



## אקוסטיקת הבנייה Building Acoustics

סמסטר ב' תש"פ

2 ש"ס

סוג המסגרת: שיעור

שם המרצה: שמעון גרינבאום

דואר אלקטרוני: [shimon@mem-gimel.com](mailto:shimon@mem-gimel.com)

שעת קבלה - לפי תאום מראש

### תיאור הקורס

בקורס יילמדו הנושאים הבאים: מושגי יסוד: מפלס הקול, תדירות, זמן הדהוד, ערכי בידוד אקוסטי, תכונות בליעה אקוסטית וכד'. התפשטות גלי קול במרחב. תקנות, תקנים וקוד הבנייה. תכונות של חומרי בליעה ובידוד אקוסטיים. תכנון בידוד אקוסטי במבנים - קירות, תקרות, חלונות ודלתות. תכנון אקוסטי של אולמי הרצאות, תיאטראות, אולמות רב תכליתיים ואולמות קונצרטים. תכנון אקוסטי סביבתי בהסתמך על רעש מכבישים, מרכבות, משדות תעופה ומתעשייה. סקירה של תוכנות אקוסטיות ייעודיות לחיזוי תנאים אקוסטיים באולמות, לחיזוי רעש תחבורה ורעש מטוסים, להפקת מפות רעש וכד'. הכרת הציוד לעריכת מדידות אקוסטיות שונות, תחנות ניטור רעש, מצלמה אקוסטית וכד', סקירת כשלים אקוסטיים אופייניים ודרכי מניעתם.

1. Physical fundamentals (noise power level, pressure level, frequency etc.)
2. Acoustic characteristics and parameters and their influence on human ear
3. Sound sources and propagation of sound in air
4. Acoustic absorption and insulation, properties of materials
5. Regulations, standards and building code regarding acoustics
6. Acoustic of spaces (lecture halls, theaters, concert halls etc.)
7. Building materials (walls, ceilings, doors and windows, silencers etc.)
8. Acoustical treatment of noise sources (air-conditioning, compressors, generators etc.)
9. Traffic noise and ways of reducing the exposure to high noise levels
10. Noise measurements equipment.

### דרישות הקורס

נוכחות חובה, השתתפות, קריאה, תרגול, פרויקט גמר, מבחן

### מרכיבי הציון הסופי

מרכיבי הציון הסופי

50% - בחינה מסכמת

50% - פרויקט גמר

### מבנה הבחינה

בחינה רגילה, שאלות תיאורטיות חישוביות, ניתוח סוגיות



## פירוט נושאי הקורס (נתון לשינויים)

1. **שיעור 1 - יסודות פיסיקליים של תורת הקול:**
  - 1.1 היווצרות גלי קול
  - 1.2 לחץ קולי והספק קולי
  - 1.3 תדירות ואורך גל
  - 1.4 סיכום אנרגטי של מקורות רעש
  - 1.5 תרגול
2. **שיעור 2 - גלי קול ומאפייני האוזן:**
  - 2.1 גבולות השמיעה
  - 2.2 מאפייני האוזן ורגישותה לרעשים ותדרים שונים
  - 2.3 פרמטרים לבחינת תנאים אקוסטיים
  - 2.4 סקירה של מקורות רעש אופייניים
  - 2.5 תרגול
3. **שיעור 3 - מקורות קול והתקדמות גלי קול במרחק:**
  - 3.1 הגדרת מקורות קול ותכונותיהם
  - 3.2 מפלס הקול הנוצר ע"י מספר מקורות קול
  - 3.3 מפלס שווה הערך, ושיטת חישובו
  - 3.4 חלוקת זכויות רעש באזורי תעשייה
  - 3.5 שיטות לחישוב מפלסי קול ממקור מורכב
  - 3.6 הפקת מפת רעש מורכבת לאזורי תעשייה באמצעות תכנת SoundPLAN
  - 3.7 תרגול
4. **שיעור 4 - תקנות, תקנים, קוד הבניה וערכים מומלצים:**
  - 4.1 סקירת התקנות למניעת מפגעים (רעש בלתי סביר)
  - 4.2 סקירת התקנות למניעת מפגעים (מניעת רעש)
  - 4.3 סקירת סדרת תקני ת"י-1004
  - 4.4 סקירת סדרת תקני ת"י-2004
  - 4.5 סקירת התקן לרעש מצנחות אשפה
  - 4.6 סקירת תקני ISO
  - 4.7 תקנות החשיפה לרעש מסכן שמיעה והבטיחות בעבודה
  - 4.8 הסבר על קוד הבניה ופרק האקוסטיקה שבתוכו
  - 4.9 תרגול



