

## תכנון הנדסי

## הוראות לנבחנים

א. משך הבחינה: ארבע שעות ו-45 דקות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה חמש שאלות. יש לענות על ארבע מביניהן.

לכל שאלה 25 נקודות.

ג. חומר עזר מותר בשימוש:

1. כל חומר עזר כתוב בכתב-יד או מודפס על דפים מאוגדים בקלסר/ים, חוברת טבלאות

2. סרגל קנ"מ

3. מחשבון. אין להשתמש במחשב כף יד או במחשבון עם תקשורת חיצונית

ד. הוראות מיוחדות:

1. עיינו היטב בכל השאלות לפני שתתחילו לענות עליהן.

2. את התרשימים (הסקיצות) יש לסרטט במחברת הבחינה בלבד, ובהקפדה על פרופורציות נכונות.

את החישובים יש לכתוב בעט, במחברת הבחינה בלבד.

3. השאלון מתבסס על ת"י 466:

חלק I ("חוקת הבטון"), יוני 2003, גיליון תיקון 3, מאי 2012

חלק II ("חוקת הבטון"), דצמבר 2015

ת"י 414 (2008): עומסים אופייניים במבנים – עומס רוח, גיליון תיקון ינואר 2009

ת"י 1225 חלק 1.1: תכן מבנים מפלדה: כללים כלליים וכללים עבור בניינים, יוני 2023

4. בכל שאלה ניתנו הנתונים לפתרונה. אם לדעתכם חסר נתון בשאלה, השלימו אותו על-פי ראיות עיניכם, ופתרו

בעזרתו את השאלה. ציינו בתשובה את הנתון שהוספתם.

5. בתשובה על שאלת חישוב, עליכם להציג את שלבי הפתרון באופן מפורט ולהסבירם בקצרה. כל תוצאת חישוב יש

להציג ביחידות המידה המתאימות, כמפורט בשאלון (עמוד 3).

6. בנספח ד' לשאלון זה מובא מילון מונחים בשפות עברית, ערבית, אנגלית ורוסית. תוכלו להיעזר בו בעת הצורך.

## הוראות למשגיחים:

יש לוודא שהתלמידים הדביקו את מדבקת הנבחן שלהם על הנספחים א', ב' ו-ג',

וצירפו אותם למחברת הבחינה.

כתבו במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונכם לכתוב כטייטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).

כתבו "טייטה" בראש כל עמוד טייטה. כתיבת טייטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה!

בשאלון זה 8 עמודים ו-4 עמודי נספחים.

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים,

אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

המשך מעבר לדף



בשאלון זה משתמשים בתקן הבין-לאומי (SI) ליחידות מידה, הנקראות **היחידות החדשות**.  
בתקן זה משתמשים בניוטון (N) כיחידת המידה של כוח, ובפסקל (Pa) כיחידת המידה של לחץ.

### הנחיות לשימוש ביחידות:

| היחידות החדשות                                                     | הגדרת היחידה          |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| $\text{kN} = \text{קילו ניוטון}$                                   | כוח מרוכז             |
| $\text{kN/m} = \text{קילו ניוטון/מטר}$                             | כוח מפורס ליחידת אורך |
| $\text{kN/m}^2 = \text{קילו ניוטון/מ"ר}$                           | כוח מפורס ליחידת שטח  |
| $\text{kN} \times \text{m} = \text{קילו ניוטון} \times \text{מטר}$ | מומנט                 |
| $\text{MPa} = \text{מגה פסקל}$                                     | מאמץ                  |

### **הערות:**

1. המידות באיורים נתונות ב**סנטימטרים** (cm), אלא אם מצוין אחרת.

2. נתונים כלליים **לפלדות**:

מאמץ מותר לכפיפה, ללחיצה ולמתיחה:  $\sigma = 140 \text{ MPa}$

מודול האלסטיות:  $E = 2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$

## השאלות

ענו על ארבע מבין השאלות 1-5 (לכל שאלה – 25 נקודות).

### שאלה 1

באיור לשאלה 1 מתואר תרשים עקרוני של קיר עם רגל מבטון מזוין התומך את הקרקע.

