

**סקר ספרות בנושא: תקינה לתכן מבנים לרעידת אדמה,
בעלי סיכון גבוה לסביבה ולאוכלוסייה.**

יולי 2015

הוכן עבור: המשרד להגנת הסביבה, אגף חרום

הוכן ע"י: חברת די.אס.איי בע"מ

ME-SM_AP-04-2

תקציר

1. דו"ח זה מתאר תוצאות של סקר תקנים ומדריכים בתחום בדיקה/שדרוג/חידוש (להלן "בדיקה") ותכן מבנים ומתקנים בסיכון גבוה לסביבה ואוכלוסייה (להלן "סיכון גבוה") לרעידת אדמה - בין לאומיים, באירופה, ארה"ב וניו זילנד.
2. סקירת תקנים ומדריכים נעשתה מתוך ספריות וקטלוגים של ארגוני תקינה מובילים, ארגונים מקצועיים, בסיסי מידע פתוחים של ממשל וגופים מקצועיים רלוונטיים במדינות שנסקרו.
3. הסקר מצביע על כך שלא קיימים תקנים ו/או שיטות אוניברסאליות לבדיקה ותכן לכלל סוגי מבנים ומתקנים הנפוצים בתחום, נהפוך הוא, בדיקה ותכן מתקנים בעלי סיכון גבוה מתבצע על ידי שימוש במגוון תקנים, מדריכים של ארגונים מקצועיים, הנחיות ותקנות של גופים רגולטורים, אשר שונים ממדינה למדינה, כאשר השוני נגזר מהיבטים שונים: תנאים גיאולוגיים, רעידות אדמה צפויות, חומרים ושיטות בניה, מצב כלכלי והתייחסות לסיכונים- עלות מול תועלת, ועוד.
4. טיפול במפעלים/מתקנים בסיכון גבוה במדינות שנסקרו מנוהל על ידי משרדי ממשלה, הפועלים בשיתוף עם אנשי מקצוע וארגונים מקצועיים להכנת הנחיות ומדריכים המבוססים ומתואמים עם מערכת תקינה במדינות אלה.
5. בתקנים, מדריכים המתייחסים למתחמים/מתקנים בסיכון גבוה, הנקבעים על ידי רגולטור, כגון: תעשיות כימיה, גז ודלק, מתקנים צבאיים, סכרים, תעשייה המשתמשת בחומרים נפיצים, רעילים, רדיואקטיביים ומתקנים נוספים המהווים סיכון לאוכלוסייה, וסביבה, קובעים קריטריונים ודרישות מחמירים יותר מאשר למתקנים בסיכון "רגיל".
6. תקנים המיועדים לתכן מפני רעידת אדמה בישראל ומגבלותיהם, בפועל, מחייבים מתכננים לפנות לתקנים זרים שונים, אשר כאמור מתואמים עם תנאים ספציפיים ומערכת תקינה לאומית של מדינות המקור. על מנת להבטיח שימוש מושכל ונוח בתקנים בתעשייה מקומית נדרש לבחור תקנים ומדריכים זרים רלוונטיים, לבחון התאמתם לתנאים מקומיים ולמערכת תקינה בישראל, לבצע שינויים הנדרשים, ולאמצם במערכת תקינה ישראלית ו/או מסמכים רגולטורים אחרים.
7. בהתאם למטרת העבודה ולצורך קבלת החלטות בעניין בחירת התקנים, בסקר פורטו תקנים ומדריכים השייכים בעיקר לשלוש מערכות התקינה הרחבות והידועות:

7.1 תקנים EN (European Standard) Eurocode 8 – (European Standard) EN : הינם תקני "מסגרת" המיועדים להכנת תקנים לאומיים במדינות של האיחוד האירופי. תקנים של Eurocode 8 המנחים תכן מתקנים האופייניים לתעשייה לרעידת אדמה, מיועדים לתכן מתקנים חדשים ואינם חלים על מבנים בסיכון גבוה, ייחד עם זאת במדריכים מקצועיים העוסקים במבנים ומתקנים בסיכון גבוה נעשה שימוש בחלק מהמידע מתוך תקנים הרלוונטיים של Eurocode 8.

7.2 תקנים ISO (International Organization for Standardization): הינם תקני "מסגרת" המיועדים להכנת תקנים לאומים במדינות החברות. תקנים של ISO נמצאים בשימוש במדינות ברחבי העולם, כולל מדינות מפותחות וארגונים מקצועיים הפועלים בתחום כימיה, גז ודלק. תקנים של ISO מספקים עקרונות לבדיקה ותכן למבנים ומתקנים הנדסיים חדשים וקיימים לרעידת אדמה ועדיפים להרחבת מערך התקנים ישראלים בהיבט אדמיניסטרטיבי ופרוצדוראלי.

7.3 תקנים של ארה"ב: בארצות הברית קיים מערך תקנים ומדריכים מפותח ורחב ביותר, תקנים ומדריכים אלה מוזכרים ביותר בתחום בדיקה ותכן של מבנים ומתקנים בסיכון גבוה ונותנים מענה רחב לסוגי קונסטרוקציה ומערכות שונים. רוב התקנים של ארה"ב וולונטריים, מתואמים עם מערכת תקינה וקודים של ארה"ב, ולא מיועדים ישירות להכנת תקנים לאומיים במדינות אחרות לעומת מערכות התקנים Eurocode ו-ISO.

תוכן עניינים

תקציר

תוכן עניינים

1. כללי

2. תקנים בין-לאומיים

2.1 תקנים של האיחוד האירופי EN

2.2 תקנים ISO (International Organization for Standardization)

2.3 תקנים IEC (International Standards for all electrical, electronic and related technologies)

2.4 תקנים IAEA (International Atomic Energy Agency)

3. תקנים לאומיים ומדריכים של מדינות אירופה

4. תקנים לאומיים ומדריכים של ארה"ב

4.2 Performance Code for Buildings and Facilities של (International Code Council)

4.3 ANSI American National Standards Institute

4.4 תקנים ומדריכים רלוונטיים נוספים של ארה"ב

5. תקנים לאומיים ומדריכים של ניו זילנד

6. ארגוני תקינה המוזכרים ביותר בחברות הפועלות בתחום גז ודלק

7. תקנים ישראלים, בהיבט אזכורים של תקינה זרה וחלות על מבנים ומתקנים בסיכון גבוה.

8. מסקנות

9. המלצות

נספח א' - תקנים ומדריכים המומלצים

רשימת טבלאות:

טבלה מס' 2.1 : תקנים EN

טבלה מס' 2.2 : תקנים ISO

טבלה מס' 2.3 : תקנים IEC

טבלה מס' 2.4 : תקנים IAEA

טבלה מס' 3.1 : תקנים גרמניים (DIN) ומדריכים VCI

טבלה מס' 3.2 : תקנים בריטיים (BS)

טבלה מס' 4.2 : פרסומים של International Code Council

טבלה מס' 4.3 : תקנים מאושרים על ידי ANSI

טבלה מס' 4.4 : תקנים ומדריכים רלוונטיים נוספים של ארה"ב

טבלה מס' 5.1 : תקנים ומדריכים רלוונטיים של ניו זילנד

טבלה מס' 6.1 : ארגוני תקינה וארגונים מקצועיים המוזכרים ביותר ב IOGP

טבלה מס' 7.1 : תקנים זרים המוזכרים בתקן 413

טבלה מס' 7.2 : תקנים זרים המוזכרים בתקן 413-2

טבלה מס' 7.3 : תקנים זרים המוזכרים בתקן 413-2.1

טבלה מס' 7.4 : תקנים זרים המוזכרים בתקן 413-2.2

טבלה מס' 7.5 : תקנים זרים המוזכרים בתקן 413-2.3

טבלה מס' 7.6 : תקנים זרים המוזכרים בתקן 413-2.4

טבלה מס' 7.7 : תקנים זרים המוזכרים בתקן 2413

רשימת נספחים:

נספח א' - תקנים ומדריכים המומלצים

1. כללי

מסמך זה מתאר תוצאות סקר ספרות בנושא תקינה לבדיקה/שדרוג (בדיקה) ותכן מתקנים מסוכנים לסביבה ואוכלוסייה (סיכון גבוה) לרעידת אדמה. בסקר פורטו תקנים למבנים/מתקנים חדשים וקיימים, המיועדים לתכן מבנים ברמות סיכון שונות, אשר נעשה בהם שימוש ו/או הוזכרו בתקנים ומדריכים המיועדים לבדיקה ותכן מבנים ומתקנים קיימים בסיכון גבוה, ותקנים נוספים אשר לפיכך יהיו רלוונטיים למטרת העבודה.

תקנים ומדריכים המיועדים על פי הגדרתם לבדיקה של מבנים/מתקנים קיימים לרמות סיכון שונות מסומנים ¹, תקנים ומדריכים שכוללים מידע לבדיקה ותכן מבנים/מתקנים בסיכון גבוה מסומנים ².

בהתאם לדרישות המשרד להגנת הסביבה הסקר מתייחס לתקנים ומדריכים בין-לאומיים ולאומיים לבדיקה ותכן לרעידת אדמה במדינות אירופה, ארה"ב וניו זילנד.

