

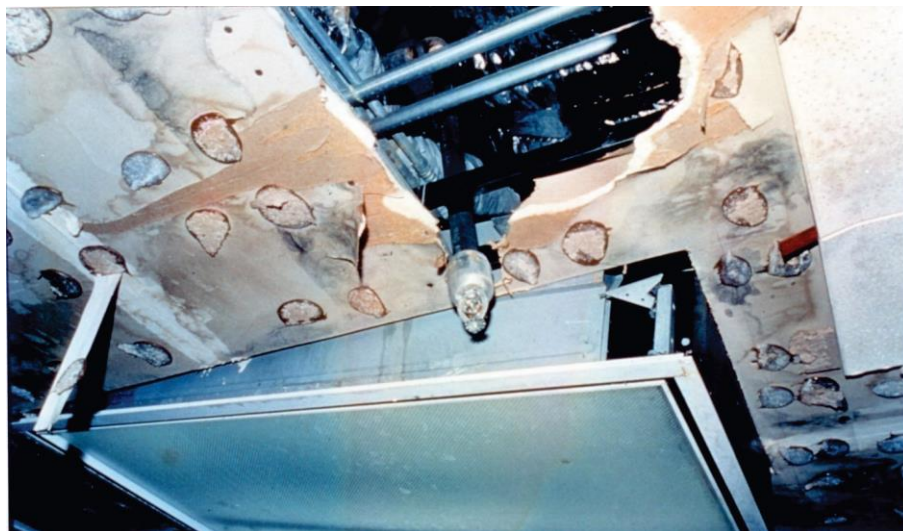
## 6.18 סעיף 6.4.4.1 - צנרת כיבוי אש תלויה

### תיאור:

פרק זה מתמקד במערכות כיבוי אש הכוללות מתזי מים (ספרינקלרים) וצינורות. המערכות מותאמות לדרישות התקן האמריקאי NFPA 13. מערכת מתזי המים יכולה לכלול מספר רכיבים מלבד צנרת, כדוגמת משאבות, מיכלים ולוחות פיקוד. המלצות ודגשים עבור רכיבים אלה מופיעים בסעיפים הרלוונטיים בפרק 6.

### סיבות אופייניות לנזק:

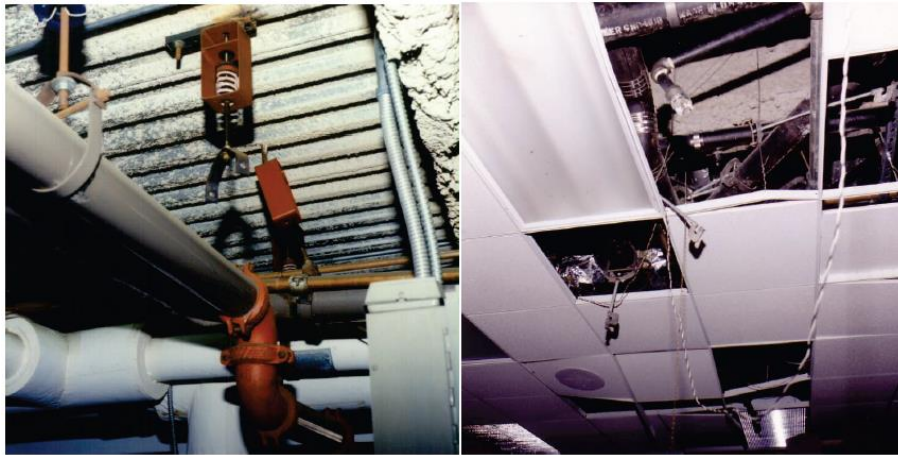
1. צנרת כיבוי אש רגישה לתזוזות ולתאוצות. האזורים הפגיעים כוללים מחברים, כיפופים, חיבורים לציוד קשיח ומדרגות החשופות להזזה יחסית בין קומות באופן משמעותי.
2. התקנת צנרת ישנה יכולה לכלול פרטי חיבור שלא תפקדו כראוי במהלך רעידות אדמה בעבר. לדוגמה, שימוש בחיבורים שאינם מיועדים לעמידות סיסמית (אקדח סיכות) או עוגנים מתרחבים בבטון ביישומי תמיכה.
3. מתזי המים לעיתים נפגעים עקב אינטראקציה עם מערכות התקרה, במיוחד במקרים בהם ישנם גימורים קשיחים כמו טיח או פאנלים ממתכת. אינטראקציה זו עלולה לגרום לפגיעה בתקרה עקב התנגשות, לכשל במתזי המים או לכשל בחיבורי הצנרת. ראשי המתזים או מתזי צינור עלולים להיפגע עקב מגע עם רכיבים מבניים במיקומים בהם לא נשמר מרווח נאות למניעת התנגשות.
4. במערכות ישנות ייתכן ולא יהיו קיימים עיגונים צדדים לקווי הצנרת. בזמן רעידה מחסור זה עלול לגרום לפגיעה במתזי המים עקב אינטראקציה עם מערכות התקרה ורכיבים מבניים בקרבתה.
5. פגיעה בכל אחד מרכיבי מערכת כיבוי האש עלולה לפגוע בתפקודה הכולל. רכיבים אלה כוללים צינורות, משאבות, מיכלי אחסון, לוחות וחיישני בקרה, גלאי עשן ודלתות עמידות בפני אש. על כלל הרכיבים לתפקד בצורה נאותה ולשמש כמערכת להצלת חיים. במקרה של פריצת שריפה לאחר וכתוצאה מרעידת אדמה שבו מערכת כיבוי האש לא תתפקד, עלול להיגרם נזק רב גם לציוד.



איור 6.4.4.1-1 – כשל במתזי מים בחיבור הפרקי עקב תזוזות דיפרנציאליות בתוך מילוי התקרה. הכשל הוביל להתזת מים ולהשבתת מבנה בית החולים למספר ימים.



איור 2-6.4.4.1 – כשל בעיגון צנרת כיבוי אש עקב חיבור לקוי למסגרת המבנית.



איור 3-6.4.4.1 – נזק שנגרם לצנרת כיבוי אש תלויה. מצד ימין – כשל במהדקי C שלא הכילו רצועות עיגון לקורות; מצד שמאל - כשל במבודד ויברציה.



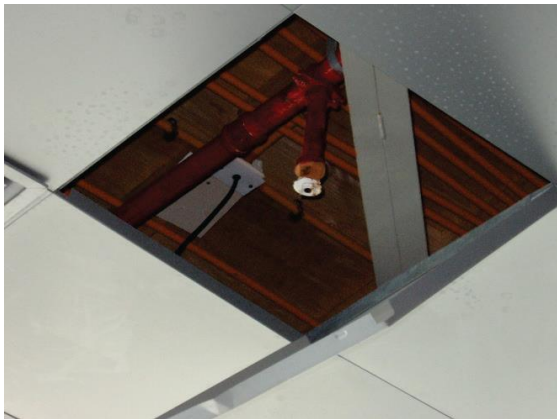
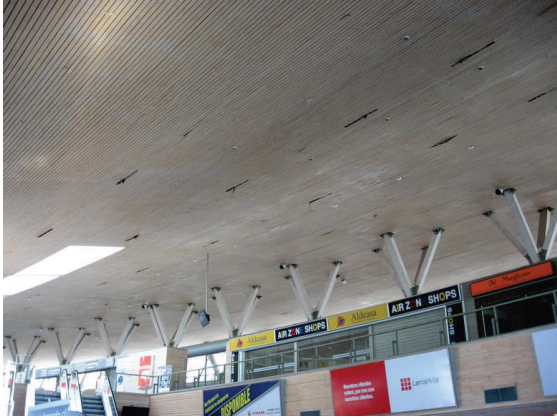
איור 4-6.4.4.1 – התמוטטות מיכל מים (מצד שמאל) וצנרת כיבוי אש שבורה.



איור 6.4.4.1-5 – מיכל אחסון לא מעוגן על משטח בטון החליק וגרם לשבירה ולהשבתה של צנרת כיבוי האש.



איור 6.4.4.1-6 – נזק לצנרת כיבוי אש תעשייתית. מצד ימין – כשל במחבר להצמדת צינורות ומעיכת הצנרת; מצד שמאל – החלקה בכיוון האורכי במחבר U הנותר שלם, אך המחברים האחרים נשברו ונפלו.



**איור 7-6.4.4.1 – דוגמא להתנגשות בין יחידות מתזי המים לסוגים שונים של גימורי תקרה אשר הובילו לנזק בתקרה ובמתזים ולנזקי רטיבות בשדה תעופה.**

### **דגשים להפחתת הסיכון הסיסמי:**

1. מערכות כיבוי אש כוללות רכיבים רבים אשר נדרשים להיות מעוגנים היטב בכדי להבטיח תפקוד שוטף של המערכת. משאבות, מיכלי אחסון, לוחות וחיישני בקרה, צינורות ויחידות מתזי מים צריכים להיות עמידים בפני נזקי רעידות אדמה. יש לוודא שאין התנגשות בין העיגונים לבין מערכות ורכיבים שונים (מבניים ולא-מבניים) ויש למנוע סכנת נפילה.
2. ניתן לשפר מערכות כיבוי אש אשר קיימים להן תמיכות באמצעות איתור אזורים רגישים שנפגעו במהלך רעידת אדמה קודמת. הרחבה בנושא זה כדוגמת מרווחים מותרים, עיגונים צדדים וכדומה, מופיעה בתקן האמריקאי NFPA 13, מהדורת 2010.
3. פרק 9 של NFPA 13 מכיל דוגמאות לפרטי חיבור וחיזוקים עבור התקנת מערכת חדשה אשר יכולות לשמש גם לשיקום מערכת קיימת. לחלופין, פרטי עיגונים סיסמיים עבור צנרת לחץ המוצגים באיורים 6.4.3.1 עד 6.4.3.8, יכולים לשמש לצורך עיגון צנרת כיבוי אש. ההבדל העיקרי הינו שרכיבים, תמיכות ועיגונים עבור מערכות כיבוי אש דורשים אישור מתאים. דרישה זו רלוונטית גם עבור עיגון כלל הרכיבים להגנה בפני אש, כמו לוחות פיקוד, משאבות ומיכלים.
4. קיימות מערכות ייעודיות להפחתת הרגישות של יחידות מתזי המים ברשתות תקרה תלויות. דוגמה למערכת כזו היא מתז מים גמיש, כך שראש המתז יכול לנוע בחופשיות עם רשת התקרה (ראה איור 6.4.4.1-11). מערכת נוספת לדוגמה היא מערכת תקרה אינטגרטיבית אשר מגיעה כמודול אחד המורכב מרשת תקרה, פאנל אקוסטי, תאורה, צינורות ותעלות מיזוג אוויר וצנרת מתזי מים. פתרונות מסוג זה יכולים להפחית פגיעה במתזי המים בזמן רעידת אדמה.

5. שני פרטים ייחודיים עבור מערכות כיבוי אש מוצגים בפרק זה. איור 6.4.4.1-11 מציג פרט של מתז מים גמיש, ואיור 6.4.4.1-12 מציג פרט עיגון עבור קצה קו צנרות.
6. קיימות מערכות מסחריות מהונדסות עבור חיזוק מערכות כיבוי אש לרעידת אדמה, אשר אותם ניתן למצוא ברשת האינטרנט תוך הקפדה על עמידה בכלל התקנים.

#### דוגמאות להפחתת סיכון סיסמי:



איור 6.4.4.1-8 – לא נגרם נזק כלשהו למערכת כיבוי האש בחדר בקרה זה, תודות לעיגון תקין של המשאבה ולוחות הבקרה, לחיבורים גמישים בצנרת עם פתח חדירת קיר בגודל תקין ולמניעת סכנת נפילה.



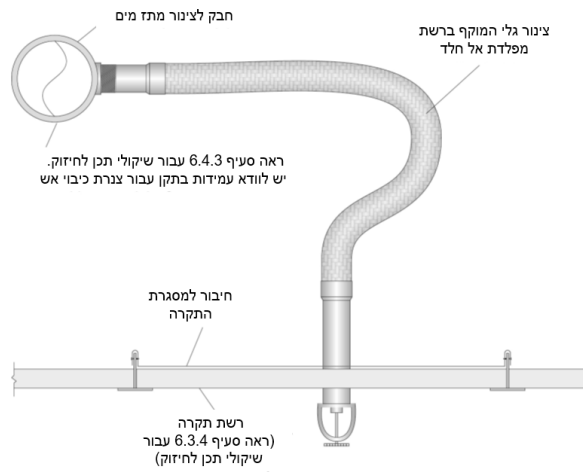
איור 6.4.4.1-9 – עיגונים בכיוון האורכי והניצב עבור קו מערכות כיבוי אש.



**איור 10-6.4.4.1 – צינור גמיש המחבר בין קו מתז מים לתקרה. חיבור זה מאפשר ליחידת המתזים לנוע בחופשיות עם התקרה התלויה ללא גרימת נזק למערכת הכיבוי.**

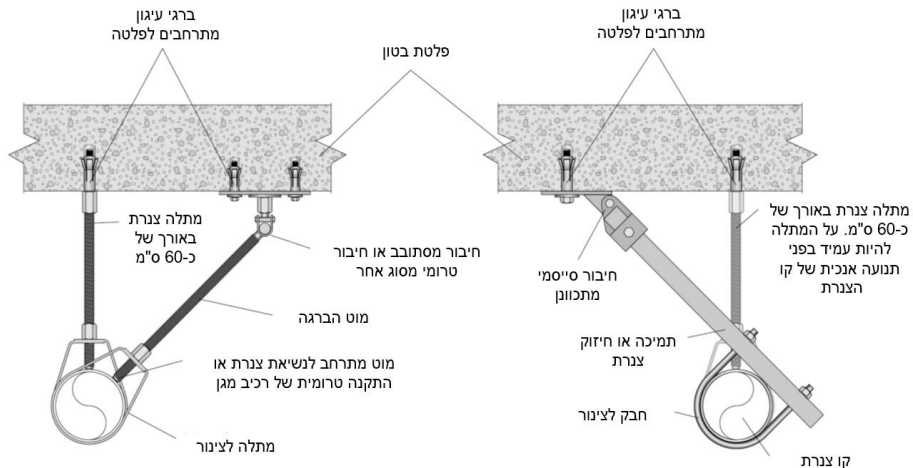
**פרטי ביצוע להפחתת הסיכון הסיסמי:**

**מצורפות דוגמאות לפרטים עקרוניים, שימו לב כי פרטים אלו אינם תכניות לביצוע.**



שימו לב כי יש לעמוד בדרישות הגבלת ההזזה עבור הצינור והתקרה בהתאם לקריטריון התכן לרעידות אדמה

**איור 11-6.4.4.1 – מתז מים גמיש (ER).**



**איור 12-6.4.4.1 – עיגון בקצה קו צנרת (ER).**

## 6.19 סעיף 6.4.5.1 - צנרת חומרים מסוכנים

### תיאור:

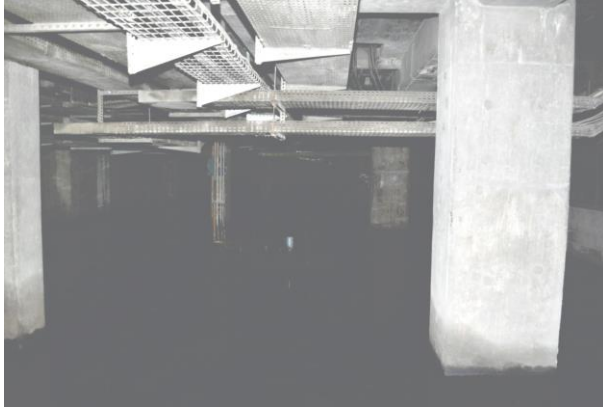
פרק זה מתמקד בצנרת (שאינה צנרת לחץ או צנרת כיבוי אש) אשר מעבירה נוזלים הנמצאים תחת לחץ, כוח כבידה או חשיפה לאטמוספירה. בפרט מדובר בנוזלים מסוכנים ודליקים שעלולים לגרום לסכנת חיים מיידיית בשל אופיים. פירוט על נוזלים מסוכנים אלה מפורטת בסדרת תקנים אמריקאיים NFPA.

### סיבות אופייניות לנזק:

1. אזורים רגישים לכשל בצנרת חומרים מסוכנים כוללים מחברים, כיפופים, חיבורים לציוד קשיח ומדרגות החשופות להזזה יחסית בין קומות באופן משמעותי. לצנרת זו קיימים כשלים בדומה לסוגי צנרת אחרת, אך ההשלכות במקרה זה הינן חמורות.
2. נוזלים עלולים לדלוף ממחברים ניזוקים או צנרת שבורה. דליפת נוזלים מסוכנים ודליקים עלולה לגרום לשריפה, פיצוץ או פינוי למניעת חשיפת בני אדם לחומרים. קיים סיכון גבוה של פגיעה, פגיעה ברכוש והשבתת בתי עסק.
3. פגיעה בכל אחד מחלקי צנרת המובילה חומרים מסוכנים עלולה לפגום בתפקוד הצנרת, בציוד המחובר אליה או להוביל להשבתת מערכות בקרבתה. לדוגמה, מגוון מערכות צנרת מסוג זה מתוכננות עם מנגנון בטיחות בכדי להפחית את הסיכוי לדליפה באמצעות בלימה משנית בצורת צינורות כפולים, שליטה אוטומטית בזרימת הנוזלים, מערכת לאיתור דליפות, שימוש בצינורות מחומרים משיכים ללא מחברים וכיו"ב. יש להקפיד על תכנון, התקנה ותחזוקה תקינים עבור מערכות משניות אלה למניעת דליפת נוזלים ואיבוד כשירות המערכת.



איור 6.4.5.1-1 – נזק הנגרם למערכת אספקת נפט עקב רעידת אדמה, התנזלות קרקע וצונאמי. המזח בתמונה העליונה התמוטט למרבית אורכו וגרר עימו את הצנרת לתוך המים, מה שגרם לכשל במתיחה בחלק ממחברי הצינורות ולנזק מבני.



איור 2-6.4.5.1 – הצפת נפט ומים במרתף בתחנת כוח. הצפה זו יוצרת סביבה מסוכנת עבור פיקוח וניקיון האזור.



איור 3-6.4.5.1 – נזק למיכלי דלק שעוגנו באופן לקוי שגרם לפגיעה בקווי אספקת הדלק. תמונת התקריב מציגה כשל בצינור באזור מחבר מרוחק (משמאל) ומקטע צינור עם שסתום מחובר (בחזית) שנתלש מתוך המיכל.

### דגשים להפחתת הסיכון הסיסמי:

צנרת המעבירה דלק וגז טבעי נפוצה מאוד, אך פרק זה נוגע גם בסוגי צנרות לחומרים מסוכנים שניתן למצוא במפעלים תעשייתיים, תחנות כוח או בתי חולים.

1. דרישות בהיבט סיסמי בנושא שסתומי סגירה ושסתומי או מתגי נוזלים עודפים במקרה של צנרת גז טבעי עשויה להשתנות בהתאם לתחום השיפוט. בעוד ישנם מקומות שבהם נדרש להתקין שסתום סגירה במערכות אלה, ישנם מקומות כמו מבני מגורים בהם לא מעודדים שימוש בשסתומי סגירה בשל הקושי לאפס את כולם לאחר רעידת אדמה. לחלופין, באותם המקומות נדרש להתקין שסתום לנוזלים עודפים. ההחלטה נתונה לשיקול דעת בהתאם לתחום ולאזור.

2. פרטי עיגון סיסמי לצנרת לחץ המוצגות באיורים 6.4.3.1 עד 6.4.3.8 יכולים לשמש גם במקרה של צנרת חומרים מסוכנים. יש לשים לב כי נדרש טיפול פרטני בהיבט התכנון, ההתקנה, הניתור והתחזוקה של מערכות מסוכנות אלה. הטיפול יכלול ניתוח מיוחד של הצנרת, ציפוף תמיכות צנרת, שימוש בחומרים משיכים, צנרת רציפה ללא מחברים, תהליכי ריתוך ייחודיים, חבקי צנרת ייעודיים למניעת שריטות

וקורוזיה, בידוד מיוחד והתחשבות בשינויים תרמים משמעותיים. כמו כן, לעיתים נדרש לתכנן מערכת גיבוי משנית המתוכננת עם מנגנון בטיחות בכדי להפחית את הסיכוי לדליפה באמצעות צינורות כפולים, שליטה בזרימת הנוזלים בעזרת שסתומים, מערכת לאיתור דליפות, שימוש בצינורות מחומרים משיכים, הגנה על מחברים וכיו"ב. יש להקפיד על תכנון, התקנה ותחזוקה תקינים עבור מערכות משניות אלה למניעת דליפת נוזלים ואיבוד כשירות המערכת.

3. קיימים אלפי סוגים של חומרים כימיים מסוכנים ועשרות סוגים של חומרים מהם ניתן לייצר צנרת שתשמש כמערכת לנשיאת החומרים המסוכנים. תכנון עיגון סיסמי עבור מערכות אלה הוא תחום הדורש היוועצות עם מומחה ושיתוף פעולה בין מהנדס מכונות, מומחה לצנרת חומרים מסוכנים ומומחה לעמידות צנרת ברעידות אדמה.

### דוגמאות להפחתת סיכון סיסמי:

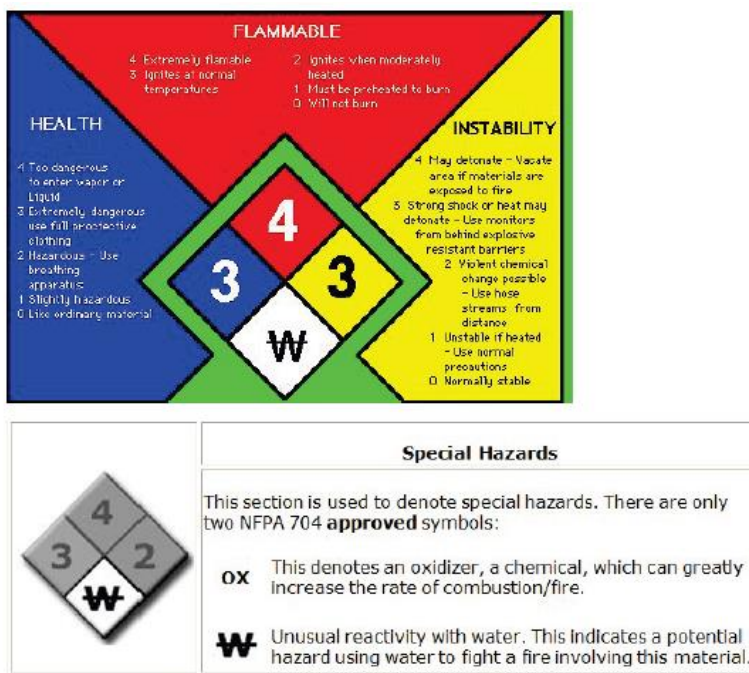


Figure 6.4.5.1-4 Example of NFPA 704 Fire Diamond used to label hazardous substances. The four divisions in the diamond are typically color-coded, with blue indicating level of health hazard, red indicating flammability, yellow (chemical) reactivity, and white containing special codes for unique hazards. Each of health, flammability and reactivity is rated on a scale from 0 (no hazard; normal substance) to 4 (severe risk). This labeling scheme is used in the U.S. but Canada, the European Union, Japan, etc. have different labeling schemes that should be followed for facilities outside the U.S.

אזור 6.4.5.1-4 – דוגמה לשיטת סימון כימקלים המציינת את הסיכונים וחומרם – NEPA 704. יש לבדוק הנחיות תקינה ישראלית והגדרה מקומית.



**איור 5-6.4.5.1-5** – שתי דוגמאות לצינורות כפולים המשמשים כמערכת גיבוי משנית להעברת נוזלים מסוכנים. ניתן לבצע מרכז והפרדה של הצינור הפנימי והחיצוני באמצעות ספייסרים, אך כמוצג במקרה זה הותקן הצינור החיצוני ונבדקה עמידותו לנזילה טרם העברת הצינור הפנימי דרכו. שימו לב לסימונים הצהובים המעידים על חומר מסוכן ולחיצים המתארים את כיווני הזרימה.



**איור 6-6.4.5.1-6** – תיאור התמונות עם כיוון השעון מהפינה השמאלית העליונה: **א.** חיבורי שרול לצנרת בהם העיגון הסיסמי מורכב מחבק צינור מרופד המחובר סביב השרול החיצוני ומצינור פנימי שאיננו מעוגן בכיוון האורכי. **ב.** בלוני גז הקשורים בשלשלאות לתמיכות, מותאמים עם צינור גמיש המחובר לצנרת מפלדת אל חלד ושורת שסתומים. **ג.** דוגמא לתווית אירופאית על גבי מיכל המזהירה מתכולת חומר מסוכן. **ד.** שסתום לזרימה עודפת עבור מיכל גז גדול.



איור 7-6.4.5.1 – צנרת המכילה חנקן. מתחת למחבר החובק את הצנרת ישנו גומי מותאם בכדי להגן על פלדת הצנרת.

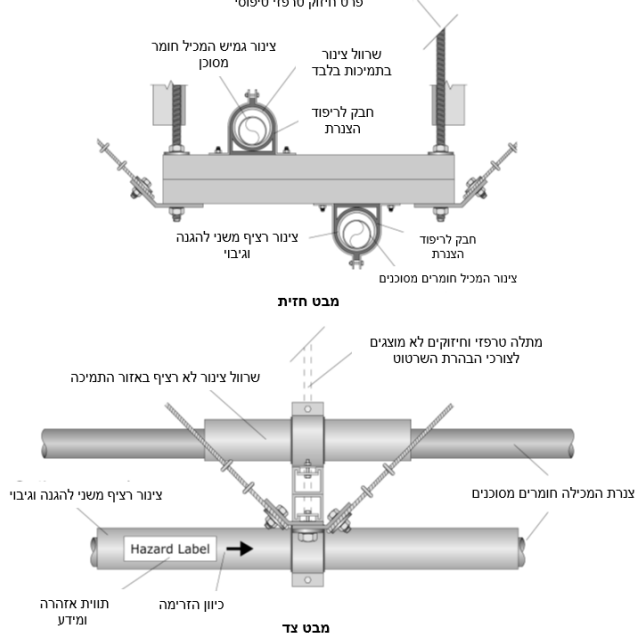


איור 8-6.4.5.1 – שתי דוגמאות לשסתומי סגירת הזרם.

