. אזור X

הגדרה: אזור המאופיין בבנייה נמוכה (עד 2-3 קומות) ומרוחק יחסית מן הכביש (מעל 50 מ').

באזור זה יחסי עלות / תועלת הנובעים מאימוץ תקן 64 dBA, מצביעים על תועלת גדולה או שווה לעלות. עובדה זו נובעת מהעלויות הנמוכות (יחסית) של המיגון האקוסטי הנובעות מהמרחק הגדול מהכביש ומהבנייה הנמוכה.

על כן יש מקום לאמץ תקן של 64 dBA באזור כזה.

ב. אזור Y

הגדרה: אזור המאופיין בבנייה רוויה וקרובה לכביש (פחות מ- 50 מ').

באזור כזה, ניתוח יחסי העלות / תועלת הנובעים מתקן 64 dBA מצביעים על תועלת נמוכה מן העלות באופן מובהק ברוב המקרים. עובדה זו נובעת מהעלויות הגבוהות (יחסית) של המיגון האקוסטי הנובעות מהמרחק הקטן מהכביש ומהבנייה הגבוהה.

על כן באזור כזה, ובעיקר כאשר הפרויקטים התחבורתיים כוללים מחלפים, אין הצדקה לכאורה לאמץ תקן של 64 dBA.

ג. האבחנה בין האזורים

האבחנה בין אזורים שונים אלו לא תתבצע על ידי הקטנת אמצעי המיגון במעבר מאזור X לאזור Y, אלא ע"י מתן אותה רמה של מיגון אקוסטי, אשר תיתן רמת רעש שונה בשל המרחקים מהכביש וגובה הבנייה, כך שבמעבר של קטע כביש מאזור X ל-Y, תישאר אותה רמת מיגון אך רמת התקן הרעש בפועל תהיה שונה.

חלק ו' העתקת תשתיות מהותית



נספח 18: הסבר להעתקת תשתיות מהותית או קפיצת עלויות

בסעיף ד' - ב"הגדרת הקריטריונים לעלויות מהותיות" מועלית הגדרה של עלויות מהותיות בעת שקוע כבישים, המחייבת על פי רוב פעילות אינטנסיבית בתשתיות תת - קרקעיות וכן בתשתיות עיליות - שהשקוע מחייב טיפול בהם. לעיתים, עלות הטיפול בתשתיות מעלה ההשקעה שם בעשרות אחוזים ויותר.

לפיכך, כאשר מדובר במיקום בו יש ריכוז גדול של תשתיות ומגוון רב שלהם, וכן שהתשתיות המדוברות כבדות (בעלות מימדים ועוצמות גדולים יותר) ובמיוחד כאשר מדובר בתשתיות גרוויטציוניות (ביוב וניקוז) - יש קשר ישיר בין המהות של התשתיות הללו וההוצאות להערכתן או הטיפול בהם.

זה יכול לנבוע מצרכי איגום ושאיבה (כמו בביוב למשל) או בהוצאות יתרות המתחייבות מעוצמת התשתית הקיימת המחייבת ביצוע עתיר השקעות של התשתית החלופית.

על מנת להבהיר ולתת הכוונה בכיוון בו אנו רואים הבעייתיות, נתנו מספר עקרונות בהם בדרך כלל יש מרכיבי סיבוכ ועלות יתרים - הגורמים לתוספת עלויות מהותית כמו:

♦ הפיכת קווים גרוויטציונים לקווי סניקה: מדובר בקווים כמו ביוב/ניקוז, שבדרך כלל הינם גרוויטציונים. הפיכתם לקווי סניקה - כאשר הדבר אפשרי - מחייבת בנית מתקני איגום, מתקני שאיבה, תחזוקה שוטפת ויקרה לכל אורך חיי הפרויקט. ותמיד הדבר מסתכם בדרך כלל בעלויות גבוהות מאד.

- ◆ טיפול בקווי חשמל: כאשר מדובר בקווים ראשיים (ההגדרה המוצעת - מ - 33 ק"ו ומעלה) הדבר מסובך ויקר מאד, ובדרך כלל מוסיף רבות לעלויות ההעתקה המתחייבות. מדובר בקווים שעמודיהם גדולים, מערכת החוטים גדולה ויקרה והפיכתם לכבלים תת קרקעיים מכפילה ואפילו משלשת העלויות.

◆ כאשר אופי התשתית הוא כבד במיוחד, והדבר מתמקד במספר קווים גבוה במיוחד (קוים של בזק למשל) בתשתית ראשית (מערכת סיבים אופטיים) כבידה במיוחד, הדבר גורר הוצאות מיוחדות לבניית תשתית חלופית והשחלת כבלים חלופיים, שבדרך כלל משפיעים על העלויות היתרות הנובעות מכך. זה נכון גם לקווי מים עיקריים בקוטר גדול. קווים שמעל 20" הוצעו כעקרון מנחה לנדון, מאחר והוצאות ברור שמדובר בהנחיות עקרוניות ויש לבחון בכל עבודה הנושא לגופו ולא להתייחס באופן עיוור להנחיות הכלליות בלבד.