התקנים והמדריכים הלאומיים בתחום רעידות אדמה מהווים חלק אינטגרלי ממערכת תקינה הקיימת במדינות שנסקרו וקשורים לתקנות ולתקנים האחרים שקיימים במדינות אלה, המתייחסים, לשיטות בניה ותכן, מערכות, חומרים, ביצוע עבודות, כיבוי אש, בטיחות ועוד. משום כך שימוש בתקנים/מדריכים להלן יהיה אפשרי בתנאי והם מתואמים או ניתן לתאם אותם עם מערכת תקינה הקיימת במדינת ישראל.

2. תקנים בין-לאומיים

2.1 האיחוד האירופי

2.1.1 תקנים של האיחוד האירופי EN (European Standard) מיועדים להכנת תקנים לאומיים במדינות האיחוד. לתקנים של EN, העוסקים בתכן לרעידת אדמה, שייכים תקנים של Eurocode 8 - 1998 (טבלה 2.1), שאושרו על ידי CEN (European Committee for Standardization), ומחייבים עבור המדינות החברות: אוסטריה, בלגיה, קפריסין, צ'כיה, דניה, אסטוניה, פינלנד, צרפת, גרמניה, יוון, איסלנד, אירלנד, איטליה, לטביה, ליטא, לוקסמבורג, מלטה, הולנד, נורבגיה, פולין, פורטוגל, סלובקיה, סלובניה, ספרד, שבדיה, שוויצריה, בריטניה. כמו כן, קיימים תקני EN, שלא נכללים ב-Eurocode 8, אשר מתייחסים להיבטים שונים של תכנון מערכות להגנה מפני רעידות אדמה, למשל תקן 15129: 2009.

רשימת התקנים, אשר עוסקים בנושא, מופיעה בטבלה 2.1

טבלה מס' 2.1: תקנים EN

מקור	מספר התקן	שם התקן
EN	1998-1: 2004	Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings
EN	1998-1: 2004/A1: 2013	Design of structures for earthquake resistance - Part 2: General rules, seismic actions and rules for buildings
EN	1998-3: 2005 ¹	Design of structures for earthquake resistance – Part 3: Assessment and retrofitting of buildings
EN	1998-4: 2006	Design of structures for earthquake resistance – Part 4: Silos, tanks and pipelines
EN	1998-5: 2004	Design of structures for earthquake resistance – Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects
EN	1998-6: 2005	Design of structures for earthquake resistance – Part 6: Towers, masts and chimneys
EN	15129: 2009	Anti-seismic devices

2.1.2 תקן של Eurocode 8-4 (1998-4), המתייחס למתקנים אופייניים לתעשייה, מיועד לתכנן מתקנים חדשים ואינו חל על מתקנים בעלי סיכון גבוה. יחד עם זאת, בחלק מהמידע המוצג בתקנים של Eurocode 8, נעשה שימוש במדריכים (לאומיים) במדינות שונות, העוסקים בבדיקה ותכנן מבנים ומתקנים בסיכון גבוה.

2.1.3 האיחוד האירופי מממש פרוגרמה של מחקרים, הנועדים להרחבת התקנים לבדיקה ותכנן למתקנים בסיכון גבוה. מידע רב בנושא מופיע בדו"חות שבוצעו במסגרת תכנית INDUSE (Structural safety of industrial steel tanks, pressure vessels and piping - systems under seismic loading)

2.2 International Organization for Standardization (ISO)

ארגון תקינה בין-לאומי ISO מאחד גופי תקינה לאומיים מ-163 מדינות, המייצגים אינטרסים של ארצם בארגון, כולל מדינת ישראל אשר מוצגת בסטאטוסים שונים בעשרות וועדות שונות של ISO. תקנים של ISO הינם תקני "מסגרת", המגדירים עקרונות כלליים, ומספקים בסיס לוועדות תקינה במדינות החברות בהכנת תקנים לאומיים, בתאום עם תנאים מקומיים, תקינה לאומית קיימת ותקנים נלווים של ISO.

רשימת התקנים, העוסקים בנושא מופיעה בטבלה 2.2

טבלה מס' 2.2 : רשימת תקנים של ISO

מקור	מספר התקן	שם התקן
ISO	2394: 2015 ²	General principles on reliability for structures
ISO	13824: 2009 ¹	Bases for design of structures — General principles on risk assessment of systems involving structures
ISO	13822: 2010 ²	Bases for design of structures — Assessment of existing structures
ISO	15649: 2001	Petroleum and natural gas industries — Piping
ISO	13623: 2009 ²	Petroleum and natural gas industries — Pipeline transportation systems
ISO	16708: 2006 ²	Petroleum and natural gas industries — Pipeline transportation systems — Reliability-based limit state methods
ISO	19900: 2013 ²	Petroleum and natural gas industries — General requirements for offshore structures
ISO	19901-2: 2004	Petroleum and natural gas industries — Specific requirements for offshore structures — Part 2: Seismic design procedures and criteria
ISO	23469: 2005 ²	Bases for design of structures — Seismic actions for designing geotechnical works
ISO	3010: 2001 ²	Basis for design of structures — Seismic actions on structures
ISO	ISO/TR 12930: 2014 ²	Seismic design examples based on ISO 23469
ISO	13033: 2013 ¹	Bases for design of structures — Loads, forces and other actions — Seismic actions on nonstructural components for building applications
ISO	28841: 2013 ¹	Guidelines for simplified seismic assessment and rehabilitation of concrete buildings
ISO	16711: 2015 ¹	Seismic assessment and retrofit of concrete structures
ISO	15649: 2001	Petroleum and natural gas industries — Piping
ISO	ISO/TR25741: 2008	Lifts and escalators subject to seismic conditions — Compilation report
ISO	22762-3: 2010	Elastomeric seismic-protection isolators — Part 3: Applications for buildings — Specifications
ISO	PD ISO / TS 22762-4: 2014	Elastomeric seismic-protection isolators. Guidance on the application of ISO 22762-3

2.3 תקנים של IEC (International Standards for all electrical, electronic and related technologies)

ארגון IEC מאחד 83 מדינות, כולל מדינת ישראל, ועוסק בתקנים לאלמנטים חשמליים ואלקטרוניים של מערכות שונות, המתייחסים בחלקם גם להיבטים סיסמיים.

רשימת התקנים, העוסקים בנושא, מופיעה בטבלה 2.3.

טבלה מס' 2.3: תקנים IEC

מקור	מספר התקן	שם התקן
IEC	60068-3-3: 1991	Environmental testing - Part 3-3: Guidance – Seismic test methods for equipments
IEC	61587-2 Ed. 2.0 b(2011)	Mechanical structures for electronic equipment - Tests for IEC 60917 and 60297 - Part 2: Seismic tests for cabinets and racks
IEC	PD IEC/TS 62271-210: 2013	High-voltage switchgear and controlgear. Seismic qualification for metal enclosed and solid-insulation enclosed switchgear and controlgear assemblies for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV

2.4 תקנים של IAEA (International Atomic Energy Agency)

ארגון בין-לאומי לאנרגיה אטומית IAEA, מאחד 154 מדינות חברות, כולל מדינת ישראל. הארגון מפתח ומאמץ תקנים מתקדמים, ומכין מדריכים ודרישות למגוון מתחמים ומתקנים השייכים לתחום קרינה גרעינית וטכנולוגיות קשורות. תקנים ומדריכים של IAEA מיושמים בתכנות כוח גרעיניות וגם ברפואה, תעשייה, חקלאות ומוסדות מחקר אשר כוללים מבנים ומתקנים השייכים לתחום.

רשימת התקנים, העוסקים בנושא, מופיעה בטבלה מס' 2.4.

טבלה מס' 2.4: תקנים IAEA

מקור	מספר התקן	שם התקן
IAEA	NS-G-2.13, 2014 ²	Evaluation of Seismic Safety for Existing Nuclear Installations Safety Guide
IAEA	SSG-9, 2010	Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations Specific Safety Guide
IAEA	TECDOC-1655, 2011	Non-linear Response to a Type of Seismic Input Motion

3. תקנים לאומיים ומדריכים של מדינות אירופה

3.1 להלן מתוארים תקנים של גרמניה (DIN) ובריטניה (BS). התקנים מבוססים על Eurocode 8, תקנים נוספים של EN ו/או תקנים בינלאומיים ISO ו-IEC. במדינות אירופה אחרות החברות ב CEN (ראה ב 2.1.1), תקנים מבוססים על אותם תקנים ו/או נמצאים במהלך אימוץ והתאמה של מערכת תקנים לאומיים ל Eurocode, בהתאם לדירקטיבה של איחוד האירופי.

רשימת תקנים ומדריכים גרמניים ובריטיים, העוסקים בנושא, מופיעה בטבלאות מס' 3.1 ו- 3.2 בהתאם.