**פרטי ביצוע להפחתת הסיכון הסיסי:**

**מצורפות דוגמאות לפרטים עקרוניים, שימו לב כי פרטים אלו אינם תכניות לביצוע.**

ראה איורים 14 & 13-6.4.3 עבור פרט חיזוק טרפיזי טיפוסי



איור 9-6.4.5.1 – דוגמאות לצנרת המכילה חומרים מסוכנים (ER).

## 6.20 סעיף 6.4.5.2 - צנרת חומרים לא מסוכנים

### תיאור:

פרק זה מתמקד בצנרת (שאינה צנרת לחץ או צנרת כיבוי אש) אשר מעבירה נוזלים הנמצאים תחת לחץ, כוח כבידה או חשיפה לאטמוספירה. צנרת מוגדרת כצנרת לחץ עבור לחץ פנימי של 15 psf ומעלה. פרק זה מתמקד בצנרת שבה הלחץ הפנימי נמוך מערך של 15 psf. הנוזלים הרלוונטיים למקרים אלה הינם צנרת ניקוז והולכת אוויר, צנרת למים חמים, קרים או פושרים וצנרות אחרות שאינן מכילות נוזלים מסוכנים. במקרה של כשל בקו הצנרת עלול להיווצר נזק לרכוש, אך לא נשקפת סכנה מיידידת לחיי אדם במקרה זה. בדומה לצנרות אחרות, כשל בצנרת או בתמיכות הצנרת עלול להוביל לנפילה מסוכנת.

### סיבות אופייניות לנזק:

1. צנרת המובילה חומרים לא מסוכנים רגישה לתזוזות ולתאוצות. אזורים רגישים לכשל בצנרת זו כוללים מחברים, כיפופים, חיבורים לציוד קשיח ומדרגות החשופות להזזה יחסית בין קומות באופן משמעותי. למערכת צנרת זו קיימים כשלים בדומה לסוגי צנרת אחרת.
2. נוזלים עלולים לדלוף ממחברים ניזוקים או צנרת שבורה. דליפת מים היא גורם מהותי לגרימת נזק ברעידות אדמה שהתרחשו בעבר.
3. פגיעה בכל אחד מחלקי הצנרת עלולה לפגום בתפקודה, בציוד המחובר אליה או להוביל להשבתת מערכות בקרבתה עקב דליפות וכשלים.



איור 6.4.5.2-1 – שבר בצנרת נחושת להעברת מים חמים. הכשל נגרם עקב תזוזות דוד החימום המוצג מצד שמאל.



**איור 2-6.4.5.2 –** שבר בצנרת נחושת להעברת מים חמים. המתלה המוצג לא מעוגן בצדדים, אך מתלים קצרים באורכם (פחות מ-30 ס"מ) לא בהכרח נדרשים לעיגון צדדי בהתאם לתקן ASCE 7-10.

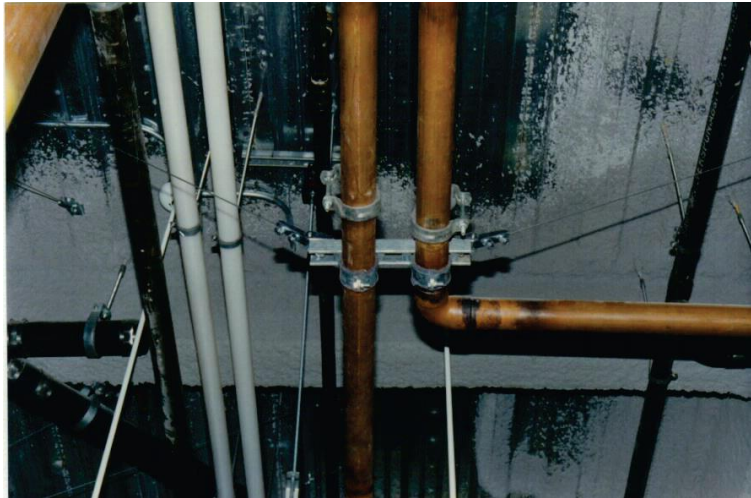


**איור 3-6.4.5.2 –** מערכת צינורות במבנה שהתמוטט באחד מצדדיו. הצינור השבור היחיד (מוצג מימין למטה) ממוקם בצד שהתמוטט. שאר הצינורות גרמו לשבר בחלק מהתמיכות, אך המחברים נשארו שלמות למרות ההזזות הגדולות.

### דגשים להפחתת הסיכון הסיסמי:

1. ניתן להשתמש בפרטי עוגן סיסמי עבור צנרת לחץ המוצגים בסעיפים 6.4.3.1 עד 6.4.3.8 במקרה של צנרת נוזלים לא מסוכנים. הערה זו רלוונטית גם במקרה של פרטי עיגון דומים עבור צנרת תלויה, מחוברת לקיר, לרצפה או לגג.
2. בידוד הצנרת צריך להיות מתואם אל מול תמיכות הצנרת. נוכחות בידוד או שרוול מגן בין הצינור לבין חבק הצינור עלול לגרום לצינור להחליק בכיוון האורכי.
3. יש לשים לב כי במקרה של צינור מים במתקנים המשתמשים במגנזיום, ההתייחסות אל הצנרת הינה כאל צנרת חומרים מסוכנים וזאת בשל הפוטנציאל לתגובה כימית בין המים למגנזיום בוריאציות שונות.

### דוגמאות להפחתת סיכון סיסמי:



איור 4-6.4.5.2 – כבל חיזוק המשמש לצורכי עיגון צנרת נחושת עילית.



איור 5-6.4.5.2 – דוגמה להתקנה לקיחה של תמיכה בצנרת סניטרית. המרחק של החבק מקצה הקורה התומכת איננו תקין והוא עלול להחליק החוצה.



**איור 6.4.5.2-6** – צנרת המותקנת בחניון מסחרי. יודגש כי לצינורות ולמתלי אגס אין עיגון בכיוון הניצב, מכיוון שכל המתלים שמרו על אורך הקצר מ-30 ס"מ. במקרה זה קווי המתלים בלבד עוגנו בכיוון הניצב.

## 6.21 סעיף 6.4.6.1 - תעלות תלויות

### תיאור:

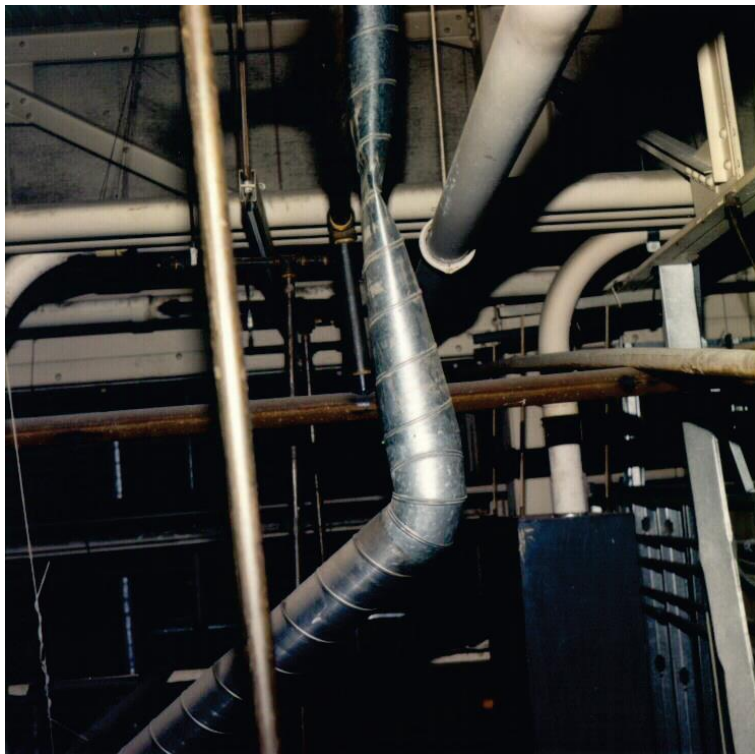
פרק זה מתמקד בתעלות תלויות עבור מערכות חימום, אוורור ומיזוג. ראה סעיף 6.4.1.5 עבור ציוד תלוי למערכות אלה.

### סיבות אופייניות לנזק:

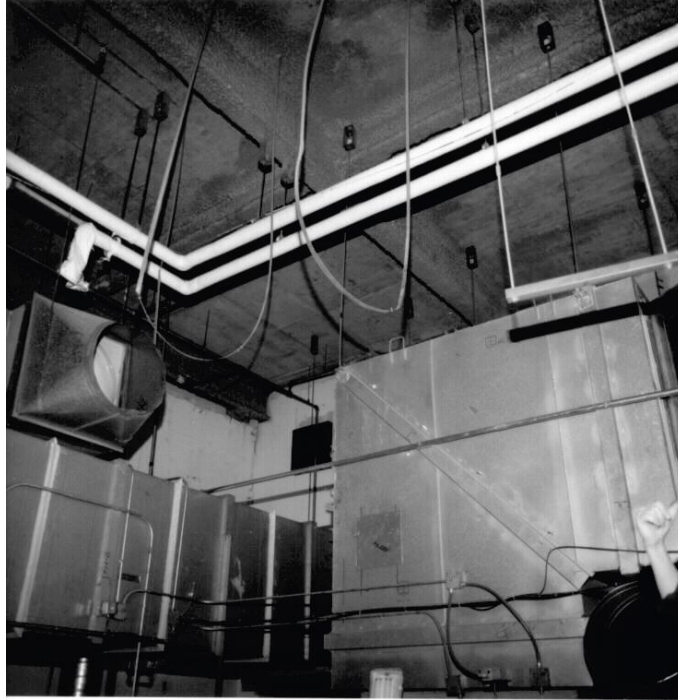
1. תעלות שלא מחוזקות כראוי עלולות להתנדנד ולפגוע ברכיבים אחרים. כשל עלול להיווצר בעיגונים או בנקודות קשיחות לאורך מסלול התעלה כמו בחיבורים לתמיכות, בחיבורים לרצפה או בחדירת קיר ומשטח. התקנת תמיכות לקויה של מערכת התעלות עלולה להוביל לנזק, החל מהשבתת תפקוד המערכת ועד לכפילתה הפיזית.
2. תעלות עלולות להיפגע עקב הזזות דיפרנציאליות הפרשיות, כמו במישקים בין תתי מבנים.



איור 6.4.6.1-1 – תעלה לא מעוגנת שהתפרקה לחלקים.



איור 6.4.6.1-2 – תעלה לא מעוגנת שניזוקה עקב פגיעה בצינור סמוך.



איור 3-6.4.6.1 – תעלה ומתלים לא מעוגנים שהתמוטטו ונותרו תלויים חלקית מהתקרה.

#### דגשים להפחתת הסיכון הסיסמי:

1. פרטי הביצוע המוצגים בפרק זה הינם עבור תעלות תלויות. תעלות יכולות להיות גם מקובעות לקיר, רצפה או גג, לחצות מישקים בין מבנים או להיות ממוקמות בזווית אנכית. הרחבה עבור פרטי חיבור, תנאים נוספים ומידע כללי מופיעים ב- FEMA 414.
2. עבור התקנת תעלות חימום, אוורור ומיזוג בבתי חולים או במתקנים חיוניים אחרים נדרש להתחשב בתכנון המערכת בהיבט הסיסמי עם מקדם חשיבות רכיב של 1.5 בהתאם לתקן האמריקאי. תכנון מערכת זו לרעידת אדמה יבוצע על ידי חישובים הנדסיים, תיעוד ציוד ובדיקות נוספות.

#### דוגמאות להפחתת סיכון סיסמי:



איור 4-6.4.6.1 – תעלה מלבנית הנתמכת ע"י מוטות פלדה וכבלי חיזוק.

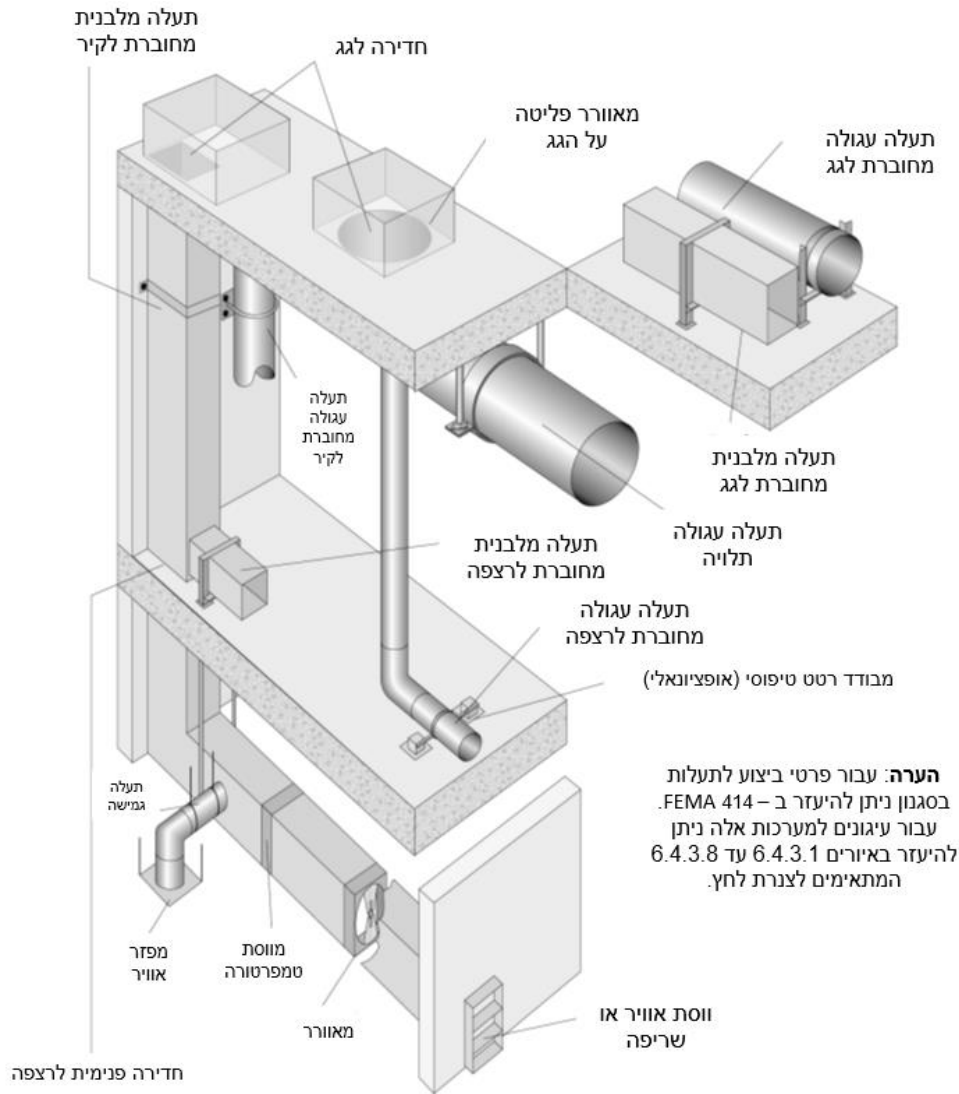


איור 5-6.4.6.1 – תעלה מלבנית המחוברת לרצפה ונתמכת על ידי מבנה פלדה ייעודי.

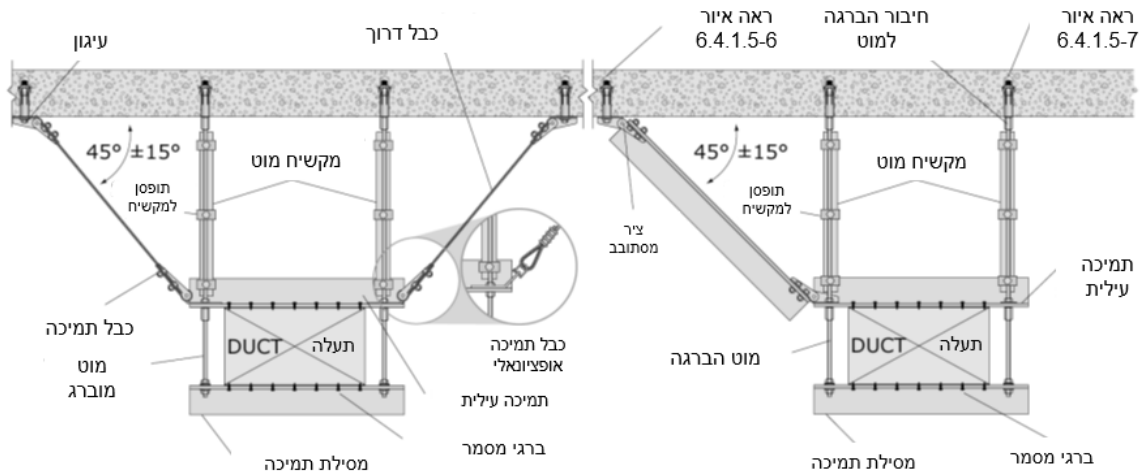


איור 6-6.4.6.1 – תעלה מלבנית המחוברת לגג ונתמכת על ידי מבנה פלדה ייעודי.

**פרטי ביצוע להפחתת הסיכון הסיסמי:**  
 מצורפות דוגמאות לפרטים עקרוניים, שימו לב כי פרטים אלו אינם תכניות לביצוע.

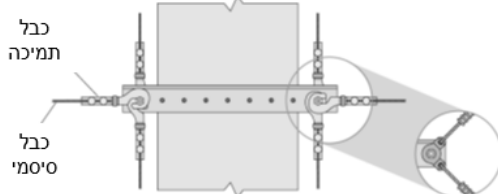


**איור 6.4.6.1-7 - התקנה ועיגון תעלות מסוגים שונים (ER).**



התרשים מוצג בכיוון הניצב בלבד לצורך פישוט. נדרשים כבלים נוספים להבטחת עיון בכיוון האורכי כמתואר במבט העל.

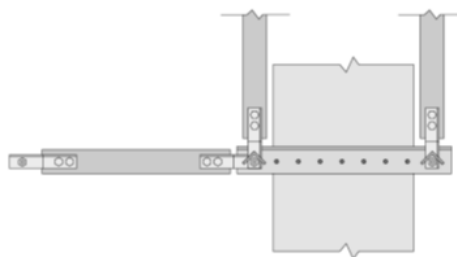
**מבט חזית**



כבל תמיכה בכל הכיוונים (אופציונאלי)

מבט על – כבלים בכל הכיוונים

**מבט חזית**



מבט על – כבלים בכל הכיוונים

**תמיכת תעלה בכבל**

איור 6.4.6.1-7 – התקנה ועיון תעלות תלויות (ER).

**תמיכת תעלה בחיבור קשיח**

## 6.22 סעיף 6.4.6.2 - מפזרי אוויר

### תיאור:

פרק זה מתמקד במפזרי אוויר תלויים או גרילים לפתחי אורזור, המהווים לרוב חלק ממערכת התקרה התלויה.

### סיבות אופייניות לנזק:

מפזרי אוויר שאינם תמוכים בצורה עצמאית לתקרה עלולים להוות סכנה עקב נפילה. מפזר האוויר עלול להתנתק מהחיבור לתעלה ולפגום בתפקוד המערכת.



איור 6.4.6.2-1 – מפזרי אוויר שנפלו מהתקרה ותעלות תלויות שהשתחררו מרשת התקרה.



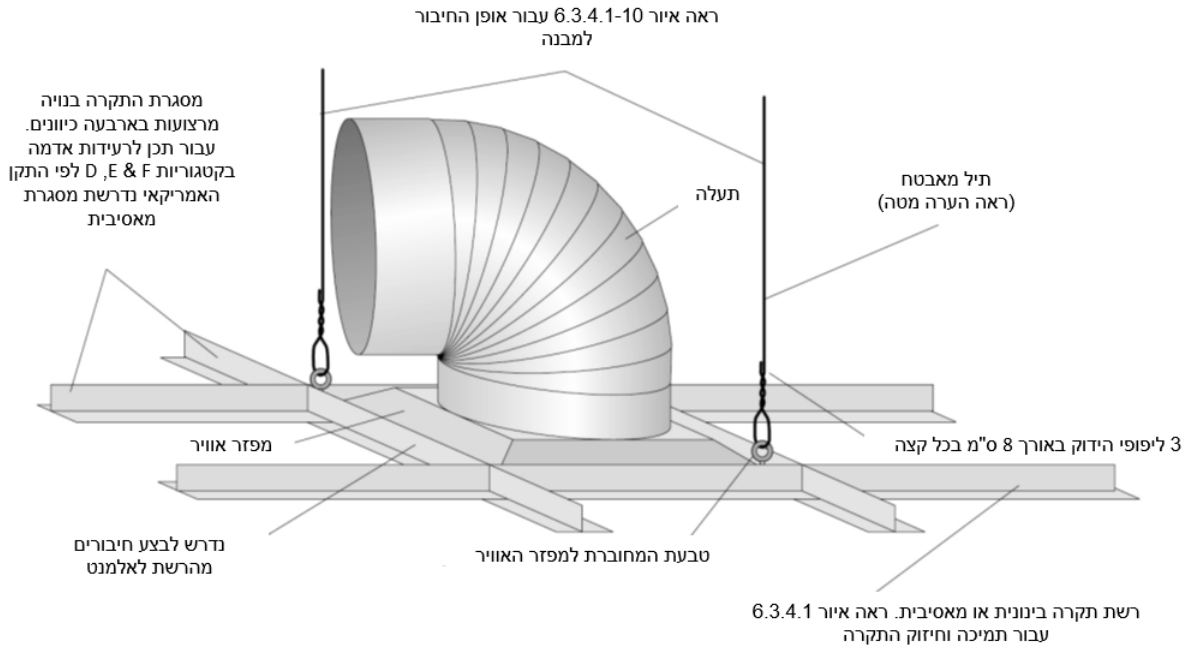
איור 6.4.6.2-2 – מפזרי אוויר שמחוברים לתקרה באמצעות ארבעה מתלים אנכיים. מערכות התקרה נפגמו ברעידה, אך מפזרי האוויר והמנורות לא נפלו. התקרה נהרסה טרם צילום התמונה.

## דגשים להפחתת הסיכון הסיסמי:

1. מידע בנושא מערכות המחבורות לתקרות אקסטיות תלויות מתואר בתקן ASTM E580. מפזרי אוויר ורכיבים נוספים הקשורים לתקרה השוקלים פחות מ-10 ק"ג נדרשים להיות מחוברים לרשת התקרה. נדרש לאבטח רכיבים השוקלים בין 10 ק"ג ל-25 ק"ג באמצעות שני תילי פלדה (מסוג 12 gauge) שיתחברו לרכיב המבני העליון או למתלי התקרה בכדי למנוע את נפילתם. שני תילים אלכסוניים אנכיים יכולים לאבטח אותם ולמנוע את הסיכון בנפילתם. רכיבים השוקלים מעל 25 ק"ג נדרשים לתמיכה ישירה של הרכיב המבני העליון באמצעות מתלים תקינים. אין דרישה מחייבת בתקן לאבטח רכיבים השוקלים פחות מ-10 ק"ג, אך עיגון באמצעות תיל אחד לפחות יכול למנוע נזק ונפילה עקב רעידת אדמה.
2. רשת בינונית או מאסיבית בלבד מותרות במקרה של תמיכת תקרה אקוסטית תלויה המכילה תאורה ורכיבים מכניים אחרים. ראה סעיף 6.3.4.1 עבור דרישות נוספות בנושא התקרה. עבור תקרה שאיננה מוחזקת, הוספת ארבעה תילים אלכסוניים בכל אחת מפינות מפזר האוויר תתרום להגבלת ההזזה האופקית ותמנע התנגשות עם רכיבים תלויים אחרים. יש לוודא כי קיים תיאום בין עיגון מפזרי אוויר לעיגון הניצב של רשת התקרה, אשר ייתכן וידרוש ייעוץ הנדסי.
3. אין לחזק מפזרי אוויר באמצעות חיבורים לתעלה, לצינורות או לרכיבים לא-מבניים אחרים.

## פרטי ביצוע להפחתת הסיכון הסיסמי:

מצורפות דוגמאות לפרטים עקרוניים, **שימו לב כי פרטים אלו אינם תכניות לביצוע.**



### הערות:

- עבור אלמנטים השוקלים פחות מ-10 ק"ג: נדרש לספק תיל מאבטח (#12) בודד. (יכול להיות רפוי).
- עבור אלמנטים השוקלים 10-25 ק"ג: נדרש לספק שני תילים מאבטחים (#12). (יכול להיות רפוי).
- עבור אלמנטים השוקלים יותר מ-25 ק"ג: נדרש לספק ארבעה תילים מאבטחים מתוחים או תמיכה ישירה אחרת למבנה.

**איור 6.4.6.2-3** – מפזר אוויר המחובר לתקרה (נדרש מהנדס – ER / פריט כללי לא הנדסי – NE).

## 6.23 סעיף 6.4.7.1 - לוחות פיקוד, מרכזי פיקוד ומרכזיות

### תיאור:

פרק זה מתמקד ברכיבים חשמליים גבוהים וצרים המחוברים לרצפה וממוקמים בתוך ארונות חשמל. רכיבים אלה כוללים לוחות פיקוד, מרכזי פיקוד, מרכזיות ותחנות משנה.

### סיבות אופייניות לנזק:

1. החלקה והתהפכות עקב מחסור בעיגון או התקנת עיגון לקויה.
2. איבוד יכולת התפקוד עקב כשל רכיבים הנגרם מכוחות פנימיים.
3. פגיעה בציוד חשמלי עלולה לגרום לסכנת התחשמלות או לפריצת שריפה.



