



כ"ה תשרי, תשע"ז
27 אוקטובר 16
סימוכין: 235911

לכבוד:

מר ברק יקותיאל, היחידה הסביבתית,
עיריית רמלה, baraky@ramla.muni.il

חוות דעת אקוסטית

רעש מתחבורה- כבישים
בנין מגורים, רח' דוגית 15,
שכונת פארק אביב, רמלה



פרטים אודות המומחה.

שם המהנדס: מיכאל זלבה ת.ז. 033797168

ואלה פרטי השכלתי:

1999- בוגר הטכניון בחיפה לתואר מהנדס חשמל ואלקטרוניקה.

רשום בפנקס המהנדסים והאדריכלים – מספר רשום 00115468

פרויקט מדידת פילוג זרימה בווריד מתוך דופלר אקוסטי של אולטרא סאונד, מעבדת עיבוד אותות, הטכניון

2000- מצטיין קורס מהנדסים, חיל הים.

2003- קורסים לתואר שני באונ' באר שבע.

2004- קורס קציני צוללות בדרג מטה, חיל הים, כולל הסמכה.

2008- הוסמכתי על ידי משרד העבודה כבודק מעבדתי מוסמך לרעש תעסוקתי.

חברות באגודה הישראלית לאקוסטיקה IAA

2009- המשרד הוסמך כמעבדה לבדיקת רעש תעסוקתי ע"י הרשות הלאומית להסמכת מעבדות.

2012- חבר באגודה האמריקאית לאקוסטיקה INCE Institute of Noise Control Engineering

2013- הופעה ברשימת אקוסטיקאים מומלצים, עמותת מלר"ז

2014- סמינר אקוסטיקה חברת NTI, קורס אקוסטיקה אוניברסיטת Berklee.

הסמכה למדידות אקוסטיקת מבנים על ידי ה IOA (institute of Acoustics), אנגליה.

Certificate of competence in building acoustics measurement

פרטי מקומות עבודתי:

1999-2003 קצין מדור ורמ"ד תחנות חוף מהו"ב מחלקת מערכות לחימה בחיל הים. התפקיד כלל הנחיה

אקוסטית למערכות הספק

2003-2006 ערמ"ד מדור צוללות מהו"ב מחלקת מערכות לחימה בחיל הים. התפקיד כלל התפקיד כלל

הנחיה אקוסטית למערכות הספק וכן בניית מערכות מיסוך אקוסטי לכלי שייט.

שחרור כרס"ן במי"ל.

2006 עד היום מייסד ומנהל משרד אתרוג מהנדסים.

ניסיון בתחום האקוסטיקה

ברשותי 14 שנות ניסיון בתפקידי הנדסה. מתוך נושאי פעילותי אותם ביצעתי:

- מדידות רעש סביבתי ממתחמי תעשייה. בין לקוחותי חב' תנובה, חב' שטראוס, חב' מקורות, opc רותם,
- מדידות רעש סביבתי מאזורי שצ"פ ומסחר, כולל עבור רשויות מקומיות- עיריית רמלה, עיריית יוקנעם עילית, חכ"ל חוף אשקלון
- רעש תעסוקתי למקומות עבודה, לדוגמה עבור חב' siemens ישראל, קיבוץ סעד, ביה"ח כרמל, חב' קמדע, חב' אפקון, חב' אלביט עריכת חוות דעת משפטיות בנושאי חשיפה לרעש תעסוקתי.
- מדידת מטרדי רעש בין שכנים, יועץ אקוסטי של האגודה לתרבות הדיור.
- ביצוע מדידות דגם אקוסטיות למערכות מכונה ואלקטרוניקה, בין לקוחותינו בתחום זה בזק בינלאומי, laser op, GE, medical, Dally medical equipment, ביליק פליקס, Ecozone Technologies.
- מדידות רעש משדות תעופה עבור לקוחות פרטיים וכן עבור רשות התעופה האזרחית.



