

## עומסים על מיבנים

דף מידע מאת: יצחק קשלס

### א. סוגי העומסים העשויים לפעול על מבנים

בקרב ציבור המשתמשים במיבנים והמאכלסים אותם (לרבות מיבנים של מיפעלים ושל מקומות עבודה אחרים), יש בדרך כלל מודעות נמוכה מאד ביחס לכוחות ולעומסים הפועלים על המיבנים. בדרך כלל, הם יוצאים מתוך הנחה שהמיבנה תוכנן וגם ניבנה כזאת ולפיכך אין יותר צורך להקדיש תשומת לב או מחשבה כלשהי בדבר עמידותו בפני עומסים שונים.

חוסר המודעות הנ"ל אינו במקומו, במיוחד כאשר מדובר בעומסים השימושיים. כל מי שמשתמש במיבנה או אחראי על הפעולות והשימושים שנעשים בו, חייב להיות מודע קודם כל לעומסים השימושיים שעבורם תוכנן מיבנה זה מלכתחילה. מידע זה יאפשר לו גם להימנע מהעמסת המיבנה בעומסי יתר – דבר שעלול לסכן את שלמות המיבנה ואת יציבותו.

מאידך, קיימים גם מיקרים שבהם חשוב שהמשתמשים במיבנה יהיו מודעים גם לעומסים האחרים העשויים לפעול עליו ואשר לא נילקחו בחשבון מלכתחילה. זאת, לא רק במיקרים (שאינם כל כך נדירים) שבהם המיבנה בוצע ללא תכנון של מהנדס (תכן), אלא לעיתים אפילו במיקרים שהמיבנה בוצע לפי תכנית החתומה ע"י מהנדס – כפי שנפרט להלן, באחד מדפי המידע שבהמשך. ההתייחסות לכל סוגי העומסים במיבנים, מצויה במספר תקנים ישראליים וביניהם בתקן הישראלי ת"י 412 (משנת 1992): "עומסים במיבנים – עומסים אופייניים". ראוי לציין, שעל פי תקנות התכנון והבנייה, הקונסטרוקציות הנושאות של מיבנים יתוכננו וגם יבוצעו בהתאם לתקנים הנ"ל ולפיכך, דרישותיהם של התקנים הן דרישות חוק מחייבות.

כאן המקום להתייחס למושג "עומסים אופייניים". עומסים אלה הם הכוחות שהמיבנה יעמוד בפניהם בפועל – כלומר, העומסים שיופעלו עליו במציאות. לעומתם ראוי לציין כאן, שהמהנדס מתכנן את המיבנה ל- "עומסי תכן", שהם העומסים האופייניים מוכפלים במקדמי בטחון (לעומס) – כלומר, עומסי התכן גדולים מהעומסים האופייניים. לסוגי העומסים השונים יש מקדמי בטחון שונים – המוגדרים בתקן. גודל העומסים בתקן הוא ביחידות של ק"נ (קילו-ניוטון) ו-ק"נ למ"ר (קילוניוטון למטר רבוע). בדפי מידע אלה, אנו נתרגם את העומסים שבתקן ליחידות המוכרות יותר לציבור הרחב: ק"ג (קילוגרם) ו-ק"ג למ"ר.

$$100 \text{ ק"ג} = 1 \text{ ק"נ}$$

$$100 \text{ ק"ג למ"ר} = 1 \text{ ק"נ למ"ר}$$

העומסים הפועלים על המיבנה יכולים להיות כוחות מרוכזים (ב-ק"נ או ב-ק"ג) – המופעלים על נקודות בודדות מסוימות במיבנה – או מפורסים. עומסים מפורסים אפשר שיהיו:

- מפורסים על שטח (ב-ק"נ למ"ר או בק"ג למ"ר).
- מפורסים קווית – לאורך קורה, אגד, פטה וכד' (ב-ק"נ למטר או ב-ק"ג למ').

בדפי מידע אלה יהיו (כאמור) כל העומסים ב-ק"ג (קילוגרמים).

**ת"י 412 לעומסים אופייניים במיבנים**, קובע 3 קבוצות של סוגי עומסים העשויים לפעול על המיבנה:

- 1 – עומסים קבועים;
- 2 – עומסים משתנים;
- 3 – עומסים אקראיים.

בנוסף לכך, קיימים מיקרים, שבהם צריך לקחת בחשבון גם השפעות דינמיות של עומסים.