טבלה מס' 3.1: גרמניה. תקנים DIN ומדריכים VCI

מקור	מספר התקן	שם התקן
DIN	1998-1: 2010-12	Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings (includes Corrigendum AC: 2009) English translation of DIN EN 1998-1: 2010-12
DIN	1998-1/NA	National Annex - Nationally determined parameters - Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, Seismic actions and rules for buildings
DIN	1998-3	Design of structures for earthquake resistance - Part 3: Assessment and retrofitting of buildings; German version EN 1998-3: 2005 + AC: 2010
DIN	1998-3 Berichtigung 1	Design of structures for earthquake resistance - Part 3: Assessment and retrofitting of buildings; German version EN 1998-3: 2005 + AC: 2010, Corrigendum to DIN EN 1998-3: 2010-12; German version EN 1998-3: 2005/AC: 2013

מקור	מספר התקן	שם התקן
DIN	1998-4: 2007-01 (E)	Design of structures for earthquake resistance - Part 4: Silos, tanks and pipelines. German version EN 1998-4: 2006
DIN	1998-5	Design of structures for earthquake resistance - Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects. German version EN 1998-5: 2004
DIN	1998-5/NA	National Annex - National determined parameters - Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects
DIN	1998-6	Design of structures for earthquake resistance - Part 6: Towers, masts and chimneys; German version EN 1998-6: 2005
DIN	15129	Anti-seismic devices; German version EN 15129: 2009
DIN	61587-2; VDE 0687-587-2: 2012-06	Mechanical structures for electronic equipment - Tests for IEC 60917 and IEC 60297 - Part 2: Seismic tests for cabinets and racks (IEC 61587-2: 2011); German version EN 61587-2: 2011
DIN	19901-2	Petroleum and natural gas industries - Specific requirements for offshore structures - Part 2: Seismic design procedures and criteria (ISO 19901-2: 2004); English version EN ISO 19901-2: 2004
VCI	2012 ²	LEITFADEN LEITFADEN DER LASTFALL ERDBEBEN IM ANLAGENBAU
VCI	2012 ²	ERLÄUTERUNGEN ZUM LEITFADEN DER LASTFALL ERDBEBEN IM ANLAGENBAU

טבלה מס' 3.2: תקנים בריטיים BS

מקור	מספר התקן	שם התקן
BS	15129: 2009	Anti-seismic devices (EN)
BS	19901-2: 2004	Petroleum and natural gas industries. Specific requirements for offshore structures. Seismic design procedures and criteria (ISO)
BS	1998-1: 2004 + A1: 2013	Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. General rules, seismic actions and rules for buildings (EN)
BS	61166: 1993	Specification for high-voltage alternating current circuit-breakers. Guide for seismic qualification of high-voltage alternating current circuit-breakers (EN)
BS	13033: 2013 ¹	Bases for design of structures. Loads, forces and other actions. Seismic actions on nonstructural components for building applications (ISO)
BS	61587-2: 2011	Mechanical structures for electronic equipment. Tests for IEC 60917 and IEC 60297 . Seismic tests for cabinets and racks

3.2 בשנת 2009 פורסם מדריך ראשון לתכן מפעלים של תעשיית כימיה ותעשיות הקשורות (סיכון גבוה) לרעידות אדמה, על ידי איגוד גרמני של תעשייה כימית VCI - German Chemicals Industry Association, שנערך בשיתוף פעולה עם אוניברסיטה של עיר Aachen. המדריך התבסס על תקן גרמני DIN 4149, 2005 שהיה בתוקף. במהלך התאמה של תקנים לאומיים לתקינה האירופית, התקן DIN 4149 הוחלף ב-DIN EN 1998-1 בתוספת חלקים אחרים של Eurocode 8. בשנת 2012 עודכן גם המדריך, אשר במהדורה הנוכחית מיועד בעיקר לתכן מפעלים חדשים, אך גם כולל הוראות מצומצמות לבדיקת מפעלים קיימים.

3.3 בצרפת מניעה וניהול סיכונים נמצא באחריות המשרד להגנת הסביבה (MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE). המשרד מפעיל אתר אינטרנט לנושאים סיסמיים (www.planseisme.fr) המספק מידע רב על תקנות, צווים, מדריכים ועוד, המתייחסים גם למתקנים בסיכון גבוה (ICPE) אשר הוגדרו בהתאם לסיווג של SEVESO, ו-RFC (בטיחות גרעינית). למתקנים ICPE הוכנו מפות תאוצות קרקע ברחבי המדינה, אשר שונות למתקנים חדשים וקיימים.

3.4 ניסיון של מדינות אירופה ומדינות נוספות בנושא בדיקה ותכן מתקנים בסיכון גבוה מוצג בספר Seismic Design of Industrial Facilities 2014. בספר מפורטים מגוון נושאים, כולל תקינה קיימת, שיטות חישוב ותכן, שיטות שדרוג, מערכות, בטיחות ועוד. תיאור קצר של הספר מובא בנספח א' להלן.

4. תקנים לאומיים ומדריכים של ארה"ב

4.1 בארה"ב קיימים מספר רב של מסודות וארגוני תקינה ממשלתיים ולא ממשלתיים, שמפתחים תקנים ומדריכים בתחום רעידות אדמה, כאשר מעמד התקנים נקבע על ידי רשויות פדרליות או גופים רגולטורים של מדינות.

להלן רשימת ארגוני תקינה ותקנים של ארה"ב העוסקים בנושא:

(International Code Council) ICC 4.2

ארגון ICC הינו ארגון המפתח קודים שחלקיו השונים אומצו על ידי החלטות ממשלה בכ- 50 מדינות בארה"ב ומחוץ לארה"ב. ICC מכין קודים המהווים קומפילציה של מדריכים ותקנים מתקדמים ידועים של ארגונים מקצועיים כמו ASCE, NFPA, ASME, ACI, ASTM ועוד. בעין הקודים:

- International Private Sewage Disposal Code
- International Property Maintenance Code
- International Residential Code
- International Swimming Pool and Spa Code
- International Wildland Urban Interface Code
- International Building Code
- International Energy Conservation Code
- International Existing Building Code
- International Fire Code
- International Fuel Gas Code
- International Green Construction Code
- International Mechanical Code
- ICC Performance Code

קודים רלוונטיים נמצאים בפרסומים של ICC מוצגים בטבלה מס' 4.2 .

טבלה מס' 4.2: פרסומים של International Code Council

מקור	מספר התקן	שם התקן
ICC	2003-2015 ²	Performance Code for Buildings and Facilities

4.3 ANSI (American National Standards Institute)

ANSI פועל בשיתוף פעולה עם ארגוני תקינה בין-לאומיים ISO ו IEC ומייצג אינטרסים של ארה"ב בארגונים אלה. ANSI הינו ארגון תקינה אשר מפקח על פיתוח תקנים, פועל לתיאום לאומי של תקנים וולונטריים, מספק מידע ומגשר על הפערים בין מפתחי סטנדרטים לבין ארגונים ממשלתיים ורגולטוריים. תקנים מאושרים (Approved) על ידי ANSI מתוך Approved American National Standards 2015, מוצגים בטבלה מס' 4.3

בטבלה מס' 4.3 מוצגים תקנים של ארגונים מקצועיים הבאים:

AHRI- Air conditioning heating & refrigeration institute

ANS- American Nuclear Society

API- American Petroleum Institute

ASCE- American Society of Civil Engineers

ASHRAE- American Society of Heating Refrigerating, and Air Conditioning Engineers

ASME- American Society of Mechanical Engineers

ASTM- American Society for Testing and Materials

ATIS- Alliance for Telecommunications Industry Solutions

AWS- American Welding Society

IEEE- Institute of Electrical and Electronics Engineers

SMACNA- Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association

טבלה מס' 4.3: תקנים מאושרים על ידי ANSI

מקור	מספר התקן	שם התקן
AHRI	Standard 1271 (SI)-2015	Requirements for Seismic Qualification of HVACR Equipment
AHRI	Standard 1270-ip-2015	Requirements for Seismic Qualification of HVACR Equipment

מקור	מספר התקן	שם התקן
ANS	ANSI / ANS-2.26-2004	Categorization of Nuclear Facility Structures, Systems, and Components for Seismic Design
ANS	ANSI/ANS-2.27-2008	Criteria for Investigations of Nuclear Facility Sites for Seismic Hazard Assessments
ANS	ANSI/ANS-2.29-2008	Probabilistic Seismic Hazard Analysis
ANS	ANS-2.30-2015,	“Criteria for Assessing Tectonic Surface Fault Rupture and Deformation at Nuclear Facilities”
API	API RP 2EQ -2014	Structural Integrity Management of Fixed Offshore Structures, First Edition
ASCE	43-05	Seismic Design Criteria for Structures, Systems, and Components in Nuclear Facilities
ASCE	ASCE 25-06	Earthquake-Actuated Automatic Gas Shutoff Devices
ASHRAE	Standard 171-2008 ¹	Method of Testing Seismic Restraint Devices for HVAC&R Equipment
ASME	B31E - 2008/2010 ²	Standard for the Seismic Design and Retrofit of Above-Ground Piping Systems
ASTM	E2026 - 07	Standard Guide for Seismic Risk Assessment of Buildings
ASTM	E2557 - 07	Standard Practice for Probable Maximum Loss (PML) Evaluations for Earthquake Due-Diligence Assessments
ATIS	ATIS-0600329.2014	Network Equipment – Earthquake Resistance
AWS	D1.8/D1.8M: 2009	Structural welding code seismic supplement
IEEE	693-2005 ¹	Recommended Practice for Seismic Design of Substations
IEEE	1527-2006	Recommended Practice for the Design of Flexible Buswork Located in Seismically Active Areas
IEEE	344-2013	Standard for Seismic Qualification of Equipment for Nuclear Power Generating Stations
IEEE	IEEE C37.81-1989 (R 2009)	Guide for Seismic Qualification of Class 1E Metal-Enclosed Power Switchgear Assemblies
SMACNA	ANSI/SMACNA 001-2008	Seismic Restraint Manual Guidelines for Mechanical Systems

