משרד החינוך התרבות והספורט

**המינהל למדע ולטכנולוגיה**

**מגמת הנדסת בנייה ואדריכלות**

# תכנון הנדסי של מבנים

### תכנית לימודים

#### כיתות: יא', יב'

**5 יח"ל**

**מהדורת : תשס"ד 2003 / 2004**

**המגמה להנדסת בנייה**

**מקצוע התמחות: תכנון הנדסי של מבנים**

**מקצוע לימוד: סרטוט הנדסי של מבנים**

300 ש' – כיתות י"א, י"ב

#### מבוא

תכנית הלימודים במקצוע "סרטוט הנדסי של מבנים", מיועדת לחשוף את התלמיד לתחום ההנדסי, כהשלמה לתכנים העיוניים הנלמדים במקצוע **"חישוב סטטי של מבנים" כאשר שניהם ביחד מהווים את מקצוע ההתמחות "תכנון הנדסי של** **מבנים".**

התכנית בנויה על בסיס תכנים עיוניים המיועדים להסברים ודיונים, ןתכנים התנסותיים המיועדים להמחיש את הנלמד, להפנים דרך יישומם, ולתת לתלמיד אפשרות לבטא את עצמו באופן יצירתי.

השעורים יהיו מלווים בסיורים לצורך המחשה, ובמטרה לפתח את יכולת ההתבוננות והניתוח של התלמיד.

"גולת הכותרת" של המקצוע היא הכנת "פרויקט הגמר".

התלמיד יתכנן רכיב של מבנה מבחינה הנדסית. הרכיב יילקח מהפרויקט במקצוע "יישומים בטכנולוגיות הבנייה".

במהלך ביצוע הפרויקט יבואו לידי ביטוי יכולת הניתוח והארגון, כושר הביצוע ושליטה בחומר הנלמד.

**כיתה י"א: 5 ש"ש התנסותית**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **מבנה בטון (א') 100 ש'** | | **פרק 1** |
| עיבוד תכניות הנדסיות למבנה פשוט, חד קומתי, עם גג בטון שטוח, בשטח של כ- 50 מ"ר. (מומלץ להשתמש בתכנית האדריכלית שסורטטה במקצוע "יישומים בטכנולוגיות הבנייה" בכיתה י') | |  |
| **תכנון הנדסי של המבנה** הכולל**:**   1. קביעת מיקום עמודים במבנה 2. קביעת מיקום הקורות במבנה (קורות בולטות כלפי מטה) 3. קביעת כיוון המתיחה של התקרה. (תקרה מתוחה בכיוון אחד) 4. קביעת סוג התקרה (תקרה מקשית) | 1.1 |  |
| **סרטוט** **תכניות** **עבודה** הכוללות:   1. תכנית יסודות ומתווה סימון (בק"מ 1:50) בשתי חלופות   א) פלטות יסוד.  ב) כלונסאות.  רשימת עמודים ויסודות לשתי החלופות. פרטי יסודות (בק"מ 1:20): פלטת יסוד ללא שיפועים, פלטת יסוד משופעת, פרט כלונס - תכנית תבניות בלבד (ללא זיון).   1. תכנית קורות יסוד ורצפה מונחת (בק"מ 1:50) – תכנית תבניות בלבד (ללא זיון) , עבור ביסוס על פלטות יסוד.   פרט קורת יסוד בק"מ 1:20(מבט וחתך), תכנית תבניות בלבד (ללא זיון).   1. תכנית רצפה תלויה (בק"מ 1:50), יצוקה על ארגזי פוליביד. תכנית תבניות בלבד (ללא זיון), עבור ביסוס על כלונסאות.   פרט קורת רצפה בק"מ 1:20 (מבט וחתך), תכנית תבניות בלבד (ללא זיון).   1. תכנית גג בק"מ 1:50 - תכנית תבניות בלבד (ללא זיון). 2. פרט קורת גג בק"מ 1:20 (מבט וחתך), תכנית תבניות בלבד. 3. חזית קונסטרוקטיבית. (ללא טיח, כולל חגורות אנכיות ואופקיות) | 1.2 |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **מבנה פלדה (א') 35 ש'** | | **פרק 2** |
| סרטוט סככה עם גג דו שיפועי עשוי מסבכי פלדה. | |  |
| **תכנון** **הנדסי של המבנה** הכולל:   * קביעת מיקום עמודים במבנה (עמודים עשויים מצינורות פלדה) * קביעת מיקום המסבכים. | 2.1 |  |
| **סרטוט תכניות עבודה** הכוללות:   * תכנית פלטות יסוד ומטווה סימון. (ק"מ 1:50) * פרט יסוד ללא זיון כולל עמוד יסוד וסימון ציר עמוד הפלדה. (ק"מ 1:20) * תכנית רצפה מלוחות בטון טרומיים. (ק"מ 1:50) * פרט חיבור בין קורה לרצפה בק"מ 1:20 (פרט עקרוני ללא זיון) * תכנית גג – כולל סכמת מיקום העמודים (תכניות צירים), * סימון המסבכים והמרישים וסימון חיזוקי הרוח בק"מ 1:50 * תכנית צירים של מסבך טיפוסי עם ציון מידות ציריות, בקנ"מ 1:20   הערה: את התכניות יש להגיש בתיק קרטון A4. התכניות יישמרו אצל המורה וישמשו להמשך העבודה בכיתה י"ב! | 2.2 |  |
| סיורים ומבחנים **15 ש'**  **סה"כ 150 ש'** | | |