**(1) עומסים קבועים**

אפשר שיהיו:

- א - משקליהם של חלקים במיבנה ובכללם חלקים של הקונסטרוקציה הנושאת וגם חלקים השייכים לאלמנטים משלימים לשייכים למיבנה – לרבות אלמנטי גימור (טיח, ריצוף, ציפוי באבן, מחיצות פנימיות ועוד).
- לחישוב משקל עצמי של חומרי בניין וחלקי מיבנה שונים, אפשר להשתמש בערכים האופייניים הנקובים ב-ת"י 109.
- ב - משקל ולחץ של קרקע (כולל לחץ אופקי) – לפי ת"י 940.
- ג - כוחות דריכה – בחלקי מיבנים שבהם מתבצעת דריכה (לפי ת"י 466 - חוקת הבטון - חלק 3).
- הבהרה:** "הדריכה" – בהקשר למיבנים (בד"כ מיבני בטון) – היא הפעלה מוקדמת של כוחות על המיבנה, הנעשית ע"י מתיחת מוטות או כבלי פלדה בעלי חוזק גבוה, באופן שמגדיל את עמידות המיבנה בפני עומסים חיצוניים מסויימים (עומסים הגורמים לכפיפה או למתיחה ועוד).

**(2) עומסים משתנים**

א - עומסים משתנים הפועלים למשך זמן ארוך:

אפשר שיהיו:

- משקל ציוד מוגדר, כגון משקל של: מנועים, מעליות, מנופים, עגורנים, מיכלים, מערכות של צינורות ומיתקנים אחרים;
- לחץ של גזים ומשקל ולחץ של חומרים שפיקים;
- משקל ולחץ של מים ונוזלים אחרים;
- משקל האבק או השחק הנוצרים בתהליכי ייצור או אחסנה;
- חלק מהעומסים השימושיים – הפועלים למשך זמן ארוך, בהתאם לייעוד המבנה;
- השפעות של שינויי טמפרטורה לטווח ארוך;
- השפעות הצטמקות וזחילה של חומרים;
- השפעות של שקיעות הבדליות של יסודות.

ב - עומסים משתנים הפועלים למשך זמן קצר:

- רוב העומסים השימושיים (שיפורטו בדף המידע 1279 - חלק ז');
- עומס שלג;
- השפעות של שינויי טמפרטורה לטווח קצר.

ג - עומסים משתנים הפועלים למשך זמן קצר מאד:

- עומסי הפעלה של מנופים ועגורנים – לרבות עומסי הרמה, הנעה, בלימה ודומיהם;
- עומסי תפעול של כלי רכב (למעט עומס שימושי בחניונים), מלגזות, מסוקים ודומיהם;
- עומסים הנוצרים בשלבים של ייצור, הובלה והקמת המבנה;
- עומסים על מעקים (ע"פ ת"י 1142 למעקים) – עומסים אנכיים וגם אופקיים;
- עומס רוח (ע"פ ת"י 414) – במיוחד עומסים אופקיים, אך גם אחרים.

**(3) עומסים אקראיים**

- א. עומסים סייסימיים (השפעות של רעידות אדמה) – לפי ת"י 413;
- ב. עומסים הפועלים במבנה כתוצאה מהרס של רכיב נושא שלו (מבחינת הסכנה של התמוטטות שרשרת);
- ג. עומסים מיוחדים, כגון: עומסי פיצוץ, עומסים נוספים למקלטים, עומסי הולם של כלי רכב.

עומסים מיוחדים נוספים עבור מיקלטים לסוגיהם ועבור מרחבים מוגנים (דירתיים, קומתיים ומוסדיים) עורפיים וקידמיים – מפורטים ב-תקנות ההתגוננות האזרחית (מפרטים לבניית מיקלטים) התש"ן 1990. הדרישות בנוגע למרחבים מוגנים מצויות בתוספות ועידכונים של המיפרטים האלה, שפורסמו לאחר שנת 1990 – ע"פ לקחים ממלחמת המפרץ.

## ב. השפעות דינמיות על מיבנים

כאשר פועלים עומסים דינמיים על מיבנה, נוהגים בדרך כלל "לתרגם אותם" לעומסים סטטיים שווי ערך – ע"י הכפלת העומס הסטטי במקדם דינמי נתון. תכן הקונסטרוקציה נעשה במיקרים אלה (ע"י המהנדס) בחישובים סטטיים לעומסים המוגדלים האלה.

את המקדם הדינמי או את העומס הסטטי שווה הערך (הגדול מהעומס הסטטי) מקבל בד"כ מהנדס הקונסטרוקציה כנתון, מהגורם שמתכנן, מייצר, מספק או מרכיב - את המיתקן העשוי לגרום לעומסים הדינמיים (מכונה, מעלית, כלי ממונע נייד, עגורן או כלי הרמה אחר וכד').