4.4 תקנים ומדריכים רלוונטיים נוספים בארה"ב

בטבלה מס' 4.4 מוצגים תקנים של ארגונים הבאים :

ACI- American Concrete Institute

ALA- American Lifelines Alliance

API- American Petroleum Institute

ASCE- American Society of Civil Engineers

ASME- American Society of Mechanical Engineers

ASTM- American Society for Testing and Materials

CalARP - Guidance for California accidental release prevention program seismic assessment

FEMA- Federal Emergency Management Agency

MSS– Manufacturers Standardization Society

UFC-Unified Facilities Criteria

טבלה מס' 4.4 : תקנים ומדריכים רלוונטיים נוספים של ארה"ב

מקור	מספר התקן	שם התקן
ACI	350.3-06	Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures and Commentary
ALA	2005 ²	Guidelines for the design of buried steel pipe
ALA	2004 ²	Guide for Seismic Evaluation of Active Mechanical Equipment
ALA	2002 ²	Seismic Design and Retrofit of Piping Systems
API	620-2013 ²	Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks, Twelfth Edition
API	653 ²	Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction, Fifth Edition
API	650 ²	Welded Tanks for Oil Storage
ASCE	ASCE 7-10 ²	Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures
ASCE	ASCE 41-13 ¹	Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings
ASCE	2011 (41140) ²	Guidelines for Seismic Evaluation and Design of Petrochemical Facilities (Second Edition)
ASCE	2013	An Isolation Device Design of Buried Pipeline under Large Ground Displacement

מקור	מספר התקן	שם התקן
ASCE	2013	Engineering Analysis of Buried GRP Pipeline Using ANSYS
ASCE	2013	Safety Analysis of a Crossing Fault Buried Gas Pipeline by Numerical Simulation
ASCE	2011	Review of Performance of Gasketed Joints of Buried Concrete and Steel Pipelines in California after Recent Seismic Events
ASCE	2012	Earthquake Protection of Building Equipment and Systems: Bridging the Implementation Gap
ASME	STP-PT-052 - 2012	Align Mechanical and Civil-Structural Earthquake Design and Qualification Rules for ASME B31 Piping Systems and Pipelines
ASME	STS-1 - 2011	Steel Stacks
ASME	B31.3 - 2014	Process Piping
ASTM	E2506 – 11	Standard Guide for Developing a Cost-Effective Risk Mitigation Plan for New and Existing Constructed Facilities
ASTM	E580,2010	Standard Practice for Installation of Ceiling Suspension Systems for Acoustical Tile and Lay-in Panels in Areas Subject to Earthquake Ground Motions.
CALARP	2013 ²	Guidance for California accidental release prevention program seismic assessment
FEMA	202-1990 ¹	Earthquake Resistant Construction of Electric Transmission and Telecommunication Facilities Serving the Federal Government
FEMA	413-2004	Installing Seismic Restraints for Electrical Equipment
FEMA	412-2002	Installing Seismic Restraints for Mechanical Equipment
FEMA	E-74-2012 ²	Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage – A Practical Guide
FEMA	233-1992 ²	Earthquake Resistant Construction of Gas and Liquid Fuel Pipeline Systems Serving or Regulated by the Federal Government
FEMA	414-2004 ¹	Installing Seismic Restraints for Duct and Pipe
FEMA	271-1995 ²	Plan for Developing and Adopting Seismic Design Guidelines and Standards for Lifelines
FEMA	P 646-2012	Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis
MSS	SP-127-2014a ¹	Bracing for Piping Systems: Seismic-Wind-Selection, and Application,Dynamic Design
UFC	UFC 3-310-04	Seismic design of buildings

4.5 במסגרת תכנית פדראלית של United States Environmental Protection Agency (EPA) מדינת קליפורניה מפעילה תכנית ידועה CalARP. התכנית מיועדת לבדיקה ותכן מפעלים בסיכון גבוה, ועודכנה בפעם האחרונה בשנת 2013. התכנית מתבססת ומפנה לתקנים ומדריכים של ארה"ב , ASME B31, API 620 ,ACI 350.3-01 ,API 650 ,ASCE 41-13 ,FEMA ,ALA ,ASCE/SEI 7-10 ,International Code Council , (AWWA) American Water Works Association , Recommendations of Study , מדרך California Building Code , חלקים 1 ו-4 של Eurocode 8 , מדרך Group of the New , Zealand National Society for Earthquake Engineering ואחרים.

4.6 ארגון מקצועי ASCE הכין מדריך Guidelines for Seismic Evaluation and Design of Petrochemical Facilities, Second Edition (ASCE 41140) למתקנים פטרוכימיים (סיכון גבוה). המדריך מותאם לתכנית CalARP ומנחה בעלי מקצוע בבדיקה ותכן מתקנים הנדסיים, בשימוש בתקנים ומדריכים שונים לרבות ASCE 7, המוזכר ביותר בסדרת תקנים ישראלים לרעידת אדמה, וגם תקנים/מדריכים IBC, FEMA, NEHRP ותקנים נוספים של ארה"ב. מדריך ASCE 41140 מספק מידע רחב עבור בדיקה ותכן סיסמיים למגוון מתקנים הנפוצים בתעשייה ונותן עצות מעשיות על פרטי תכן ושיקולים הנדסיים שאינם נכללים בתקנים אחרים.

5. תקנים לאומיים ומדריכים בניו זילנד

5.1 מכון התקנים NZS (Standards New Zealand) הינו המוסד שעוסק בפיתוח תקנים לאומיים ופועל בשיתוף פעולה עם מכון התקנים האוסטרלי (AS), כאשר רוב התקנים הינם בעלי תוקף בשתי המדינות. המוסד פועל בשיתוף פעולה עם ארגוני תקינה בינלאומיים ISO ו IEC ומייצג אינטרסים של המדינה בארגונים אלה.

מדריכים ותקנים רלוונטיים של ניו זילנד מוצגים בטבלה מס' 5.1

טבלה מס' 5.1: תקנים ומדריכים רלוונטיים של ניו זילנד

מקור	מספר התקן	שם התקן
NZS	1170.5: 2004	Structural design actions - Part 5: Earthquake actions
NZS	NZS 3106	Concrete structures for the storage of liquids
NZS	AS/NZS 1200: 2000	Pressure equipment
NZSEE	2007	Adapting the structural design actions standard for the seismic design of new industrial plant

IPENZ	19-2013 ²	Seismic resistance of pressure equipment and its supports-practice note 19
MBIE	2014 ¹	Assessment, repair and rebuild of earthquake-affected industrial buildings in Canterbury

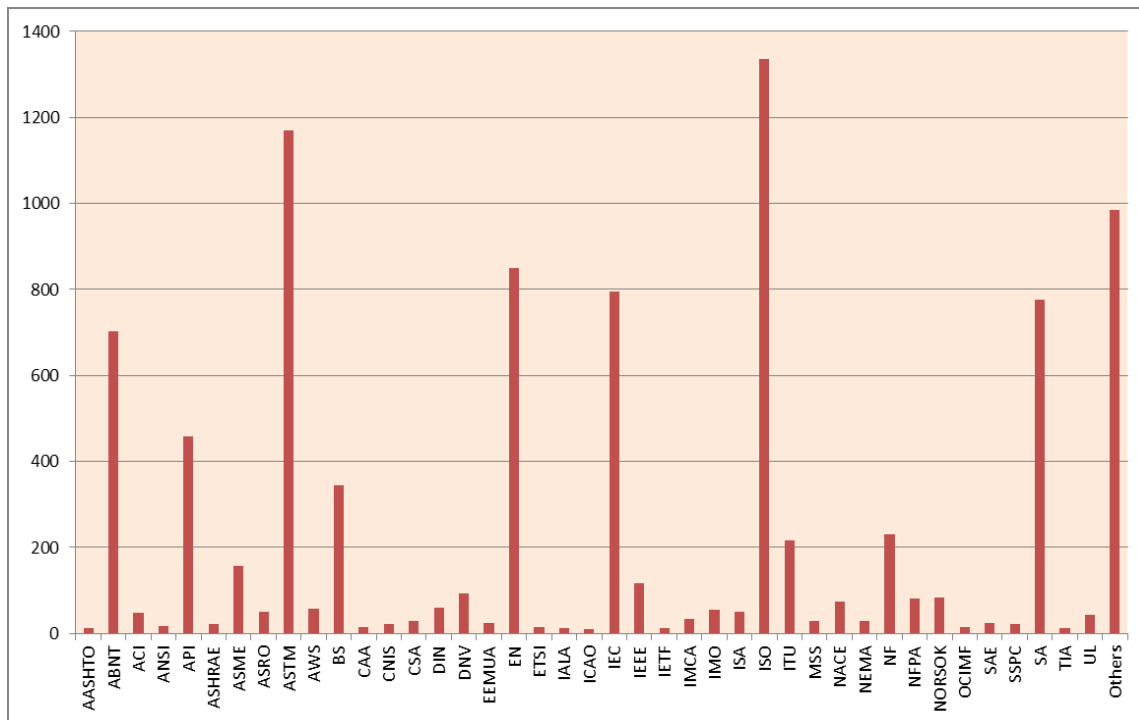
5.2 תכן לרעידת אדמה בניו זילנד מתבסס על תקן NZS- Part 1170.5:2004 (ראה בטבלה מס' 5.1). כאשר על פי פרסומים מקצועיים תקן זה מיועד לתכן מבנים "רגילים" חדשים ואינו מספק מענה הנדרש לסוגי קונסטרוקציה ושיטות תכן המאפיינים את המבנים ומתקנים בסיכון גבוה. במטרה להנחות תעשייה ולהכין בסיס להכנת תקן עתידי, ארגונים מקצועיים של ניו זילנד, NZSEE, IPENZ ומשרד Ministry of Business Innovation & Employment (MBIE) עם צוות מומחים מטעמו, היכינו מדריכים בנושא, המוצגים בטבלה 5.1 לעיל.