- מדידות רעש מכבישים, בין לקוחותינו עיריית באר שבע, להבים, ירחיב,
- מדידות רעש מצנרות, מעליות, חדרי משאבות כולל עבור חב' אלקטרה בנייה, דונה חב' לבנייה.
- ניטור מפלסי רעש מבמות אירועים, בין לקוחותינו עיריית תל אביב- חב' עזרא ובצרון.
- סקרים אקוסטיים עבור רשת מלונות רימונים, מלון אוקיאנוס הרצליה, מלון דניאל הרצליה, מלון ארכדיה.
- ייעוץ אקוסטי ותכנון מיגון אקוסטי.
- מתן חוות דעת ואקוסטיקה לבתי משפט

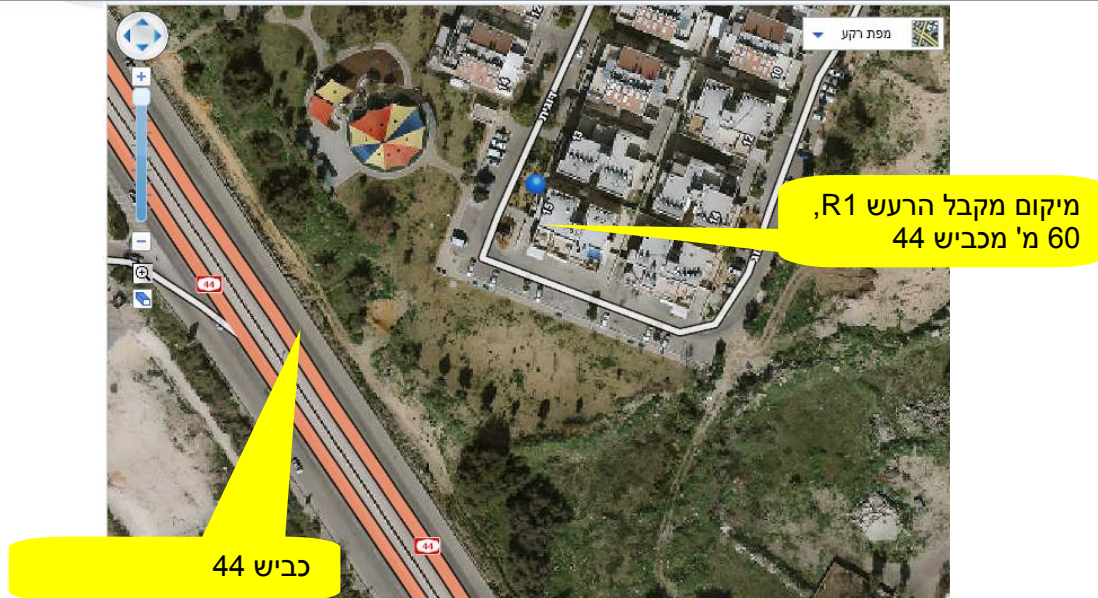
הצהרה

תעודה זו ניתנת על ידי לשם הגשתה כראיה לבית משפט, והריני מצהיר בזאת, כי ידוע לי היטב, שלעניין הוראות החוק הפלילי בדבר עדות שקר בשבועה בבית המשפט, דין תעודה זאת, כשהיא חתומה על ידי, כדין עדות בשבועה שנתנה בבית המשפט.