5. **שיעור 5 – רעשי תחבורה :**
- 5.1 המלצות המשרד להגנת הסביבה בנושא רעש תחבורה ורכבות
  - 5.2 הגורמים המשפיעים על רעש תחבורה
  - 5.3 חישוב רעש תחבורה באמצעות תכנות SoundPLAN ו-TNM
  - 5.4 חישוב רעש רכבות באמצעות תכנת FTA
  - 5.5 חישוב רעש משדות תעופה באמצעות תכנות AEDT ו-Noise Map
  - 5.6 המלצות לתכנון ועיצוב של מיגונים אקוסטיים
  - 5.7 טיפול אקוסטי דירתי במבנים גבוהים שחשופים לרעש תחבורה
  - 5.8 תרגול
6. **שיעור 6 - תכונות של חומרי בליעה ובידוד אקוסטיים :**
- 6.1 הגדרת זמן הדהוד
  - 6.2 אבחנה בין חומרי בליעת גלי קול וחומרי בידוד
  - 6.3 תכונות אקוסטיות של חומרי ואלמנטי בליעה
  - 6.4 שילוב חומרי בליעה
  - 6.5 שיטות מדידה של כושר בליעה של חומרי בליעה
7. **שיעור 7 - אקוסטיקה במבני מגורים :**
- 7.1 חזרה על התקנים הרלוונטיים
  - 7.2 חלופות לקירות הפרדה בין דירות
  - 7.3 פתרונות למניעת מעבר קול הולם
  - 7.4 טיפול למניעת רעשים מהאינסטלציה הסניטרית
  - 7.5 טיפול אקוסטי במעליות
  - 7.6 טיפול אקוסטי בחדרי משאבות
  - 7.7 טיפול אקוסטי בגנרטורים
  - 7.8 טיפול אקוסטי במצנחות אשפה
  - 7.9 טיפול אקוסטי בחזיתות
  - 7.10 דלתות אקוסטיות
  - 7.11 טיפול אקוסטי בבריכות שחיה במבנה
  - 7.12 מניעת מטרדי רעש מיחידות מיזוג אויר
  - 7.13 טיפול אקוסטי במפוחי אוורור חניון
  - 7.14 תרגול
8. **שיעור 8 - אקוסטיקת חללים :**
- 8.1 יסודות באקוסטיקת חללים
  - 8.2 זמן ההדהוד כמאפיין אקוסטי של חללים
  - 8.3 פרמטרים נוספים המשפיעים על איכויות אקוסטיות של חללים
  - 8.4 תכנון אקוסטי של חללים – שילוב אמצעי בליעה והחזרה
  - 8.5 תכנון אקוסטי של אולפני הקלטת קול ומוסיקה
  - 8.6 תכנון אקוסטי של תיאטראות ואולמי הרצאות
  - 8.7 דגשים בתכנון אקוסטי של אולמות קונצרטים ואופרה
  - 8.8 תכנון אקוסטי באמצעות אלמנטים משתנים באולמות רב תכליתיים



9. שיעור 9 – שילוב יועץ אקוסטיקה בפרויקט :
- 9.1 התייחסות ראשונית ברמת המקור
  - 9.2 הכנת חוות דעת אקוסטית סביבתית
  - 9.3 איתור נקודות תורפה בזיקות בין מקורות רעש לשימושים רגישים
  - 9.4 הצגת התקנים הרלוונטיים לפרויקט
  - 9.5 מתן הנחיות אקוסטיות ראשוניות
  - 9.6 הכנת דו"ח מפורט עם פרטי ביצוע למכרז
  - 9.7 בדיקת תכניות לביצוע
  - 9.8 פיקוח עליון במהלך הביצוע
  - 9.9 עריכת ביקורת קבלה אקוסטית
  - 9.10 תרגול
10. שיעור 10 – הכנה לפרויקט הגמר :
- 10.1 חלוקת הסטודנטים לקבוצות עבודה
  - 10.2 הגדרת משימות לכל קבוצה לשם תרגול תפקיד יועץ האקוסטיקה
  - 10.3 הנחיית הקבוצות
11. שיעור 11 – כשלים אקוסטיים ומניעתם :
- 11.1 סקירה כללית של כשלים אקוסטיים אופייניים
  - 11.2 הדגמה של מדידת בידוד אקוסטי בין חללים באמצעות מיכשור ייעודי
  - 11.3 הדגמה של מדידת בידוד מערכת רצפה-תקרה
  - 11.4 הדגמת מדידות בידוד חזית
  - 11.5 הדגמת מדידת זמן הדהוד
  - 11.6 הדגמת איתור זליגות גלי קול באמצעות מצלמה אקוסטית
  - 11.7 תרגול הסטודנטים
12. שיעור 12 – בדיקה של עבודות פרויקט הגמר :
- 12.1 הצגת הפתרונות האקוסטיים של קבוצות העבודה
  - 12.2 דיון בפתרונות שהוצגו
  - 12.3 מבחן גמר

### רשימת מקורות (נתון לשינויים)

- 1. שיטות להערכת רעש סביבתי והאמצעים להפחתתו, גיורא רוזנהויז
- 2. מבוא לאקוסטיקת מבנים, יוג'ין גולדפרכט
- 3. Noise and the design of building and services, Derek J. Croome
- 4. Environmental acoustics, Leslie L. Doelle