**כיתה י"ב: 5 ש"ש התנסותית**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| מבנה בטון (ב') 30 ש' | | **פרק 3** |
| עיבוד תכניות הנדסיות למבנה פשוט, חד-קומתי, מדורג, עם גג בטון שטוח, בשטח של כ- 75 עד 100 מ"ר. (מומלץ להשתמש במבנה שסורטט במקצוע "יישומים בטכנולוגיות הבנייה" בכיתה י"א) | |  |
| **תכנון הנדסי של המבנה** הכולל:   1. קביעת מיקום עמודים במבנה 2. קביעת מיקום הקורות במבנה (קורות תחתונות, קורות עליונות ו/או קורות סמויות) 3. קביעת כיוון המתיחה של התקרה. 4. קביעת סוג התקרה (צלעות). 5. חלופות תכן לסוגי תקרות שונים. | **3.1** |  |
| **סרטוט** **תכניות עבודה** הכוללות:   1. תכנית יסודות ומתווה סימון (בק"מ 1:50) בשתי חלופות   א) פלטות יסוד.  ב) כלונסאות.  רשימת עמודים ויסודות לשתי החלופות. פרטי יסודות (בק"מ 1:20): פלטת יסוד ללא שיפועים, פלטת יסוד משופעת, פרט כלונס. הפרטים כוללים זיון.   1. תכנית קורות יסוד ורצפה מונחת (בק"מ 1:50) – תכנית תבניות בלבד (ללא זיון) , עבור ביסוס על פלטות יסוד.   פרט קורת יסוד בק"מ 1:20(מבט וחתך), תכנית תבניות בלבד (ללא זיון).   1. תכנית רצפה תלויה (בק"מ 1:50), בחלקה יצוקה על ארגזי פוליביד ובחלקה על תבניות - תכנית תבניות בלבד (ללא זיון), עבור ביסוס על כלונסאות.   פרט קורת רצפה בק"מ 1:20 (מבט וחתך), תכנית תבניות בלבד (ללא זיון).   1. תכנית גג בק"מ 1:50 - תכנית תבניות בלבד (ללא זיון).   פרט קורת גג בק"מ 1:20 (מבט וחתך), תכנית תבניות בלבד (ללא זיון).   * חזית קונסטרוקטיבית. (ללא טיח, כולל חגורות אנכיות ואופקיות) | **3.2** |  |
|  | |  |
| **מבנה פלדה (ב') 5 ש'** | | **פרק 4** |
| הוספת ממדים לסרטוט סככה עם גג דו שיפועי עשוי מפלדה שסורטט בכיתה י"א.  הערה: כהקדמה לביצוע התרגיל יש להראות ולהדגים חדירת צינורות בקטרים שווים ושונים ( אין צורך בסרטוט חדירות מדויקות, הכוונה לעקרונות בלבד) | |  |
| **תכנית מסבך ראשי מצינורות בק"מ 1:20.** | **4.1** |  |
| **שלושה פרטי צמתים במסבך** בק"מ 1:5 - 1:10:   1. חיבור מסבך/עמוד 2. צומת בין צינורות המסבך 3. חיבור המרישים | **4.2** |  |
| **פרט חיבור בין עמוד הסככה לעמוד היסוד** בק"מ 1:5 - 1:10. (ללא פרוט ברגי החיבור). | **4.3** |  |
|  | |  |
| **פרויקט גמר** 90 ש' | | **פרק 5** |
| תכנון הנדסי ועיבוד תכניות הנדסיות של המבנה שתוכנן במסגרת המקצוע "יישומים בטכנולוגיות הבנייה". התכנון מבוסס על העקרונות הנלמדים במסגרת מקצוע ההתמחות "מבוא למבנים".  הפרויקט יוגש בשני חלקים:   1. **סט תכניות ממוחשבות לביצוע.** הסרטוטים יתייחסו למבנה כולו (ראה פרוט בהמשך) 2. **עבודה עיונית הכוללת**: 3. חישובים סטטיים. החישובים הסטטיים יתייחסו לקטע מהפרויקט שיבחר ע"י התלמיד (לדוגמה: אחת התקרות). 4. הסברים על המהות ההנדסית של הפרויקט, ופרישת שיקולי התכנון ההנדסי. | |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **מטלות תכנוניות לביצוע**   * קביעת מיקום עמודים בכל המבנה. * קביעת מיקום קורות בכל המבנה. * קביעת סוגי התקרות בכל המבנה. * חלופות תכן לתקרה אחת (תקרה בעלת שדה וזיז או תקרה נמשכת על 2 קורות או יותר) * תכנון התקרה שנבחרה. התכנון כולל:   חישוב העומסים במצב שרות והרס, קביעת גובה התקרה, חישוב הערכים הסטטיים, חישוב כמויות הזיון הדרושות.   * תכנון 2 מקורות התקרה. התכנון כולל:   חישוב העומסים במצב שרות והרס, קביעת גובה הקורה, חישוב הערכים הסטטיים, חישוב כמויות הזיון הדרושות. בדיקת מאמצי גזירה (ללא חישוב הזיון). | **5.1** |  |
| **עיבוד תכניות הנדסיות**   * סרטוט תכנית יסודות ומתווה סימון של המבנה כולו. * סרטוט פרטי יסודות טיפוסיים. (נתונים הנדסיים יינתנו ע"י המורה) * עריכת טבלת יסודות (במידת הצורך). * סרטוט תכנית ריצפה (נתונים הנדסיים יינתנו ע"י המורה) * סרטוט 2 מבין קורות הרצפה כולל חתכים (נתונים הנדסיים יינתנו ע"י המורה) * סרטוט תכנית התקרה. * סרטוט 2 מבין קורות התקרה כולל חתכים. | **5.2** |  |