באשר למשתמשים במיבנה (או לאחראים על השימוש במיבנה), גם הם צריכים להיות מודעים לכך, שאם במהלך השימוש בו מופעלים עליו עומסים דינמיים, הם יגרמו למאמצים גדולים יותר באלמנטים הנושאים של הקונסטרוקציה, מאלה שהיו ניגרמים רק ע"י העומסים הסטטיים השימושיים – הנובעים בעיקר ממישקל הצידוד, החומרים והאנשים המצויים בזמן השימוש על אותה תיקרת מיבנה.

סיכון מיוחד ומוגבר, שיש לתת עליו את הדעת, עלול להיגרם ע"י עומסים דינמיים מחזוריים הנמשכים פרק זמן ניכר. אלה עשויים להכניס את המיבנה לתנודות העלולות להתגבר ממחזור למחזור – במידה והתנודה העצמית של המיבנה תהיה בעלת תדירות או זמן מחזור דומה לזה של העומסים המחזוריים המופעלים עליו (או כפולה שלמה שלו).

חישובים שלוקחים בחשבון את הסיכון הזה מצריכים יידע מיוחד, שחלק ניכר ממהנדסי הקונסטרוקציות (של בניינים) אינם מצויידים בו. טיפול בנושא זה מצריך איפוא פנייה למהנדסים יועצים שהתמחו בו.

## ג. מיבנים שהוקמו ללא תיכנון הנדסי (תכן)

לעתים קרובות ניתקלים במיבנים או בחלקי מיבנים, שבוצעו ע"י מסגרים או נגרים וכד' – ללא כל מעורבות של מהנדס. לעתים קרובות מדובר במישטחי גלריות מוגבהים, שהוקמו כתוספות בתוך המיבנה, לצורכי אחסנה או לשימושים אחרים ואין לאף אחד במיפעל מושג כלשהו בדבר העומסים שמותר לאחסן או להעמיס מעליהם. קורה גם, שאפילו מיבנים שלמים בוצעו ללא תכן הנדסי.

בחלק מן המיבנים הנ"ל, לא הובטחה גם יציבותם ועמידותם בפני כוחות נוספים (שאינם שימושיים) ובעיקר בפני כוחות אופקיים – עומסי רוח, עומסים מרעידות אדמה ואחרים.

במקרים כאלה יש לפנות ליעוץ של מהנדס קונסטרוקציות מוסמך ורשוי - לקבלת הערכה של העומסים השימושיים המותרים על המיבנים הקיימים ובמידת הצורך, לקבלת ייעוץ (בכתב ו/או בשירותים – חתומים) בדבר תיקונים וחיזוקים שיש להוסיף להם – שיתבססו על חישובי יציבות וחוזק ושיבוצעו בפקוחו של המהנדס.

לאחר קבלת הייעוץ הזה, מומלץ להתקין שילוט שעליו יצוין העומס השימושי שמותר להעמיס על אותה תיקרה או חלק מיבנה.

עבור עומסים שימושיים מסויימים (גדולים) קיימת חובה (ע"פ דרישות חוק - תקנות התכנון והבנייה - וגם ע"פ דרישת התקן- ת"י 412 לעומסים אופייניים במיבנים) להציב שילוט שבו יצוין העומס השימושי המותר.

## ד. הקמת מיבנה ע"פ תוכניות שהוכנו לאתר אחר

תופעה אחרת הקיימת ביחס למיבנים של מיפעלים מסויימים (ולא רק ביחס למיפעלים) נוגעת לתוכניות שלפיהן ניבנו בניינים אלה.

לעתים מתברר, שמיבנים הוקמו אומנם על פי תוכניות, שהקונסטרוקציה שלהם תוכננה בצורה נאותה ע"י מהנדס קונסטרוקציות בעל כישורים מתאימים, אבל התוכניות (החתומות אמנם ע"י המהנדס), הוכנו עבור אתר בנייה המצוי במקום אחר.

המיבנה הנוסף, שהוקם על פי אותן תוכניות, קרוב לוודאי שיהיה זהה למיבנה המקורי שעבורו הוכנו התוכניות החתומות, אך חשוב מאד לציין, שביחס למבנה הנוסף - שהוקם ע"פ אותן תוכניות - מתעוררות מספר בעיות חמורות:

### (1) אחריות המהנדס

באם המיבנה הוקם ללא רשותו של המהנדס המתכנן וללא ידיעתו, סביר להניח שהוא הוקם גם ללא היתר בנייה שבו יש חתימה של המהנדס - חתימה המטילה עליו אחריות ליציבות שלד המבנה - מבחינת התיכנון. במצב כזה, אין שום ערך לחתימת המהנדס על התוכניות, מכיוון שהתוכניות והחתימה מתייחסות להיתר בנייה שניתן לאתר אחר. יוצא איפוא, שעל המיבנה השני שהוקם, אין אחריות של מהנדס לתכן הקונסטרוקציה.