פרק א'- נתונים אדמיניסטרטיביים ותקציר מנהלים

1. נושא חוות הדעת

- 1.1 דו"ח זה מסכם מדידות מפלסי רעש ממערך תחבורה כביש 44, רמלה, כפי שנמדדו בקולט רעש, דירת מגורים, שכונת קריית מנחם בגין שכונת פארק אביב דוגית 15 דירה 9 בדירת מר [REDACTED] המדובר הוא על דירה הממוקמת מול פסי הרכבת וכביש 44 לאחר שבוצע קיר אקוסטי בסמוך לכביש.
- 1.2 בתאריך כו' באלול (29.9.2016) יום חמישי, החל מ 06:15 עד 09:30 בוצע סקר למדידת האקלים האקוסטי רעש תחבורה עבור דירת המגורים לעיל. להלן R1.
מקור הרעש הינו מערך תחבורה כביש 44 אשר שוליו ממוקמים כ 60 מ' דרומית למקבל הרעש.
- 1.3 מטרת המדידות הינו קבלת תמונת האקלים האקוסטי המתקיים עבור דירת המגורים. יש לציין כי ממצאי המדידה מהווים אינדיקציה למפלסי הרעש במבני מגורים סמוכים הפונים לכיוון מערך התחבורה.
- 1.4 מקבל הרעש מוגדר כמבנה "ב".
- 1.5 מיקרופון מד הרעש הוצב 1.3 מ' מחוץ למרפסת פתוחה חזית דרום של דירת מקבל הרעש. מיקום נקודת הבוחן מאפשר מדידה במצב של שדה חופשי ללא מדידת החזרות מאלמנטים סמוכים. לא נדרש ניכוי החזרות בשל מבנה פתוח של המרפסת.
- 1.6 קריטריון רעש מכבישים: הקריטריון למפלס רעש מרבי הינו $Leq\ 64\ dB(A)$ לשעת שיא תנועה במרחק 1 מ' מחזית מקבל רעש. (עבור מבנה "ב").
- 1.7 כל מכשירי המדידה עומדים בתקנים ישראלים ובינלאומיים למכשירי מדידה type 1.
ציוד המדידה תוכנת לבצע מדידת רעש בדגימת שוות ערך של $Leq(1sec)\ 1sec$ במצב FAST. שיטת מדידה זו, כפי שיתבאר בפלט המדידות מאפשר סינון רעשים חריגים שאינם רעש תחבורה כגון רעש מטוסים, רעש נביחות צפירות רכבת, מעב רכבת וכו'.
- 1.8 כיוון שבוצעה מדידה בנקודת בוחן בודדת לא נדרשה הצבת נקודת ייחוס.
- 1.9 מהביקור באתר ניתן לזהות כי הקיר האקוסטי הקיים ממוקם במרחק ובגובה אשר אינו נותן מענה יעיל לאנרגיה האקוסטית הקורנת מהכביש. הקיר האקוסטי, במקטעים מסוימים, למשל בקוון הראיה המחבר אל תחנת הדלק, אינו מהווה חסם אקוסטי כלל.



איור 1: מבט אל מקבל הרעש, ומערך התחבורה מדרום מזרח.
המרחק בין מקבל הרעש R1 ושולי הכביש הינו כ 60 מ'.

2. הבסיס לחוות הדעת.

- 2.1 תוצאות מדידות רעש שנערכו במקום.
 - 2.2 הקריטריונים האקוסטיים שנקבעו ע"י הוועדה הבין משרדית לקביעת רעש מכבישים, פברואר 1999.
 - 2.3 המשרד להגנת הסביבה, רעש מכבישים: עקרונות, מדידות ושיטות חיזוי, ד"ר יולי קלר.
 - 2.4 תקן ישראלי 1349 חלק 1, אקוסטיקה- תיאור של רעש סביבתי ומדידתו: גדלים ונהלים בסיסיים
- Acoustics-Description, measurement and assessment of environmental noise Basic quantities and assessment procedure.



צילום 1: מבט אל מיקרופון מד הרעש



צילום 2: מבט אל מערך התחבורה מכיוון מרפסת מקבל הרעש. ניתן לזהות כי קיים קשר עין בין מסלולי הכביש ומקבל הרעש. דבר זה מלמד על אי אפקטיביות מובנית של הקיר האקוסטי עבור חלק ממהלך הכביש.

3. פרטי מכשור המדידה, מיקום נקודות הבוחן, חישוב מפלסי הרעש.

3.1 הבדיקה בוצעה ע"י הציוד הבא:

טבלה 1: פרוט ציוד המדידה

סודר	ציוד	חברה	דגם	Type	Serial.No
1	מד רעש	NTI (Swiss made)	XL2	1	A2A-05370-E0
2	מיקרופון		MA220	1	1990
3	מכייל	Hangzhou	AWA6221A	1	AWA6221A0177E
4	תוכנת עיבוד נתוני אקוסטיקה	NTI	Extended Acoustic Pack		
5	חצובה, מד מרחק, מצלמה, מגן רוח				

מכשירי המדידה מתאימים לכל התקנים הנדרשים למכשירי רעש מדויקים ובהתאם לתקנים הנדרשים ע"י התקנות למדידת רעש:

IEC651 type1, ANSI S1.4 Type1 for Sound Level Meters.