**סיורים ומבחנים 15 ש' סה"כ שעות 150 ש'**

**ביבליוגרפיה**

**סרטוט קונסטרוקציות -** ד"ר ש' סידרס - הוצאת מל"ט חולון (בתוספת תקציר ת"י 1228)

**ת"י 1228**

**ת"י 466, חלקים א' ו-ב'**

**המגמה להנדסת בנייה**

**מקצוע התמחות: תכנון הנדסי של מבנים**

**מקצוע לימוד: חישוב סטטי של מבנים**

300 ש' – כיתות י"א, י"ב

#### מטרות התכנית

###### להקנות לתלמיד כלים לתפישה קונסטרוקטיבית של המבנה ולהבנה עקרונית של ההיבטים הסטטיים שבו.

התכנית מכוונת להבנה עקרונית של ההיבטים ההנדסיים יותר מאשר לחישובים סטטיים מפורטים.

בשנה הראשונה (י"א) התלמיד יהיה מסוגל לזהות מבנים הנדסיים שונים, את מרכיביהם ותפקודיהם במערך הכולל.

בשנה השנייה (י"ב) התלמיד יהיה מסוגל לנתח את תפקודם של מרכיבים הנדסיים במבנה, להציע חלופות ולחשב אותן מבחינה סטטית.

#### דרכי הוראה

הלימודים, אף על פי שהם עיוניים במהותם, ילוו בהדגמות ופעילויות.

התכנים יילמדו באמצעות הרצאות, הסברים והדגמות הניתנות ע"י המורה ו/או ע"י התלמידים שיתכוננו לצורך זה בהדרכת המורה. ההרצאות ילוו בסרטי ווידאו, שקופיות, סרטים והדמיות מחשב, ובניית דגמים להמחשה.

בדרכי הוראת המקצוע יש ליצור קשר עם המקצועות "תורת המבנים", "יישומים בטכנולוגיות הבנייה" ו"סרטוט הנדסי של מבנים".

כיתה י"א: 3 ש"ש עיוניות

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| תכן מבנים 15 ש' | | **פרק 1** |
| תהליך התכן (תכן רעיוני, תכן ראשוני, תכן סופי) | **1.1** |  |
| **מושגי יסוד**   1. כוח, עומס 2. תנועה – הזזה וסיבוב 3. צמד כוחות, מומנט 4. שילוב כוחות – שקול כוחות | **1.2** |  |
|  | |  |
| **כוחות במבנה 20 ש'** | | **פרק 2** |
| מושגי יסוד  1. עומסים במבנה - שיווי משקל 2. תנאי השענה – דרגות חופש 3. כוחות פנימיים – דיאגרמת גוף חופשי 4. דפורמציה | **2.1** |  |
|  | |  |
| תאור איכותי של רכיבי מבנה 20 ש' | | **פרק 3** |
| **מבנים מישוריים ומבנים מרחביים** – הגדרות בלבד | **3.1** |  |
| **הגדרה של רכיב קוי ורכיב משטחי** | 3.2 |  |
| **מבני** **מוטות**  * כוח צירי * כוח גזירה * מומנט כפיפה  הטרחה. | **3.3** |  |
| **מבנה שריג ומבנה בדופן מלא** | 3.4 |  |
|  |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **סטטיקת מבנים 80 ש'** | | **פרק 4** |
| **סיום סטטי** – הגדרה | **4.1** |  |
| **מבנים מסוימים מבחינה סטטית**   1. קורות על שני סמכים – דיאגרמת מומנטים, כוחות גזירה וכוחות ציריים. 2. קורות זיז- דיאגרמת מומנטים, כוחות גזירה וכוחות ציריים. 3. קורות על שני סמכים עם זיז אחד או שניים - דיאגרמת מומנטים, כוחות גזירה וכוחות ציריים, מצבי עמיסה. 4. מסבכים (סימטריים, עומסים מרוכזים בצמתים) חישוב כוחות פנימיים. 5. קשתות וכבלים לפי קו תמיכה – חישוב כוחות פנימיים. | **4.2** |  |
| **מבנים בלתי מסוימים מבחינה סטטית.**   * קורות במפתחים שווים ועומס מפורס אחיד בכל השדות - דיאגרמת מומנטים, כוחות גזירה ומצבי עמיסה. | **4.3** |  |
|  |  |  |