5.3 מדריכים של IPENZ, NZSEE לעיל מתבססים על תקנים ומדריכים של ארה"ב : 41140, 7-10, ASCE ותקנים אוסטרליים ואמריקאים נוספים, כאשר במדריכים נעשו התאמות לדרישות תקנים לאומיים של ניו זילנד. המסמך MBIE מיועד למבנים תעשייתיים ומבוסס בעיקר על תקן NZS 1170.5:2004 וקוד בנייה (NZBC- BUILDING CODE) של ניו זילנד.

6. ארגוני תקינה המוזכרים ביותר בחברות הפועלות בתחום גז ודלק.

פעילות של חברות העוסקות בענף גז ודלק (סיכון גבוה) בדרך כלל גלובלית ומתרחשת במספר מדינות בעולם, כאשר החברות נדרשות לעמוד בסטנדרטים מחמירים שונים שנקבעים על ידי רגולטורים של מדינות בהם הם פועלות. נתונים של Benchmarking on standards and technical specifications של IOGP (International Association of Oil & Gas Producers) 2015, של IOGP, שייכים לארגוני התקינה ISO ו- ASTM (ראה טבלה 6.1). כמו כן, הנתונים שנאספו על יד הארגון, מצבעים על עליה חדה בשימוש בתקנים של ISO בשנת 2013 לעומת 2008, וזאת, ככל הנראה, הודות להתפתחות מערכת תקנים של ISO וחלותם על סוגי מבנים ומתקנים האופייניים לענף כימיה, גז ודלק.

טבלה מס' 6.1: ארגוני תקינה וארגונים מקצועיים המוזכרים ביותר ב IOGP



* המספרים בטבלה מראים סה"כ הפניות לתקנים הנמצאים בשימוש בחברות החברות ב IOGP
 ** הנתונים בטבלה משנת 2013.

7. תקנים ישראלים, בהיבט אזכורים של תקינה זרה וחלות על מבנים ומתקנים בסיכון גבוה.

תכן מבנים לרעידת אדמה בישראל מתבסס על סדרת תקנים 413, ותקנים נוספים אשר נושא רעידת אדמה מוזכר בהם, כגון ת"י 1227 עומסים בגשרים ות"י 940 גיאוטכניקה וביסוס בהנדסה אזרחית. להלן סקירה של סדרת ת"י 413 בהיבט חלות על מבנים ומתקנים בסיכון גבוה ואזכורים של תקינה זרה בתקנים אלה. יצוין שחלקים 2.13-2.5 של ת"י 413 המופעים בטקסט להלן, טרם פורסמו.

7.1 ת"י 413 – תכן עמידות מבנים ברעידת אדמה.

התקן פורסם לראשונה בשנת 1975 וכולל עד כה סה"כ 7 (5 במהדורה נוכחית) גיליונות תיקון. דרישות התקן חלות על מבני מגורים, למעט "מבנה נמוך", מבני ציבור, מבני תעשייה ואחסנה, למעט "מבנה נמוך" ולמעט אלה הנדונים בת"י 413 חלק 2 על חלקיו, ארובות, ממגרות (למעט הנושאים הנדונים בת"י 413 חלק 2 על חלקיו). תקן זה לא חל על מבנים שעבורם דרישות מחמירים יותר, למבנים אלה שייכים כורים גרעיניים, מכלי לחץ, מתקנים בטחונים, מבני תעשיות כימיות ואחרים שהריסתם יכולה לסכן אוכלוסייה רחבה, מכלים ומבנים הנדסיים אחרים (עליהם חלים חלקי המשנה של ת"י 413 חלק 2 על חלקיו), גשרים.

התקן מגדיר שסוגי מבנים, חומרים ושיטות בנייה שאינם מפורטים די הצורך בתקן זה, ייתכנו על פי הדרישות החלות עליהם במסמכים הזרים - EN 1998-1, ASCE 7-10².

רשימת תקנים זרים, המוזכרים בתקן מופיעה בטבלה מס' 7.1

טבלה מס' 7.1: תקנים זרים המוזכרים בתקן 413

מקור	מספר התקן	שם התקן
ASCE	41-06 (2007) ¹	SEISMIC REHABILITATION OF EXISTING BUILDINGS
ASCE	7-10 ²	Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures
CEI	165 (1985)	COMITET EURO INTERNATIONAL DU BETON
EN	1998-1-1,2,3	Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings
EN	1998-3 ¹	Design of structures for earthquake resistance – Part 3: Assessment and retrofitting of buildings
SEAOC	(1988)	STRUCTURAL ENGINEERS ASSOCIATION OF CALIFORNIA
UBC	(1994)	UNIFORM BUILDING CODE

7.2 ת"י 413 חלק 2 תכן לעמידות ברעידות אדמה כולל: מבנים הנדסיים - כללי.

התקן פורסם בשנת 2006, וקובע דרישות כלליות לתכן לעמידות מבנים הנדסיים ברעידות אדמה. הדרישות המובאות בתקן זה ובחלקי המשנה שלו (חלקים 2.1-2.13) חלות על מבנים הנדסיים שקיימת בהם מערכת מבנית עצמאית, ושאינם בניינים, גשרי דרך, גשרי רכבת, סכרים, כורים גרעיניים או אסדות ימיות. על כל אחד מהמבנים ההנדסיים הספציפיים הנידונים בחלקי הסדרה (2.1-2.13) חלות גם הדרישות הכלליות שבתקן זה.

רשימת תקנים זרים, המוזכרים בתקן מופיעה בטבלה מס' 7.2

טבלה מס' 7.2: תקנים זרים המוזכרים בתקן 413-2

מקור	מספר התקן	שם התקן
ASCE	7 ²	Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures
BS	5950-5 (1998)- Superseded, Withdrawn	Structural use of steelwork in building. Code of practice for design of cold formed thin gauge sections

7.3 ת"י 413 חלק 2.1 תכן לעמידות ברעידת אדמה: מבנים הנדסיים - מערכות מדפי אחסון מפלדה.

התקן פורסם בשנת 2006, וחל על מערכת של מדפי אחסון תעשייתיים מפלדה, לרבות מדפים נשלפים ומערכות הבנויות מחלקים מודולריים. תקן זה אינו חל על מדפים זיזים, מערכות מסגרות המהוות חלק מהמבנה, מערכות מדפים הניתנות לפירוק, ועל מערכות מדפים הנסמכות (מחוברות) אל קירות המבנה.

רשימת תקנים זרים, המוזכרים בתקן מופיעה בטבלה מס' 7.3

טבלה מס' 7.3: תקנים זרים המוזכרים בתקן 413-2.1

מקור	מספר התקן	שם התקן
ANSI	MH16.1(2004) Revises	Specification for the Design, Testing and Utilization of Industrial Steel Storage Racks
BS	5950-5 (1998) Superseded, Withdrawn	Structural use of steelwork in building. Code of practice for design of cold formed thin gauge sections

7.4 ת"י 413 חלק 2.2 - תכן לעמידות ברעידות אדמה: מבנים הנדסיים מכלים על הקרקע לאחסון נוזלים:

התקן פורסם בשנת 2008, ודן בתכן של מכלים ומבני קיבול אחרים המאחסנים נוזלים והעשויים מבטון מזוין, בטון דרוך, פלדה, אלומיניום או חומרי פלסטיק משוריינים בסיבים, בעלי תחתית שטוחה הנתמכת על הקרקע. תקן זה אינו חל על מכלים מוגבהים הנישאים על מגדלים (בהם דן חלק 2.3) ועל מכלים הנתמכים במפלסים מוגבהים בתוך בניינים ומעליהם (בהם ידון חלק 2.13). כמו כן אין תקן זה חל על מכלים ומבני קיבול המיועדים להכיל גזים או מוצקים בתפזורת. הדרישות המופיעות בתקן הן דרישות מינימום להבטחת שלמותו של המכל ולמניעת הישפכות תכולתו בעת רעידת אדמה. מילוי דרישות הכלולות בתקן אינו מבטיח, שבזמן רעידת אדמה לא ייגרם נזק כלשהו למכל.