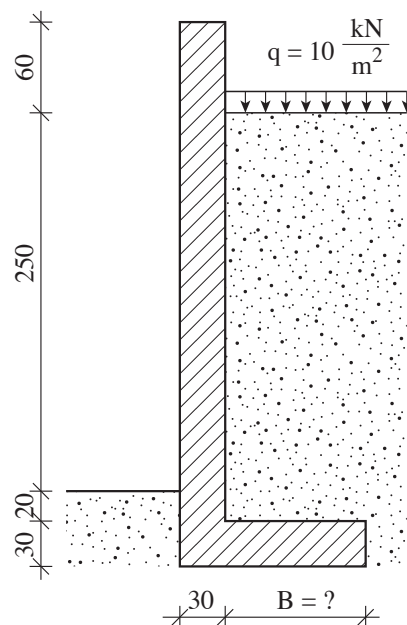
הערות:

1. יש להתחשב בלחץ הפסיבי של הקרקע.

2. יש להתחשב בעומס השימושי גם כעומס מייצב על הרגל.

נתונים:

- |                                              |                                      |
|----------------------------------------------|--------------------------------------|
| $q = 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$        | על הקרקע הנתמכת פועל עומס שימושי של: |
| $\gamma_c = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$ | המשקל המרחבי של הבטון:               |
| $\gamma = 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$   | המשקל המרחבי של הקרקע:               |
| $\varphi = 30^\circ$                         | זווית החיכוך של הקרקע:               |
| $\mu = 0.4$                                  | מקדם החיכוך של הבטון עם הקרקע:       |



קיר תומך עם רגל מבטון מזוין, ללא קנ"מ

### איור לשאלה 1

- 7 (נק') א. חשבו את פירוס המאמצים על הקיר וסרטטו אותם.
- 7 (נק') ב. חשבו את רוחב הרגל – המסומן באות B – הדרוש, כך שמקדם הביטחון להחלקה יהיה 1.5.
- 7 (נק') ג. חשבו את רוחב הרגל – המסומן באות B – הדרוש, כך שמקדם הביטחון להיפוך יהיה 2.5.
- 4 (נק') ד. מה יהיה רוחב הרגל – המסומן באות B – כך שמקדמי הביטחון להיפוך ולהחלקה יעמדו בדרישות שחישבתם בסעיפים ב' ו'ג' גם יחד?

## שאלה 2

באיור לשאלה 2 מסורטט, ללא קנ"מ, חתך של מדרגות כניסה למבנה תעשייה. מהלך המדרגות נשען משני צידיו על קירות מבטון מזוין.

## נתונים:

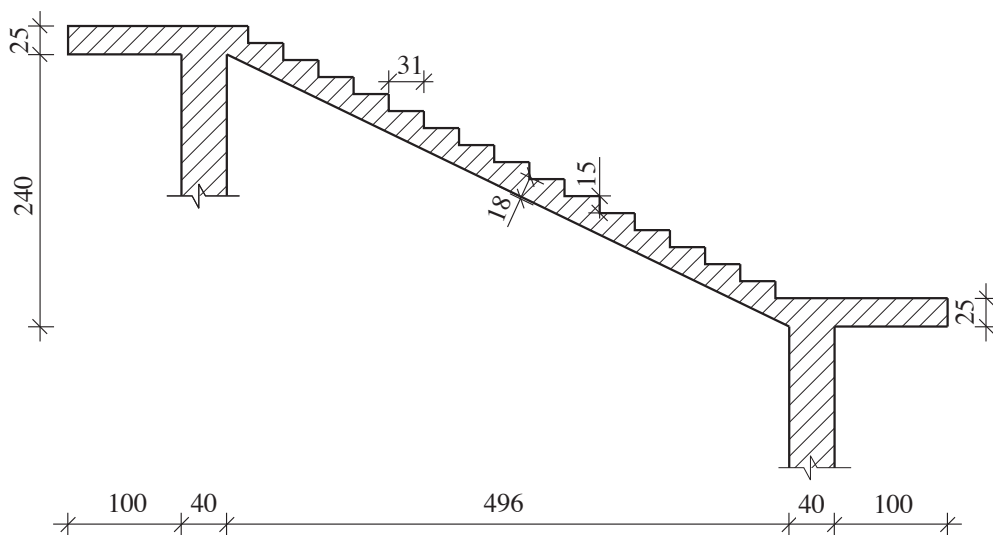
18 cm עובי הבטון של מהלך המדרגות והפודסטים:

המדרך המתוכנן על מהלך המדרגות והפודסט: בטון חשוף

סוג הבטון: ב-30, אגרגט גירי

רוחב המדרגות: 120 cm

העומס השימושי על המדרגות:  $5 \text{ kN/m}^2$



## חתך של מדרגות כניסה לבניין, ללא קנ"מ

## איור לשאלה 2

- (6 נק')** א. חשבו את המשקל העצמי של הפודסט והמדרגות.
- (7 נק')** ב. סרטטו את הסכמה הסטטית (האופקית, השקילה) של המדרגות, כולל עומסי השירות.
- (8 נק')** ג. חשבו ובדקו אם עובי מהלך המדרגות – 18 ס"מ – תקין על פי שיקולי הכפף של ת"י 466 .
- (4 נק')** ד. סרטטו סרטוט עקרוני של סידור הזיון בתוך מהלך המדרגות, וציינו לגבי כל ברזל אם מדובר בברזל תחתון או בברזל עליון.

### שאלה 3

בנספח א' לשאלה 3 מסורטטת, ללא קנ"מ, תוכנית של מחסן עם תוספת של גלריה מתוכננת, העשויה מקונסטרוקציית פלדה. הגלריה נשענת על הקירות ההיקפיים של המבנה, קורות פלדה ועמוד פלדה. מדרך (רצפת) הגלריה עשוי מלוחות עץ הנשענים על קורות פלדה.

#### נתונים:

גובה הגלריה: 3.0 m  
המרחק המרבי בין הקורות המשניות: 100 cm  
עומס התכן, כולל המשקל העצמי של הגלריה והעומס השימושי:  $6 \text{ kN/m}^2$   
אין להתחשב בעומס של המדרגות.

- (8 נק') א. סרטטו על-גבי נספח א' את הפתרון ההנדסי היעיל ביותר עבור הגלריה.
- (8 נק') ב. סרטטו במחברת סכמה סטטית של הקורות (ראשיות ומשניות). הסכמה תכלול את שם הקורות, שמות הסמכים, המידות ועומסי השירות.
- (6 נק') ג. תכננו את הקורות המשניות בגלריה מפרופיל RHS, וציינו את הפרופיל המתאים. הוכיחו באמצעות חישוב כי המאמץ בקורות עומד בדרישות החוזק המותר בפלדה.
- (3 נק') ד. תכננו את עמוד הפלדה מפרופיל IPE, וציינו את הפרופיל המתאים. אורך העמוד לקריסה 350 ס"מ.

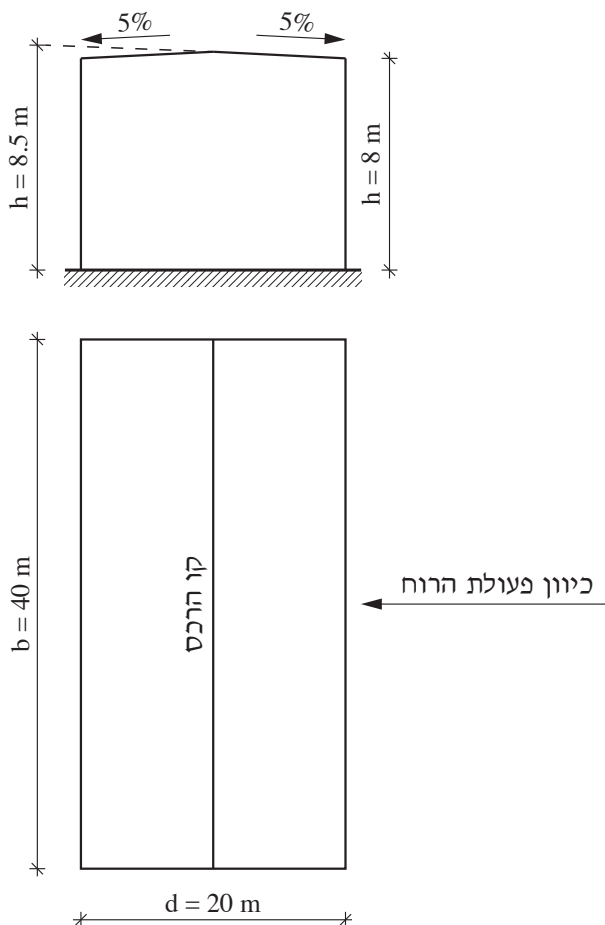
הדביקו את מדבקת הנבחן שלכם במקום המיועד לכך בנספח א', והדקו אותו למחברת.