איור 1-6.4.7.1 - התהפכות ארונות חשמל. שימו לב למחסור בעיגון הארונות לרצפה.



איור 2-6.4.7.1 - התהפכות ארונות חשמל לא מעוגנים במפעל לייצור נייר.



איור 3-6.4.7.1-1 - נזק שנגרם לארונות חשמל לא מעוגנים בתחנת כוח.

#### דגשים להפחתת הסיכון הסיסמי:

1. עבודה בסביבת ציוד חשמלי עלולה להיות מסוכנת מאוד. קראו את המדריך והאזהרות בנושא חשמל המופיעים בפרק 6.6.8 של דו"ח זה לפני שתבצעו עבודה כלשהי.
2. רכיבים חשמליים רבים מסופקים עם מחברים מרותכים או חורים קדוחים בכדי לעגן אותם לקיר או לבסיס. עבור ציוד מודרני, נדרש להשתמש ברכיבים המגיעים מהיצרן עם פרטי עיגון סיסמי.
3. כאשר יחידת ציוד גבוהה מחוברת לרצפה, שימוש בחיבורים גמישים בין הציוד לבין התעלות והמערכות המעוגנות לתקרה מעל יסייע בהגבלת הנזק תודות להסטה הבין-קומתי.
4. ראה סעיף 6.4.1.1 עבור פרטי עיגון לבסיס נוספים. מידע נוסף ניתן למצוא ב-FEMA 413.

**דוגמאות להפחתת סיכון סיסמי:**

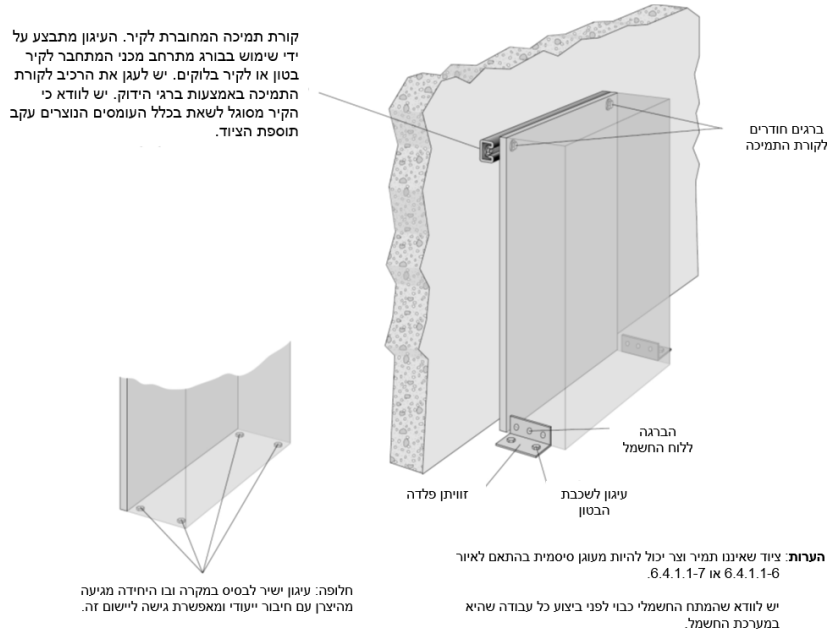


**איור 9-6.4.7.1 – עיגון ארונות חשמל. העיגון ממוקם ברצפה ובחיבור עליון לקיר (שאיננו מוצג בתמונה זו).**

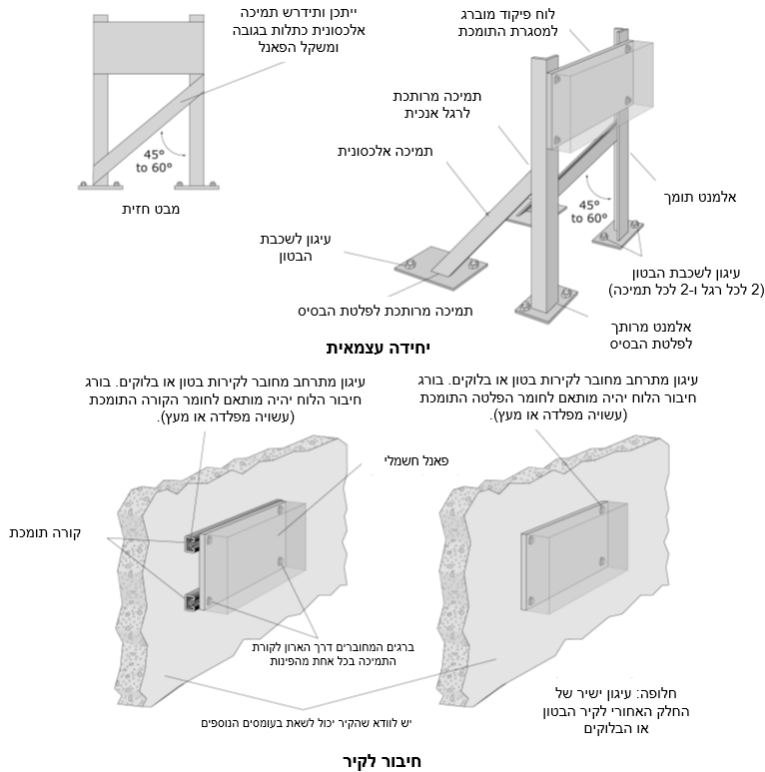


**איור 10-6.4.7.1 – פרט עיגון ארון חשמל לבסיס הרצפה.**

**פרטי ביצוע להפחתת הסיכון הסיסימי:**  
**מצורפות דוגמאות לפרטים עקרוניים, שימו לב כי פרטים אלו אינם תכניות לביצוע.**



**איור 6.4.7.1-11 – עיגון לוחות פיקוד, מרכזי פיקוד ומרכזיות חשמליים (ER).**



**איור 6.4.7.1-12 – רכיבים חשמליים המותקנים כיחידה עצמאית או מחוברים לקיר (ER).**

## 6.24 סעיף 6.4.7.2 - גנרטורי חירום

### תיאור:

פרק זה מתמקד בגנרטורי חירום, אשר חיוניים לתפקוד מערכות שונות לאחר התרחשות רעידת אדמה. סוגי הגנרטורים נעים מגודל קטן במקרה של מבני מגורים ועד לגודל גדול במקרה של בתי חולים או מבנים חיוניים אחרים. גנרטורי חירום לעיתים מצויידיים במבודדי ויברציה.

### סיבות אופייניות לנזק:

1. החלקה או התהפכות - גנרטורי חירום עלולים להחליק, לנטות או להתהפך. רכיבים פנימיים עלולים להיזק עקב כוחות פנימיים.
2. משטחי פלטות מבטון שאינן מעוגנות עשויות להיכשל ולגרור לתזוזה משמעותית של הציוד התומך.
3. מבודדי ויברציה עשויים להיכשל ולגרור לתזוזה גנרטור משמעותית.
4. כשל במערכת גיבוי החשמל עלולה להיגרם עקב כשל בכל אחד מרכיבי המערכת, כמו גנרטורים, מיכלי דלק, צינור אספקת דלק, סוללות ומתלי סוללות.

### דגשים להפחתת הסיכון הסיסמי:

1. עבודה בסביבת ציוד חשמלי עלולה להיות מסוכנת מאוד. קראו את המדריך והאזהרות בנושא חשמל המופיעים בפרק 6.6.8 של דו"ח זה לפני שתבצעו עבודה כלשהי.
2. רכיבים חשמליים רבים מסופקים עם בסיס מבני מפלדה, מחברים מרותכים או חורים קדוחים בכדי לעגן אותם לקיר או לבסיס. עבור ציוד מודרני, נדרש להשתמש ברכיבים המגיעים מהיצרן עם פרטי עיגון סיסמי.
3. עבור יחידת ציוד הממוקמת על גבי משטח בטון עצמאי, נדרש לוודא כי המשטח גדול מספיק בכדי להתמודד עם התהפכות הגנרטור בזמן רעידת אדמה.
4. יש לבדוק את תקינות העיגונים עבור כלל רכיבי מערכת אספקת כוח בחירום. כשל בכל אחד מהרכיבים עלול להוביל לחוסר תפקוד המערכת לאחר רעידת אדמה. יש לספק חיבורים גמישים לצינורות אספקת דלק, לתעלות פליטה או לכל יחידה מחוברת אחרת.
5. ראה סעיף 6.4.1.1 עבור פרטי עיגון לבסיס נוספים. מידע נוסף ניתן למצוא ב-FEMA 413.

## דוגמאות להפחתת סיכון סיסמי:

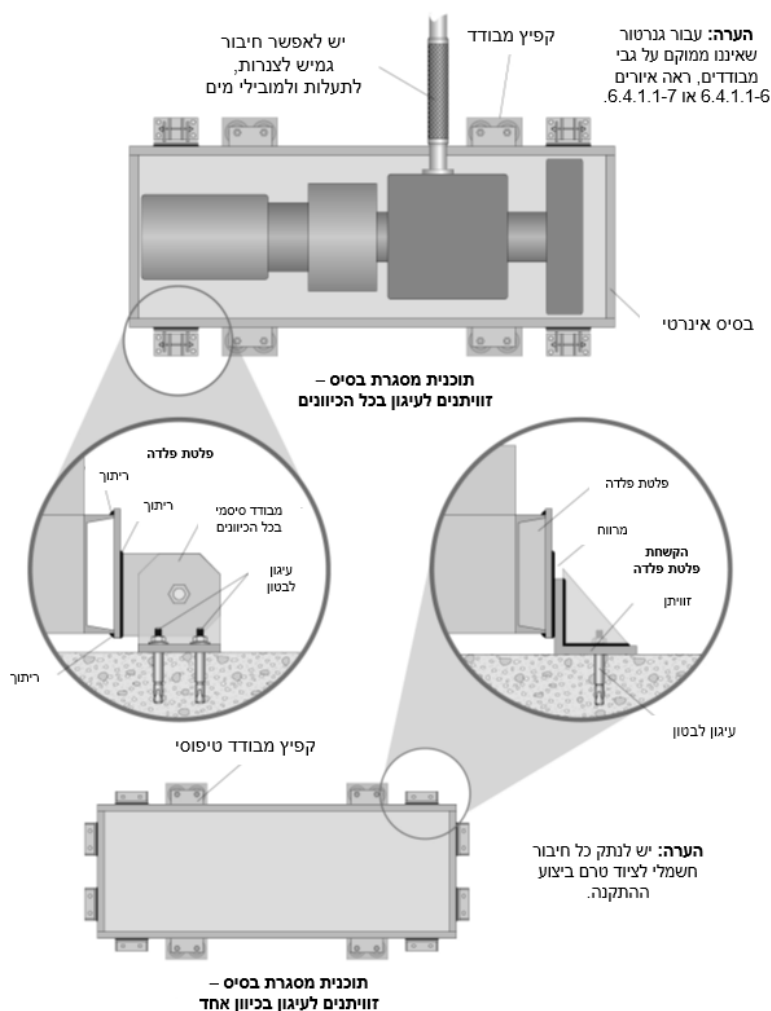


איור 1-6.4.7.2 – גנרטור חירום המעוגן לבסיס בטון אינרטי. הבסיס האינרטי מחובר לקפיצים מבודדים ומעוגן לרצפה באמצעות זוויתני פלדה מכל הצדדים.



איור 2-6.4.7.2 – גנרטור חירום עם תושבת החלקה ממוקם על משטח פלטת בטון. הותקנו "Shear Lugs" לאחר התרחשות רעידת אדמה.

**פרטי ביצוע להפחתת הסיכון הסיסמי:**  
**מצורפות דוגמאות לפרטים עקרוניים, שימו לב כי פרטים אלו אינם תכניות לביצוע.**



**איור 3-6.4.7.2 - גרנטור חירום (ER).**

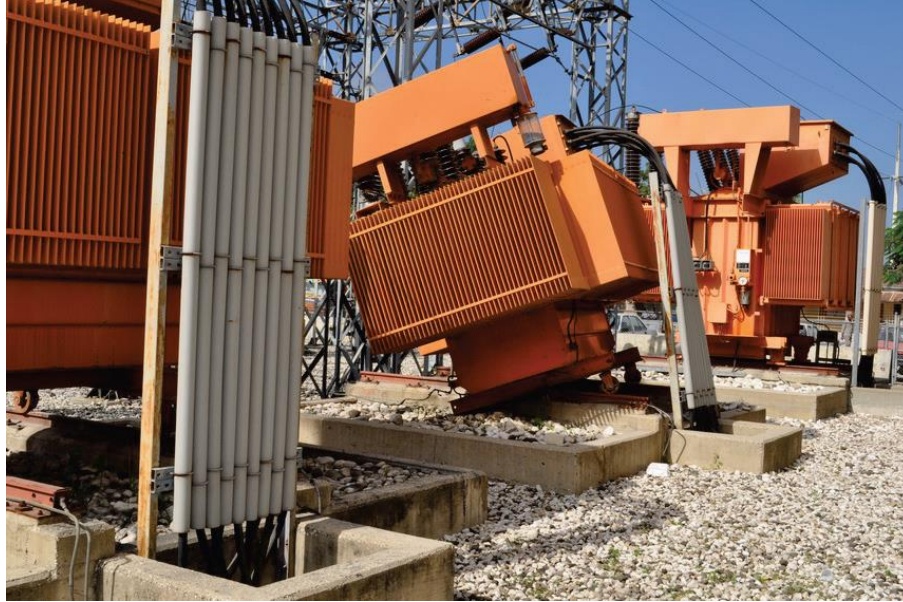
**6.25 סעיף 6.4.7.3 - שנאים**

**תיאור:**

פרק זה מתמקד בשנאים קיימים בתצורות שונות, כדוגמת שנאי יבש או שנאי שמן. ניתן לחבר את השנאי לרצפה, קיר או גג ולהתקינו עם או ללא מבודד ויברציה.

**סיבות אופייניות לנזק:**

1. שנאים עלולים להחליק, לנטות, להתהפך או ליפול. בנוסף, מבודד הויברציה עלול להינזק.
2. רכיבים פנימיים עלולים להינזק עקב כוחות פנימיים.
3. גגיעה בצידוד חשמלי עלולה לגרום לסכנת התחשמלות או לפריצת שריפה. נזק הנגרם לשנאי עלול להוביל להפסקת חשמל ולהשבחת תפקוד המבנה.



**איור 1-6.4.7.3 – שנאי בתחנת כוח שהחליק מהמסילה עליה הותקן.  
נזק נגרם לשנאי אחד בלבד מתוך שישה שנאים זהים בתחנה.**

#### **דגשים להפחתת הסיכון הסיסמי:**

1. עבודה בסביבת ציוד חשמלי עלולה להיות מסוכנת מאוד. קראו את המדריך והאזהרות בנושא חשמל המופיעים בפרק 6.6.8 של דו"ח זה לפני שתבצעו עבודה כלשהי.
2. ציוד מסוג זה לרוב מסופק עם בסיס מבני מפלדה, מחברים מרותכים או חורים קדוחים בכדי לעגן אותו לקיר או לבסיס. עבור ציוד מודרני, נדרש להשתמש ברכיבים המגיעים מהיצרן עם פרטי עיגון סיסמי.
3. ראה סעיף 6.4.1.1 עבור פרטי עיגון לבסיס נוספים. מידע נוסף ניתן למצוא ב-FEMA 413.

#### **דוגמאות להפחתת סיכון סיסמי:**



**איור 2-6.4.7.3 – שנאי מפצל יבש טיפוס. שימו לב לעיגוני הבסיס שיוצרו כחלק מהמתקן. התמונה צולמה לאחר רעידת אדמה.**



**איור 6.4.7.3-3** – מערכת מתח גבוה המעבירה כוח מגנרטור ארון חשמל למתקן. שימו לב לעיגונים בניצב למתלים האנכיים. המערכת תפקדה כראוי בזמן רעידת אדמה.



**איור 6.4.7.3-4** – ארון חשמל חיצוני למתח נמוך המספק כוח חיוני למתקן חשוב. שימו לב כי הציוד מעוגן סיסמית באמצעות חיבורים קשיחים ארוכים המוברגים למסגרת הציוד ולפלטת הבסיס. התמונה צולמה לאחר רעידת אדמה.



**איור 6.4.7.3-5** – שני שמן חיצוני הממיר מתח עבור מתקן חשוב. שימו לב לרכיבים האלכסוניים על המצנן במטרה למזער את ההעמסה הדינאמית על מיכל הנוזלים המכיל מספר חיבורים מרותכים.



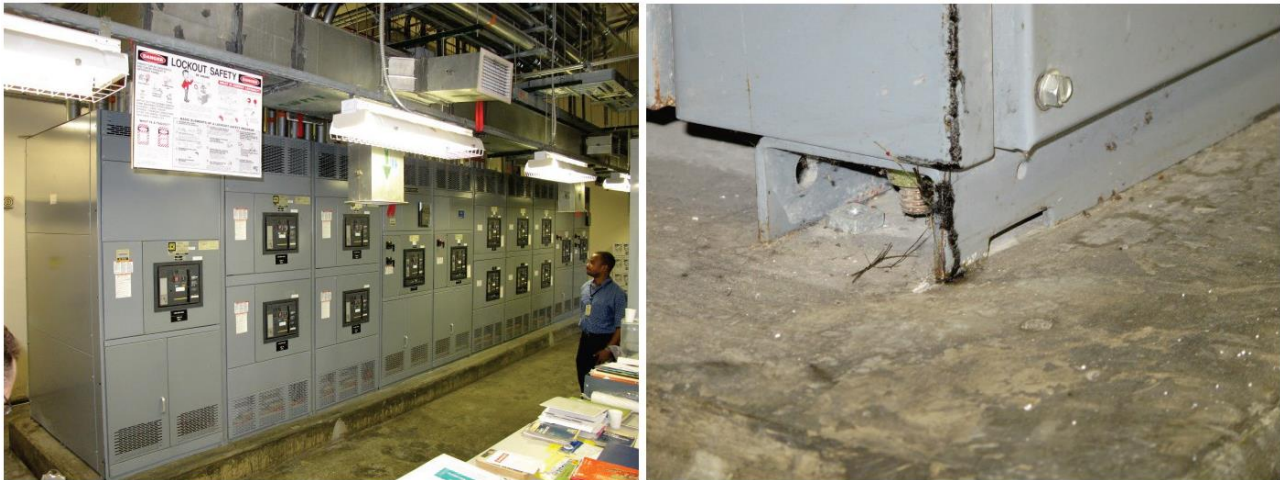
**איור 6-4.7.3-6** – חדר סוללות במתקן רשת סלולרית לאחר רעידת אדמה. המבנה בן שלוש הקומות ניזוק מאוד ברעידה ועבר הריסה ובנייה מחדש. שימו לב לטיגון הקשיח של הסוללות המאסיביות שלא נפגעו תפקודית במהלך הרעידה, על אף שהמבנה ספג הזזות גדולות שגרמו לגזירת העמודים התומכים.



**איור 6.4.7.3-7** – יחידות מכניות דוחות חום אשר מספקות קירור לשרתים במרכז רשת סלולרית (בתמונה משמאל). התמוטטות קיר במהלך הרעידה הובילה למעיכת היחידות ולהשבתת תפקודן. יחידות חלופיות זמניות הותקנו בכדי לאפשר למרכז הרשת לתפקד לאחר הרעידה (בתמונה מימין). דוגמה זו ממחישה את חשיבות עיגון המערכות הקריטיות לתפקוד השוטף ומיקומן באזורים לא סמוכים לרכיבים מבניים או לא-מבניים שעלולים ליפול עליהם.

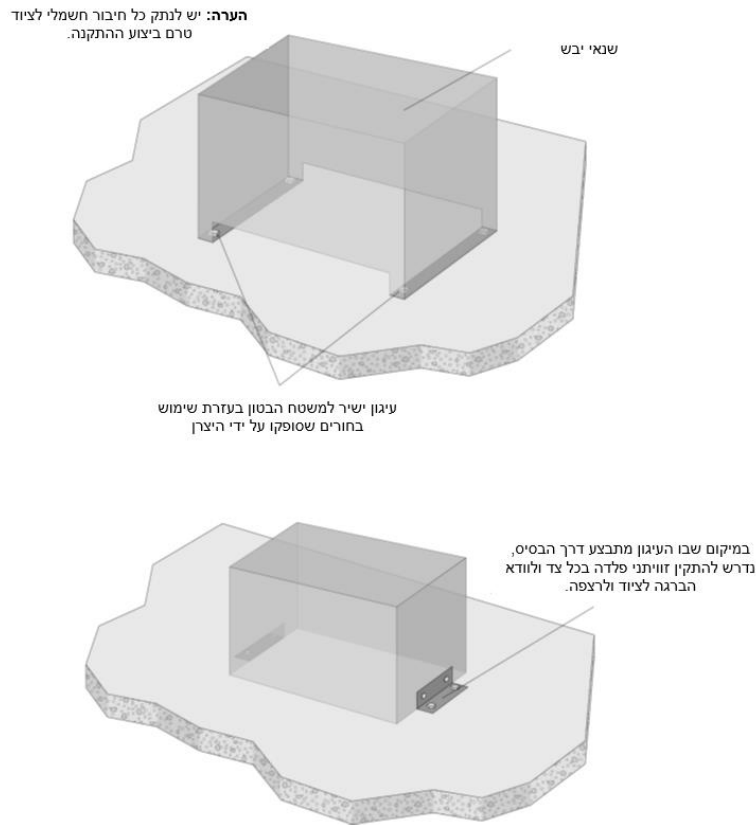


**איור 6.4.7.3-8 –** דוגמה לציוד קשיח. התמונות צולמו בשני מתקנים שונים שניזוקו לאחר רעידת אדמה. לוחות הפיקוד המעוגנים לקיר לא נפגעו במהלך הרעידה והמשיכו לתפקד כראוי, על אף שהקירות אליהם הם מחוברים ניזוקו מאוד.



**איור 6.4.7.3-9 –** יחידות חשמל פנימיות המשמשות מתקן חשוב. היחידות מעוגנות לבסיס ולא ניזוקו במהלך רעידת אדמה. מסקירה ויזואלית של היחידות עלה כי לא נוצר נזק מבני או הזזה ביחס לבסיס הבטון. ציוד דומה הממוקם בקרבת מקום החליק מהמשטח מכיוון שלא הכיל עיגון סיסמי קשיח מוארך.

**פרטי ביצוע להפחתת הסיכון הסיסמי:**  
**מצורפות דוגמאות לפרטים עקרוניים, שימו לב כי פרטים אלו אינם תכניות לביצוע.**



**איור 10-6.4.7.3 – דוגמה לעיגון שנאי.** שימו לב כי התקנת התושבת לקיבוע תבצע בחיבור ישיר למסגרת הפנימית שאליה השנאי והמכלול מחוברים (ER).

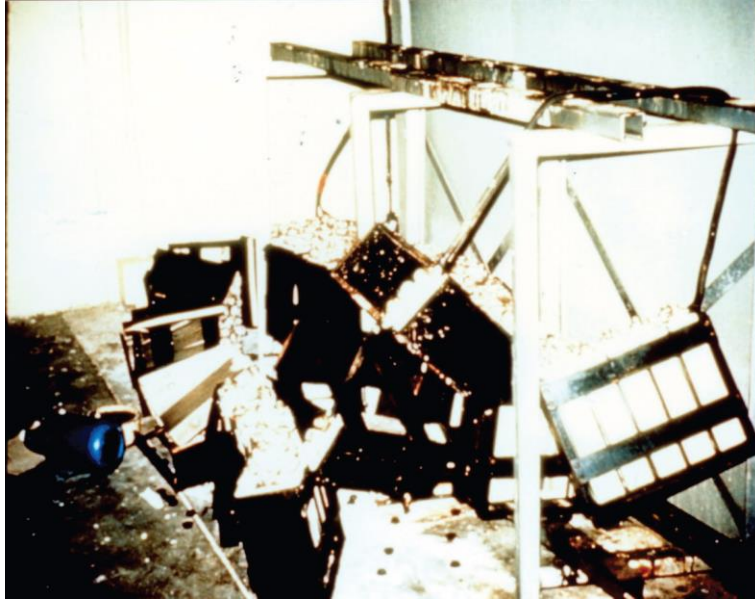
## 6.26 סעיף 6.4.7.4 - סוללות ומדפי סוללות

### תיאור:

פרק זה מתמקד בסוללות ומדפי סוללות, אשר לעיתים קרובות משמשים כחלק מרכיבי מערכת החירום. ההתקנה מתבצעת בחיבור לרצפת בטון, רצפה מוגבהת, קיר או גג.

### סיבות אופייניות לנזק:

מדפי הסוללות עשויים להחליק או להתהפך והסוללות עלולות להחליק או ליפול מהם. כשל בסוללות עלול לפגוע במערכת אספקת כוח בחירום או ביישומים אחרים התלויים בגיבוי הסוללות.



איור 1-6.4.7.4 – נזק הנגרם לסוללות עקב רעידת אדמה.

#### דגשים להפחתת הסיכון הסיסמי:

1. עיגון סיסמי של מדפי סוללות קיים בתצורות שונות. העיגון מבוצע בחיבור ישירות לרצפה או לקיר.
2. עבור מדפי סוללות שהותקנו בעבר, נדרש לוודא כי הסוללות מאובטחות למדפים ושהמדפים מעוגנים ותמוכים כראוי.

#### דוגמאות להפחתת סיכון סיסמי:



איור 2-6.4.7.4 – מדפי סוללות מעוגנים.