### (2) פיקוח עליון של המהנדס

החוק מחייב, שבמהלך ההקמה של כל מיבנה יהיה פיקוח עליון, של המהנדס המתכנן - על הקמתו של המיבנה ע"פ התיכנון. במיבנה שיוקם ללא רשותו וללא ידיעתו של המהנדס המתכנן, לא יהיה כמובן פיקוח עליון של המהנדס על הקמתו.

### (3) עומסים אופייניים לאתר

למיבנה שתוכנן לאתר מסויים נלקחו בחשבון, בחישובי היציבות והחוזק, עומסים מסויימים המתאימים ספציפית לאותו מקום, אך הם עלולים שלא להתאים לאתר אחר. עומסים העשויים להשתנות מאתר לאתר יכולים להיות בין השאר:

#### א - עומסי הרוח

ע"פ התקן לעומסי רוח (ת"י 414) תלוי גודל העומסים האלה, בין השאר:

- במיקום הגיאוגרפי של האתר - באיזה איזור בארץ הוא;
- בגובה מקום אתר הבנייה מעל לפני הים;
- בתנאים המקומיים שבסביבה הקרובה לאתר - האם יש מיבנים נוספים בסביבתו; האם הם גבוהים או נמוכים מהמבנה המתוכנן; האם השטח סביבו פתוח או שהוא מצוי במקום נמוך; האם הוא מצוי בקרבת הים וכד'.

#### ב - עומסים סיסמיים (מרעידות אדמה)

ע"פ ת"י 413, לתיכנון עמידות מיבנים לרעידות אדמה, עומסי רעידות האדמה שעבורם תחושב ותתוכנן עמידות המיבנה, משתנים גם הם על פי המיקום של האתר בארץ. לתקן מצורפת מפה, שבה מסומנים האזורים השונים - יש אזורים המועדים יותר מאחרים לרעידות אדמה, ובהם יילקחו בחשבון עומסים סיסמיים גבוהים יותר.

#### ג - עומסי שלג וקרח

בת"י 412 יש פרק המתייחס לעומסים אלה.

ערכי עומסי שלג וקרח בארץ תלויים לא רק בצורת המיבנה ובצורת הגג ושיפועיו, אלא גם ובעיקר בגובה האתר מעל לפני הים. כן קובעים גם התנאים הסביבתיים בקירבת המיבנה המתוכנן - בדומה להשפעת הסביבה הקרובה על עומסי הרוח. בתקן יש התייחסות ניפרדת ומיוחדת לעומסי שלג באזור החרמון.

### (4) ביסוס וקרקע

התשתית והקרקע קובעים את סוג הביסוס שיש לתכנן עבור המיבנה. עבור מיבנים הזוהים זה לזה בצורה החיצונית והגימור, יש להתאים ביסוס ויסודות ע"פ סוג ותנאי הקרקע שבאתר הבנייה וזה עשוי להשתנות במידה רבה מאתר לאתר - לעתים אפילו במיקרים שהאתרים השונים קרובים זה אל זה.

במיבנה שבו תוכנן הביסוס לסוג שונה של קרקע או אפילו לתנאי קרקע אחרים, עלולות להגרם שקיעות ותזוזות ביסודות, שיגרמו לסדקים ולשברים בחלקי מיבנה, שיסכנו את שלמותו ואת יציבותו.

## ה. שילוט ומידע על עומסים שימושיים מותרים

מקור המידע על העומסים השימושיים המותרים על משטחי רצפות ותקרות בבניין קיים, הוא אצל המהנדס שתיכנן את הקונסטרוקציה הנושאת של המיבנה. המהנדס אמור לתכנן את המיבנה – בהתאם ליעודו – לעומסים שימושיים לפי ת"י 412.

מכל מקום, המציאות בשטח היא, שהמידע על העומסים השימושיים המותרים, אינו מצוי בדרך כלל ביד המשתמשים במיבנה או האחראים על השימוש בו. ואמנם, התברר לעתים קרובות, שלאף אחד מן הגורמים במיפעל אין מידע ברור ומוסמך בדבר העומסים השימושיים שמותר להעמיס על הרצפות השונות שבמיבנים.

האמת היא, שגם אם ננסה לעיין במיסמכים של היתרי הבנייה – שבהם רשומים הייעודים והשימושים שעבורם ניתן היתר הבנייה (כגון: למגורים, למישרדים, לכיתות לימוד בבית ספר, לאירועי שמחות, לאסיפות וכד') – לא נימצא בהם אינפורמציה בדבר העומסים השימושיים המותרים. זאת מכיוון שבתקנות התיכנון והבנייה ובטופסי הבקשה למתן היתר, אין כיום דרישה לציין עומסים אלה בבקשה להיתר ו/או בהיתר הבנייה עצמו – יש בהם (כאמור) רק דרישה לציין את השימושים שייעשו במיבנים או בחלקי המיבנים השונים (ייעודם).