#### שאלה 4

באיור לשאלה 4 מסורטטים, ללא קנ"מ, תוכנית וחזית של מבנה מלבני חד-קומתי. גג המבנה הוא דר-שיפועי. המבנה ממוקם באזור שטחים חקלאיים.

דרגת חספוס השטח: II

מהירות הייחוס הסביבתית של הרוח:  $V_b = 27 \text{ m/sec}$



תוכנית, ללא קנ"מ  
איור לשאלה 4

- א. (7 נק') חשבו את לחץ הייחוס הבסיסי,  $q_b$ , של הרוח.
- ב. (6 נק') מצאו מהתקן את מקדם החשיפה,  $C_e$ , עבור המבנה.
- ג. (6 נק') חשבו את לחצי הרוח על הקירות:
  1. (2 נק') חלקו את קירות המבנה לאזורים.
  2. (2 נק') קבעו את מקדם הלחץ החיצוני,  $C_{pe}$ , על הקירות בכל אזור.
  3. (1 נק') חשבו את לחצי הרוח הפועלים על כל אחד מהאזורים שעל קירות המבנה.
  4. (1 נק') סרטטו את תוכנית המבנה, וסמנו את פירוס הלחצים הפועלים על הקירות.
- ד. (6 נק') חשבו את לחצי הרוח על הגג:
  1. (2 נק') חלקו את גג המבנה לאזורים.
  2. (2 נק') קבעו את מקדם הלחץ החיצוני,  $C_{pe}$ , על הגג בכל אזור.
  3. (1 נק') חשבו את לחצי הרוח החיוביים הפועלים על כל אחד מהאזורים שעל גג המבנה.
  4. (1 נק') רכזו את תוצאות החישוב בטבלה.

## שאלה 5

בנספח ב' מסורטטת, ללא קנ"מ, תוכנית של קומת קרקע בבניין דו-קומתי.  
בנספח ג' מסורטטת, ללא קנ"מ, תוכנית תקרה של קומת קרקע.  
הקירות והמחיצות בנויים מבלוקים.  
המידות של חתך העמודים המתוכננים הן: 20/40 cm .  
אפשר למקם את העמודים בקירות החיצוניים ובתוך שטח הדירה, בתחום המחיצות.  
מאחר שרוחב העמודים גדול מעובי המחיצות, העמודים יבלטו מהמחיצות.  
מיקום העמודים ייקבע כך שהפגיעה בתכנון האדריכלי תהיה מזערית.  
לאחר שייקבע מיקום העמודים, יש לתכנן את התקרה של קומת הקרקע.

## שימו לב:

- יש לתכנן גם את הגגון בצד הדרומי של המבנה, הנמצא במפלס של תקרת קומת הקרקע.
- אין להוריד קורות תחתונות בתחום המבנה, אך ניתן לתכנן קורות תחתונות בתחום קירות החוץ. יש להתחשב בנתון זה כאשר קובעים את סוג התקרה.