IEC 942, CLASS 1

3.2. בוצעה בדיקת כיוול למדי הרעש לפני ואחרי המדידות ונמצאו תקינים.

3.3. הבדיקה בוצעה ע"פ הנחיות המשרד להגנת הסביבה, רעש מכבישים: עקרונות, מדידות ושיטות חיזוי, ד"ר יולי קלר.

3.4. בבדיקה התבצעה מדידה במצב מהיר (fast), בסקלה dB (A).



חישוב רעש שווה ערך בוצע כלהלן:

$$LA_{eq,T} = 10Lg \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_{(A)(T)}^2}{P_0^2} dt \right]$$

לענין זה, "LAeq, T" - מפלס שווה הערך הרציף בסקלת "A" בפרק זמן T המתחיל ב- t_1 ומסתיים ב- t_2 ;

"Lg" - לוגריתמוס לפי בסיס 10;

"P₀" - לחץ קול הייחוס (20 μ Pa);

"P_{(A)(t)}" - לחץ הקול הרגעי בסקלת "A";

3.5. מיקרופון ציוד המדידה הוצב במרחק של לפחות 1 מ' מכל מכשול אקוסטי. בגובה חלון קומה א', 1 מ' מחזית מקבל רעש R1 לכיוון הכביש.

3.6 חישוב מפלסי רעש משוקללים לשעת השיא חושבו בהתאם למשוואה הבאה:

$$\Delta Leq(i, \max) = Leq(i, Ti) + [Leq(ref, \max) - Leq(ref, Ti)]$$

כאשר:

- $\Delta Leq(i, \max)$ הינו מפלס רעש משוקלל בשעת השיא בנקודת מדידה i.
- $Leq(i, Ti)$ הינו מפלס הרעש המדוד בנקודת מדידה i בזמן Ti
- $Leq(ref, \max)$ הינו מפלס הרעש המדוד בשעת שיא בנקודת הייחוס
- $Leq(ref, Ti)$ הינו מפלס הרעש המדוד בנקודת הייחוס בזמן Ti.

כיוון שלא נדרשה הצבת מד רעש ייחוס, כיוון שבוצעה נק' בוחן בודדת, $Leq(ref) = 0$.



פרק ב' מפלסי רעש נמדדים לאורך הניטור

טבלה 2: ערך מפלסי רעש (LAeq (15min), LAeq(60min)

סודר	זמן מדידה	ערך מפלס רעש LAeq (15min)	ערך מפלס רעש (LAeq 60min)
1	6:30	64.3	
2	06:45	64.2	
3	07:00	64.4	
4	07:15	64.5	64.4
5	07:30	64.4	64.4
6	07:45	64.6	64.3
7	08:00	64.2	64.3
8	08:15	64.3	64.2
9	08:30	64.1	64.2
10	08:45	64.2	64.2
11	09:00	63.8	64.1
12	9:15	63.4	63.9