#### סיורים ומבחנים 15 ש'

**סה"כ שעות 150 ש'**

**כיתה י"ב: 5 ש"ש עיוניות**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| התנהגות חומרים הנדסיים 15 ש' | | **פרק 5** |
| **קשיחות** **וגמישות** – הגדרות | **5.1** |  |
| **הגורמים המשפיעים** **על קשיחות וגמישות** - הגדרות   1. שקיעה 2. מודול אלסטיות 3. מומנט סטטי 4. מרכז כובד 5. מומנט אינרציה 6. מומנט התנגדות (מודול החתך) | **5.2** |  |
| **גובה סטטי ועיקרון דילול החומר**   * תסבולת * גובה סטטי * דילול החומר  1. יעילות מבנית ויחסה לצורת המבנה | **5.3** |  |
| **תכונות מכניות של חומרי בנייה**   * חוזק התכן * עיבור * עקום מאמץ – עיבור (חוק –הוק) * אלסטיות ופלסטיות * מקדם בטיחות | **5.4** |  |
| **תכונות של חומרי בנייה** **אופייניים**   * פלדה * בטון * עץ | **5.5** |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **אפיון מבנים 10 ש'** | | **פרק 6** |
| **יציבות – גיאומטרית , אלסטית** | **6.1** |  |
| **קריסה – כללית, צידית, מקומית** | **6.2** |  |
| **קשר בין סיום סטטי ליציבות** | **6.3** |  |
| **תנאים כלליים ליציבות מבנה שריג מישורי פירקי** | **6.4** |  |
|  | |  |
| תכנון מבני מוטות מישוריים 15 ש' | | **פרק 7** |
| **מוט מתוח** **(כבל)**   * חישוב חתכים של מוטות מתוחים (חתך עץ ו/או פרופיל פלדה בודד – לא מורכב.) * חישוב ערך המאמץ במוטות בעלי חתך נתון (חתך עץ ו/או פרופיל פלדה בודד – לא מורכב.) * חישוב התארכות (חתך עץ ו/או פרופיל פלדה בודד – לא מורכב.) | **7.1** |  |
| **מוט** **לחוץ (עמוד)**   * חישוב חתכים של מוטות לחוצים (חתך עץ ו/או פרופיל פלדה בודד – לא מורכב.) * חישוב ערך חוזק התכן במוטות בעלי חתך נתון (חתך עץ ו/או פרופיל פלדה בודד – לא מורכב.) * חישוב התכווצות (חתך עץ ו/או פרופיל פלדה בודד – לא מורכב.) | **7.2** |  |
| **מוט בכפיפה (קורה)**   * תכנון חתכי קורות לכפיפה (חתך עץ ו/או פרופיל פלדה בודד – לא מורכב.) * בדיקת חוזק התכן בחתכי קורות נתונות (חתך עץ ו/או פרופיל פלדה בודד – לא מורכב.) | **7.3** |  |
|  |  |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| תכנון אלמנטים מבטון מזוין 80 ש' | | | **פרק 8** |