## נתונים נוספים:

|                               |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| עומס שימושי:                  | $3.5 \text{ kN/m}^2$ |
| עומס קבוע נוסף:               | $3.0 \text{ kN/m}^2$ |
| סוג הבטון:                    | ב-30, אגרגט גירי     |
| המשקל המרחבי של הבטון המזוין: | $25 \text{ kN/m}^3$  |
| המשקל המרחבי של בלוקי איטונג: | $6 \text{ kN/m}^3$   |

- (6 נק')** א. סמנו על-גבי נספח ב' את מיקום העמודים בקירות החיצוניים ובתוך שטח המבנה.
- (10 נק')** ב. העתיקו לנספח ג' את העמודים שסימנתם בנספח ב' וסרטטו במחברת סכמה סטטית של התקרה. הסכמה תכלול את מיקום הקורות ואת כיוון השענת התקרה.
- (3 נק')** ג. קבעו את סוג התקרה המתאים ביותר לפתרון הסכמה, ונמקו את בחירתכם.
- (6 נק')** ד. סרטטו במחברת הבחינה סכמות סטטיות של התקרה והקורות. חשבו לפי סכמות אלו את עובי התקרה ואת ממדי הקורות הפנימיות (לפי המפתח המרבי), שאינן בהיקף הבניין, על פי שיקולי כפף של ת"י 466. ציינו על-גבי נספח ג' את ממדי הקורות.

**הדביקו את מדבקות הנבחן שלכם במקומות המיועדים לכך בנספח ב' ובנספח ג', והדקו אותם למחברת.**

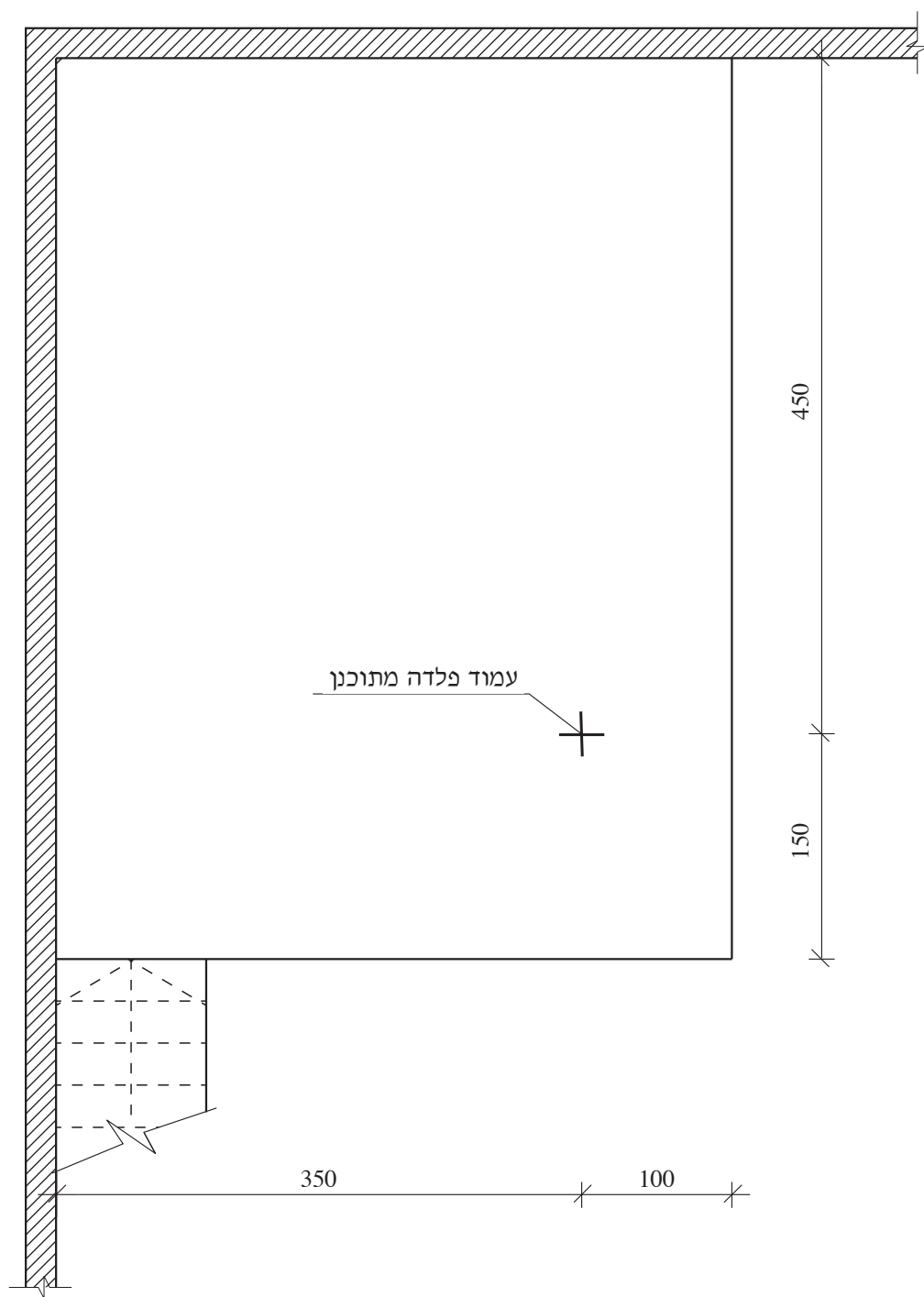
## בהצלחה!