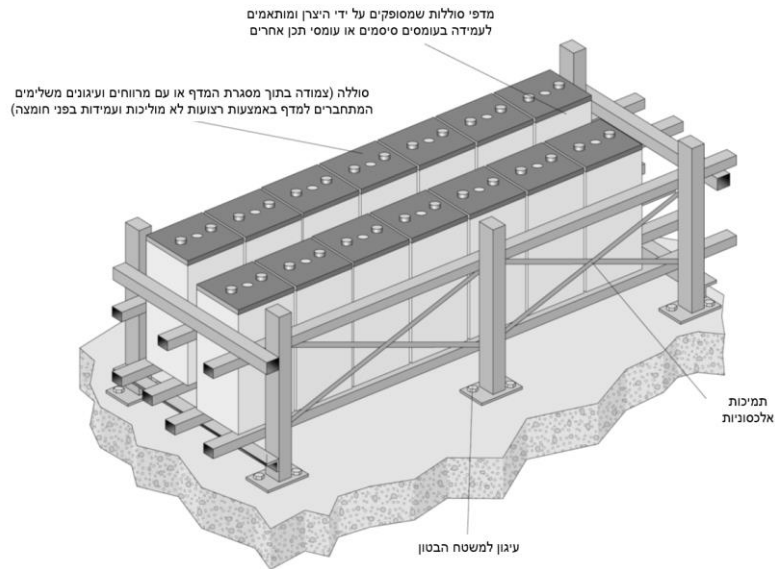


איור 6.4.7.4-3 – סוללות מעוגנות נגד החלקה.



איור 6.4.7.4-4 – מדפי סוללות שתפקדו כראוי במהלך רעידת אדמה.

**פרטי ביצוע להפחתת הסיכון הסיסמי:**  
**מצורפות דוגמאות לפרטים עקרוניים, שימו לב כי פרטים אלו אינם תכניות לביצוע.**



**איור 6.4.7.4-5 – סוללות ומדפי סוללות (ER).**

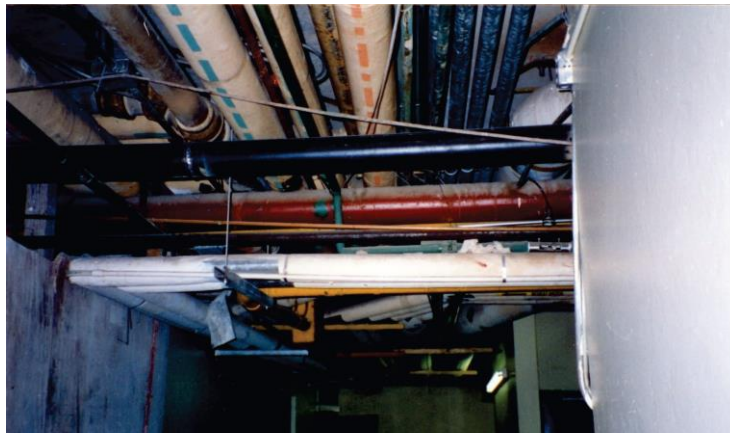
**6.27 סעיף 6.4.8.1 - תעלות וצנרת חשמל**

**תיאור:**

פרק זה מתמקד בתעלות וצנרת חשמל מסוגים שונים. הרכיבים יכולים להיות תלויים או מחוברים לרצפה, משטח, קיר או גג.

**סיבות אופייניות לנזק:**

1. הרכיבים עלולים להתנדנד ולהתנגש ברכיבים מבניים או לא-מבניים אחרים. הרכיבים עלולים ליפול ולהוות סכנת התחשמלות.
2. אזורים פגיעים לכשל כוללים מישקים סיסמיים, חיבורים קשיחים לציוד וחדירות בקיר, רצפה או גג.



**איור 6.4.8.1-1 – תעלה וצנרת תלויות לא מעוגנות.**

### דגשים להפחתת הסיכון הסיסמי:

1. עבודה בסביבת ציוד חשמלי עלולה להיות מסוכנת מאוד. יש לקרוא את ההנחיות והאזהרות בנושא חשמל המופיעים בסעיף 6.6.8 במדריך לפני שתבוצע עבודה כלשהי.
2. תעלות חשמל לרוב תמוכות ומעוגנות בדומה לצנרת. משקל התעלה והרכיבים המוליכים בה שווה בקירוב למשקל של צנרת מלאה במים בעלת קוטר זהה.
3. שתי דוגמאות לרשתות עיגון מוצגות בהמשך. ראה סעיף 6.4.3.1 לדוגמאות עיגון צנרת אשר משמשות גם לקווי חשמל. מידע נוסף בנושאים עיגון סיסמי לציוד חשמלי ופרטי עיגון שונים לתעלות ניתן למצוא ב-FEMA 413 וב-FEMA 414, בהתאמה.
4. מערכות עיגון סיסמי הנדסיות קיימות בתצורות שונות וניתנות להתאמה למגוון יישומים. השימוש לרוב מתאים לפרוייקטים בקנה מידה גדול או למתקנים חיוניים.

### דוגמאות להפחתת סיכון סיסמי:



איור 2-6.4.8.1 – תמיכה אלכסונית קשיחה המהווה עיגון נגד כוחות רעידת אדמה בכיוון הניצב. תמיכה דומה נדרשת בכיוון האורכי של התעלה.

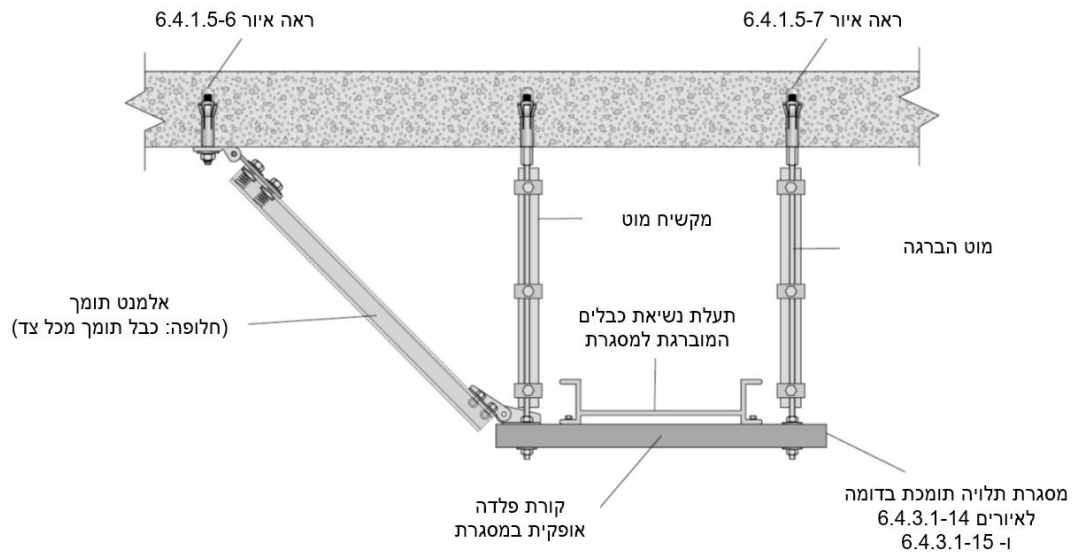


איור 3-6.4.8.1 – תמיכה אלכסונית קשיחה המחוברת למסגרת התומכת צנרת חשמל. הצנרת מחוברת למסגרת באמצעות חבקים המספקים עיגון בכיוון האורכי והניצב.



איור 6.4.8.1-4 – תמיכה אלכסונית קשיחה המחוברת למסגרת התומכת צנרת חשמל בכיוון האורכי והניצב.

**פרטי ביצוע להפחתת הסיכון הסיסי:**  
**מצורפות דוגמאות לפרטים עקרוניים, שימו לב כי פרטים אלו אינם תכניות לביצוע.**



איור 6.4.8.1-4 – תעלה נושאת כבלים מעוגנת למסגרת תלויה תומכת (ER).

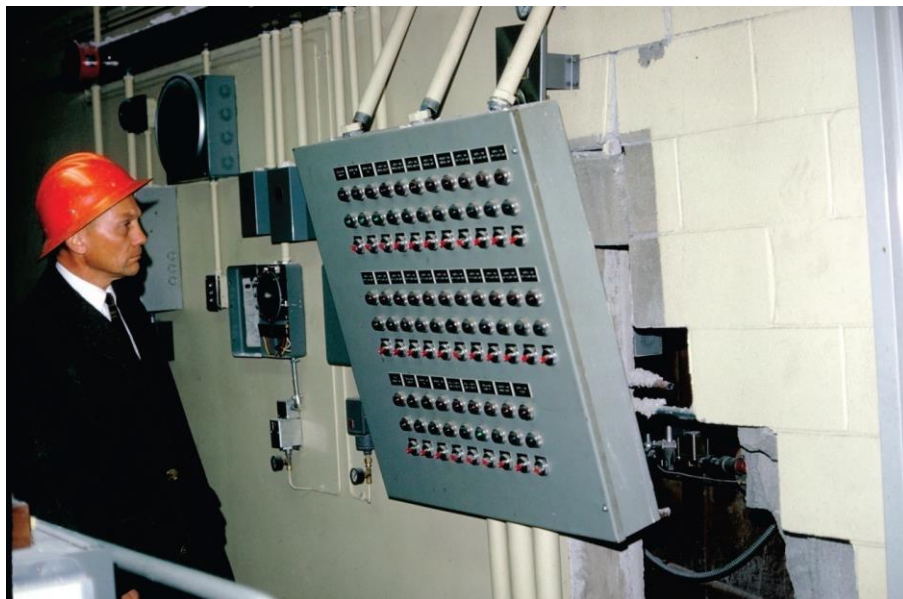
## 6.28 סעיף 6.4.8.2 - לוחות חשמל

### תיאור:

פרק זה מתמקד בלוחות הפצה חשמליים המחוברים לפני שטח או שקועים. באופן כללי, לוחות חשמל המחוברים לקיר תפקדו כראוי במהלך רעידות אדמה שהתרחשו בעבר תודות למשקלם (לרוב פחות מ-90 ק"ג), למשיכות המתכת ממנה עשוי ארון החשמל ולחוזק הצנרת המחוברת שמהווה גורם תומך לא מתוכנן.

### סיבות אופייניות לנזק:

1. הלוחות עלולים להיעקר ממקומם וליפול.
2. כשל בלוחות הפצת החשמל ובקווים המחוברים אליהם עלול להוביל לסכנת התחשמלות ולפריצת שריפה.



איור 6.4.8.2-1 – לוח חשמל שנעקר ממקומו עקב כשל במחיצת בלוקים חלולים.

### דגשים להפחתת הסיכון הסיסמי:

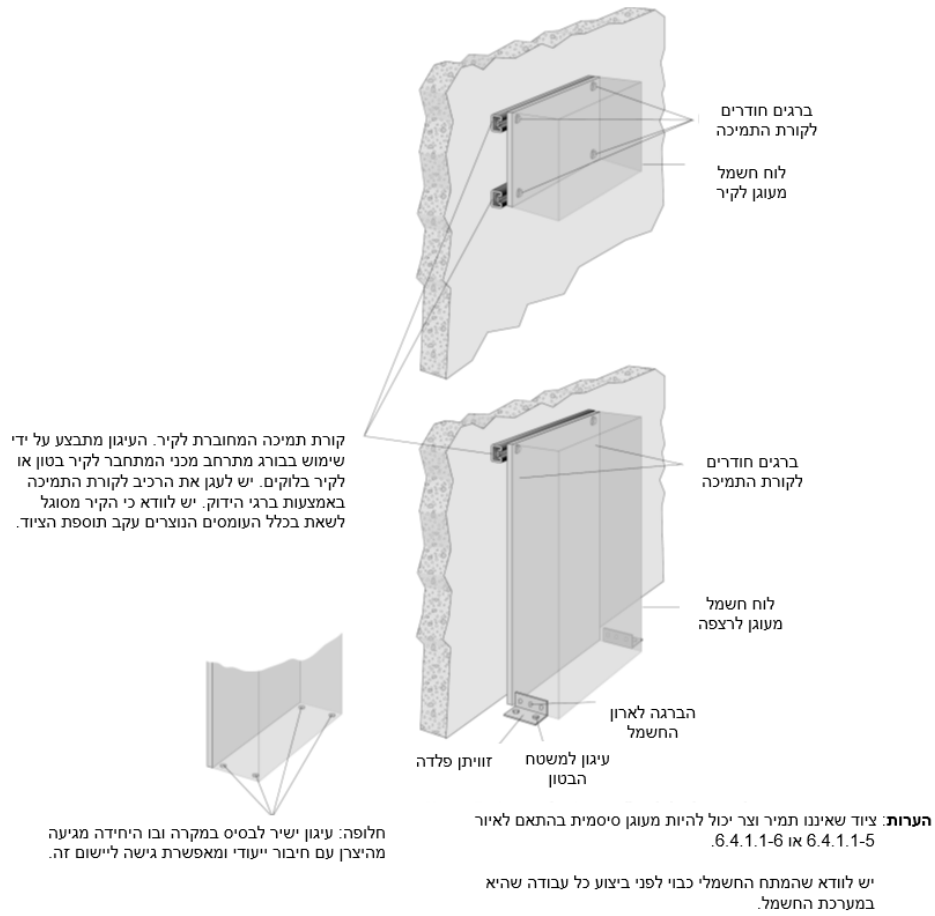
1. עבודה בסביבת ציוד חשמלי עלולה להיות מסוכנת מאוד. קראו את המדריך והאזהרות בנושא חשמל המופיעים בפרק 6.6.8 של דו"ח זה לפני שתבצעו עבודה כלשהי.
2. ציוד מסוג זה לרוב מסופק עם מחברים מרותכים או חורים קדוחים בכדי לעגן אותו לקיר. עבור ציוד מודרני, נדרש להשתמש ברכיבים המגיעים מהיצרן עם פרטי עיגון סיסמי.
3. ראה סעיף 6.4.7.1 עבור פרטי עיגון לבסיס נוספים. פרט החיבור לקיר המוצג הינו עבור קיר בטון. מידע נוסף ניתן למצוא ב-FEMA 413.

## דוגמאות להפחתת סיכון סיסמי:



איור 6.4.8.2-2 – לוח חשמל המעוגן לקיר. הלוח מחובר לאלמנט פלדה תומך אשר מחובר לקיר.

**פרטי ביצוע להפחתת הסיכון הסיסמי:**  
**מצורפות דוגמאות לפרטים עקרוניים, שימו לב כי פרטים אלו אינם תכניות לביצוע.**



**איור 6.4.8.2-3 – התקנת יחידת לוח חשמל עצמאית (ER).**

## 6.29 סעיף 6.5.3.3 - מחשבים ואביזרים נלווים

### תיאור:

פרק זה מתמקד בעיגון מחשבים, מדפסות, צגים, סורקים וציוד ממוחשב אחר שבימינו ניתן למצוא במרבית המקומות. מרבית רכיבים אלה מונחים לרוב על שולחנות או על הרצפה ללא כל עיגון.

### סיבות אופייניות לנזק:

1. הציוד השולחני עלול להחליק, ליפול או להתנגש בחפצים אחרים. בתרחיש של נפילה עלולים להיעקר כבלים המחוברים לציוד אחר ולגרום לנזק בציוד שמסביב.
2. נזק בציוד מחשוב עלול לגרום להשבתת העסק, לאיבוד מידע ולנזק כלכלי רב.



איור 6.5.3.3-2 – נזק בחדר בקרה בשדה תעופה.



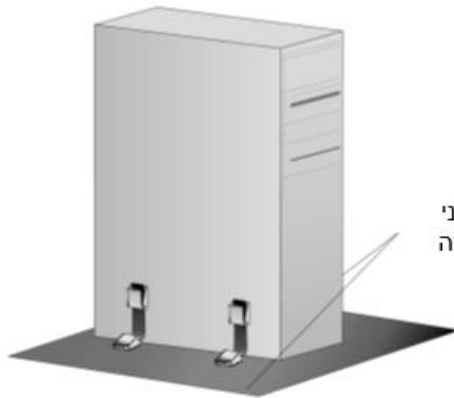
איור 6.5.3.3-1 – מסך מחשב שנפל במהלך רעידה.

### דגשים להפחתת הסיכון הסיסמי:

1. על הציוד המשרדי להיות מעוגן או קשור במטרה למנוע נזק עקב רעידת אדמה, לרבות אובדן ציוד ומידע דיגיטלי. השולחן שעל גביו ממוקמים הרכיבים צריך להיות מעוגן אף הוא, במידה וקיימת אפשרות לתזוזה שלו. כמו כן, יש לוודא כי כבלים המחוברים למערכות השונות יהיו רפויים במידה מסויימת, במטרה לאפשר גמישות ותזוזה בתרחיש של רעידה ובכך למנוע תופעת עקירה ומשיכה של הכבלים ופגיעה בציוד שמסביב.
2. קיימים פתרונות עיגון רבים לציוד משרדי בסגנון זה. תיאור נוסף מופיע בסעיף 6.5.6.2, אשר פרטי הביצוע העיקריים המופיעים בו מתוארים במדריך זה באיורים 6.5.6.2-3 ו-6.5.6.2-5.

### פרטי ביצוע להפחתת הסיכון הסיסמי:

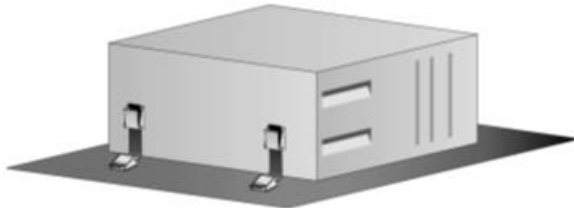
מצורפות דוגמאות לפרטים עקרוניים. באיורים הבאים ניתן לראות דוגמאות ליישום עיגונים של ציוד ממוחשב וציוד משרדי לרצפה, לשולחן או לקיר.



**יחידת עיבוד מרכזית**  
מצמיד בארבע נקודות



**מצמיד בטיחותי**



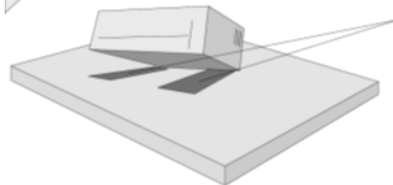
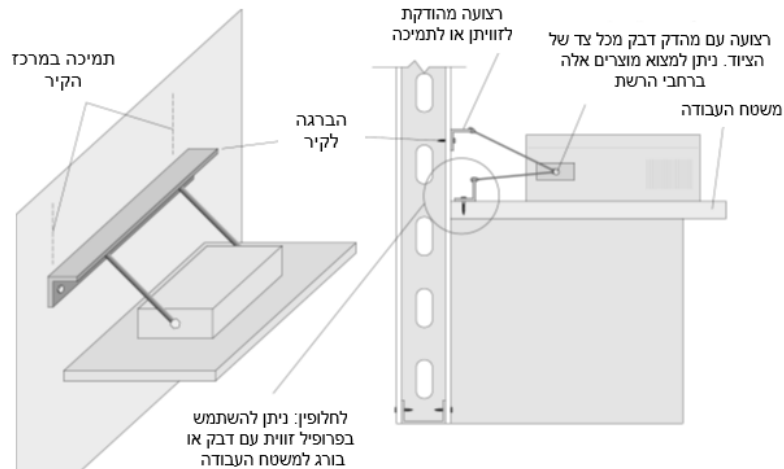
**יחידת עיבוד מרכזית**

**הערה:** קיימים סוגים רבים של מצמידי ציוד למשטח עבודה. ניתן למצוא מידע נוסף ברשתות השיווק וברשת האינטרנט.

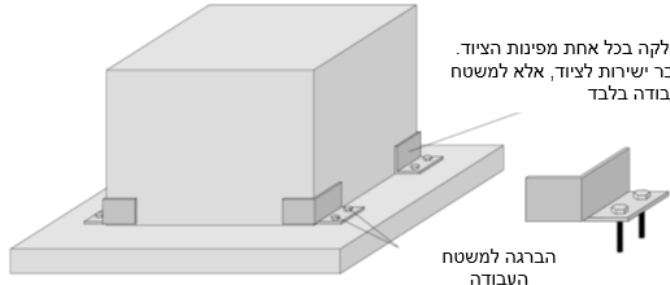


**מסכי מחשב**

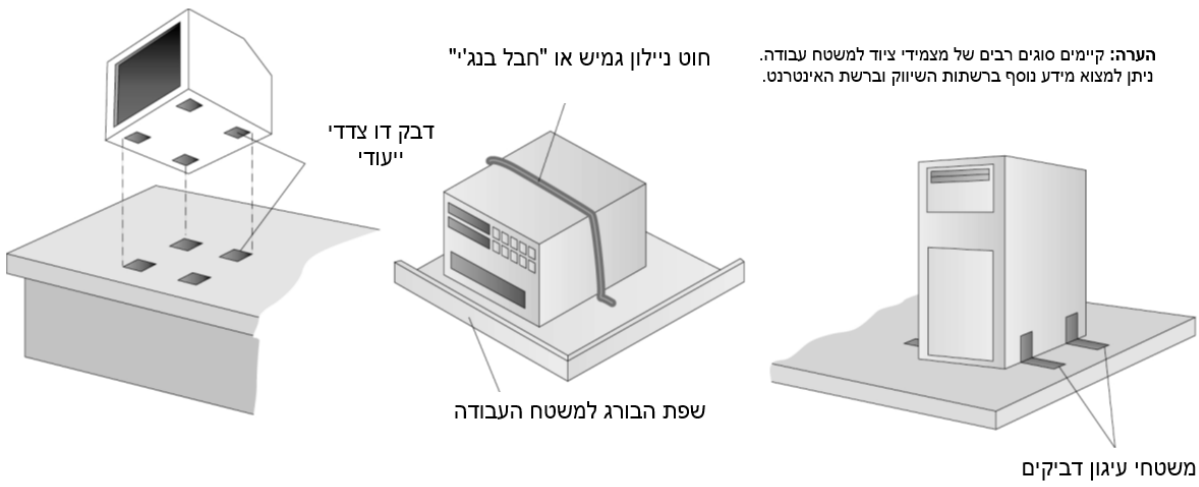
**איור 6.5.3.3-3 – עיגון מחשבים ואביזרים נלווים (NE – לא נדרש מהנדס).**



**משטח בעל יכולת חיכוך גבוהה**  
יש להשתמש כאשר לציוד יש מרכז מסה נמוך, המשטח לא מונע היפוך



**איור 3-6.5.6.2 – עיגון ציוד משרדי ואביזרים נלווים (NE – לא נדרש מהנדס).**



**הערה:** קיימים סוגים רבים של מצמדי ציוד למשטח עבודה. ניתן למצוא מידע נוסף ברשתות השיווק וברשת האינטרנט.

**איור 5-6.5.6.2 – עיגון ציוד משרדי ואביזרים נלווים (NE – לא נדרש מהנדס).**

## 6.30 סעיף 6.5.5.1 - ארונות תיוק מסמכים

### תיאור:

פרק זה מתמקד בארונות לתיוק מסמכים (או ציוד דומה באופיו). לרוב, הארונות עשויים מתכת, בעלי מידות צרות וגבוהות ומכילים עומס רב. בתרחיש רעידות אדמה, ציוד מסוג זה לרוב נוטה להתהפך ולגרור לנזק מסביב, הכולל גם ארגון מחדש של המסמכים או האביזרים המאוחסנים בו.

הערה: שיטות האחסון בעידן המודרני עברו שינוי מתיוק מסמכים במגירות, אך עקרונות העיגון המוצגים בפרק זה רלוונטים גם לציוד בעל אופי דומה ובפרט לריהוט כבד.

### סיבות אופייניות לנזק:

1. החלקה או התהפכות - הציוד עלול להחליק, להתהפך או להתנגש בחפצים אחרים. המגירות עלולות להחליק החוצה ולהגיביר את תופעת ההתהפכות. כמו כן, תוכן המגירות עלול להחליק החוצה ולהינזק.
2. היפוך ציוד מסוג זה עלול לגרום לחסימת מעברים ונתיבים ליציאות חירום בזמן אמת.



איור 6.5.5.1-1 – נפילת ארון תיוק עקב רעידת אדמה.



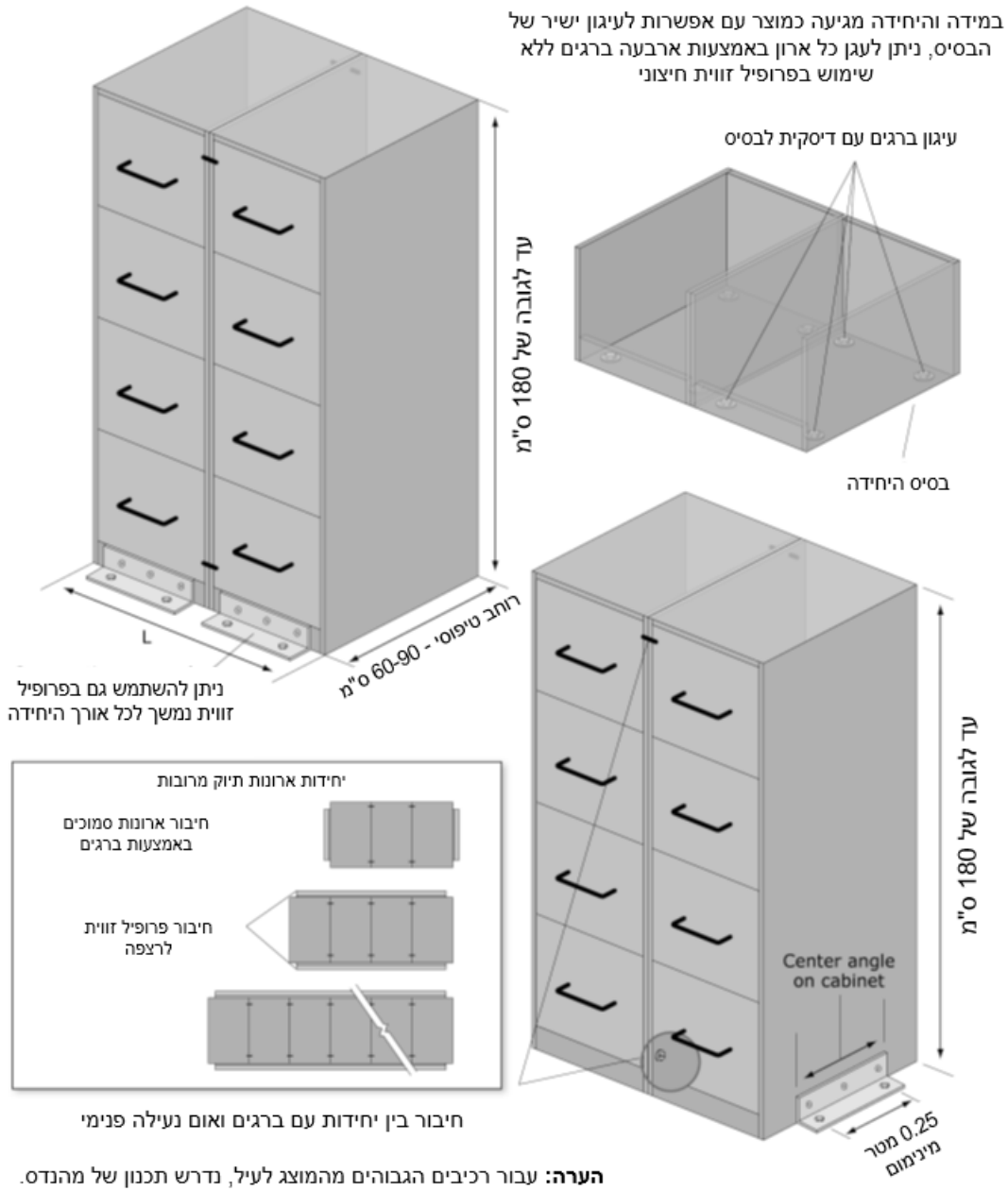
איור 2-6.5.5.1 – נזק לציוד משרדי עקב רעידת אדמה.