לאור הדברים האחרונים הנ"ל, העליתי לאחרונה הצעה – במסגרת דיוני ועדת המישנה לתקנות בנייה שבמישרד הפנים – לכלול את הנתונים של העומסים השימושיים המותרים הנדרשים במיבנים מתוכננים, בבקשות להיתר וגם בהיתר עצמו – לצד הייעודים המתוכננים. במקביל הצעתי לכלול דרישה זו בתקנות התיכנון והבנייה. רוב הנוכחים בדיון הביעו תמיכה בהצעות אלה, אשר אם הן תתקבלנה, ייווצר מצב שבו ניתן יהיה למצוא מידע בדבר העומסים השימושיים עבור בניין נתון, לא רק בחישובים הסטטיים של המהנדס.

כך או אחרת, מומלץ לעתים קרובות לנסות ולהשיג את המידע על העומסים השימושיים המותרים על רצפות בשטחי המיפעל ולהציב, במקומות שזה מתבקש, שלטים שבהם יצוינו העומסים השימושיים המותרים האלה.

### מיקרים שבהם קיימת חובת שילוט בדבר עומסים שימושיים מותרים:

ראוי להדגיש כאן, שבתקנות התכנון והבנייה – (בקשה להיתר תנאים ואגרות) ובמקביל, גם בתקן הישראלי ת"י 412 לעומסים אופייניים במיבנים, יש דרישה שמחייבת - במיקרים מסויימים - התקנת שילוט שעליו יצויין העומס השימושי המותר.

דרישה זו מצויה בסעיף 5.09 שבתוספת השנייה לתקנות התכנון והבנייה (בקשה להיתר תנאים ואגרות) שבו נאמר:

#### "5.09 חובת שילוט לציין עומס שימוש מותר"

עולה העומס השימושי על רצפה על חמש מאות קילוגרמים למטר מרובע, יוצב במקום בולט לעין שלט לציין העומס השימושי המותר על הרצפה האמורה"

בת"י 412 יש דרישה דומה. בסעיף 1.8 שם נאמר:

#### "1.8 שילוט"

יש לקבוע במבנה שלט בולט לעין, המציין את העומס האופייני השימושי, בכל מקום שבו עומס זה הוא 5.0 ק"ג למ"ר ומעלה. כן ייקבע שילוט בולט לעין, המציין את העומס האופייני השימושי בכל מקום אחר, כנדרש בתקן זה."

איזכורים נוספים בדבר דרישה לשילוט, מצויים בת"י 412 גם בקשר לעומסים הבאים:

- עומסים הנגרמים ע"י מכוונות וציוד כבד;
- עומסים הנגרמים ע"י עגורנים;
- עומסים הנובעים מכלי רכב כבדים – שמשקלם הכולל עולה על 2500 ק"ג (25 ק"ג);
- עומסים במינחתי מסוקים על מבנים.

ראוי להעיר כאן, שדרישת החוק לשילוט בשטחי תיקרות המועמסים בעומסים שימושיים מפורסים העולים על 500 ק"ג למ"ר, כמעט שאינה מתבצעת בשטח ואין אכיפה נאותה לקיום הדרישה הזאת. באשר לעומסים הנובעים מכלי רכב, חובת השילוט מתבצעת בדרך כלל בדרכים ציבוריות, על גשרים וכד' אך אינה מתבצעת לעיתים קרובות במקומות המצויים בתוך מיבנים – שאליהם נכנסים כלי רכב כבדים.

אי קיומה של הדרישה לשילוט, חושפת כמובן את התיקרות האלה לסיכונים של העמסות יתר העלולות לגרום להתמוטטותן.

## 1. עומסים של מכונות ועגורנים

הדרישות שלהלן – המתייחסות לעומסים אפשריים על מיבנים העשויים להגרם ע"י מכונות, ציוד כבד או עגורנים - לקוחות מתוך התקן הישראלי ת"י 412, העוסק בעומסים אופייניים על מיבנים.

### (1) עומסים ממכונות ומציוד כבד אחר

העומסים ייקבעו על פי דרישות המזמין וערכם לא יהיה קטן מנתוני הציוד. יש להביא מראש בחשבון, גם אפשרויות לשינויים צפויים במערך המכונות והציוד.