נספח א' לשאלה 3 – סעיף א'

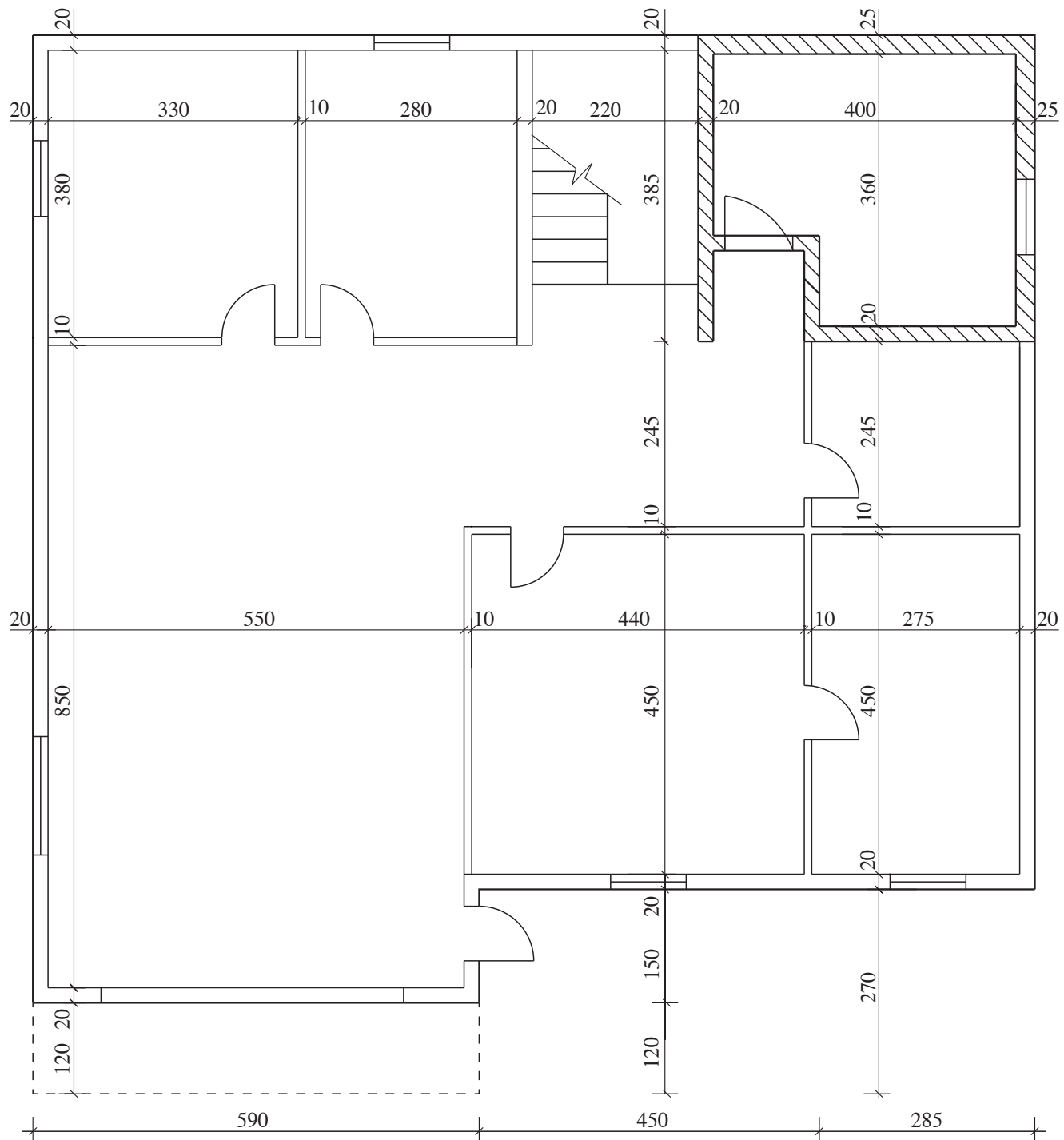
לשאלון 712937, אביב תשפ"ד

מקום נזכרת נהחן

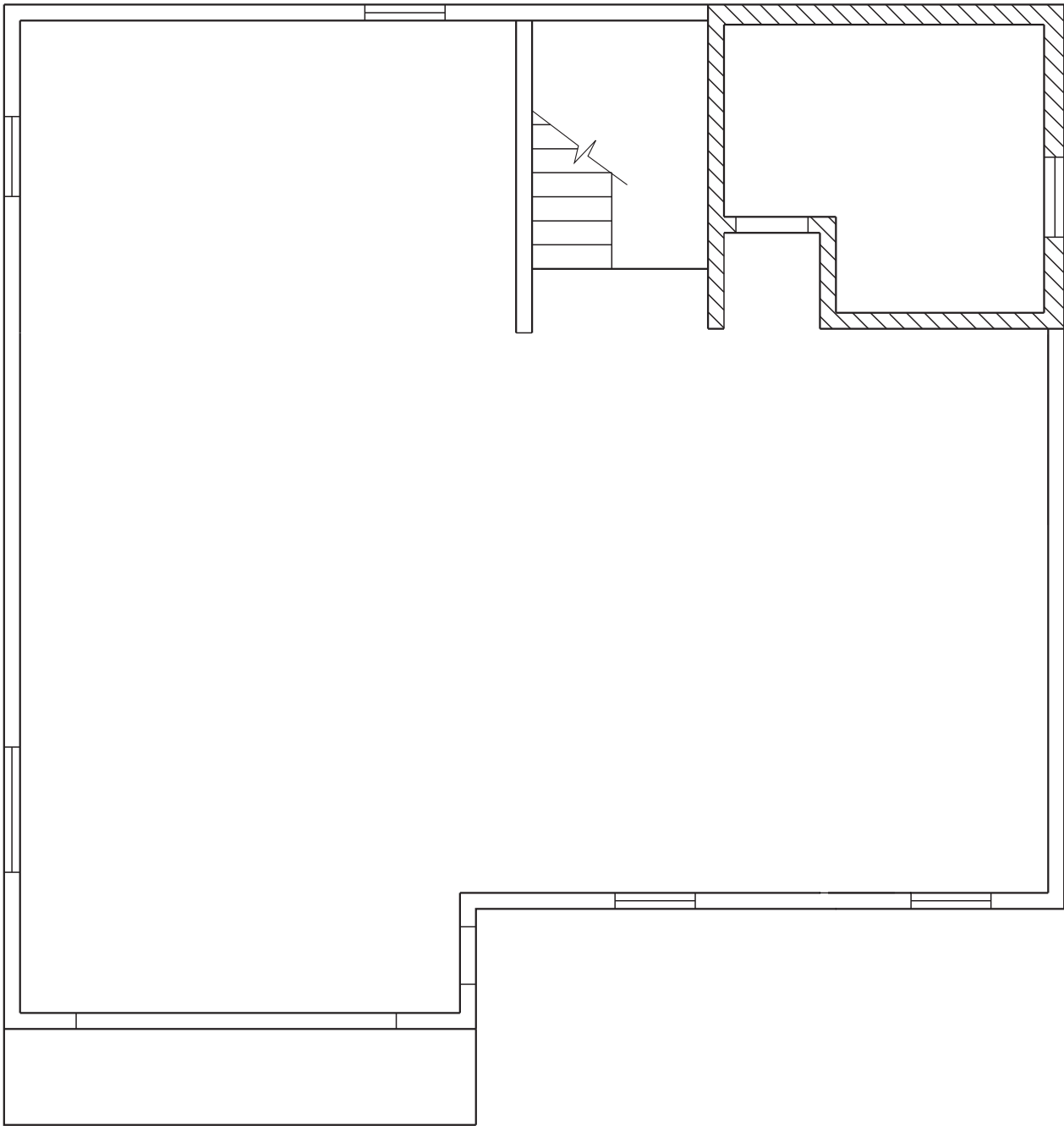


תוכנית גלריה, ללא קנ"מ

תוכנית מחסן עם תוספת של גלריה מתוכננת, ללא קנ"מ



תוכנית קומת קרקע, ללא קני"מ



תוכנית תקרה של קומת קרקע, ללא קנ"מ

נספח ד': מילון מונחים

לשאלון 712937, אביב תשפ"ד

| המונח        | תרגום המונח                              |                                            |                        |
|--------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------|
|              | ערבית                                    | רוסית                                      | אנגלית                 |
| אגרגט גירי   | صرار / ركام طباشيري                      | меловой агрегат                            | calcite aggregate      |
| אורך קריסה   | الطول لحساب الانهيار                     | длина продольного изгиба                   | buckling length        |
| יציבות       | ثبات                                     | устойчивость                               | stability              |
| כוח גזירה    | قوة القص                                 | поперечная (перерезывающая) сила           | shear force            |
| כוח מפורס    | قوة موزعة                                | равномерно распределенная нагрузка         | distributed force      |
| כוח מרוכז    | قوة مركزة                                | сосредоточенная нагрузка                   | concentrated force     |