| **עקרונות התכן** (ת"י 466 חלק א')   * מצבים גבוליים: מצב גבולי של שרות ומצב גבולי של הרס. * עומסים אופייניים ועומסי תכן – מקדמי בטיחות חלקיים לעומס. * חוזק אופייני וחוזק התכן – מקדמי בטיחות חלקיים לחוזק. | | 8.1 |  |
| **חישוב** **חתכים בכפיפה** – חתך בעל ציר סימטריה אחד לפחות.   * מצב גבולי של שירות – בדיקת גובה החתך (בעזרת טבלה) * מצב גבולי של הרס שיווי משקל פנימי * חישוב חוזק התכן בגזירה (ללא חישוב הזיון) | | 8.2 |  |
| **אלמנטים מבטון מזוין** (ת"י 466 חלק ב') | | 8.3 |  |
| תקרות מקשיות מתוחות בכיוון אחד.   * תקרה בעלת שדה אחד (בלי זיז ועם זיז) עמוסה ב-Fdmax לכל אורכה : קביעת גובה התקרה, חישוב הערכים הסטטיים (מומנטים וכחות גזירה) חישוב כמויות הזיון הדרושות, סידור הזיון, חישוב אורכי ברזלים (תרשים) * תקרה בעלת מספר שדות במפתחים שווים (2-5) עמוסה ב-Fdmax לכל אורכה : קביעת גובה התקרה, חישוב הערכים הסטטיים (מומנטים וכחות גזירה) חישוב כמויות הזיון הדרושות, סידור הזיון (תרשים) | 8.3.1 |  |  |
| תקרת צלעות מתוחה בכיוון אחד.   * תקרת צלעות בעלת שדה אחד(בלי זיז ועם זיז) – נשענת על קורות בולטות עמוסה ב-Fdmax לכל אורכה : קביעת גובה התקרה, חישוב הערכים הסטטיים (מומנטים וכחות גזירה) חישוב כמויות הזיון הדרושות בצלע ראשית ובצלע מחלקת, סידור הזיון, חישוב אורכי ברזלים (תרשים). * תקרת צלעות בעלת מספר שדות במפתחים שווים (2-5) נשענת על קורות בולטות עמוסה ב-Fdmax לכל אורכה : קביעת גובה התקרה, חישוב הערכים הסטטיים (מומנטים וכחות גזירה) חישוב כמויות הזיון הדרושות בצלע ראשית ובצלע מחלקת, סידור הזיון, חישוב אורכי ברזלים (תרשים). | **8.3.2** |  |  |
| קורות בולטות -מפתח אחד (בלי זיז ועם זיז), קורות בעלות מפתחים שווים (1-5). העמסה ב-Fdmax לכל אורך הקורה: קביעת גובה הקורה, חישוב הערכים הסטטיים (מומנטים וכחות גזירה) חישוב כמויות הזיון הדרושות, סידור הזיון, חישוב אורכי ברזלים (תרשים), בדיקת מאמצי גזירה (ללא חישוב הזיון). | **8.3.3** |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| מבוא למבנים מרחביים 15 ש' | | **פרק 9** |
| **הרחבת מושגי ההטרחה למבנים מרחביים** | **9.1** |  |
| **הרחבת מערכות מישוריות למערכות מרחביות** | 9.2 |  |
| **דוגמאות למבנים מרחביים** – קמרון (דוגמה למבנה לא מרחבי), קמטים, קליפות | **9.3** |  |