פרק ג' - תקנות והנחיות קיימות בנושא מפלסי רעש עבור כבישים

1. החוק למניעת מפגעים, התשכ"א-1961 והתקנות מכוחו קובעים את המסגרת החוקית לפעולות המשרד לאיכות הסביבה בעניין מפגעים סביבתיים שונים, לרבות רעש חזק זה אינו כולל ערכים מספריים אלא מפנה אל התקנות למניעת מפגעים (רעש בלתי סביר), התש"ן-1990.
2. תקנות אלו אינן חלות על רעש מטוסים, רכבות וכלי רכב. התקנות למניעת רעש התש"ן מחריגות את מפלסי הרעש מכבישים מעמידה בתקנות הרעש. הסיבה לכך הינה רגולטורית ולא בגלל שמפלסי הרעש מכבישים הינם נמוכים.
3. הוועדה הבין משרדית לקביעת רעש מכבישים, פברואר 1999 קבעה הנחיות לצמצום רף מפלסי הרעש מכבישים עבור אזורי מגורים. הרף שנקבע מתיר רמה גבוהה של מפלס רעש משיקולי עלויות סלילת וסינוך אקוסטי לכבישים אל מול המפגע האקוסטי הנגרם למקבל הרעש.
4. תמצית הנחיות הוועדה הבין משרדית לרעש מכבישים:
 - א. מפלס הרעש מכבישים חדשים לא יעלה על LAeq 64 dB(A) בשעה שבה הרעש בעוצמה הגדולה ביותר עבור אזור מגורים, (מבנה "ב"). עבור מבנה "א", סף הרעש הינו בהפחתה של 5 dB, היינו LAeq 59dB.
 - ב. "מבנה א" - בנין המשמש כבית חולים, בית הבראה, בית אבות עם מחלקה סיעודית, ומוסדות חינוך
 - ג. "מבנה ב" - בנין המשמש למגורים באזור מגורים בהתאם לחוק התכנון והבניה .
 - ד. חיצוי הרעש יעשה על פי התנאים המחמירים ביותר.
 - ה. להרחבת כביש קיים יש לנקוט אמצעים שמפלס הרעש לא יעלה על הערכים שבסעיף א, וכאשר מפלס הרעש הקיים גבוה מהערכים המצוינים, יש לדאוג לכך שהוא לא יעלה ביותר מדציבל אחד.
 - ו. עמדתו החדשה של המשרד נקבעה בעקבות המלצות של ועדת מומחים שהשתתפו בה כל המומחים לאקוסטיקה המועסקים בידי הגופים שמתכננים וסוללים כבישים בארץ. המשרד סבור, שהורדת הרעש לערכים של 64 dB(A) מכבישים חדשים "עדיין תשאיר את ישראל בין המדינות המספקות, מבחינת רעש כבישים, איכות חיים ירודה, אך



מדובר על צעד קדימה לכיוון ההתאמה לסטנדרטים הנהוגים במדינות המפותחות" (לפי נתוני המשרד, במדינות אירופה המערבית והמזרחית, למעט פורטוגל ואנגליה, ערכי הרעש מכבישים באזורי מגורים נעים בין 58 dB(A) במזרח אירופה ל- 64 dB(A) בדנמרק; יוצאים מכלל זה אנגליה ופורטוגל -- 67 dB(A) ו-70 בהתאמה).
5. עקרונות מנחים לתכנון ישובים ושכונות בני קיימא, אפריל 2007, משרד הבינוי והשיכון

http://www.moch.gov.il/SiteCollectionDocuments/tichnun/pituah_bar_kayma/ekronot_manhim_letic_hnun_shchunot_vyshuvim_bney_kayma.pdf