#### א – הנתונים של המכונות והציוד יכללו:

- 1 – תרשים מערך הצבת המכונות והציוד, הכולל את מידותיהם ומיקומם המדויק בתוך המבנה.
- 2 – נתוני העומסים המפורסם שווה והעומסים המרוכזים, ומיקומם המדויק בתוך המבנה.
- 3 – נתוני הבסיסים עליהם ממוקמים המכונות והציוד.
- 4 – עומסים סטטיים שקילים במכוונת וציוד המפעילים עומסים דינמיים.
- 5 – במכונות המפעילות עומסים דינמיים אנכיים או אופקיים שיש להביאם בחשבון בנפרד מהעומס הסטטי – את נתוני הכוחות האינרציוניים האופייניים, את כיוונם, מקדמי בטיחות נוספים ואת יתר הנתונים הדרושים לחישוב העומס הדינמי.
- 6 – כל נתוני העומסים ייקבעו בהתאם למפרטים טכניים או לקטלוגים של היצרן, או בהתאם לתעודות, לתכניות ולשרטוטים של היצרן.
- 7 – נתוני הציוד יכללו בנפרד משקל עצמי, משקל חומרי בידוד, משקל כולל של הציוד בעת מילוי בחומרים, כגון: דלק או חומרי גלם להפעלתו, וכל הנתונים הנוספים הדרושים לקביעת העומס המרבי במצב שרות.

#### ב – עומסים נוספים שייקחו בחשבון יכללו:

- 1 – עומסי צנרת וכל מערכת אינסטלציה אחרת הקשורה לציוד ומובילה אליו.
- 2 – משקל ועומסים של ציוד נוסף, המופעל בזמן ההובלה, ההרכבה והתחזוקה, לרבות ההשפעה הדינמית שלהם.
- ג – השפעות באזורים הסמוכים למערך הצבת המכונות והציוד
  - 1 – יש לבחון את האזורים במבנה - הנמצאים מחוץ למקומם הסופי של הציוד והמכונות - המועמדים בזמן ההובלה, ההרכבה והאחזקה.
  - 2 – בשטחי המעברים שבין המכונות והציוד יובא בחשבון עומס מפורסם שווה של 250 ק"ג למ"ר לפחות.

#### ד – עומסים סטטיים שקילים

- 1 – כאשר אין נתונים מפורטים לשטחים המיועדים לשאת עומס מכונות וציוד, יובא בחשבון העומס השימושי המפורסם שווה לפי מספרים סידוריים 8 ו- 9 בטבלה 1 של ת"י 412.
- 2 – כאשר יתקבלו הנתונים המפורטים של המכונות והציוד, יש לבחון מחדש את ההתאמה של רכיבי המבנה לנתונים המפורטים.

#### ה – שילוט

יש להתקין שילוט בהתאם לנדרש בסעיף 1.8 שבתקן.

### (2) עומסים מעגורנים

האמור בתקן בעניין זה, מתייחס לפעולת עגורנים רגילים בעלי הנעה ידנית או חשמלית. עגורנים כבדים במיוחד, טעונים בדיקה לפי תקנים מתאימים. מערכת העומסים תהיה בהתאם לנתונים של יצרן העגורנים שניבחר ע"י המזמין. סוג העגורן שישמש בסיס לתכן קונסטרוקציית המיבנה, יצוין בתוכניות המיבנה.

אם דרישות יצרן העגורן חמורות מדרישות התקן, יש להתחשב בדרישות היצרן. העומסים שמועברים ע"י העגורן לאלמנטים במיבנה הנושאים אותו, עשויים להיות:

#### א – עומסים אנכיים

העומס האנכי שצריך לקחת בחשבון, נקבע לפי העומס הסטטי המכסימלי של גלגלי העגורן (הנמסר למסילה). את העומס הסטטי יש לכפול במקדם הדינמי המתאים הנקוב בטבלה של

המקדמים הדינמיים לעגורנים המצויה בתקן (טבלה 11 שם). ערכי המקדמים הדינמיים האלה נעים בין 1.00 לבין 1.25.

ההשפעה הדינמית במסילת העגורן נובעת מתנועתו (של העגורן), מתאוצתו, מבלימתו וכן מפעולות ההעמסה והפריקה של המשאות המורמים על ידו.

#### ב – עומסים אופקיים

על פי ת"י 412, יש לקחת בחשבון גם את פעולתם של העומסים האופקיים הבאים:  
 1 – עומס אופקי בכיוון ניצב למסילה, הפועל במישור העליון שלה (כח צידי). עומס זה יהיה בשיעור שבין 5% ל-10% מהעומס הסטטי המכסימלי המועבר למסילה ע"י גלגלי העגורן (ללא מקדם דינמי).

2 – עומס אופקי בכיוון לאורך המסילה, הפועל על פני ראש המסילה – כתוצאה מהתנעה או בלימה. לכיוון זה יש לקחת בחשבון כוחות בשיעור של 15% מהעומסים האנכיים של הגלגלים הניבלמים של העגורן (ללא מקדם דינמי). הפגוש בקצה המסילה, המיועד לבלימת חרום, יחושב לכוח אופקי בהתאם להוראות היצרן.