| כוח צירי     | قوة محورية                               | продольная нагрузка                        | axial force            |
| כוח תגובה    | رد فعل / قوة دافعة                       | (ответная) реакция                         | reaction force         |
| כוח תכן צירי | قوة محورية للتخطيط                       | расчетная продольная нагрузка              | design axial force     |
| כפף          | ثني / تقوُّس                             | прогиб                                     | deflection             |
| לחיצה        | ضغط                                      | сжатие                                     | compression            |
| מהלכים       | مُجَرَّيات / مُحَطَّطات                  | эпюры                                      | diagram                |
| מומנט התמד   | عزم الاستمرارية                          | момент инерции                             | moment of inertia      |
| מומנט כפיפה  | عزم الثني                                | изгибающий момент                          | bending moment         |
| מסבך         | تشكيلة من المواسير الفولاذية (جائز شبكي) | ферма                                      | truss                  |
| מרכז כובד    | مركز ثقل                                 | центр тяжести                              | center of gravity      |
| משקל מרחבי   | وزن وحدة الحجم                           | объемный вес                               | bulk weight            |
| משקל עצמי    | وزن ذاتي                                 | собственный вес                            | self weight            |
| מתחה         | شد                                       | растяжение                                 | tension                |
| סמך נייד     | مِسْنَدٌ مُتَحَرِّكٌ                     | подвижная опора                            | mobile support         |
| סמך קבוע     | مِسْنَدٌ ثَابِتٌ                         | неподвижная опора                          | fixed support          |
| עומס קבוע    | وزن ثابت                                 | постоянная нагрузка                        | fixed load             |
| עומס שימושי  | وزن مُنَغِّير                            | временная (полезная нагрузка)              | operational load       |
| פלדה מצולעת  | حديد مُضَلَّع                            | профилированная арматура                   | ribbed reinforced bars |
| קורה         | عَرَقَة / جِسْر                          | балка                                      | beam                   |
| קורה סמויה   | عَرَقَة / جسر مَخْفِي                    | скрытая балка (в толщине перекрытия)       | latent beam            |
| ריתוך        | لحام                                     | сварка                                     | welding                |
| תמירות       | نُحُول                                   | высокий элемент малого поперечного сечения | slenderness ratio      |