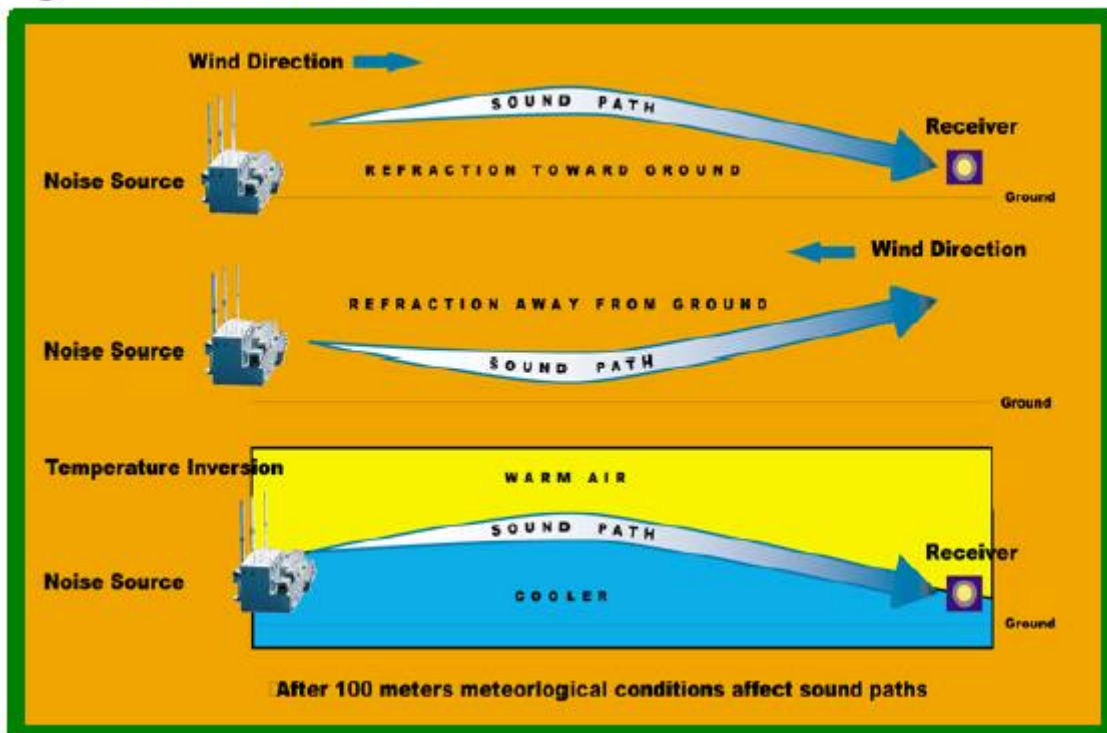
החל העמוד 164 והלאה, מפורטים העקרונות התכנוניים בהיבט האקוסטי של מניעת מפגעי רעש. ההנחיה עבור כביש חדש, ע' 165 הינה:

- בתכנון תוואי כביש יש לוודא שמפלס הרעש החזוי לא יעלה ביותר מ- 15 dB(A) מעל רעש הרקע.

פרק ד' – דיון במפלס לחץ הקול הנמדד אצל מקבל הרעש

1. ערך מפלס הרעש שווה הערך המרבי שנמדדו אצל מקבל הרעש עמד על $LA_{eq}(1\text{hour}) 64.4\text{dB}$. ערך זה הינו גבוה במקצת מהסף של $64\text{ Leq}(1\text{hour})\text{ dB(A)}$ אשר נקבע כסף מפלס הרעש שווה הערך המרבי.
 2. ערכים חריגים יותר ימדדו עבור מספר רב של תרחישי תחבורה וכן תרחישים מטאורולוגיים. לדוגמא, עבור כיוון רוח אשר יהיה מדרום לצפון, מכיוון הכביש לכיוון מקבל הרעש, תתקבל עליה במפלס הרעש המתקבל אצל מקבל הרעש.
- כמו כן, עבור הבדלים תרמיים בין שכבת הקרקע והאוויר שמעליה, למשל בשעות הבוקר המוקדמות וכן לקראת הערב תתקבל הסחה של גלי הקול אל מעבר לפני הקרקע, כך שתתקבל עליה במפלס הרעש המתקבל אצל מקבל הרעש.