אירוע רעידת האדמה המשמש כבסיס לתכן נקבע על ידי ASCE 7 כאירוע שיש לו הסתברות של 2% להתרחש פעם בחמישים שנה. לצורך תקן זה אומצה שיטה אלטרנטיבית, המבוססת על עדכון של תקן API 650 (2005). שיטה זו מאפשרת התאמה של ההנחיות הקיימות, המבוססות על מפת תאוצת קרקע להסתברות של 10% פעם בחמישים שנה, לתהליך המופיע ב ASCE 7.

לחלק זה הוצאו גיליונות תיקון מס' 1 משנת 2010 ו-2 משנת 2013.

רשימת תקנים זרים, המוזכרים בתקן מופיעה בטבלה מס' 7.4

טבלה מס' 7.4: תקנים זרים המוזכרים בתקן 413-2.2

מקור	מספר התקן	שם התקן
API	650 ²	Welded Tanks for Oil Storage
ASCE	7 ²	Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures

7.5 ת"י 413 חלק 2.3 - תכן לעמידות ברעידות אדמה: מבנים הנדסיים מכלים מוגבהים לנוזלים ולגזים.

התקן פורסם בשנת 2008 וקלט נמצא ברווייה. התקן דן בתכן של מכלים מעל פני הקרקע לאחסון נוזלים וגזים ושל המבנים התומכים אותם, כאשר מבנים אלה מהווים חלק בלתי נפרד מהמכל או שתפקידם העיקרי הוא לתמוך את המכל. התקן אינו דן על מכלים ופרטי ציוד המותקנים בבניינים, או על גבי מבנים שאין זה תפקידם העיקרי לתמוך את המכלים. במקרים אלה מפנה התקן לחלק 2.13 (ראה 7.8 להלן). נוסף על דרישות תקן זה חלות על המכלים והמגדלים גם הנחיות התקן הישראלי 413 חלק 2.

רשימת תקנים זרים, המוזכרים בתקן מופיעה בטבלה מס' 7.5

טבלה מס' 7.5: תקנים זרים המוזכרים בתקן 413-2.3

מקור	מספר התקן	שם התקן
ASCE	7 ²	Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures

7.6 ת"י 413 חלק 2.4 - מבנים הנדסיים - צנרת על קרקעית במתקני תעשייה.

התקן פורסם בשנת 2008, ודן בתכן לעמידות ברעידת אדמה של מערכות צנרת ממתכת ומפלסטיק, המותקנות מעל פני הקרקע בתוך ובין מבני תעשייה ועל פני סמכים וגשרי צנרת. תקן לא חל על שסתומים, מכלים, משאבות (מבוא). נוסף על דרישות תקן זה חלות על מערכות הצנרת גם הנחיות של ת"י 413 חלק 2, וכן דרישות שבתקנים ישראלים והזרים הרלוונטיים בנוגע לתכן, לחומרים, לביצוע ולבדיקות.

רשימת תקנים זרים, המוזכרים בתקן מופיעה בטבלה מס' 7.6

טבלה מס' 7.6: תקנים זרים המוזכרים בתקן 413-2.4

מקור	מספר התקן	שם התקן
ASTM	A 106, last revision 2014	Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service
ASME	B 31.1, last revision 2012	Power Piping
ASME	B 31.3, last revision 2014	Process Piping

7.7 ת"י 2413 – הנחיות להערכת עמידות מבנים קיימים ברעידת אדמה ולחיזוקם.

התקן פורסם בשנת 2003, תקן זה מפרט שיטות להערכת עמידותם של מבנים קיימים ברעידת אדמה ולחיזוקם. השיטות הנדונות בתקן זה מובאות כהדרכה בלבד ומשמשות לאבחון עמידות מבנים קיימים ברעידת אדמה בהתבסס על ת"י 413 שבתוקף ביום פרסום תקן זה (2003). אין בתוצאות האבחון לפי שיטות אלה כדי לקבוע את איכותם ותקינותם של התכנון והביצוע של מבנים, אשר נבנו קודם לכן כמקובל במועד בנייתם לפי תקנים שהיו אז בתוקף. המבנים שתקן דן בהם: מבני מגורים, למעט "מבנה נמוך", מבני ציבור, מבני תעשייה ואחסנה, למעט "מבנה נמוך".

רשימת תקנים זרים, המוזכרים בתקן מופיעה בטבלה מס' 7.7

טבלה מס' 7.7: תקנים זרים המוזכרים בתקן 2413

מקור	מספר התקן	שם התקן
ACI	318	Structural Concrete Code
AS	3700 Revises	Masonry structures
BS	5628 Revised, Withdrawn	Code of practice for use of masonry. Materials and components, design and workmanship
ENV	1998-1-4 European prestandard	1998-1-4 -Design provisions for earthquake resistance of structures

7.8 חלקים נוספים של ת"י 413 הנמצאים בהכנה כעשור וטרם פורסמו:

- ת"י 413 חלק 2.5 תכן לעמידות ברעידת אדמה : מבנים הנדסיים – מבנים טמונים בקרקע
- ת"י 413 חלק 2.6 תכן לעמידות ברעידת אדמה : מבנים הנדסיים- מתקנים לייצור חשמל
- ת"י 413 חלק 2.7 תכן לעמידות ברעידת אדמה : מבנים הנדסיים- רציפים ומזחים
- ת"י 413 חלק 2.8 תכן לעמידות ברעידת אדמה : מבנים הנדסיים-מגדלי תקשורת
- ת"י 413 חלק 2.9 תכן לעמידות ברעידת אדמה : מבנים הנדסיים- ארובות
- ת"י 413 חלק 2.11 תכן לעמידות ברעידת אדמה : מבנים הנדסיים- מבנים הידרולוגים מיוחדים
- ת"י 413 חלק 2.12 תכן לעמידות ברעידת אדמה : מבנים הנדסיים- מבני מטוטלת הפוכה
- ת"י 413 חלק 2.13 תכן לעמידות ברעידת אדמה : מבנים הנדסיים- רכיבים מכניים וחשמליים

8. מסקנות

8.1 למבנים ומתקנים בסיכון גבוה, המוגדרים בחוקים ובתקנות של מדינות, כגון: תעשיות אנרגיה, כימיה, סכרים, מתקנים צבאיים, תעשייה משתמשת בחומרים רדיואקטיביים ונפיצים, ומתקנים נוספים המהווים סיכון לאוכלוסייה, סביבה וכלכלה, קיימים דרישות מיוחדות לבדיקות ולתכן. החברות הפועלות בתחום מחויבות לעמוד בדרישות המפורטות בסטנדרטים ייחודים אשר בדרך כלל מחמירים בהרבה מדרישות למתקנים בעלי סיכון "רגיל", עקב נזק הגבוה, כלכלי וסביבתי שעלול להתרחש מתקלה או פגיעה במתקנים אלה.

8.2 בדיקה ותכן מתקנים בסיכון גבוה הינו תחום מאוד רחב ומתייחס למתקנים ורכיבים מסוגים שונים שממוקמים בים וביבשה על ובתת הקרקע, בנויים מחומרים שונים ובעלי רמת סיכון ותפקוד שונים ודרישות שונות לתכן, ביצוע, בדיקות וטיב חומרים בהם נעשה שימוש.

8.3 הסקר מצביע על כך שלא קיימים תקנים ו/או שיטות אוניברסליות לבדיקה ותכן כלל סוגי מבנים והמתקנים הנפוצים בתחום, נהפוך הוא, בדיקה ותכן מתקנים בסיכון גבוה מתבצע על ידי שימוש במגוון תקנים, מדריכים של ארגונים מקצועיים, הנחיות ותקנות של גופים רגולטורים אשר שונים ממדינה למדינה, ונגזרים מהיבטים שונים:

* תנאים גיאולוגיים,

* רעידות אדמה צפויות,

* חומרים ושיטות בניה,

* מצב כלכלי, התייחסות לסיכונים ועלויות שנחשבים כמקובלים/סבירים, ועוד.

8.4 ניסיון של מדינות בטיפול במפעלים הכוללים מבנים/מתקנים חדשים וקיימים בסיכון גבוה מראה שהנושא מנוהל על ידי משרדי ממשלה, הפועלים בשיתוף עם אנשי מקצוע וארגונים מקצועיים

להכנת הנחיות ומדריכים המתבססים ומתואמים עם מערכת תקינה במדינות אלה, כולל שימוש בחלקים מסוימים מתוך תקנים מיועדים למבנים חדשים בסיכון "רגיל" הנהוגים באותן מדינות.

8.5 תקנים ישראלים 413, (כולל חלקים 2-2.4) המיועדים לתכן מפני רעידת אדמה של סוגי מבנים ומתקנים הרלוונטיים לתעשייה, לוקים בחסר ולא מפרטים די צורך את סוגי מבנים ומתקנים, שיטות בדיקה וחישוב של מתקנים קיימים, חומרים ושיטות בניה מתקדמים, שיטות לבחינה והתמודדות עם גורמי הסיכון הסיסמיים ועוד. במקרים אלה מתכננים נאלצים לפנות למסמכים זרים שאינם בהכרח מתאימים לתנאים מקומיים עם כל ההשלכות והסיכונים הנובעים מכך.