### דגשים להפחתת הסיכון הסיסמי:

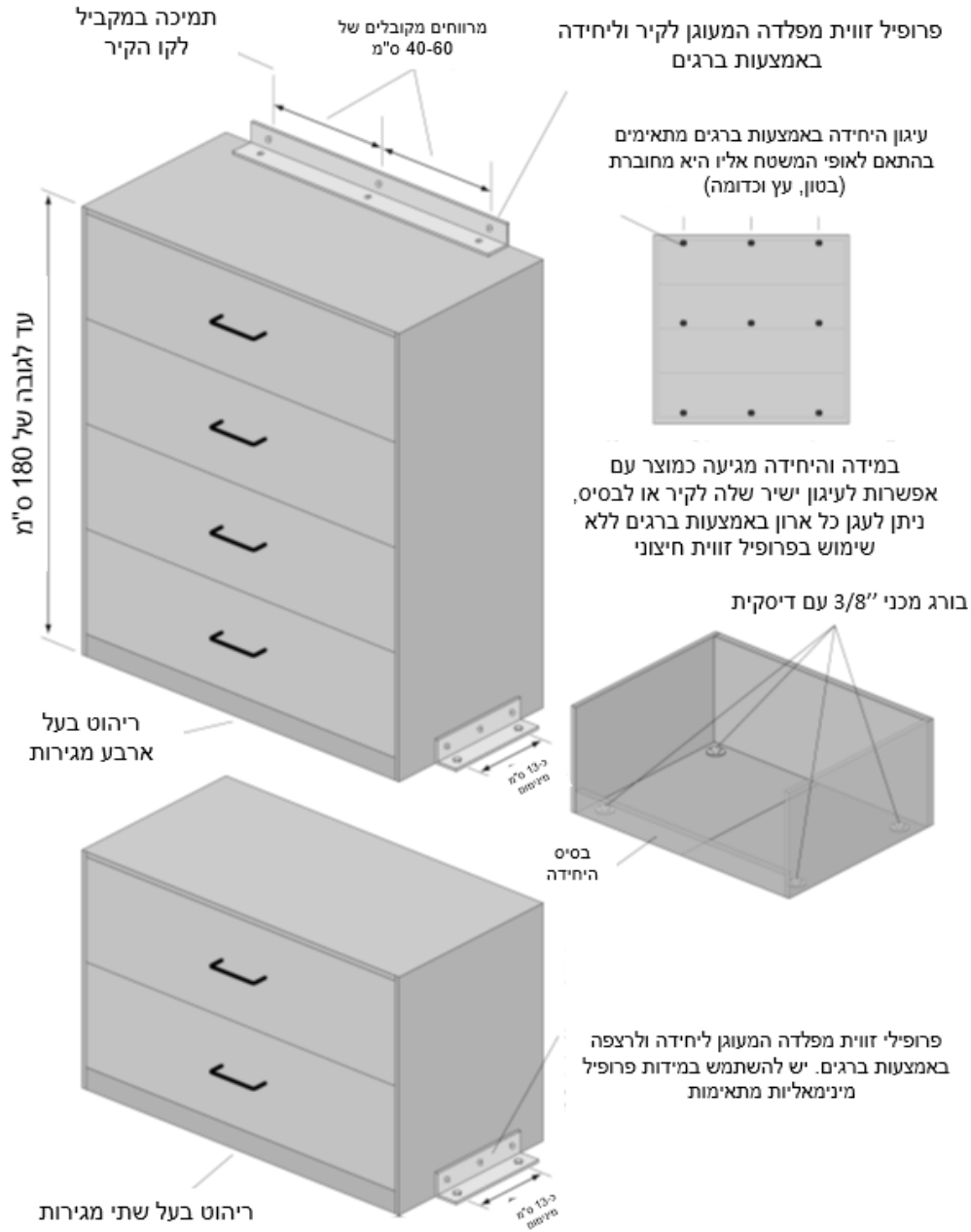
1. לפי הנחיות התקינה האמריקאית, ציוד או מידוף בעלי גובה של מעל 1.8 מטרים המעוגנים לרצפה בלבד להיות בעלי חשיבות של רכיב אדריכלי. ההנחיה איננה חלה על אביזרים התלויים על קיר או מעוגנים באופן משולב לקיר ולרצפה.
2. אין למקם ארונות וציוד משרדי במיקום שעלול לחסום נתיב ליציאת חירום או מסדרון. יש להרחיק מיקום ארונות עם ציוד כבד מחלונות או ויטרינות למניעת התנפצות עקב נפילה בזמן רעידה.
3. יש לעגן את הארונות לרצפה או לקיר. במקרה והארון מעוגן למחיצה, יש לוודא כי מכלול העיגון ביחס למחיצה מאפשר עיגון בטוח וראוי.
4. עבור יחידות הממוקמות במרכזי חללים, בנוסף לעיגון ברצפה, רצוי לבצע חיבור בין היחידות להקשחת המערכת כולה.
5. יש לספק מעצורים חזקים למגירות, למניעת פתיחתן במהלך רעידה. כמו כן, אין למקם ואזות, עציצים, מיכלי נוזלים וכדומה על גבי ארונות מסוג זה.
6. קיימים פתרונות עיגון רבים לציוד משרדי בסגנון זה, יש ליישם על סמך שיקול דעת ובהתאם להנחיות מדריך זה.

### פרטי ביצוע להפחתת הסיכון הסיסמי:

מצורפות דוגמאות לפרטים עקרוניים. באיורים הבאים ניתן לראות דוגמאות ליישום עיגונים של ארונות תיוק (או ציוד כבד דומה) שגובהם עד לכ-1.8 מטרים. הדוגמאות מציגות פתרונות עבור עיגון לבסיס הרצפה או עיגון משולב לקיר ולרצפה, אך ניתן ליישם פרטי עיגון דומים גם עבור רכיב המעוגן לקיר בלבד. עבור רכיבים וציוד דומים וקלי משקל יותר, ניתן להשתמש בפתרונות פשוטים יותר באמצעות יישום של אותם העקרונות.



**איור 6.5.5.1-5** – עיגון ארונות תיוק לבסיס הרצפה (NE – לא נדרש מהנדס).



**איור 6.5.5.1-6 – עיון ארונות תיוק לקיר ולבסיס הרצפה (NE – לא נדרש מהנדס).**

## 7. סיכום ומסקנות

עיגון מערכות לא-מבניות בפני תנודות ועומסים אופקיים המתפתחים כתוצאה מרעידת אדמה הינו תחום מתפתח שיש להתחשב בו בתכנון מערכות למבנים חדשים או בשימוש במערכות במבנים קיימים. מבנים רבים במדינת ישראל מכילים ציוד ומערכות שאינם מעוגנים בכיוון האופקי ומעוגנים באופן אנכי בלבד. בתרחיש של רעידת אדמה, הציוד והמערכות צפויים להינזק עקב עיגון לא ראוי זה ולכן קיים צורך לתכנן עיגונים שימנעו את תנודתם או החלקתם בזמן רעידת אדמה ולאחריה.

בכדי לבצע תכן הנדסי אופטימלי של עיגון הרכיבים הלא-מבניים נדרש לאמץ את גישת התכן התפקודי (Performance-based design) המבוססת על תכן המבנה בהתאם לדרישות התפקוד הייחודיות לו כמפורט במדריך זה. גישה זו מכוונת לרמת הנזק המקסימלית שהמתכנן ובעלי העניין מוכנים לקבל במבנה או ברכיביו לאחר רעידת אדמה בעוצמה מסוימת. התכן התפקודי מאפשר תכן גמיש, המבוסס על עקרונות כלכליים ונועד להבטיח התנהגות רצויה של המבנה (והמערכות הלא-מבניות השונות הקשורות אליו) תחת רמות סיכון סיסמי שונות. קריטריונים אלו מוגדרים על ידי הלקוח או בעל העניין, בהתאם לשיקולים הכלכליים והתפקודיים שלו, תוך הבטחת הצלת חיי אדם, כקריטריון מינימאלי.

המדריך הינו מדריך כללי לעיגון רכיבים לא-מבניים שונים, תוך דגש על מערכות וציוד הנפוצים לרוב בבתי חולים. במבנה בית חולים טיפוס, לרכיבים הלא-מבניים בתפעול השוטף של המערך הרפואי יש חשיבות גדולה, והם מהווים חלק גדול הן בעלויות בניית מבנה חדש, והן בעלויות החלפה או תיקון עקב השבתה. נזקים למערכות לא-מבניות לרוב מתרחשים בעוצמות רעידה נמוכות מאלו הצפויות לגרום לכשלים או נזקים משמעותיים במבנה עצמו. לפיכך, גם אם הנזק המבני לאחר רעידה יהיה קטן יחסית, הנזק הלא-מבני יכול להיות נרחב בהרבה, ולכלול נזקים משמעותיים לתקרות, מחיצות, תאורה, צנרות, חיפויים, ציוד רפואי, ארונות, מסכים ועוד. נזקים לצנרת יכולים לגרום לקריעתה ולדליפה של מים או גזים וליצור הצפה או פיזור של חומרים מסוכנים. ציוד כבד יכול להתהפך ולצאת מכלל שימוש ואף לפגוע באנשים ולגרום לפציעותם.

עיגון הרכיבים הלא-מבניים בהתאם להנחיות מדריך זה (המבוסס על המדריך האמריקאי FEMA E-74 ועל תקנים אמריקאיים המבוססים על גישת התכן התפקודי), יאפשר לשמור על עמידות הרכיבים ותפקודם בזמן ולאחר רעידת אדמה ועשוי למנוע את הסכנות הנלוות עקב כשלים שונים ובכך להציל חיי אדם.

בפרק הנספחים הנלווה למדריך זה, מתוארות דוגמאות חישוב שונות להערכת העומס הסיסמי עבור רכיבים לא-מבניים הנפוצים בבתי-חולים. הדוגמאות חושבו לפי הנחיות התקן האמריקאי ASCE 7-22, אך יש להדגיש כי הן אינן מהוות חלופה לעמידה בדרישות התקינה הישראלית. הדוגמאות מבוססות על התקן האמריקאי שהינו תקן מוביל בתחום (התקן הישראלי אף מבוסס עליו בחלקו) וההנחיות שבו יכולות לסייע במקרים בהם לא ניתן פתרון או מענה בתקן הישראלי, תוך הפעלת שיקול דעת הנדסי. הרחבה והסברים נוספים ניתן למצוא בנספחים של מדריך זה.

## 8. מקורות מידע

- ר. גולדשמידט, "הערכות ישראל לרעידות אדמה", מרכז המחקר והמידע, כנסת ישראל, נובמבר 2010.
- ASCE/SEI 7-16 (2016). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.
- ASCE/SEI 7-22 (2022). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.
- ASCE/SEI 41-17 (2017). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.
- FEMA 396 (2003). *Incremental Seismic Rehabilitation of Hospital Buildings*, Federal Emergency Management Agency, Washington DC, USA.
- FEMA 412 (2002). *Installing Seismic Restraints for Mechanical Equipment*, Federal Emergency Management Agency, Washington DC, USA.
- FEMA 413 (2004). *Installing Seismic Restraints for Electrical Equipment*, Federal Emergency Management Agency, Washington DC, USA.
- FEMA 414 (2004). *Installing Seismic Restraints for Duct and Pipe*, Federal Emergency Management Agency, Washington DC, USA.
- FEMA 577 (2007). *Design Guide for Improving Hospital Safety in Earthquakes, Floods, and High Winds: Providing Protection to People and Buildings*, Federal Emergency Management Agency, Washington DC, USA.
- FEMA E-74 (2011). *Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage – A Practical Guide*, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC, USA.
- FEMA E-74 (2012). *Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage*, Federal Emergency Management Agency, Washington DC, USA.
- FEMA HAZUS (2010). HAZUS – MH MR5, *Earthquake Loss Estimation Methodology. Advanced Engineering Building Module – Technical and User's Manual*. Federal Emergency Management Agency, Washington, DC, USA.
- D'Ayala, D., Galasso, C., Minas, S., and Novelli, V. (2015). *Review of the Non-structural Considerations for Seismically Retrofitting Hospitals, Impact on Hospital Functionality, and Hospital Selection*, Evidence on Demand, UK.
- De Normalisation, C. E. (2005). *Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance-Part 3: Assessment and Retrofitting of Buildings*, EN 1998-3. CEN, Brussels, Belgium.
- Holmes, W. T., & Burkett, L. (2006). *Seismic vulnerability of hospitals based on historical performance in California*. In Proceedings of the 8th US National Conference on Earthquake Engineering (pp. 18-22).
- Taghavi S. and Miranda E. (2003). *Response assessment of nonstructural building elements*, PEER report 2003/05, College of Engineering, University of California Berkeley, USA.

תודה למהנדסים חוה ויסמן ויהודה שטראוס מחברת "ירון אופיר מהנדסים" על תרומתם בהכנת מדריך זה.

## 9. נספחים – דוגמאות חישוב

בעמוד הבא מצורף נספח עם דוגמאות חישוב להערכת העומס הסיסמי ולעיגון מערכות לא-מבניות הנפוצות בבתי-חולים.



**דוגמאות חישוב  
לעיגון רכיבים לא-מבניים  
בבתי חולים**

**רועי ביטון**

**תוכן העניינים:**

142.....	1. הקדמה.....
145.....	2. דוגמת חישוב מפורטת עבור מערכת HVAC.....
150.....	3. יחידות CRAC.....
152.....	4. דודי-מים.....
154.....	5. מתקני צילר.....
157.....	6. יחידות מיזוג אוויר תלויות.....
160.....	7. גנרטורים.....
162.....	8. שנאים.....
164.....	9. צנרת פלדה תלויה.....
167.....	10. ארונות אל-פסק (UPS).....

## 1. הקדמה:

בפרק זה מוצגות דוגמאות חישוב עבור עיגון רכיבים לא-מבניים הנפוצים בבתי חולים. דוגמאות החישוב המוצגות נועדו לסייע בקביעת העומסים הפועלים על הרכיבים כתוצאה מרעידת אדמה ומאפשרים הערכה של העומס הסיסמי ללא ביצוע אנליזה מתקדמת. הדוגמאות הינן עבור עיגון סיסמי לרכיבים לא-מבניים (Nonstructural Components) בהתאם להנחיות פרק 13 בתקן האמריקאי ASCE 7-22. במידה ומדובר במבנים הנדסיים (Nonbuilding Structures) כדוגמת מסגרות תומכות בציוד לא-מבני, יש להתחשב בהנחיות המופיעות בפרק 15 בתקן האמריקאי והן אינן נכללות במסגרת מדריך זה. כמו כן, המדריך מתמקד בהצגת דוגמאות להערכת העומס הסיסמי על הציוד, בעוד קיימים שיקולים נוספים לבדיקת הציוד כדוגמת החזות יחסיות עקב רעידת אדמה, שלהן קיימות הנחיות בתקן הישראלי הרלוונטי עבור רכיבים רגישים (כדוגמת צנרת).

ההסבר והדוגמאות על אופן קביעת העומסים על הרכיבים המוצגים במדריך זה אינם מהווים חלופה לעמידה בדרישות התקינה הישראלית. הדוגמאות מבוססות על התקן האמריקאי שהינו תקן מוביל בתחום (התקן הישראלי אף מבוסס עליו בחלקו) וההנחיות שבו יכולות לסייע במקרים בהם לא ניתן פתרון או מענה בתקן הישראלי, תוך הפעלת שיקול דעת הנדסי. התקן הישראלי הרלוונטי לעיגון סיסמי של רכיבים לא-מבניים הינו תקן ישראלי 413, בדגש על חלק 2, המגדיר את אופן החישוב עבור מבנים הנדסיים כלליים, מערכות מדפי אחסון מפלדה, מיכלים על הקרקע לאחסון נוזלים, מיכלים מוגבהים לנוזלים ולגזים וצנרת על-קרקעית במתקני תעשייה.

### חישוב מקדמי העומסים הסיסמיים בהתאם להנחיות תקן ASCE 7-22:

העומס האופקי עקב רעידת אדמה יקבע לפי נוסחה 13.3-1:

$$F_{p_h} = 0.4 S_{DS} I_p W_p \left( \frac{H_f}{R_\mu} \right) \left( \frac{C_{AR}}{R_{po}} \right)$$

ולא יחרוג מהתחום בהתאם לדרישות הבאות:  $0.3 S_{DS} I_p W_p \leq F_{p_h} \leq 1.6 S_{DS} I_p W_p$

כאשר בנוסחאות אלה:

- $S_{DS}$  - תאוצה ספקטרלית כמוגדר בסעיף 11.4.5.
- $I_p$  - מקדם חשיבות כמוגדר בסעיף 13.1.3.
- $W_p$  - משקל הרכיב. יש להתחשב בהשפעות עומס נוספות אם קיימות.
- $H_f$  - מקדם הגברה לגובה הרכיב כמוגדר בסעיף 13.3.1.1.
- $R_\mu$  - מקדם הפחתת משיכות מבני כמוגדר בסעיף 13.3.1.2.
- $C_{AR}$  - מקדם משיכות ותהודה לרכיב הלא-מבני כמוגדר בסעיף 13.3.1.3.
- $R_p$  - מקדם חוזק לרכיב הלא-מבני כמוגדר בסעיף 13.3.1.4.

## דוגמאות חישוב לעיגון רכיבים לא-מבניים בבתי חולים

### הערות ודגשים על המקדמים:

#### • מקדם $H_f$ :

המקדם תלוי בגובה ובזמן המחזור של התמיכה הלא-מבנית (ראה סעיף 13.3.1.1 בתקן).  
בהיעדר מידע על זמן המחזור ניתן לחשב את ערכו לפי הביטוי:

$$H_f = 1 + 2.5 \left( \frac{z}{h} \right)$$

$z$  - גובה הרכיב מעל פני הקרקע. במקרה של רכיב הנמצא בפני הקרקע או תת קרקעית  $z = 0$ .  
כלומר, המקדם  $H_f = 1.0$ .

$h$  - גובה גג ממוצע של המבנה ביחס לבסיס. יש לוודא כי  $\frac{z}{h} \leq 1.0$ .

#### • מקדם $R_\mu$ :

מקדם זה מייצג התחשבות במשיכות המבנה שבו ממוקם הרכיב הלא-מבני. ניתן לחשב את ערכו של המקדם לפי הביטוי:

$$R_\mu = \left[ \frac{1.1R}{I_e \Omega_0} \right]^{\frac{1}{2}} \geq 1.3$$

$I_e$  - מקדם חשיבות לרכיב הלא-מבני. כמוגדר בסעיף 11.5.1 ותלוי ברמת הסיכון הסיסמי.  
 $R$  - מקדם הפחתה של המבנה (או התמיכה המבנית). כמוגדר בטבלאות 12.2-1, 15.4-1 או 15.4-2.

$\Omega_0$  - מקדם חוזק יתר של המבנה (או התמיכה המבנית). כמוגדר בטבלאות 12.2-1, 15.4-1 או 15.4-2.

עבור רכיבים הממוקמים במפלס הקרקע או תת קרקעית, ערכו של המקדם יהיה  $R_\mu = 1.0$ . כאשר מערכת נשיאת העומסים הסיסמיים איננה מוגדרת בטבלאות 12.2-1, 15.4-1 או 15.4-2, ערכו של המקדם יהיה  $R_\mu = 1.3$ . יש להפעיל שיקול דעת בשימוש במקדם זה כתלות במשיכות המבנה.

#### • מקדם $C_{AR}$ :

מקדם משיכות ותהודה לרכיב הלא-מבני ייקבע בהתאם לערכים המוצגים בטבלאות 13.5-1 (רכיבים אדריכליים)  
ו-13.6-1 (רכיבים מכניים וחשמליים).

#### • מקדם $R_p$ :

מקדם חוזק לרכיב הלא-מבני ייקבע בהתאם לערכים המוצגים בטבלאות 13.5-1 (רכיבים אדריכליים) ו-13.6-1 (רכיבים מכניים וחשמליים). יש להפעיל שיקול דעת בשימוש במקדם זה כתלות במשיכות וחוזק הרכיב.

## דוגמאות חישוב לעיגון רכיבים לא-מבניים בבתי חולים

העומס האנכי עקב רעידת אדמה יקבע לפי סעיף 13.3.1.6:

$$F_{p_v} = \pm 0.2 S_{DS} W_P$$

הערה: במידה והרכיב הלא-מבני ממוקם באזור ממוגן, יש להתחשב במקדם התאוצה הקינמטי בהתאם ליועץ מיגון. העומס האנכי לתכן ייקבע להיות המירבי מבין הנוסחה לעיל לבין העומס הקינמטי. כמו כן, קיימות הגברות נוספות לרכיבים רגישים כמפורט בתקן.

### בדיקת עמידות הרכיב בפני העומסים הסיסמיים:

לאחר חישוב עומסי התכן עקב רעידת אדמה ניתן לבדוק את עמידות הרכיב בפני היפוך ובפני החלקה ולבחור עיגון מתאים במידת הצורך.

עמידות הרכיב תיקבע לפי יחס DCR שמוגדר להיות היחס שבין העומס הפועל לבין תסבולת הרכיב:

$$DCR = \frac{Demand}{capacity}$$

עבור יחס הגדול מ-1.0, הרכיב לא עומד בדרישות ונדרש לבצע עיגון מתאים.

מרבית הרכיבים הלא-מבניים נבדקים לעמידות בפני היפוך והחלקה עקב עומסי רעידת אדמה. בדיקת ההיפוך מבוצעת בהתאם לסוג הרכיב הנבדק בהתבסס על המומנט המהפך עקב עומסי רעידת אדמה אופקיים, תוך התחשבות בגבול הגרעין להיפוך של הרכיב במקרים הרלוונטיים. בבדיקת החלקה יש להתחשב במקדם חיכוך בהתאם לנתונים המתאימים לאתר ולרכיב הנבדק, תוך התחשבות במגבלות התקן הישראלי 413-2 עבור המקרים הרלוונטיים.

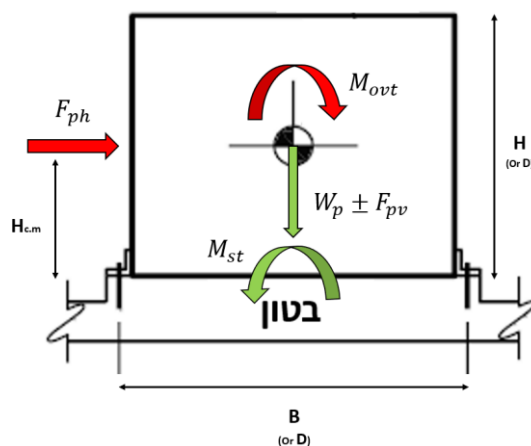
דוגמאות החישוב המוצגות במדריך זה מסייעות למהנדס בהערכת העומס הסיסמי על רכיבים לא-מבניים שונים הנפוצים בבתי חולים, בהתאם להנחיות התקן האמריקאי ASCE 7-22. כמצויין לעיל, הדוגמאות אינן פוטרות את המהנדס מבדיקת ההנחיות הנדרשות בתקינה הישראלית עבור הרכיבים הרלוונטיים, תוך הפעלת שיקול דעת הנדסי. הדוגמה הראשונה בספח זה הינה דוגמה מפורטת (שלב אחר שלב) להערכת העומס הסיסמי על הרכיב הלא-מבני. שאר הדוגמאות מוצגות באופן יותר מתומצת, אך מבוססות על אותם העקרונות.

## 2. דוגמת חישוב מפורטת עבור מערכת HVAC:

הדוגמה מבוססת על דוגמה מתוך מדריכי FEMA האמריקאיים: מערכת צינור הממוקמת על גג מבנה בגובה 11 מטרים.