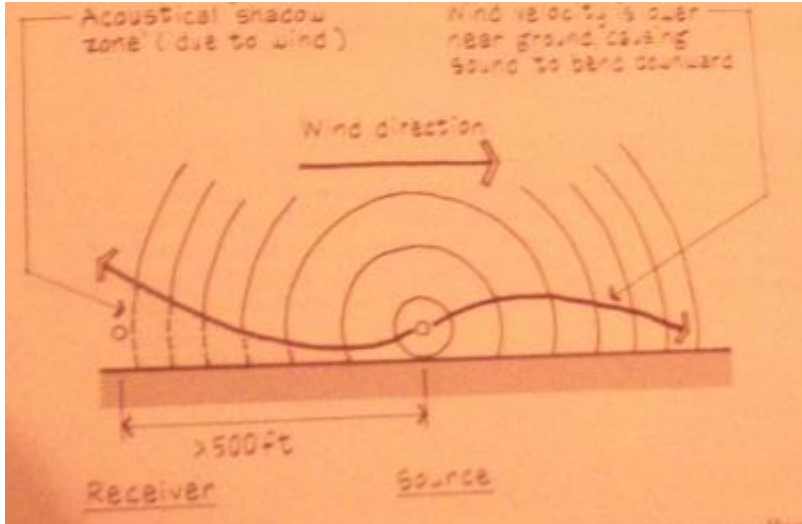
Figure 21: Refraction of Sound



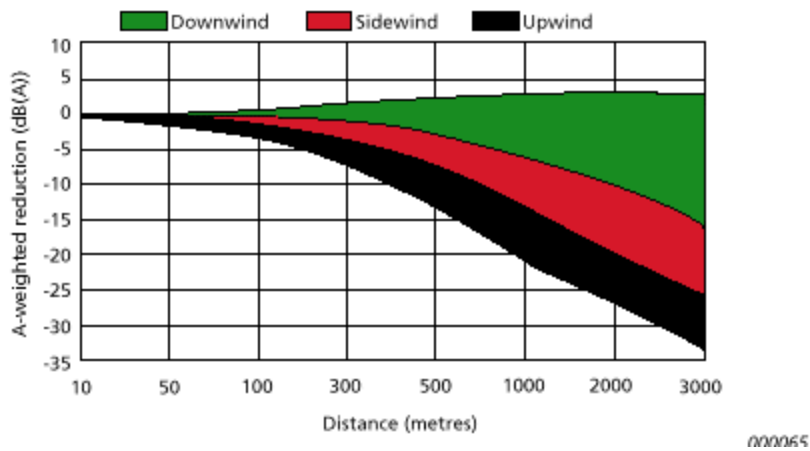
איור 3: השפעת כיוון הרוח על מעבר גל הקול



תופעה של הגברת מפלסי רעש כתלות בכיוון הרוח ומהירותה נידונה בספרות האקוסטית המקצועית. Architectural Acoustics (M.David Egan), p.265. מהירות הרוח סמוך לקרקע נמוכה ממהירות הרוח במרחב. כתוצאה מכך קיים עיקום של גלי הקול כלפי מטה ונגררת עליה במפלסי הרעש סמוך לקרקע. הגברה זו יכולה לעלות עד כדי 10 dB עבור מהירויות רוח של 10 mi/h. תופעה פיזיקאלית זו עלולה להתקיים בין הכביש למקבלי הרעש.



איור 4: שינוי מפלסי הרעש כתלות באפקט מהירות וכיוון הרוח למעשה עבור המרחק המדובר טווח ההשפעה הינו כ 2 dB בהתאם לגרף להלן:



איור 5: שינוי מפלסי הרעש כתלות במרחק ממקבל הרעש כתלות בכיוון הרוח.

Summary of propagation effects

Phenomenon	Range of conditions	Typical range of uncertainty in dBA with distance from the road				
		<30m	60m	100m	200m	300m
Estimate of total variability	Variation of measurements in favourable conditions (downwind, inversion)	±2	±2	±2	±3	±7
	Variation of measurements in unfavourable conditions (upwind, no wind)	±3	±3	±4	±6	±9
	Variation of measurements in unspecified conditions (incl. bias from upwind v downwind)	±4	±5	±10	±13	±22



איור 6: שינוי מפלסי הרעש כתלות בכיוון הרוח

www.nzta.govt.nz/assets/resources/research/reports/446/docs/446.pdf/:

3. בנוסף, עליה בכמות כלי הרכב העוברים במערך התחבורה הסמוך למקבל הרעש יגרור עליה במפלסי הרעש הנמדדים. תחזית התחבורה אשר עברה מבוצע תכנון אקוסטי הינה בהתאם למתודולוגיה לתכנון אקוסטי של כבישים- המשרד להגנת הסביבה:

תחזיות תנועה לרמפות מחלפים ולכבישים חוצים יהיו לשעת השיא לשנת יעד, לטווח של לפחות 20 שנה ממועד עריכת התסקיר. במידה ונתונים אלו אינם זמינים, תחזיות התנועה יתייחסו לשנה הרחוקה ביותר שלגביה קיימות תחזיות.