#### חזרות ומבחנים 15 ש' סה"כ שעות 150 ש'

**ביבליוגרפיה**

**מכניקה** **טכנית א'** **(סטטיקה)** - י' אלפרוביץ' - הוצאת אורט ישראל.

**תורת החוזק והאלסטיות, חלקים א' ו-ב'** - י' אלפרוביץ' - הוצאת אורט ישראל

**המכניקה של החומרים, חלקים א' ו-ב'** - ע' בן צבי - הוצאת מידות

**סטטיקה, אוסף בעיות, חלק א'** - מ' מנדל - הוצאת אורט ישראל, 1994

**סטטיקה, אוסף בעיות, חלק ב'** - מ' מנדל, ט' קלמנוביץ' - הוצאת אורט ישאל, 1992

**חישוב** **סטטי וקונסטרוקציות** - מ' מנדל - מח"ט חולון, 1998

**בטון** **מזוין**, **עקרונות** **התכן** - א' פיזנטי - הוצאת מכלול, 1993

**תקרות מבטון** **מזוין** - מ' רייס - הוצאת מכלול, 1994

**חוקת הבטון, ת"י 466, חלק א', עקרונות.**

**חוקת הבטון, ת"י 466, חלק ב', אלמנטים מבטון**

**סטטיקה,** **חוזק חומרים ובטון מזוין.** טבלאות עזר - הוצאת מח"ט חולון, 1995

**מבוא למבנים** - א' הנאור - המכון הלאומי לחקר הבנייה

#### 