נתוני מידות ומשקל הרכיב הלא-מבני			
<b>H</b>	1.3	m	גובה
<b>B</b>	1.7	m	רוחב
<b>L</b>	2.2	m	אורך
<b>W<sub>p</sub></b>	13.3	kN	משקל



### א. חישוב עומסים סיסמיים:

נרצה לחשב את העומס האופקי הפועל על הרכיב בכיוון הקצר:

$$F_{p,h} = 0.4S_{DS}I_pW_p \left( \frac{H_f}{R_\mu} \right) \left( \frac{C_{AR}}{R_{po}} \right)$$

## דוגמאות חישוב לעיגון רכיבים לא-מבניים בבתי חולים

➤ התאוצה הספקטרלית תקבע מתוך מספקטרום התגובה של האתר. במקרה של דוגמה זו:

$$S_{DS} = 0.474$$

➤ מדובר ברכיב פשוט (איננו מכיל חומ"ס, איננו נדרש לתפקוד גבוה וכד'), לכן מקדם חשיבות הרכיב:

$$I_p = 1.0$$

[במקרה של בית חולים לדוגמה, בו נדרשת רמת תפקוד גבוהה של הרכיבים בזמן ולאחר רעידת אדמה – מקדם זה שווה ל-1.5, בהתאם להנחיות סעיף 13.1.3 בתקן].

➤ המבנה בן 3 קומות וגובהו 11 מטרים. הרכיב ממוקם על גג המבנה, לכן מיקומו במפלס זהה לגובה

המבנה בו הוא ממוקם. בהיעדר מידע על זמני המחזור של התמיכה, המקדם  $H_f$  יחושב לפי:

$$H_f = 1 + 2.5 \left( \frac{z}{h} \right) = 1 + 2.5 \left( \frac{11}{11} \right) = 3.5$$

➤ מדובר במבנה פשוט ללא דרישות מיוחדות, לכן מקדם החשיבות המבני נקבע לפי סעיף 11.5.1

בתקן והינו  $I_e = 1.0$ . המקדמים  $R$  ו- $\Omega_0$  ייקבעו מטבלה 12.2-1 בתקן. מכיוון שמדובר בטבלה מתוך תקן חיצוני, לא ניתן להציגה במסמך זה. הטבלה מכילה סוגי מערכות מבניות נושאות (לדוגמה: מערכת קירות נושאים מסוגים שונים) אשר בהתאם אליהן מוגדרים המקדמים השונים. בדוגמה זו, מדובר במבנה לבנים מזוין עם קירות גזירה, לכן המקדמים:  $R = 2.0$  ו- $\Omega_0 = 2.5$ .

➤ מקדם הפחתת המשיכות המבני יחושב באופן הבא:

$$R_\mu = (1.1 R / (I_e \Omega_0))^{1/2} = (1.1(2 / ((1.0)(2.5)))^{1/2} = 0.94 < 1.3$$
$$\rightarrow R_\mu = 1.3$$

➤ שאר המקדמים ייקבעו לפי טבלה 13.6-1 לרכיבים מכניים וחשמליים. הטבלה מכילה סוגים שונים

של רכיבים מכניים וחשמליים, כדוגמת מערכות צינון, מאווררים, מיכלי מים, דודים, ארונות חשמל ועוד, אשר בהתאם אליהם מוגדרים המקדמים השונים. בדוגמה זו, מדובר במערכת צינון HVACR עשויה ממתכת, לכן המקדמים:  $R_{po} = 2.0$  ו- $C_{AR} = 1.4$ .

הערה: בדוגמה זו מערכת הצינון תעוגן למבנה הלבנים באופן ישיר, לכן נבחר גם את המקדם  $\Omega_{op} = 2.0$ . מקדם זה ישמש להגברת העומס האופקי בשלב תכנון הברגים, בהתאם להערה בתחתית הטבלה בתקן, אשר נכונה גם עבור עיגון ישיר למבנה בטון.

## דוגמאות חישוב לעיגון רכיבים לא-מבניים בבתי חולים

➤ מכאן שנוכל לחשב את העומס הסיסי האופקי הפועל על הרכיב:

$$F_{p_h} = 0.4 S_{DS} I_p W_p \left( \frac{H_f}{R_\mu} \right) \left( \frac{C_{AR}}{R_{po}} \right) = 0.4 \cdot 0.474 \cdot 1.0 \cdot 13.3 \left( \frac{3.5}{1.3} \right) \left( \frac{1.4}{2.0} \right) = 4.77 \text{ kN}$$

נבדוק שערך זה איננו חורג מהתחום המוגדר בתקן:

$$F_{p_h-min} = 0.3 S_{DS} I_p W_p = 1.90 \text{ kN}$$

$$F_{p_h-max} = 1.6 S_{DS} I_p W_p = 10.12 \text{ kN}$$

$$\rightarrow F_{p_h-min} \leq F_{p_h} \leq F_{p_h-max} \quad \checkmark$$

נמצא כי ערך העומס האופקי נמצא בתחום ולכן ייקבע כעומס התכן הסיסי האופקי להמשך החישוב.

➤ נחשב את העומס הסיסי האנכי הפועל על הרכיב:

$$F_{p_v} = \pm 0.2 S_{DS} W_p = \pm 0.2 \cdot 0.474 \cdot 13.3 = 1.27 \text{ kN}$$

**ב. חישוב העומסים לתכן הברגים בעיגון:**

בהתאם להנחיות התקן, לטובת התכן יש להתחשב בשתי קומבינציות העמסה למצב הסיסמי:

$$Comb_1 = 1.2D + F_{pv} + F_{ph} + L.L + 0.2S$$

$$Comb_2 = 0.9D - F_{pv} + F_{ph}$$

כאשר:

$D$  - עומס קבוע, משקל עצמי של הרכיב.

$L.L$  - עומס שימושי במידה וקיים, יש להתחשב בחלקו היחסי ברעידת אדמה (לדוגמה: עבור עומס שימושי הקטן או שווה ל-4.78 [ק"נ למ"ר] יילקח מחצית מהעומס השימושי  $[0.5L.L]$  עבור הרכיב ברעידת אדמה).

$S$  - עומס שלג (פחות רלוונטי בישראל).

$F_{ph}$  - עומס תכן סיסמי אופקי (בתקן מסומן כ- $E_h$ ).

$F_{pv}$  - עומס תכן סיסמי אנכי (בתקן מסומן כ- $E_v$ ).

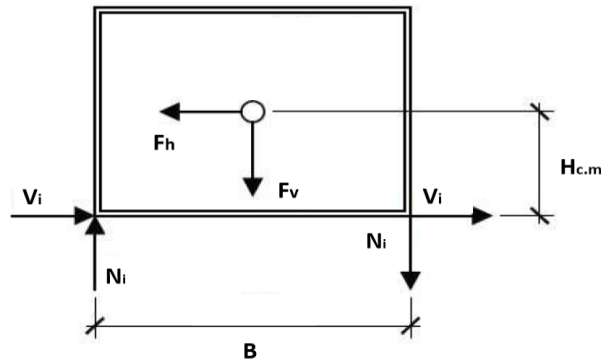
דגשים:

- יש לשים לב להסכם הסימנים של העומס הסיסמי (המוצג לעיל איננו מחייב) לטובת קבלת ערכי קיצון של מתיחה או לחיצה.
- לרוב, עבור רכיבים לא-מבניים ערכי העומס השימושי ועומס השלג שווים לאפס.
- עבור עיגון רכיב ישירות לבטון (או ללבנים) יש להגדיל את העומס האופקי בהתאם למקדם חוזק יתר  $\Omega_{op}$ .
- עבור מערכת הממוקמת על גבי קפיצים, יש להגדיל את העומס האופקי פי 2 בשלב ההתחלתי.
- בהנחיות התקן קיים מקדם יתירות להגדלת העומסים. לשם הפשטות ומכיוון שבמקרה של רכיבים לא-מבניים הוא שווה ל-1.0, המקדם הושמט מדוגמה זו.

➤ נחשב את קומבינציות ההעמסה עבור הדוגמה הנוכחית:

הסכם הסימנים נבחר כך שיתקבלו עומסי מתיחה מקסימאליים בברגים. קיימות מספר גישות לבדיקת ההיתכנות להיפוך של המערכת, כדוגמת יחס בין המומנט המהפך למומנט המחזיר. בדוגמה זו נחשב ישירות את כוח המתיחה בבורג באמצעות הפרש המומנטים – במידה ונקבל ערך חיובי המשמעות היא כי המומנט המחזיר גדול מהמהפך ולכן אין מתיחה בבורג, כלומר המערכת איננה צפויה להתהפך.

דוגמאות חישוב לעיגון רכיבים לא-מבניים בבתי חולים



איור סכמטי של העומסים הפועלים על הרכיב

קומבינציה 1 -

$$Comb_1 = 1.2D - F_{pv} + F_{ph} + L \cdot L + 0.2S$$

$$V_{eq} = \frac{F_{ph}}{4 \text{ bolts}} = \frac{4.77}{4} = 1.2 \text{ kN/bolt}$$

$$N_{eq} = \frac{(1.2D - F_{pv}) \cdot \left(\frac{B}{2}\right) - F_{ph} \cdot (H_{c.m})}{B \cdot (2 \text{ bolts})} = 2.78 \text{ kN/bolt}$$

קומבינציה 2 -

$$Comb_2 = 0.9D - F_{pv} + F_{ph}$$

$$V_{eq} = \frac{F_{ph}}{4 \text{ bolts}} = \frac{4.77}{4} = 1.2 \text{ kN/bolt}$$

$$N_{eq} = \frac{(0.9D - F_{pv}) \cdot \left(\frac{B}{2}\right) - F_{ph} \cdot (H_{c.m})}{B \cdot (2 \text{ bolts})} = 1.77 \text{ kN/bolt}$$

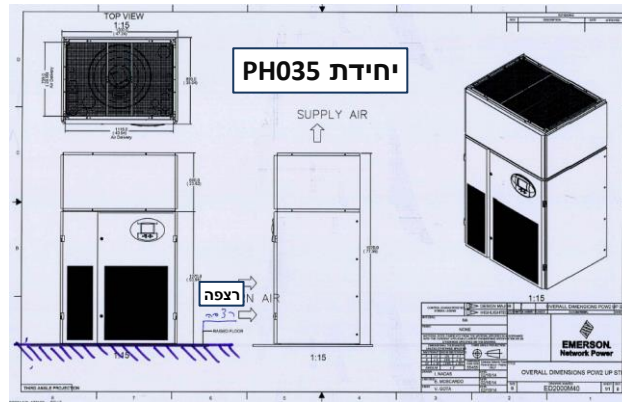
לסיכום, עבור התרחיש שיכול להוביל לערך מתיחה מקסימאלי התקבל ערך חיובי – כלומר אין כוח מתיחה בברגים וכפועל יוצא אין חשש להיפוך מערכת ה-HVACR.

לטובת מניעת החלקה אפשרית עקב רעידת אדמה ומכיוון שהברגים מעוגנים ישירות ללבנים בדוגמה זו (ללא מערכת ביניים תומכת), יש לתכנן את הברגים עבור כוח הגזירה שיוגדל לפי מקדם  $\Omega_{0p}$ :

$$V_{eq-d} = \frac{\Omega_{0p} \cdot F_{ph}}{4 \text{ bolts}} = \frac{2.0 \cdot 4.77}{4} = 2.4 \text{ kN/bolt}$$

מכאן ניתן לבצע תכן ברגים טיפוסי בהתאם לתקנים המקובלים ולכשלים נפוצים בגזירת ברגים. במקרה שבו מתקבל כוח מתיחה בברגים עקב חשש להיפוך, נדרש לתכנן את הברגים גם עבור כוח המתיחה.

### 3. יחידות CRAC (Computer Room Air Conditioner):



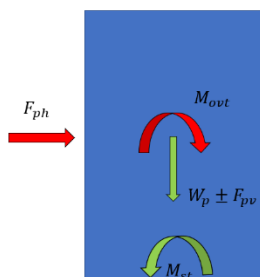
#### נתוני היחידה:

סוג יחידה	משקל $W_p$ [ק"ג]	רוחב $B$ [מ']	אורך $L$ [מ']	גובה $H$ [מ']	גובה עיון בסיס יח' מפני בטון [מ']
PH035	3.56	0.9	1.2	2.0	0

#### חישוב מקדמי העומסים הסיסמיים בהתאם לתקן ASCE 7-22:

הערות	סימול	ערך	יחידות	פרמטר מחושב
עבור רעידה בהסתברות של 2% ב-50 שנה.	$S_{DS}$	0.43	g	תאוצה ספקטרלית מקסימאלית
מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.	$C_{AR}$	1.4		מקדם הגברה לרכיב הלא-מבני
מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.	$R_{po}$	2.0		מקדם חוזק של הרכיב הלא-מבני
עבור מקרים בהם הרכיב מעוגן ישירות לבטון או ללבנים. מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.	$\Omega_{po}$	2.0		מקדם חוזק יתר לא-מבני
מקדם מטבלאות 12.2-1, 15.4-1, 15.4-2.	$R$	4.0		מקדם תיקון מבני
בהתאם לרמת הסיכון הסיסמית (לפי טבלה 1.5-2).	$I_e$	1.5		מקדם חשיבות מבני
בהתאם לקביעה האם הרכיב נדרש לרמת תפקוד גבוהה, מכיל חומרים מסוכנים וכד' (לפי סעיף 13.1.3).	$I_p$	1.0		מקדם חשיבות לא - מבני
מיועד עבור מבנה או מבנה תומך. מקדם מטבלאות 12.2-1, 15.4-1, 15.4-2.	$\Omega_o$	2.5		מקדם חוזק יתר מבני
במקרה שבו המבנה ממוקם על הקרקע או במבנה תת קרקעי המקדם שווה ל-1.0.	$R_\mu$	1.0		מקדם הפחתה מבני
שווה לאפס עבור רכיב הממוקם במפלס הקרקע או במיקום תת קרקעי.	$z$	0.0	m	גובה הרכיב מעל מפלס פני הקרקע
היחידה ממוקמת במפלס תת-קרקעי.	$h_{structure}$	0.0	m	גובה המבנה שבו ממוקם הרכיב
מחושב בהיעדר מידע על זמן המחזור של הרכיב.	$H_f$	3.50		מקדם הגברה לגובה
	$F_{H\_min}$	0.46	kN	עומס אופקי מינימאלי עקב רעידת אדמה
	$F_{H\_max}$	2.45	kN	עומס אופקי מקסימאלי עקב רעידת אדמה
בדיקת גבולות: $F_p = 0.3S_{DS}I_pW_p < 0.4S_{DS}I_pW_p \left(\frac{H_f}{R_\mu}\right) \left(\frac{C_{AR}}{R_{po}}\right) < 1.6S_{DS}I_pW_p$ במקרה של דוגמה זו, התקבל ערך מד"ח אנליזה מדויקת השווה ל-1.5 ק"ג והוא הערך המקסימאלי.	$F_{pHOR} =$	1.50	kN	עומס אופקי עקב רעידת אדמה
$F_{pv} = \pm 0.2S_{DS}W_p$	$F_{pVER} =$	$\pm 0.31$	kN	עומס אנכי עקב רעידת אדמה

## דוגמאות חישוב לעיגון רכיבים לא-מבניים בבתי חולים



### קביעת העומסים על בסיס יחידה מסוג PH035:

ההנחה היא כי היחידה מתנהגת כגוף קשיח. נרצה לבדוק את עמידות היחידה בפני היפוך ובפני החלקה.

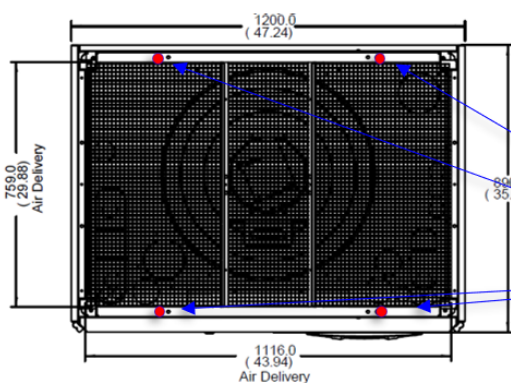
### קומבינציות העמסה:

הערות	סימול	ערך	יחידות	פרמטר מחושב
	$F_{HOR} =$	1.5	kN	עומס סיסמי אופקי
	$F_{VER} =$	0.3	kN	עומס סיסמי אנכי (ללא משקל עצמי)
	$E_h =$	1.5	kN	עומס סיסמי אופקי לתכן
	$E_v =$	0.3	kN	עומס סיסמי אנכי לתכן
$Eq \sim Comb1 = 1.2D + E_v + E_h$	$F_h-eq1$	1.5	kN	קומבינציה 1
	$F_v-eq1$	4.6	kN	
$Eq \sim Comb2 = 0.9D - E_v + E_h$ יש לקבוע הסכם סימנים שמוביל לתרחישי קיצון.	$F_h-eq2$	1.5	kN	קומבינציה 2
	$F_v-eq2$	2.9	kN	

### בדיקות:

הערות	סימול	ערך	יחידות	פרמטר מחושב
	$M_{ovt}$	1.5	kN m	מומנט מהפך
	$M_{st}$	1.3	kN m	מומנט מחזיר מינימאלי
יש לעגן את האלמנט כנגד היפוך	$DCR_{ovt}$	1.15		בדיקת היפוך
	$\mu$	0.3		מקדם חיכוך
$V_{cap} = \mu \cdot F_v$	$V_{cap}$	0.9	kN	תסבולת להחלקה
יש לעגן את האלמנט כנגד החלקה	$DCR_{sl}$	1.73		בדיקת החלקה

נמצא כי קיים חשש להיפוך ולהחלקה של היחידה בזמן רעידת אדמה. נדרש לעגן את היחידה לבסיס. ניתן ליישם זאת לדוגמה באמצעות ארבעה ברגים שיתמודדו עם עומסי התכן לרעידות אדמה. יש לבדוק את עמידותם בגזירה ובמתיחה בהתאם לחישובים מקובלים בתקינה הישראלית ולחלוקת עומסי התכן על הברגים.



היחידה תעוגן לבסיס הרצפה על ידי ארבעה ברגים שאותם יש לתכנן עבור עומסי המתיחה והגזירה

4. דודי-מים:



נתוני היחידה:

קוטר D	גובה H	אורך L	רוחב בסיס B	משקל W <sub>p</sub>	סוג יחידה
[מ']	[מ']	[מ']	[מ']	[ק"כ]	
1.60	1.90	2.50	1.10	59.2	דוד

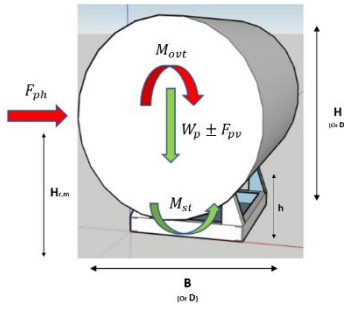
חישוב מקדמי העומסים הסיסמיים בהתאם לתקן ASCE 7-22:

הערות	סימול	ערך	יחידות	פרמטר מחושב
עבור רעידה בהסתברות של 2% ב-50 שנה.	S <sub>DS</sub>	0.5	g	תאוצה ספקטרלית מקסימאלית
מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.	C <sub>AR</sub>	1.0		מקדם הגברה לרכיב הלא-מבני
מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.	R <sub>p0</sub>	1.5		מקדם חוזק של הרכיב הלא-מבני
עבור מקרים בהם הרכיב מעוגן ישירות לבטון או ללבנים. מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.	Ω <sub>p0</sub>	2.0		מקדם חוזק יתר לא-מבני
מקדם מטבלאות 12.2-1, 15.4-1, 15.4-2.	R	4.0		מקדם תיקון מבני
בהתאם לרמת הסיכון הסיסמית (לפי טבלה 1.5-2).	I <sub>e</sub>	1.5		מקדם חשיבות מבני
בהתאם לקביעה האם הרכיב נדרש לרמת תפקוד גבוהה, מכיל חומרים מסוכנים וכד' (לפי סעיף 13.1.3).	I <sub>p</sub>	1.0		מקדם חשיבות לא - מבני
מיועד עבור מבנה או מבנה תומך. מקדם מטבלאות 12.2-1, 15.4-1, 15.4-2.	Ω <sub>0</sub>	2.0		מקדם חוזק יתר מבני
במקרה שבו המבנה ממוקם על הקרקע או במבנה תת-קרקעי המקדם שווה ל-1.0.	R <sub>μ</sub>	1.3		מקדם הפחתה מבני
שווה לאפס עבור רכיב הממוקם במפלס הקרקע או במיקום תת-קרקעי.	z	3.0	m	גובה הרכיב מעל מפלס פני הקרקע
המיכל ממוקם על גג מבנה בן קומה אחת.	h <sub>structure</sub>	3.0	m	גובה המבנה שבו ממוקם הרכיב
מחושב בהיעדר מידע על זמן המחזור של הרכיב.	H <sub>f</sub>	3.50		מקדם הגברה לגובה
	F <sub>H_min</sub>	8.88	kN	עומס אופקי מינימאלי עקב רעידת אדמה
	F <sub>H_max</sub>	47.36	kN	עומס אופקי מקסימאלי עקב רעידת אדמה
בדיקת גבולות: $F_p = 0.3S_{DS}I_pW_p < 0.4S_{DS}I_pW_p \left(\frac{H_f}{R_\mu}\right) \left(\frac{C_{AR}}{R_{p0}}\right) < 1.6S_{DS}I_pW_p$	F <sub>pHOR</sub> =	21.25	kN	עומס אופקי עקב רעידת אדמה
$F_{pv} = \pm 0.2S_{DS}W_p$	F <sub>pVER</sub> =	±5.92	kN	עומס אנכי עקב רעידת אדמה

## דוגמאות חישוב לעיגון רכיבים לא-מבניים בבתי חולים

### קביעת העומסים על דוד המים:

ההנחה היא כי הדוד מתנהג כגוף קשיח. נרצה לבדוק את עמידות הדוד בפני היפוך ובפני החלקה.



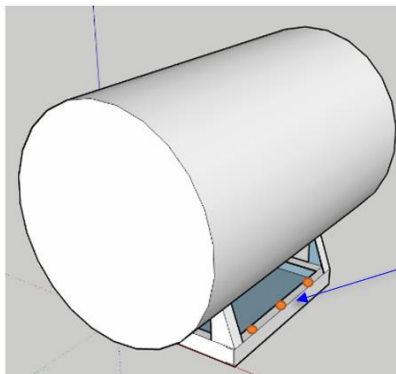
### קומבינציות העמסה:

הערות	סימול	ערך	יחידות	פרמטר מחושב
	$F_{HOR} =$	21.3	kN	עומס סיסמי אופקי
	$F_{VER} =$	5.9	kN	עומס סיסמי אנכי (ללא משקל עצמי)
	$E_h =$	21.3	kN	עומס סיסמי אופקי לתכן
	$E_v =$	5.9	kN	עומס סיסמי אנכי לתכן
$Eq \sim Comb1 = 1.2D + E_v + E_h$	$F_h-eq1$	21.3	kN	קומבינציה 1
	$F_v-eq1$	77.0	kN	
$Eq \sim Comb2 = 0.9D - E_v + E_h$ יש לקבוע הסכם סימנים שמוביל לתרחישי קיצון.	$F_h-eq2$	21.3	kN	קומבינציה 2
	$F_v-eq2$	47.4	kN	

### בדיקות:

הערות	סימול	ערך	יחידות	פרמטר מחושב
	$M_{ovt}$	26.6	kN m	מומנט מהפך
	$M_{st}$	26.0	kN m	מומנט מחזיר מינימאלי
יש לעגן את האלמנט כנגד היפוך	$DCR_{ovt}$	1.02		בדיקת היפוך
	$\mu$	0.25		מקדם חיכוך
$V_{cap} = \mu \cdot F_v$	$V_{cap}$	11.8	kN	תסבולת להחלקה
יש לעגן את האלמנט כנגד החלקה	$DCR_{sl}$	1.79		בדיקת החלקה

נמצא כי קיים חשש להיפוך ולהחלקה של הדוד בזמן רעידת אדמה, לכן נדרש לעגן אותו לבסיס. על מנת למנוע היפוך והחלקה, ניתן להוסיף סמכים אופקיים ואנכיים לרצפת הבטון באמצעות שישה ברגים שיעוגנו לבטון באמצעות דבק אפוקסי. את דגם הבורג והדבק המתאים ניתן לבחור בהתאם לתסבולת המוצרים הנבחרים ובהתחשב בבדיקות גזירה ומתיחה של הברגים.



הדוד יעוגן באמצעות שלושה ברגים (מכל צד) עם עיגון כימי לבטון באמצעות דבק אפוקסי. יש לבדוק את תסבולת הברגים לגזירה ולמתיחה.