מתודולוגיה לתכנון אקוסטי של כבישים- המשרד להגנת הסביבה, ע' 15

אין ספק שעם העלייה בכמות כלי הרכב העוברים במערך התחבור ימדדו ערכי מ[לסי רעש גבוהים יותר מהערכים הנמדדים. השינוי הצפוי הינו תוספת של 3 dB(A) עבור הכפלה של נפח התנועה.

4. מפלס הרעש הנמדד הינו כתלות בנפח התנועה המשתנה ברמה יומית. מחקר עומק שנעשה ע"י NZTA מסכם את משרעת מפלסי הרעש כתלות בנפח התנועה וכתלות בציר התנועה :

<https://www.nzta.govt.nz/assets/resources/research/reports/446/docs/446.pdf>

Table 4.4 Day-to-day variation of traffic volume over the year, in terms of SPL

Road classification	All year (365 days pa) ±dBA @ 95%	Non-holidays (315 days pa) ±dBA @ 95%	Holidays (50 days pa) ±dBA @ 95%
Metropolitan motorway	-1.2, +1.0	-1.0, +0.8	-1.8, +1.2
Strategic highway at metropolitan fringe	-0.8, +0.6	-0.8, +0.6	-1.2, +1.0
Strategic highway	-1.1, +0.9	-1.1, +0.9	-0.8, +0.6
Strategic highway well away from urban influence	-3.6, +2.0	-3.0, +1.8	-2.3, +1.5
Rural highway with urban influence	-1.2, +1.0	-1.1, +0.9	+1.4, -1.0
Rural highway	-2.6, +1.6	-2.3, +1.5	+1.8, -1.2
Urban arterial	* ^a	-0.5, +0.5	* ^a
Provincial urban arterial	* ^a	-1.6, +1.2	* ^a

a) Not enough data was available for a reasonable analysis.

איור 7: שינוי מפלסי הרעש כתלות בשינויים יומיים בנפח התנועה



פרק ה'- סיכום ומסקנות

1. מניתוח מפלסי הרעש כפי שנמדדו אצל מקבל הרעש, עולה כי מפלסי הרעש הנמדדים משקפים היטב מפלסי רעש ממערכות תחבורה.
2. מקור רעש זה הינו מקור הרעש הסביבתי העיקרי והדומיננטי כפי שנמדד אצל מקבל הרעש.
3. ערך מפלס רעש שווה ערך שעתי מרבי נמדד עמד על $Leq(1hr) 64.4dB(A)$. מפלס זה הינו גבוה במקצת מהרף של $64 dB(A)$ שנקבע בהנחיות הוועדה הבין משרדית לרעש מכבישים.
4. עם זאת, אין ספק כי בתנאים מטאורולוגים מסוימים, אשר צפויים להתקיים, תתקיים חריגה אף מהרף של $66 dB(A)$.
5. שינוי נוסף של מפלס הרעש הינו בהתאם לשינויים יומיים בנפחי התנועה. טווח השינוי הינו $\pm 1 dB(A)$.
6. כמו כן, עם העלייה הצפויה בנפחי התחבורה וודאי שתתקיים חריגה בערכים הנמדדים.
6. יש לציין כי עקרונות מנחים לתכנון ישובים ושכונות בני קיימא, אפריל 2007, משרד הבינוי והשיכון
http://www.moch.gov.il/SiteCollectionDocuments/tichnun/pituah_bar_kayma/ekronot_manhim_letic_hnun_shchunot_viyshuvim_bney_kayma.pdf
החל מעמוד 164 והלאה, מפורטים העקרונות התכנוניים בהיבט האקוסטי של מניעת מפגעי רעש. ההנחיה עבור כביש חדש, ע' 165 הינה:
- בתכנון תוואי כביש יש לוודא שנופלס הרעש החזוי לא יעלה ביותר מ- $15 dB(A)$ מעל רעש הרקע.
7. יש להעיר כי המבנה הקיים של הקיר האקוסטי נותן מענה חלקי ביותר ביחס ליעילות האפשרית של הפחתת הרעש הניתנת להשגה על ידי קיר אקוסטי.
8. בברכה,

מיכאל זלבה, BSC

אתרוג אקוסטיקה