באשר לעומסים האופקיים הנ"ל יש לציין, שכל אחד מהם פועל רק בו זמנית עם העומסים האנכיים.

#### ג - שילוט

יש להתקין שילוט בהתאם למפורט בסעיף 1.8 שבתקן בתוספת ציון המשקל העצמי של העגורן.

### ז. עומסים הנובעים מכלי רכב כבדים

על פי סעיף 5.7 בתקן הישראלי ת"י 412 – לעומסים אופייניים במיבנים – עבור תיקרה שמעליה ינועו כלי רכב, שמשקלם הכולל גדול מ-2500 ק"ג (2.5 טון), יש לקחת בחשבון – בהתאם לייעוד התיקרה – הצבה של אחד מכלי הרכב הנקובים בטבלה 12 ובתרשימים המובאים אחרי הטבלה שבתקן.

לחילופין, יש לקחת בחשבון אפשרות של העמסה שקילה בשיעור של P1 (שבטבלה), שתהיה מפורסת בתחום שטח הרכב. צריך לבדוק, איזו העמסה תגרום להאמצה החמורה ביותר – והיא תהיה הקובעת.

את העומסים הנ"ל יש להכפיל במקדם דינמי בשיעור של 1.2. ביתר שטחי התיקרה נידרש, על פי התקן, לקחת בחשבון עומס מפורס P2 (על פי הטבלה) – ללא מקדם דינמי.

אם התיקרה נמצאת מתחת לכביש שעליו עוברת תנועה ציבורית, יש לקחת עבודה בחשבון העמסות על פי ההנחיות המתאימות שבתקן הישראלי ת"י 1227 חלק 1 (עומסים בגשרים – גשרי דרך).

#### שילוט

יש להתקין שילוט, שיציין את המישקל הכולל של כלי הרכב הכבד ביותר שהתיקרה מיועדת לשאת.

### ח. עומסים הנובעים מהעמסת מלגזות

התייחסות ונתונים ביחס לעומסים הנובעים מהעמסת מלגזות על תיקרות, מצויה בסעיף 5.8 שבתקן הישראלי לעומסים אופייניים בבניינים – ת"י 412.

בהתאם לדרישות התקן הנ"ל, עבור תיקרה שמעליה ינועו מלגזות, יש לקחת בחשבון את העומסים הנקובים בטבלה 13 שבתקן, בהתאמה לתרשים המלגזה המובא אחרי הטבלה.

התרשים מראה את שטחי המגע של גלגלי המלגזות במידות של 0.2x0.2 מ', למעט גלגלי מלגזה שהמעמס הנומינלי שלה הוא 10.000 ק"ג (10 טון), ששטח המגע של גלגליה הוא 0.3x0.3 מ'.

המידות הנ"ל מתייחסות לגלגלים פנאומטיים. את מידותיהם של גלגלים אחרים יש לקבל מהיצרן.

עבור תיקרה של בית מלאכה, מיפעל, מחסן וכד', אשר מעליה נעות מלגזות, יש לקחת בחשבון עומסים שיופעלו עליה ע"י המלגזה המתאימה – במצב העמיסה החמור ביותר – שיגרום להאמצות הגדולות ביותר – על פי עמודות (3) ו-(4) שבטבלה ועל פי התרשים המתאר את מידות המלגזה ומיקומי

הגלגלים (שבהם מופעלים העומסים). כל זאת, כאשר המלגזה מוקפת, במרחק  $\frac{1}{2}l$  מסביב לה, בעומס מפורס נייד לפי עמודה (8) שבטבלה.

יתר השטח של התיקרה, יהיה מועמס לפי ייעוד המיבנה. את העומסים שבעמודות (3) ו-(4) שבטבלה, יש להכפיל במקדם דינמי בשיעור של 1.4.

## ט. עומס הולם של כלי רכב

במהלך הביקורים במפעלים – שאני מקיים עם מדריכי הסניפים – אני ניתקל לעתים קרובות, בעמודים ובאלמנטים אחרים של מיבנים – כגון כאלה שמצויים בצידי פתחים – כשהם פגועים, מעוקמים או הרוסים בדרגות נזק שונות.