5. מתקני צילר:



נתוני המתקן:

גובה (כולל קפיצים) H	אורך L	רוחב B	משקל W <sub>p</sub>	סוג יחידה
[מ']	[מ']	[מ']	[ק"נ]	
2.35	2.2	1.7	20.3	צילר

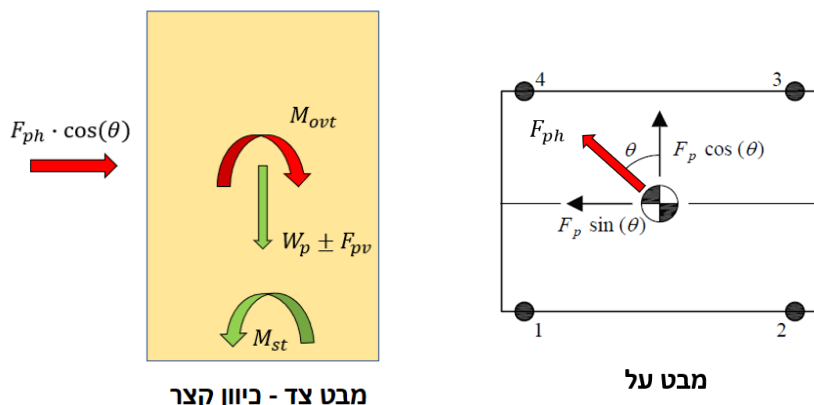
חישוב מקדמי העומסים הסיסמיים בהתאם לתקן ASCE 7-22:

הערות	סימול	ערך	יחידות	פרמטר מחושב
עבור רעידה בהסתברות של 2% ב-50 שנה.	S <sub>DS</sub>	0.5	g	תאוצה ספקטרלית מקסימאלית
מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.	C <sub>AR</sub>	1.0		מקדם הגברה לרכיב הלא-מבני
מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.	R <sub>p0</sub>	1.5		מקדם חוזק של הרכיב הלא-מבני
עבור מקרים בהם הרכיב מעוגן ישירות לבטון או ללבנים. מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.	Ω <sub>p0</sub>	2.0		מקדם חוזק יתר לא-מבני
מקדם מטבלאות 12.2-1, 15.4-1, 15.4-2.	R	4.0		מקדם תיקון מבני
בהתאם לרמת הסיכון הסיסמית (לפי טבלה 1.5-2).	I <sub>e</sub>	1.0		מקדם חשיבות מבני
בהתאם לקביעה האם הרכיב נדרש לרמת תפקוד גבוהה, מכיל חומרים מסוכנים וכד' (לפי סעיף 13.1.3).	I <sub>p</sub>	1.0		מקדם חשיבות לא - מבני
מיועד עבור מבנה או מבנה תומך. מקדם מטבלאות 12.2-1, 15.4-1, 15.4-2.	Ω <sub>0</sub>	2.5		מקדם חוזק יתר מבני
במקרה שבו המבנה ממוקם על הקרקע או במבנה תת קרקעי המקדם שווה ל-1.0.	R <sub>μ</sub>	1.0		מקדם הפחתה מבני
שווה לאפס עבור רכיב הממוקם במפלס הקרקע או במיקום תת קרקעי.	z	0.35	m	גובה הרכיב מעל מפלס פני הקרקע
הרכיב מונח מוחץ למבנה על הקרקע.	h <sub>structure</sub>	0.0	m	גובה המבנה שבו ממוקם הרכיב
מחושב בהיעדר מידע על זמן המחזור של הרכיב. הרכיב מונח במפלס הקרקע ולכן המקדם שווה ל-1.0.	H <sub>f</sub>	1.00		מקדם הגברה לגובה
	F <sub>H_min</sub>	3.05	kN	עומס אופקי מינימאלי עקב רעידת אדמה
	F <sub>H_max</sub>	16.24	kN	עומס אופקי מקסימאלי עקב רעידת אדמה
בדיקת גבולות: $F_p = 0.3S_{DS}I_pW_p < 0.4S_{DS}I_pW_p \left(\frac{H_f}{R_{\mu}}\right) \left(\frac{C_{AR}}{R_{p0}}\right) < 1.6S_{DS}I_pW_p$	F <sub>pHOR</sub>	4.7	kN	עומס אופקי עקב רעידת אדמה
במקרה של דוגמה זו, התקבל ערך מדו"ח אנליזה מדויקת השווה ל-4.7 ק"נ והוא הערך המקסימאלי.				
$F_{pv} = \pm 0.2S_{DS}W_p$	F <sub>pVER</sub>	±7.1	kN	עומס אנכי עקב רעידת אדמה
במקרה של דוגמה זו, התקבל ערך מדו"ח אנליזה מדויקת השווה ל-7.1 ק"נ והוא הערך המקסימאלי.				

**קביעת העומסים על יחידת הצילר:**

ההנחה היא כי יחידת הצילר מתנהגת כגוף קשיח. נרצה לבדוק את עמידות היחידה בפני היפוך. היחידה מונחת על גבי רצפת בטון מחוץ למבנה ומונחת על גבי קפיצים, לכן ניתן להניח כי העומס האופקי פועל בזווית מסויימת התלוייה בגיאומטריית היחידה.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{B}{L}\right) = 37.7^\circ$$



**קומבינציות העמסה:**

הערות	סימול	ערך	יחידות	פרמטר מחושב
יש לבצע הטלה של העומס בהתאם לזווית המתוארת לעיל.	$F_{HOR} =$	4.7	kN	עומס סיסמי אופקי כולל
	$F_{VER} =$	7.1	kN	עומס סיסמי אנכי (ללא משקל עצמי)
היחידה מונחת על גבי קפיצים, לכן יש להגדיל את העומס האופקי פי 2 בהתאם להנחיות התקן.	$E_h =$	9.4	kN	עומס סיסמי אופקי כולל לתכן
	$E_v =$	7.1	kN	עומס סיסמי אנכי לתכן
$Eq \sim Comb1 = 1.2D + E_v + E_h$	$F_h\text{-eq1}$	9.4	kN	קומבינציה 1
	$F_v\text{-eq1}$	31.5	kN	
$Eq \sim Comb2 = 0.9D - E_v + E_h$ יש לקבוע הסכם סימנים שמוביל לתרחישי קיצון.	$F_h\text{-eq2}$	9.4	kN	קומבינציה 2
	$F_v\text{-eq2}$	11.2	kN	

**בדיקות:**

הערות	סימול	ערך	יחידות	פרמטר מחושב
	$M_{ovt}$	10.0	kN m	מומנט מהפך
	$M_{st}$	9.5	kN m	מומנט מחזיר מינימאלי
יש לעגן את האלמנט כנגד היפוך	$DCR_{ovt}$	1.06		בדיקת היפוך

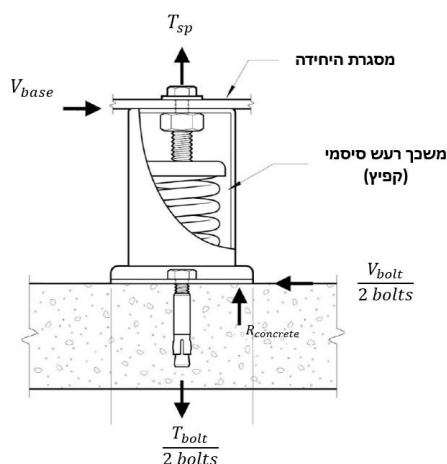
נמצא כי קיים חשש להיפוך של היחידה בזמן רעידת אדמה. נדרש לעגן את היחידה לבסיס. ניתן ליישם זאת לדוגמה באמצעות משככי רעשים (קפיצים) ובנוסף לעגן את היחידה באמצעות פרט

## דוגמאות חישוב לעיגון רכיבים לא-מבניים בבתי חולים

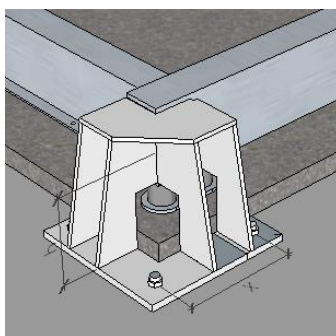
למניעת התזזה האופקית. יש לבדוק את עמידותם בגזירה, במתיחה ובלחיצה. להלן קביעת העומסים על מערכת הקפיצים והברגים:

הערות	סימול	ערך	יחידות	פרמטר מחושב
	$n_{edges}$	2.00		כמות דפנות
	$n_{sp}$	2.00		כמות קפיצים בדופן
	$V_{base}$	9.40	kN	כוח גזירה בבסיס
ערך שלילי משמעותו מתיחה. קומבניצייות ההעמסה לחישוב כוחות המתיחה והלחיצה בקפיצים נבחרו בהתאם להסכם סימנים כזה שמביא לערכי הקיצון בכל תרחיש (הוספה או הפחתה של עומס סימני אנכי וכדומה).	$T_{base-1}$	-5.12	kN	כוח מתיחה 1 בדופן
	$T_{base-2}$	-6.64	kN	כוח מתיחה 2 בדופן
	$C_{base-1}$	17.30	kN	כוח לחיצה 1 בדופן
	$C_{base-2}$	15.78	kN	כוח לחיצה 2 בדופן
	$V_{sp}$	2.4	kN	כוח גזירה לתכן הקפיץ
	$T_{sp-max}$	6.6	kN	כוח מתיחה לתכן הקפיץ
	$C_{sp-max}$	17.3	kN	כוח לחיצה לתכן הקפיץ
מכיוון שהקפיץ מעוגן ישירות לבטון יש לתכנן את הברגים עם הגדלה לפי מקדם חוזק יתר ( $\Omega$ ). את הערכים האלה יש לחלק בכמות הברגים שמעגנים כל יחידת קפיץ בודדת.	$V_{bolt}$	4.7	kN	כוח גזירה לתכן זוג ברגים המעגנים יחידת קפיץ
	$T_{bolt-max}$	16.1	kN	כוח מתיחה לתכן זוג ברגים המעגנים יחידת קפיץ

להלן סכמה עקרונית של העומסים על יחידת משכך רעש (קפיץ):

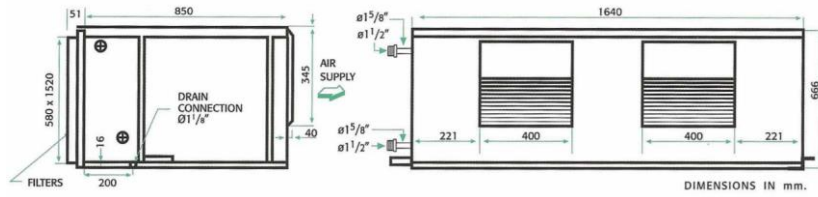


המשככים נועדו לרסן תאוצות אנכיות, לכן יש לזכור לעגן את היחידה למניעת תזוזה אופקית באמצעות פרט ייעודי (לדוגמה המוצג באיור להלן). על פרט העיגון לאפשר את המשך תנועת הקפיצים.



יש לבדוק את עמידות הברגים והקפיצים (בגזירה, במתיחה ובלחיצה) בהתאם לחישובים מקובלים בתקינה הישראלית, לערכי תסבולת הרכיבים לפי היצור ולחלוקת עומסי התכן עליהם.

6. יחידות מיזוג אוויר תלויות:



**נתוני היחידה:**

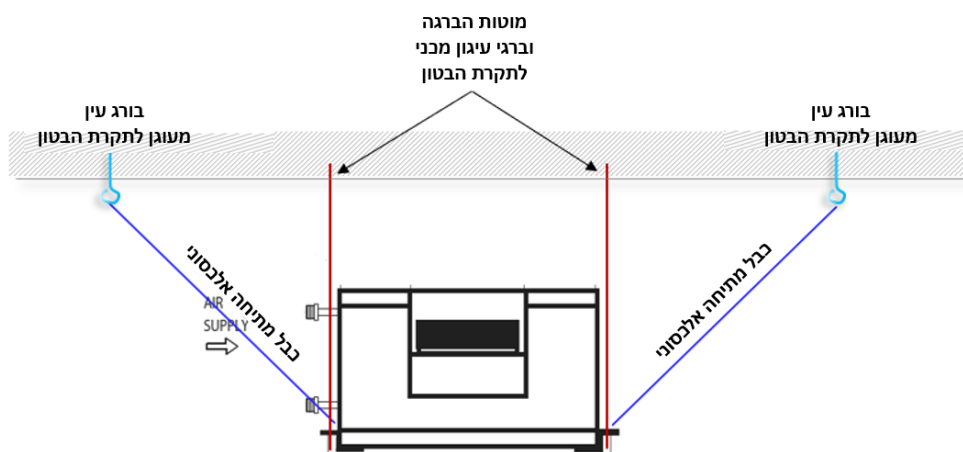
סוג יחידה	משקל $W_p$ [ק"ג]	רוחב B [מ']	אורך L [מ']	גובה H [מ']
AW 4000	2.0	0.85	1.64	0.66

**חישוב מקדמי העומסים הסיסמיים בהתאם לתקן ASCE 7-22:**

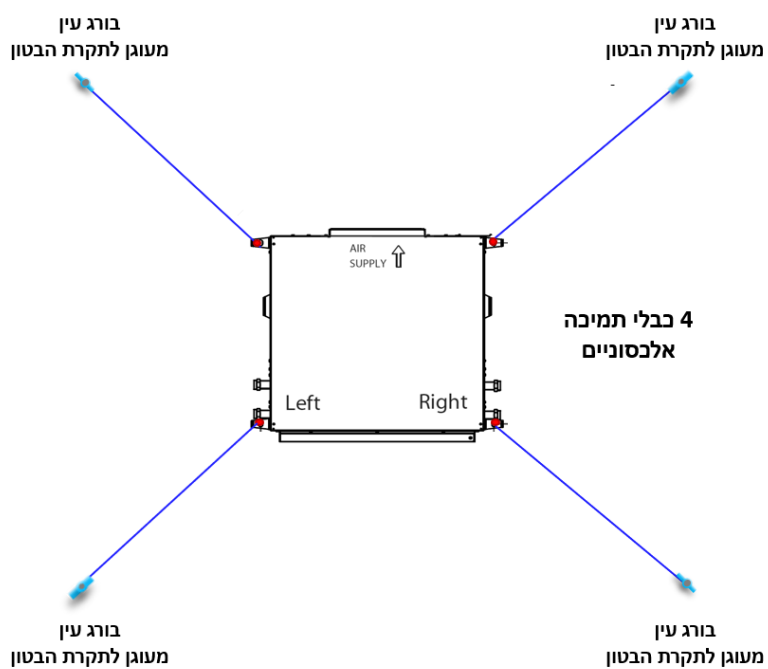
פרמטר מחושב	יחידות	ערך	סימול	הערות
תאוצה ספקטרלית מקסימאלית	g	0.6	$S_{ds}$	עבור רעידה בהסתברות של 10% ב-50 שנה.
מקדם הגברה לרכיב הלא-מבני		1.0	$C_{AR}$	מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.
מקדם חוזק של הרכיב הלא-מבני		1.5	$R_{p0}$	מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.
מקדם חוזק יתר לא-מבני		2.0	$\Omega_{p0}$	עבור מקרים בהם הרכיב מעוגן ישירות לבטון או ללבנים. מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.
מקדם תיקון מבני		4.0	R	מקדם מטבלאות 12.2-1, 12.4-1, 15.4-2.
מקדם חשיבות מבני		1.5	$I_e$	בהתאם לרמת הסיכון הסיסמית (לפי טבלה 1.5-2).
מקדם חשיבות לא - מבני		1.0	$I_p$	בהתאם לקביעה האם הרכיב נדרש לרמת תפקוד גבוהה, מכיל חומרים מסוכנים וכד' (לפי סעיף 13.1.3).
מקדם חוזק יתר מבני		2.5	$\Omega_0$	מיועד עבור מבנה או מבנה תומך. מקדם מטבלאות 12.2-1, 15.4-1, 15.4-2.
מקדם הפחתה מבני		1.3	$R_\mu$	במקרה שבו המבנה ממוקם על הקרקע או במבנה תת קרקעי המקדם שווה ל-1.0.
גובה הרכיב מעל מפלס פני הקרקע	m	10.5	z	שווה לאפס עבור רכיב הממוקם במפלס הקרקע או במיקום תת קרקעי.
גובה המבנה שבו ממוקם הרכיב	m	10.5	$h_{structure}$	הצ'לר ממוקם בגג המבנה.
מקדם הגברה לגובה		3.50	$H_f$	מחושב בהיעדר מידע על זמן המחזור של הרכיב.
עומס אופקי מינימאלי עקב רעידת אדמה	kN	0.36	$F_{H\_min}$	
עומס אופקי מקסימאלי עקב רעידת אדמה	kN	1.92	$F_{H\_max}$	
עומס אופקי עקב רעידת אדמה	kN	0.86	$F_{pHOR} =$	בדיקת גבולות: $F_p = 0.3S_{DS}I_pW_p < 0.4S_{DS}I_pW_p \left(\frac{H_f}{R_\mu}\right) \left(\frac{C_{AR}}{R_{p0}}\right) < 1.6S_{DS}I_pW_p$
עומס אנכי עקב רעידת אדמה	kN	±0.24	$F_{pVER} =$	$F_{pv} = \pm 0.2S_{DS}W_p$

**קביעת העומסים ובדיקות נדרשות ליחידת מיזוג אוויר:**

היחידה תלויה מתקרת הבטון. יש להתחשב מראש בתכנון תמיכות שיאפשרו חיסום ויכולת נשיאת עומסים במישור האנכי (כדוגמת מוט הברגה) ובמישור האופקי של המערכת (כדוגמת כבל אלכסוני). המערכת הינה מערכת תלויה ולא נמשכת, כלומר ממוקמת באזור מסויים ונדרש עבורה עיגון במיקום הספציפי שבו היא תלויה. דוגמה לסכמת עיגונים מוצגת להלן:

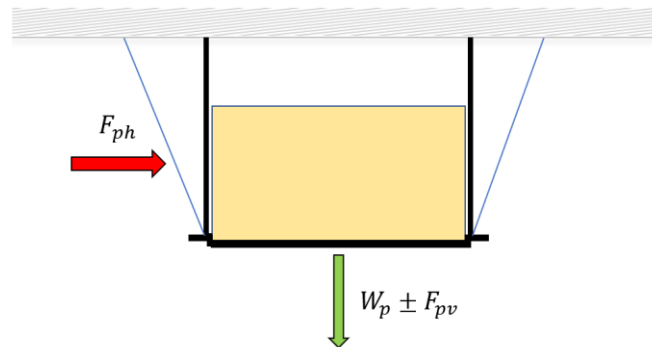


**מבט צד**



**מבט על**

## דוגמאות חישוב לעיגון רכיבים לא-מבניים בבתי חולים



פרט לתכנון התמיכות למשקל עצמי, יש לתכנן את התמיכות עבור שתי קומבינציות ההעמסה הסיסמיות המתוארות במדריך זה. יש להתחשב בהשפעת העומס האופקי בשני הכיוונים האופקיים.

יש לחשב את מהלכי הכוחות והמומנטים על כל אחד מהרכיבים המרכיבים את מערכת התמיכה של יחידת מיזוג האוויר. בדוגמה זו נבחר לעגן את היחידה לעומס אנכי באמצעות מוטות הברגה שיעוגנו לתקרה על ידי ברגים, ולעומס אופקי באמצעות ארבעה כבלים שיעוגנו לתקרה על ידי ברגי עין. יש לבדוק את עמידות הרכיבים השונים לעומסים הגרביטציוניים ולעומסי רעידת אדמה. בדיקות פוטנציאליות לדוגמה: תסבולת גזירה, מתיחה ואינטראקציה של הברגים השונים המעוגנים לבטון, תסבולת הכבל למתיחה צירית, תסבולת מוטות הברגה לגזירה, מתיחה ולחיצה וכד'. כמו כן, יש לבדוק את הזזות הרכיב ביחס לאלמנטים המחוברים אליו, בכדי למנוע כשל עקב הזזות סיסמיות גדולות.

7. גנרטורים:



נתוני היחידה:

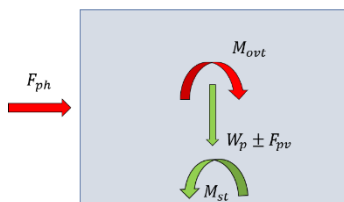
קוטר D	גובה H	אורך L	רוחב בסיס B	משקל W <sub>p</sub>	סוג יחידה
[מ']	[מ']	[מ']	[מ']	[ק"נ]	
1.60	1.90	2.50	1.10	59.2	דוד

חישוב מקדמי העומסים הסיסמיים בהתאם לתקן ASCE 7-22:

הערות	סימול	ערך	יחידות	פרמטר מחושב
עבור רעידה בהסתברות של 2% ב-50 שנה.	S <sub>DS</sub>	0.5	g	תאוצה ספקטרלית מקסימאלית
מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.	C <sub>AR</sub>	1.0		מקדם הגברה לרכיב הלא-מבני
מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.	R <sub>p0</sub>	1.0		מקדם חוזק של הרכיב הלא-מבני
עבור מקרים בהם הרכיב מעוגן ישירות לבטון או ללבנים. מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.	Ω <sub>p0</sub>	1.5		מקדם חוזק יתר לא-מבני
מקדם מטבלאות 12.2-1, 15.4-1, 15.4-2.	R	4.0		מקדם תיקון מבני
בהתאם לרמת הסיכון הסיסמית (לפי טבלה 1.5-2).	I <sub>e</sub>	1.0		מקדם חשיבות מבני
בהתאם לקביעה האם הרכיב נדרש לרמת תפקוד גבוהה, מכיל חומרים מסוכנים וכד' (לפי סעיף 13.1.3).	I <sub>p</sub>	1.5		מקדם חשיבות לא - מבני
מיועד עבור מבנה או מבנה תומך. מקדם מטבלאות 12.2-1, 15.4-1, 15.4-2.	Ω <sub>0</sub>	2.5		מקדם חוזק יתר מבני
במקרה שבו המבנה ממוקם על הקרקע או במבנה תת-קרקעי המקדם שווה ל-1.0.	R <sub>μ</sub>	1.0		מקדם הפחתה מבני
שווה לאפס עבור רכיב הממוקם במפלס הקרקע או במיקום תת-קרקעי.	z	0.35	m	גובה הרכיב מעל מפלס פני הקרקע
הגנרטור מונח במפלס הקרקע.	h <sub>structure</sub>	0.0	m	גובה המבנה שבו ממוקם הרכיב
מחושב בהיעדר מידע על זמן המחזור של הרכיב. הרכיב מונח במפלס הקרקע ולכן המקדם שווה ל-1.0.	H <sub>f</sub>	1.00		מקדם הגברה לגובה
	F <sub>H_min</sub>	2.48	kN	עומס אופקי מינימאלי עקב רעידת אדמה
	F <sub>H_max</sub>	13.20	kN	עומס אופקי מקסימאלי עקב רעידת אדמה
בדיקת גבולות: $F_p = 0.3S_{DS}I_pW_p < 0.4S_{DS}I_pW_p \left(\frac{H_f}{R_\mu}\right) \left(\frac{C_{AR}}{R_{p0}}\right) < 1.6S_{DS}I_pW_p$	F <sub>pHOR</sub> =	3.30	kN	עומס אופקי עקב רעידת אדמה
$F_{pv} = \pm 0.2S_{DS}W_p$	F <sub>pVER</sub> =	±1.10	kN	עומס אנכי עקב רעידת אדמה

## דוגמאות חישוב לעיגון רכיבים לא-מבניים בבתי חולים

### קביעת העומסים על הגנרטור:



ההנחה היא כי הגנרטור מתנהג כגוף קשיח. נרצה לבדוק את עמידותו בפני היפוך ובפני החלקה.

### קומבינציות העמסה:

הערות	סימול	ערך	יחידות	פרמטר מחושב
	$F_{HOR} =$	3.3	kN	עומס סיסמי אופקי
	$F_{VER} =$	1.1	kN	עומס סיסמי אנכי (ללא משקל עצמי)
	$E_h =$	3.3	kN	עומס סיסמי אופקי לתכן
	$E_v =$	1.1	kN	עומס סיסמי אנכי לתכן
$Eq \sim Comb1 = 1.2D + E_v + E_h$	$F_h-eq1$	3.3	kN	קומבינציה 1
	$F_v-eq1$	14.3	kN	
$Eq \sim Comb2 = 0.9D - E_v + E_h$ יש לקבוע הסכם סימנים שמוביל לתרחישי קיצון.	$F_h-eq2$	3.3	kN	קומבינציה 2
	$F_v-eq2$	8.8	kN	

### בדיקות:

הערות	סימול	ערך	יחידות	פרמטר מחושב
	$M_{ovt}$	4.8	kN m	מומנט מהפך
	$M_{st}$	11.0	kN m	מומנט מחזיר מינימאלי
<u>לא קיים חשש להיפוך</u>	$DCR_{ovt}$	0.44		בדיקת היפוך
	$\mu$	0.25		מקדם חיכוך
$V_{cap} = \mu \cdot F_v$	$V_{cap}$	2.2	kN	תסבולת להחלקה
יש לעגן את האלמנט כנגד החלקה	$DCR_{sl}$	1.50		בדיקת החלקה

נמצא כי אין חשש להיפוך הגנרטור, אך קיים חשש להחלקתו בזמן רעידת אדמה, לכן נדרש לעגן אותו לבסיס. על מנת למנוע את החלקה, ניתן לעגן את הגנרטור באמצעות ארבעה ברגים שיעוגנו לבטון באמצעות דבק אפוקסי. יש לזכור כי נדרש לתכנן את העומסים בשילוב הגדלת חוזק יתר (מכיוון שהעיגון מתבצע ישירות לבטון) ולבצע בדיקות כשלים אפשריים. את דגם הבורג והדבק המתאים ניתן לבחור בהתאם לתסבולת המוצרים הנבחרים ובהתחשב בבדיקות גזירה של הברגים.