8.6 תקנים מפורטים בסקר שייכים בעיקר לשלוש מערכות תקינה הבאות, כאשר:

* תקנים של האיחוד האירופי EN (European Standard) הינם תקנים "מסגרת" אזוריים, המיועדים לאימוץ והכנת תקנים ונספחים לאומיים במדינות החברות ב CEN. תקן העיקרי של EN, המתייחס למתקנים הנפוצים בתעשייה, הינו תקן 1998-4:2006 מ- Eurocode 8 (Design of structures for earthquake resistance – Part 4: Silos, tanks and pipelines) אשר מיועד לבנייה חדשה ואינו חל על מבנים בעלי סיכון לסביבה ואוכלוסייה רחבה (סיכון גבוה). כמו כן, שימוש בתקנים של Eurocode מותנה בהכנת תקנים ונספחים לאומיים והתאמה של מערכת תקנים לאומיים למערכת תקנים של EN, לרבות תקנים 1-9 וחלקיהם של Eurocode.

* בארצות הברית קיים מערך תקנים ומדריכים מפותח ורחב ביותר, המוכר והמוערך על ידי אנשי מקצוע ברחבי העולם ובישראל. תקנים ומדריכים של ארה"ב מוזכרים ביותר בתחום בדיקה ותכן מבנים ומתקנים בסיכון גבוה ונותנים מענה רחב לסוגי קונסטרוקציה ומערכות שונים. תקנים ומדריכים של ארה"ב מבוססים על מחקרים מובילים בתחום רעידת אדמה, מספקים מידע מקצועי רב באשר לשיטות וטכניקות מתקדמות ועדכניות בתחום, ומנחים אנשי מקצוע בהיבטים שאין להם תחליף בתקנים אחרים. יחד עם זאת, רוב התקנים של ארה"ב, וולונטאריים ומתואמים עם מערכת תקינה וקודים של ארצות הברית, ובניגוד לתקנים ISO ו-Eurocode, אינם תקני "מסגרת" המיועדים להכנת תקנים לאומיים במדינות אחרות.

* תקנים של ISO הינם תקני "מסגרת" אשר נועדו להכנת תקנים לאומיים המשמשים מדינות ברחבי העולם כולל מדינות מפותחות (ראה לדוגמה טבלאות 3.1, 3.2) וארגונים מקצועיים הפועלים בתחום כימיה, גז ודלק (ראה פרק 6 לעיל). תקנים של ISO המפורטים בסקר מספקים עקרונות לבדיקה ותכן מבנים ומתקנים הנדסיים כולל מבנים "בסיכון גבוה" וצפויים להיות מועילים לשיפור מערך התקנים הישראליים. יצוין שמדינת ישראל חברה מלאה בארגון, בעלת זכות ההשפעה על תוכן התקנים, ובעלת הזכות למכור ולאמץ סטנדרטים בין-לאומיים של ISO ברמה הלאומית. כמו כן, על-פי תיקון חוק התקנים משנת 1999, מחויב מכון התקנים הישראלי לאמץ תקנים בין-לאומיים הנהוגים במדינות מפותחות.

9. המלצות

9.1 לצורך הכנת תקנים ומדריכים לבדיקה ותכן למתקנים בסיכון גבוה לרעידת אדמה במדינת ישראל, יש לבחור תקנים ומדריכים זרים רלוונטיים, לבחון התאמתם לתנאים מקומיים ולמערכת תקינה בישראל, לבצע שינויים הנדרשים, ולאמצם במערכת תקינה ישראלית ו/או מסמכים רגולטורים אחרים.

9.2 "מדריך לבחינה וטיפול במתקנים מחזיקי חומרים מסוכנים לעמידות מפני רעידות אדמה" שפותח על ידי המשרד להגנת הסביבה, מאפשר לבצע תכן ובדיקת מתקנים בסיכון גבוה, וזאת לפי שיטות המתקדמות הקיימות כעת בעולם. עם פיתוח והרחבת מערכת תקנים יידרש לשנות הפניות בפרקים הרלוונטיים במדריך לתקנים המתאימים שיוכנו ויאושרו במדינת ישראל.

9.3 אנו ממליצים בשלב ראשון של הכנת התקן הישראלי לבחון מדריכים ותקנים המפורטים בנספח א' כבעלי פוטנציאל התאמה לצרכי התקינה הישראלית לבדיקה ותכן מבנים ומתקנים בסיכון גבוה לאוכלוסייה ולסביבה בהיבט מקצועי, אדמיניסטרטיבי ופרוצדוראלי.

נספח א' - רשימת תקנים ומדריכים המומלצים.

להלן רשימת תקנים ומדריכים, כולל תיאור קצר, המומלצים לבחינה לקראת קבלת החלטות בנושא אימוץ תקנים לבדיקה, שדרוג ותכן מבנים בסיכון גבוה בישראל.

Seismic Design of Industrial Facilities 2014

Scope:

International Conference on Seismic Design of Industrial Facilities firstly addresses this broad field of work and research in one specialized conference. It brings together academics, researchers and professional engineers in order to discuss the challenges of seismic design for new and existing industrial facilities and to compile innovative current research.

This volume contains 50 contributions to the SeDIF-Conference covering the following topics with respect to the specific conditions of plant design:

- International building codes and guidelines on the seismic design of industrial facilities
- Seismic design of non-structural components
- Seismic design of silos and liquid-filled tanks
- Soil-structure-interaction effects
- Seismic safety evaluation, uncertainties and reliability analysis
- Innovative seismic protection systems
- Retrofitting

ISO 2394:2015 (en) General principles on reliability for structures

Scope:

This International Standard constitutes a risk- and reliability-informed foundation for decision making concerning design and assessment of structures both for the purpose of code making and in the context of specific projects.

The principles presented in this International Standard cover the majority of buildings, infrastructure, and civil engineering works, whatever the nature of their application and use or combination of the materials used¹. The application of this International Standard will require specific adaptation and detailing in special cases where there are potentially extreme consequences of failure².

This International Standard is intended to serve as a basis for those committees responsible for the task of preparing international standards, national standards, or codes of practice in accordance with given objectives and context in a particular country.

The present International Standard describes how the principles of risk and

reliability can be utilized to support decisions related to the design and assessment of structures and systems involving structures over their service life.

Three different but related levels of approach are facilitated, namely, a risk-informed, a reliability-based, and a semi-probabilistic approach.

The general principles are applicable to the design of complete structures (buildings, bridges, industrial structures, etc.), the structural elements and joints making up the structures and the foundations. The principles of this International Standard are also applicable to the successive stages in construction, the handling of structural elements, their erection, and all work on-site, as well as the use of structures during their design working life, including maintenance and rehabilitation, and decommissioning.

Risk and reliability are concepts accounting for and describing actions, structural response, durability, life-cycle performance, consequences, design rules, workmanship, quality control procedures, and national requirements, all of which are mutually dependent.

The application of this International Standard necessitates knowledge beyond what is contained in the Clauses and the Annexes. It is the responsibility of the user to ensure that this knowledge is available and applied.

ISO 3010: 2001 Basis for design of structures — Seismic actions on structures

Scope:

This International Standard specifies principles of evaluating seismic actions for the seismic design of buildings, towers, chimneys and similar structures. Some of the principles can be referred to for the seismic design of structures such as bridges, dams, harbour installations, tunnels, fuel storage tanks, chemical plants and conventional power plants.

The principles specified in this International Standard do not cover nuclear power plants, since these are dealt with separately in other International Standards.

In regions where the seismic hazard is low, methods of design for structural integrity may be used in lieu of methods based on a consideration of seismic actions.

This International Standard is not a legally binding and enforceable code. It can be viewed as a source document that is utilized in the development of codes of practice by the competent authority responsible for issuing structural design regulations.

NOTE 1 This International Standard has been prepared mainly for engineered structures. The principles are, however, applicable to non-engineered structures.

NOTE 2 The qualification of the level of seismic hazard that would be considered

low depends on not only the seismicity of the region but other factors, including types of construction, traditional practices, etc. Methods of design for structural integrity include regional design horizontal forces which provide a measure of protection against seismic actions.

ISO 13033:2013: Bases for design of structures — Loads, forces and other actions — Seismic actions on nonstructural components for building applications

Scope:

This International Standard establishes the means to derive seismic actions on nonstructural components and systems (NSCS) supported by or attached to new or existing buildings. It also provides procedures for the verification of NSCS seismic capacities. NSCS include architectural elements, mechanical and electrical systems, and building contents.

This International Standard is not a legally binding and enforceable code. It is a source document that is utilized in the development of codes of practice by the competent authority responsible for issuing structural design regulations. This International Standard is intended for application by regional and national standards committees when preparing standards for the seismic performance of NSCS.

This International Standard does not specifically cover industrial facilities, including nuclear power plants, since these are dealt with separately in other International Standards. However, the principles in this International Standard can be appropriate for the derivation of seismic actions for NSCS in such facilities.

NOTE 1 This International Standard has been prepared mainly for NSCS associated with engineered buildings. The principles are, however, applicable to non-engineered buildings.

NOTE 2 Procedures for the verification of the supporting building structure for gravity and seismic actions applied by the NSCS are outside the scope of this International Standard and are provided in [ISO 3010](#)

ISO 13822:2010: Bases for design of structures — Assessment of existing structures

Scope

This International Standard provides general requirements and procedures for the assessment of existing structures (buildings, bridges, industrial structures, etc.) based on the principles of structural reliability and consequences of failure. It is based on [ISO 2394](#).