אלמנטים פגועים אלה, מצויים בד"כ במקומות שבהם מטופלים או חונים כלים ממוכנים ניידים וכן בשטחי ייצור או אחסון של מפעלים, שבהם יש תנועה של מלגזות או של כלים ממונעים ניידים אחרים. האלמנטים הפגועים הם לרוב, עמודים בדלים (עמודים הניצבים "לבדם" – שאינם חלק מקיר ושהשטח סביבם חופשי ופנוי לתנועת כלים ניידים ממונעים) או אלמנטים המצויים בצידי פתחים, שדרכם עוברים כלים ממונעים. הפגיעה באלמנטים אלה נגרמה בד"כ ע"י הכלים הממונעים – במהלך תנועתם. בנוסף להנ"ל, מועדים לפגיעות דומות גם מיתקנים המשמשים לאחסנת פריטים גדולים וכבדים, המאוחסנים שם וניפרקים משם, בדרך כלל באמצעות מלגזות.

סעיף 6.4 שבת"י 412 - לעומסים אופייניים במיבנים – עוסק בעומסי הולם, שיש לקחתם בחשבון, בעמוד של מיבנה המצוי בסמוך לנתיבי תחבורה וחשוף לפגיעת כלי רכב. יש להבטיח עמוד כזה מפני הולם אפשרי של כלי רכב, תוך לקיחה בחשבון של העומסים שיפורטו להלן – אלא אם יוכח שהמיבנה יישאר יציב, גם בלא העמוד הזה:

- 1 – בדרכים שבהן המהירות המותרת מוגבלת עד 60 קמ"ש, יש לחשב את העמוד לכוח תכן אופקי של הולם שערכו 6000 ק"ג, הפועל בגובה של 1.0 מ' מפני הקרקע הסמוכים לעמוד.
- 2 – בדרכים שבהן המהירות המותרת גדולה מ- 60 קמ"ש, יש לחשב את העמוד לכוח תכן אופקי שערכו 20000 ק"ג, הפועל בגובה של 1.0 מ' מפני הקרקע הסמוכים לעמוד.
- 3 – עמודים בתחנות דלק, יש לחשב לכוח תכן אופקי שערכו 4000 ק"ג, הפועל בגובה של 1.0 מ' מפני הקרקע הסמוכים לעמוד.
- 4 – עמודים החשופים לעומסי מלגזות, יש לחשב לכוח תכן אופקי שערכו 4000 ק"ג, הפועל בגובה 0.5 מ' מפני הרצפה.
- 5 – במוסכים ובחניונים למשאיות, יש לחשב רכיבים העלולים להיפגע מהולם מכונית לכוח תכן אופקי שערכו 2000 ק"ג, הפועל בגובה של 1.0 מ' מפני הרצפה.
- 6 – במוסכים ובחניונים למכוניות נוסעים, יש לחשב רכיבים העלולים להיפגע מהולם מכונית, לכוח תכן אופקי שערכו 5000 ק"ג, הפועל בגובה 0.5 מ' מפני הרצפה.

מותר לא להתחשב בדרישות אלה, כשננקטים אמצעי הגנה בצורת סיפים או מעקי-מגן, המונעים את ההולם הישיר ברכיבים אלה. הסיפים ומעקי המגן צריכים לעמוד בכוחות ההולם – באופן שלאחר הפגיעה בהם, לא ייגרם נזק או פגיעה לאלמנט המוגן על ידם.

מכיוון שבד"כ קשה ולעיתים קרובות מאד בלתי אפשרי לחזק אלמנטי מיבנה, כך שיעמדו בכוחות הנ"ל בלי להינזק, המלצתי ביחס להגנה על אלמנטי מיבנה מפני פגיעות של כלים ממונעים ניידים, כוללת לרוב עמודוני מגן שיש להתקינם מול הצד (או הצדדים) שממנו צפויה התקרבות של כלי ממונע נייד. כך למשל, בכל צד של פתח בקיר (ליד כל מזוזה שלו), שדרכו יש תנועה של כלים ממונעים ניידים, מומלץ בד"כ להתקין עמודון מגן (בגובה של 1.0 מ' לפחות) – הן בצד הפנימי והן בצד החיצוני של מזוזה הפתח.

באשר לעמוד בדל, ההמלצה היא בד"כ להתקין סביבו 4 עמודוני מגן, עם חיבורים קשיחים ביניהם שייצרו ביחד אלמנט שהוא "מעקה המגן" המוזכר בתקן.

את עמודוני המגן או מעקי המגן, יש להתקין ללא חיבורים כלשהם בינם לבין העמוד או האלמנט המוגן של המיבנה – כך שתהיה ביניהם הפרדה מוחלטת. המרחק בין עמוד או מעקה מגן לבין האלמנט המוגן, מומלץ בד"כ שיהיה בין 10 ל- 20 ס"מ.

התפקיד של עמודון המגן או של מעקה המגן, הוא לעמוד בדרכו של הכלי הממוכן הנייד ולספוג את ההולם ממנו – במקום העמוד או האלמנט של המיבנה העיקרי, שהוא חיוני יותר לשלמות הבניין.