הגנרטור יעוגן לבטון באמצעות שני ברגים עם דבק אפוקסי מכל צד

8. שנאים:



נתוני היחידה:

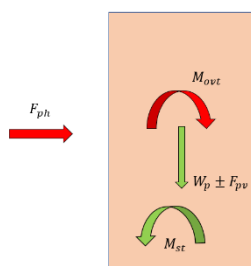
גובה H	אורך L	רוחב B	משקל W <sub>p</sub>	סוג יחידה
[מ']	[מ']	[מ']	[ק"ב]	
2.4	2.5	1.1	60	שנאי

חישוב מקדמי העומסים הסיסמיים בהתאם לתקן ASCE 7-22:

הערות	סימול	ערך	יחידות	פרמטר מחושב
עבור רעידה בהסתברות של 5% ב-50 שנה.	S <sub>ds</sub>	0.6	g	תאוצה ספקטרלית מקסימאלית
מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.	C <sub>AR</sub>	1.0		מקדם הגברה לרכיב הלא-מבני
מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.	R <sub>p0</sub>	1.0		מקדם חוזק של הרכיב הלא-מבני
עבור מקרים בהם הרכיב מעוגן ישירות לבטון או ללבנים. מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.	Ω <sub>p0</sub>	1.5		מקדם חוזק יתר לא-מבני
מקדם מטבלאות 12.2-1, 15.4-1, 15.4-2.	R	4.0		מקדם תיקון מבני
בהתאם לרמת הסיכון הסיסמית (לפי טבלה 1.5-2).	I <sub>e</sub>	1.0		מקדם חשיבות מבני
בהתאם לקביעה האם הרכיב נדרש לרמת תפקוד גבוהה, מכיל חומרים מסוכנים וכד' (לפי סעיף 13.1.3).	I <sub>p</sub>	1.5		מקדם חשיבות לא - מבני
מיועד עבור מבנה או מבנה תומך. מקדם מטבלאות 12.2-1, 15.4-1, 15.4-2.	Ω <sub>0</sub>	2.5		מקדם חוזק יתר מבני
במקרה שבו המבנה ממוקם על הקרקע או במבנה תת קרקעי המקדם שווה ל-1.0.	R <sub>μ</sub>	1.0		מקדם הפחתה מבני
שווה לאפס עבור רכיב הממוקם במפלס הקרקע או במיקום תת קרקעי.	z	0.0	m	גובה הרכיב מעל מפלס פני הקרקע
השנאי ממוקם במפלס תת קרקעי.	h <sub>structure</sub>	0.0	m	גובה המבנה שבו ממוקם הרכיב
מחושב בהיעדר מידע על זמן המחזור של הרכיב. הרכיב מונח במפלס הקרקע ולכן המקדם שווה ל-1.0.	H <sub>f</sub>	1.00		מקדם הגברה לגובה
	F <sub>H_min</sub>	16.2	kN	עומס אופקי מינימאלי עקב רעידת אדמה
	F <sub>H_max</sub>	86.4	kN	עומס אופקי מקסימאלי עקב רעידת אדמה
בדיקת גבולות: $F_p = 0.3S_{DS}I_pW_p < 0.4S_{DS}I_pW_p \left(\frac{H_f}{R_\mu}\right) \left(\frac{C_{AR}}{R_{p0}}\right) < 1.6S_{DS}I_pW_p$	F <sub>pHOR</sub> =	21.6	kN	עומס אופקי עקב רעידת אדמה
$F_{pv} = \pm 0.2S_{DS}W_p$	F <sub>pVER</sub> =	±7.2	kN	עומס אנכי עקב רעידת אדמה

## דוגמאות חישוב לעיגון רכיבים לא-מבניים בבתי חולים

### קביעת העומסים על השנאי:



ההנחה היא כי השנאי מתנהג כגוף קשיח. נרצה לבדוק את עמידותו בפני היפוך ובפני החלקה.

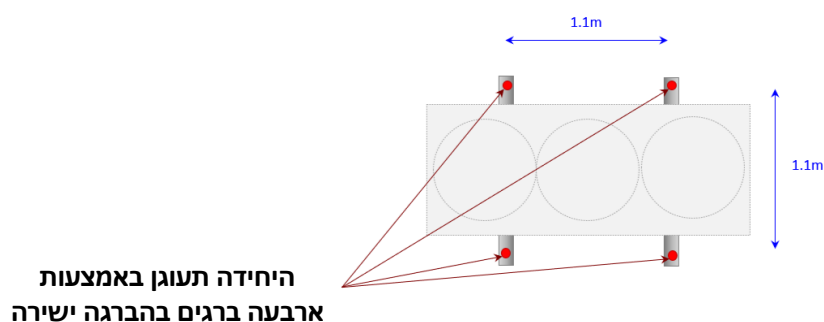
### קומבינציות העמסה:

הערות	סימול	ערך	יחידות	פרמטר מחושב
	$F_{HOR} =$	21.6	kN	עומס סיסמי אופקי
	$F_{VER} =$	7.2	kN	עומס סיסמי אנכי (ללא משקל עצמי)
	$E_h =$	21.6	kN	עומס סיסמי אופקי לתכן
	$E_v =$	7.2	kN	עומס סיסמי אנכי לתכן
$Eq \sim Comb1 = 1.2D + E_v + E_h$	$F_{h-eq1}$	21.6	kN	קומבינציה 1
	$F_{v-eq1}$	79.2	kN	
$Eq \sim Comb2 = 0.9D - E_v + E_h$ יש לקבוע הסכם סימנים שמוביל לתרחישי קיצון.	$F_{h-eq2}$	21.6	kN	קומבינציה 2
	$F_{v-eq2}$	46.8	kN	

### בדיקות:

הערות	סימול	ערך	יחידות	פרמטר מחושב
	$M_{ovt}$	28.1	kN m	מומנט מהפך
	$M_{st}$	25.7	kN m	מומנט מחזיר מינימאלי
יש לעגן את האלמנט כנגד היפוך	$DCR_{ovt}$	1.1		בדיקת היפוך
	$\mu$	0.25		מקדם חיכוך
$V_{cap} = \mu \cdot F_v$	$V_{cap}$	11.7	kN	תסבולת החלקה
יש לעגן את האלמנט כנגד החלקה	$DCR_{sl}$	1.85		בדיקת החלקה

נמצא כי יחידת השנאים איננה עמידה בפני היפוך והחלקה בזמן רעידת אדמה. בבסיס השנאי קיימים פרופילים שמאפשרים לעגן את השנאי אל רצפת הבטון. על מנת למנוע היפוך והחלקה נבחר בפתרון של ארבעה ברגים בהברגה ישירה לבטון. יש לזכור כי נדרש לקבוע את עומסי התכן לברגים בשילוב הגדלת חוזק יתר (מכיוון שהעיגון מתבצע ישירות לבטון) ולבצע בדיקות כשלים אפשריים. יש לשים לב נדרש לוודא את עמידות חתך הפרופיל שמהווה חלק מיחידת השנאים על פי נתוני היצרן. במידה ונמצא כי הפרופיל איננו מתאים לעיגון היחידה, נדרש לתכנן תמיכה חיצונית (כדוגמת פרופיל זוויתי) למניעת תזוזות אופקיות והיפוך של היחידה.



## 9. צנרת פלדה תלויה:



### נתוני היחידה:

סוג הפלדה	סוג פלדה	משקל כולל ליחידת אורך $W_p$ (לפי ת"י 4314) [kN/m]	קוטר D [אינץ']	סוג יחידה
205 [Mpa]	ASTM A53 Grade A [-]	0.28	4	צינור S.40 בודד לנשיאת נוזלים

### נתוני התמיכות:

המרחקים בין התמיכות נקבעו בהתאם להנחיות התקנים הישראליים הרלוונטיים. יש לוודא כי התכן מבוצע בהתאם להנחיות אלה והוא איננו מהווה חלופה למוצע במדריך זה.

יחס תמיכות אופקיות לאנכיות	מרחק מקסימאלי בין תמיכות אופקיות (לפי ת"י 413-2)	מרחק מומלץ בין תמיכות אופקיות (לפי ת"י 413-2)	מרחק בין תמיכות אופקיות $L_h$	מרחק בין תמיכות אנכיות $L_v$
[-]	[מ']	[מ']	[מ']	[מ']
3	10.1	4.2	5.25	1.75

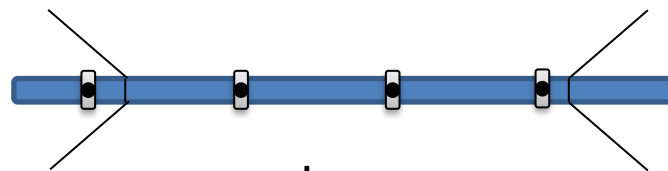
בהתאם למרחקים בין התמיכות ניתן לחשב את העומס האנכי והאופקי לתכן. יש לחלק את העומס ביחס למפתח הרלוונטי, כך שיוגדרו  $W_{ph}$  עבור תמיכות אופקיות ו- $W_{pv}$  עבור תמיכות אנכיות.

**חישוב מקדמי העומסים הסיסמיים בהתאם לתקן ASCE 7-22:**

הערות	סימול	ערך	יחידות	פרמטר מחושב
מחושב ביחס למפתחים הרלוונטיים.	$W_{p-h}$	1.5	kN	משקל לתכן אופקי
מחושב ביחס למפתחים הרלוונטיים.	$W_{p-v}$	0.5	kN	משקל לתכן אנכי
עבור רעידה בהסתברות של 5% ב-50 שנה.	$S_{ds}$	0.6	g	תאוצה ספקטרלית מקסימאלית
מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.	$C_{AR}$	1.0		מקדם הגברה לרכיב הלא-מבני
מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.	$R_{p0}$	1.0		מקדם חוזק של הרכיב הלא-מבני
עבור מקרים בהם הרכיב מעוגן ישירות לבטון או ללבנים.	$\Omega_{p0}$	1.5		מקדם חוזק יתר לא-מבני
מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.	$R$	4.0		מקדם תיקון מבני
מקדם מטבלאות 12.2-1, 15.4-1, 15.4-2.	$I_e$	1.0		מקדם חשיבות מבני
בהתאם לרמת הסיכון הסיסמית (לפי טבלה 1.5-2).	$I_p$	1.5		מקדם חשיבות לא - מבני
בהתאם לקביעה האם הרכיב נדרש לרמת תפקוד גבוהה, מכיל חומרים מסוכנים וכד' (לפי סעיף 13.1.3).	$\Omega_0$	2.5		מקדם חוזק יתר מבני
מיועד עבור מבנה או מבנה תומך. מקדם מטבלאות 12.2-1, 15.4-1, 15.4-2.	$R_\mu$	1.0		מקדם הפחתה מבני
במקרה שבו המבנה ממוקם על הקרקע או במבנה תת קרקעי המקדם שווה ל-1.0.	$z$	0.0	m	גובה הרכיב מעל מפלס פני הקרקע
שווה לאפס עבור רכיב הממוקם במפלס הקרקע או במיקום תת קרקעי.	$h_{structure}$	0.0	m	גובה המבנה שבו ממוקם הרכיב
השנאי ממוקם במפלס תת קרקעי.	$H_f$	1.00		מקדם הגברה לגובה
מחושב בהיעדר מידע על זמן המחזור של הרכיב. הרכיב מונח במפלס הקרקע ולכן המקדם שווה ל-1.0.	$F_{H\_min}$	16.2	kN	עומס אופקי מינימאלי עקב רעידת אדמה
	$F_{H\_max}$	86.4	kN	עומס אופקי מקסימאלי עקב רעידת אדמה
בדיקת גבולות: $F_p = 0.3S_{DS}I_pW_p < 0.4S_{DS}I_pW_p \left(\frac{H_f}{R_\mu}\right) \left(\frac{C_{AR}}{R_{p0}}\right) < 1.6S_{DS}I_pW_p$	$F_{pHOR} =$	21.6	kN	עומס אופקי במפתח עקב רעידת אדמה
$F_{pv} = \pm 0.2S_{DS}W_p$	$F_{pVER} =$	$\pm 0.06$	kN	עומס אנכי במפתח עקב רעידת אדמה

**קביעת העומסים ובדיקות נדרשות לצנרת התלויה:**

הצנרת תלויה מתקרת הבטון. יש להתחשב מראש בתכנון תמיכות שיאפשרו חיסום ויכולת נשיאת עומסים במישור האנכי (כדוגמת מוט הברגה) ובמישור האופקי של המערכת (כדוגמת כבל אלכסוני).



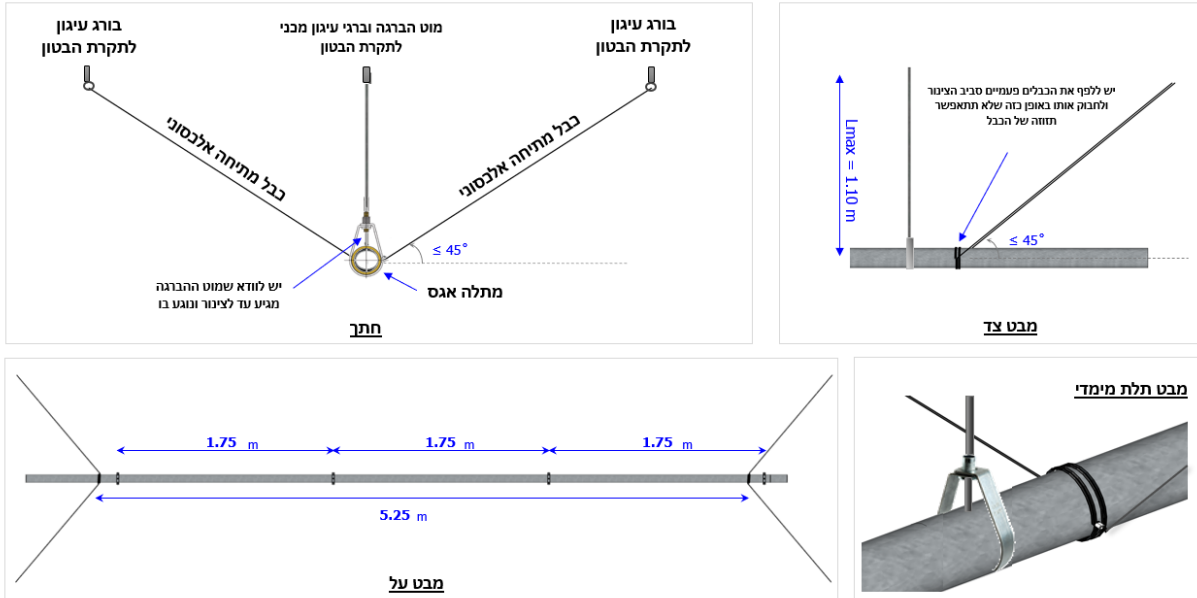
מבט על



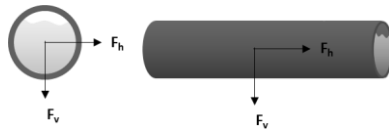
מבט צד

## דוגמאות חישוב לעיגון רכיבים לא-מבניים בבתי חולים

המערכת הינה מערכת תלויה ונמשכת, לכן יש לחלק את העומס הסיסימי בהתאם למקטע שבו נבחר למקם תמיכות. הפתרון המוצע הינו בגדר הצעה בלבד וניתן לבחור פתרונות רבים נוספים כתלות בקוטר הצנרת, בכמות הצינורות בקו ובגודל העומסים הסיסימיים, כמתואר בפרק 6 במדריך זה. להלן הפתרון המוצע:



יש לבדוק תחילה את תסבולת חתך הצינור לעומסים ציריים, עומסי גזירה וכפיפה וכו' בהתאם להנחיות התקינה הישראלית.



לאחר בדיקת החתך שנמצא תקין, בנוסף למשקל העצמי, יש לתכנן את התמיכות עבור שתי קומבינציות ההעמסה הסיסימיות המתוארות במדריך זה. יש להתחשב בהשפעת העומס האופקי בשני הכיוונים האופקיים בהתאם לבדיקת כל רכיב.

יש לחשב את מהלכי הכוחות והמומנטים על כל אחד מהרכיבים המרכיבים את מערכת התמיכה של הצנרת. בדוגמה זו נבחר לעגן את הצנרת לעומס אנכי באמצעות מוטות הברגה שיעוגנו לתקרה על ידי ברגים, ולעומס אופקי באמצעות ארבעה כבלים שיעוגנו לתקרה על ידי ברגים. יש לשים לב כי הכבלים יוגדרו בזווית כזו כך שיהוו תמיכה בשני הכיוונים האופקיים, אחרת יש לתכנן שני מערכי כבלים שימוקמו במקביל ובניצב לקו הצינור, כמוצג בדוגמאות בפרק 6 במדריך זה. יש לבדוק את עמידות הרכיבים השונים לעומסים הגרביטציוניים ולעומסי רעידת אדמה. בדיקות פוטנציאליות לדוגמה: תסבולת גזירה, מתיחה ואינטראקציה של הברגים השונים המעוגנים לבטון, תסבולת מתלה אגס, תסבולת הכבלים למתיחה צרית, תסבולת מוט הברגה לגזירה, מתיחה ולחיצה וכד'.

אחת ההשפעות הבולטות על תגובת הצנרת ברעידות אדמה היא התזוזה ההבדלית של סמכי הצנרת. התזוזה יכולה לנבוע מסיבות שונות, כדוגמת מעבר קו צנרת בין מבנים שונים, הפרש הזזה בין קומות מבנה ועוד. לכן, נדרש לבדוק את התזוזה ההבדלית האופקית של מערכת הצנרת בהתאם להנחיות התקן הישראלי, בכדי למנוע כשל עקב הזזות המתפתחות בזמן רעידת אדמה.

10. ארונות אל-פסק (UPS):



נתוני היחידה:

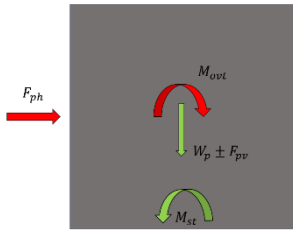
גובה H	אורך L	רוחב B	משקל W <sub>p</sub>	סוג יחידה
[מ']	[מ']	[מ']	[ק"נ]	
2.2	2.8	1.0	25.0	ארון חשמל

חישוב מקדמי העומסים הסיסמיים בהתאם לתקן ASCE 7-22:

הערות	סימול	ערך	יחידות	פרמטר מחושב
עבור רעידה בהסתברות של 5% ב-50 שנה.	S <sub>DS</sub>	0.43	g	תאוצה ספקטרלית מקסימאלית
מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.	C <sub>AR</sub>	1.4		מקדם הגברה לרכיב הלא-מבני
מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.	R <sub>p0</sub>	2.0		מקדם חוזק של הרכיב הלא-מבני
עבור מקרים בהם הרכיב מעוגן ישירות לבטון או ללבנים. מקדם מטבלאות 13.5-1, 13.6-1.	Ω <sub>p0</sub>	2.0		מקדם חוזק יתר לא-מבני
מקדם מטבלאות 12.2-1, 15.4-1, 15.4-2.	R	4.0		מקדם תיקון מבני
בהתאם לרמת הסיכון הסיסמית (לפי טבלה 1.5-2).	I <sub>e</sub>	1.0		מקדם חשיבות מבני
בהתאם לקביעה האם הרכיב נדרש לרמת תפקוד גבוהה, מכיל חומרים מסוכנים וכד' (לפי סעיף 13.1.3).	I <sub>p</sub>	1.5		מקדם חשיבות לא - מבני
מיועד עבור מבנה או מבנה תומך. מקדם מטבלאות 12.2-1, 15.4-1, 15.4-2.	Ω <sub>0</sub>	2.5		מקדם חוזק יתר מבני
במקרה שבו המבנה ממוקם על הקרקע או במבנה תת קרקעי המקדם שווה ל-1.0.	R <sub>μ</sub>	1.3		מקדם הפחתה מבני
שווה לאפס עבור רכיב הממוקם במפלס הקרקע או במיקום תת קרקעי.	z	3.0	m	גובה הרכיב מעל מפלס פני הקרקע
השנאי ממוקם במפלס תת קרקעי.	h <sub>structure</sub>	6.0	m	גובה המבנה שבו ממוקם הרכיב
מחושב בהיעדר מידע על זמן המחזור של הרכיב. הרכיב מונח במפלס הקרקע ולכן המקדם שווה ל-1.0.	H <sub>f</sub>	2.25		מקדם הגברה לגובה
	F <sub>H_min</sub>	4.84	kN	עומס אופקי מינימאלי עקב רעידת אדמה
	F <sub>H_max</sub>	25.80	kN	עומס אופקי מקסימאלי עקב רעידת אדמה
בדיקת גבולות: $F_p = 0.3S_{DS}I_pW_p < 0.4S_{DS}I_pW_p \left(\frac{H_f}{R_\mu}\right) \left(\frac{C_{AR}}{R_{p0}}\right) < 1.6S_{DS}I_pW_p$ במקרה של דוגמה זו, התקבל ערך מדו"ח אנליזה מדויקת השווה ל-10.3 ק"נ והוא הערך המקסימאלי.	F <sub>pHOR</sub>	10.30	kN	עומס אופקי עקב רעידת אדמה
$F_{pv} = \pm 0.2S_{DS}W_p$	F <sub>pVER</sub>	±2.15	kN	עומס אנכי עקב רעידת אדמה

## דוגמאות חישוב לעיגון רכיבים לא-מבניים בבתי חולים

### קביעת העומסים על הארון:



ההנחה היא כי הארון מתנהג כגוף קשיח. נרצה לבדוק את עמידותו בפני היפוך ובפני החלקה.

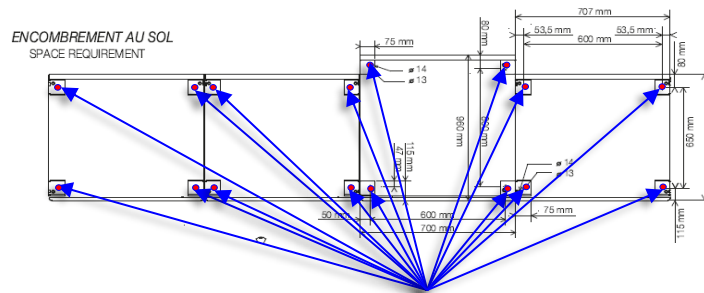
### קומבינציות העמסה:

הערות	סימול	ערך	יחידות	פרמטר מחושב
	$F_{HOR} =$	10.3	kN	עומס סיסמי אופקי
	$F_{VER} =$	2.2	kN	עומס סיסמי אנכי (ללא משקל עצמי)
	$E_h =$	10.3	kN	עומס סיסמי אופקי לתכן
	$E_v =$	2.2	kN	עומס סיסמי אנכי לתכן
$Eq \sim Comb1 = 1.2D + E_v + E_h$	$F_h \text{-eq1}$	10.3	kN	קומבינציה 1
	$F_v \text{-eq1}$	32.2	kN	
$Eq \sim Comb2 = 0.9D - E_v + E_h$ יש לקבוע הסכם סימנים שמוביל לתרחישי קיצון.	$F_h \text{-eq2}$	10.3	kN	קומבינציה 2
	$F_v \text{-eq2}$	20.4	kN	

### בדיקות:

הערות	סימול	ערך	יחידות	פרמטר מחושב
	$M_{ovt}$	11.3	kN m	מומנט מהפך
	$M_{st}$	10.2	kN m	מומנט מחזיר מינימאלי
יש לעגן את האלמנט כנגד היפוך	$DCR_{ovt}$	1.1		בדיקת היפוך
	$\mu$	0.30		מקדם חיכוך
$V_{cap} = \mu \cdot F_v$	$V_{cap}$	6.1	kN	תסבולת להחלקה
יש לעגן את האלמנט כנגד החלקה	$DCR_{sl}$	1.7		בדיקת החלקה

נמצא כי ארון ה-UPS איננו עמיד בפני היפוך והחלקה בזמן רעידת אדמה. הארון מגיע עם קדחים בבסיסו לטובת עיגונו אל רצפת הבטון. על מנת למנוע היפוך והחלקה נבחר בפתרון של 16 ברגים בהברגה ישירה לבטון. יש לזכור כי נדרש לקבוע את עומסי התכן לברגים בשילוב הגדלת חוזק יתר (מכיוון שהעיגון מתבצע ישירות לבטון) ולבצע בדיקות כשלים אפשריים בגזירה, במתיחה וכדומה.

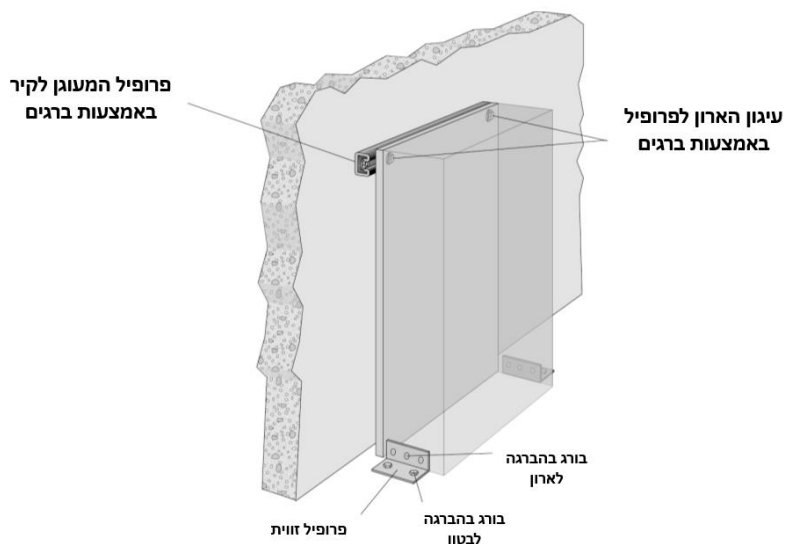


הארון יעוגן באמצעות 16 ברגים בהברגה ישירה לבטון

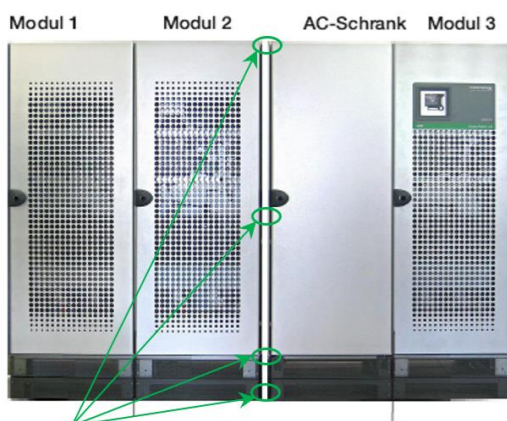
## דוגמאות חישוב לעיגון רכיבים לא-מבניים בבתי חולים

יש לשים לב כי העיגון באמצעות הברגים המפורטים לעיל מותנה בקבלת אישור היצרן לעמידות הארון בעומסים דינאמיים (עם הגדרת התאוצה המקסימאלית המותרת). במידה והתאוצות המותרות עבור הארון נמוכות מהתאוצות הצפויות בחלל הנבדק, יהיה צורך בהוספת קפיצים בבסיס הארון.

עבור דגמים שבהם אין אפשרות לקבע את הבסיס ישירות, נדרש לתכנן פרט תמיכה לעיגון אופקי (כדוגמת פרופיל זוויתי) בשני הכיוונים. דוגמה מתוארת באיור להלן:



בנוסף, מכיוון שהארונות מורכבים מיחידות נפרדות, יש לחבר את היחידות עם ברגים ואום נעילה לטובת הקשחת המערך ומניעת תזוזה יחסית וניתוק בין הארונות.



נקודות חיבור חלקי הארון באמצעות ברגים עם אום נעילה