It is applicable to the assessment of any type of existing structure that was originally designed, analysed and specified based on accepted engineering principles and/or design rules, as well as structures constructed on the basis of good workmanship, historic experience and accepted professional practice. The assessment can be initiated under the following circumstances:

- an anticipated change in use or extension of design working life;
- a reliability check (e.g. for earthquakes, increased traffic actions) as required by authorities, insurance companies, owners, etc.;
- structural deterioration due to time-dependent actions (e.g. corrosion, fatigue);
- structural damage by accidental actions (see [ISO 2394](#)).

This International Standard is also applicable to heritage structures provided additional considerations shown in [Annex I](#) are taken into account.

This International Standard is applicable to existing structures of any material, although specific adaptation can be required depending on the type of material, such as concrete, steel, timber, masonry, etc.

This International Standard provides principles regarding actions and environmental influences. Further detailed considerations are necessary for accidental actions such as fire and earthquake.

NOTE Fire resistance requires properties different from those for structural safety and integrity. Also fire hazards can be created by change in use. Special requirements are necessary for seismic hazards taking the dynamic action and structural response into account.

This International Standard is intended to serve as a basis for preparing national standards or codes of practice in accordance with current engineering practice and the economic conditions

ISO 16708:2006 Petroleum and natural gas industries — Pipeline transportation systems — Reliability-based limit state methods

Scope

This International Standard specifies the functional requirements and principles for design, operation and re-qualification of pipelines in the petroleum and natural gas industries using reliability-based limit state methods as permitted by [ISO 13623](#). Reliability-based limit state methods provide a systematic way to predict pipeline safety in design and operation.

This International Standard supplements [ISO 13623](#) and can be used in cases where [ISO 13623](#) does not provide specific guidance and where limit states methods can be applied, such as, but not limited to,

- qualification of new concepts, e.g. when new technology is applied or for design scenarios where industry experience is limited,
- re-qualification of the pipeline due to a changed design basis, such as service-life extension, which can include reduced uncertainties due to improved integrity monitoring and operational experience,
- collapse under external pressure in deep water,
- extreme loads, such as seismic loads (e.g. at a fault crossing), ice loads (e.g. by impact from ice keels),
- situations where strain-based criteria can be appropriate.

This document applies to rigid metallic pipelines on-land and offshore used in the petroleum and natural gas industries.

ISO 19900:2013 Petroleum and natural gas industries — General requirements for offshore structures

Scope

This International Standard specifies general principles for the design and assessment of offshore structures subjected to known or foreseeable types of actions. These general principles are applicable worldwide to all types of offshore structures, including, bottom-founded structures as well as floating structures, and to all types of materials used including steel, concrete and aluminium.

This International Standard specifies design principles that are applicable to:

- the successive stages in the construction of the structure (i.e. fabrication, transportation and installation);
- use during its intended life; and
- its decommissioning.

The principles are also generally applicable to the assessment or modification of existing structures. Aspects related to quality control are also addressed.

This International Standard is applicable to the design of complete structures, including substructures, topsides structures, vessel hulls, foundations and mooring systems

ISO 19901-2:2004 Petroleum and natural gas industries — Specific requirements for offshore structures — Part 2: Seismic design procedures and criteria

Scope

This part of ISO 19901 contains requirements for defining the seismic design

procedures and criteria for offshore structures; guidance on the requirements is included in [Annex A](#). The requirements are applicable to fixed steel structures and fixed concrete structures. The effects of seismic events on floating structures and partially buoyant structures are also briefly discussed. The site-specific assessment of jack-ups in elevated condition is only covered in this part of [ISO 19901](#) to the extent that the requirements are applicable.

Only earthquake-induced ground motions are addressed in detail. Other geologically induced hazards such as liquefaction, slope instability, faults, tsunamis, mud volcanoes and shock waves are mentioned and briefly discussed. The requirements are intended to reduce risks to persons, the environment, and assets to the lowest levels that are reasonably practicable. This intent is achieved by using:

- a) seismic design procedures which are dependent on the platform's exposure level and the expected intensity of seismic events;
- b) a two-level seismic design check in which the structure is designed to the ultimate limit state (ULS) for strength and stiffness and then checked to abnormal environmental events or the accidental limit state (ALS) to ensure that it meets reserve strength and energy dissipation requirements.

For high seismic areas and/or high exposure level fixed structures, a site-specific seismic hazard assessment is required; for such cases, the procedures and requirements for a site-specific probabilistic seismic hazard analysis (PSHA) are addressed. However, a thorough explanation of PSHA procedures is not included. Where a simplified design approach is allowed, worldwide offshore maps are included in [Annex B](#) that show the intensity of ground shaking corresponding to a return period of 1 000 years. In such cases, these maps may be used with corresponding scale factors to determine appropriate seismic actions for the design of a structure.

NOTE For design of fixed steel offshore structures, further specific requirements and recommended values of design parameters (e.g. partial action and resistance factors) are included in [ISO 19902](#), while those for fixed concrete offshore structures are contained in [ISO 19903](#). Specific seismic requirements for floating structures are to be contained in [ISO 19904](#)^[2], for site-specific assessment of jack-ups and other MOUs in [ISO 19905](#)^[3], for arctic structures in [ISO 19906](#)^[4] and for topsides structures in [ISO 19901-3](#)^[1].

ISO 23469:2005 Bases for design of structures — Seismic actions for designing geotechnical works

Scope

This International Standard provides guidelines for specifying seismic actions for designing geotechnical works, including buried structures (e.g. buried tunnels, box culverts, pipelines and underground storage facilities), foundations (e.g. shallow and deep foundations, and underground diaphragm walls), retaining walls (e.g. soil retaining and quay walls), pile-supported wharves and piers, earth structures (e.g. earth and rockfill dams and embankments), gravity dams, landfill and waste sites.

NOTE The guidelines provided in this International Standard are general enough to be applicable for both new and existing geotechnical works. However, for use in practice, procedures more specific to existing geotechnical works can be needed, such as those described for existing structures in [ISO 13822](#)

ISO/TR 12930:2014- Seismic design examples based on ISO 23469**ISO 22762-3:2010 Elastomeric seismic-protection isolators — Part 3: Applications for buildings — Specifications**

Scope:

This part of [ISO 22762](#) specifies minimum requirements and test methods for elastomeric seismic isolators used for buildings and the rubber material used in the manufacture of such isolators.

It is applicable to elastomeric seismic isolators used to provide buildings with protection from earthquake damage. The isolators covered consist of alternate elastomeric layers and reinforcing steel plates. They are placed between a superstructure and its substructure to provide both flexibility for decoupling structural systems from ground motion, and damping capability to reduce displacement at the isolation interface and the transmission of energy from the ground into the structure at the isolation frequency.

ISO/TS 22762-4:2014 Elastomeric seismic-protection isolators — Part 4: Guidance on the application of ISO 22762-3

Scope:

This Technical Specification provides guidance on the use of [ISO 22762-3:2010](#).

It includes example design calculations and provides data on the characteristics obtained from all types of elastomeric isolators.

ASCE/SEI 7-10 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures

Scope:

ASCE/SEI 7-10, provides requirements for general structural design and includes means for determining dead, live, soil, flood, snow, rain, atmospheric ice, earthquake, and wind loads, as well as their combinations, which are suitable for inclusion in building codes and other documents. This Standard, a revision of ASCE/SEI 7-05, offers a complete update and reorganization of the wind load provisions, expanding them from one chapter into six. The Standard contains new ultimate event wind maps with corresponding reductions in load factors, so that the loads are not affected, and updates the seismic loads with new risk-targeted seismic maps. The snow, live, and atmospheric icing provisions are updated as well. In addition, the Standard includes a detailed Commentary with explanatory and supplementary information designed to assist building code committees and regulatory authorities.

ASCE/SEI 41-13 Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings

Scope:

Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings describes deficiency-based and systematic procedures that use performance-based principles to evaluate and retrofit existing buildings to withstand the effects of earthquakes. This next-generation standard combines the evaluation and retrofit process and puts forth a three-tiered process for seismic evaluation according to a range of building performance levels—from collapse prevention to operational—that marry targeted structural performance with the performance of nonstructural elements. The deficiency-based procedures allow the evaluation and retrofit effort to focus on specific potential deficiencies deemed, on the basis of past earthquake observations, to be of concern for a permissible set of building types and heights. The systematic procedure, applicable to any building, sets forth a methodology to evaluate the entire building in a rigorous manner.

Analysis procedures and acceptance criteria are established and requirements put forth for foundations and geologic site hazards; components made of steel, concrete, masonry, wood, and cold-formed steel; architectural mechanical and electrical components and systems; and seismic isolation and energy dissipation systems. In addition, screening checklists are provided for a variety of building types and seismicity levels in support of the Tier 1 process.

**ASCE (41140) Guidelines for Seismic Evaluation and Design of Petrochemical Facilities
(Second Edition)**

Scope:

This report offers practical recommendations regarding the design and safety of petrochemical facilities during and following an earthquake. For new facilities, the recommendations focus on interpreting of the intent of building codes as applied to petrochemical facilities; the report also gives practical guidance on design details and considerations that are not included in building codes. For existing facilities, the guidelines offer evaluation methodologies that rely heavily on experience from past earthquakes, coupled with focused analyses.