



ב' שבט תשע"ט  
08 ינואר 2019  
מס' 161912

לכבוד  
מנהלי הארגונים

א.ג.נ.,

פיגומים, דרישות תפקוד ותכן כללי

1. כללי

**תקן 1139 חלק 1** - פיגומים הופך להיות תקן מחייב מכוח החוק. תקנות הבטיחות בעבודות בנייה שאושרו מופנות אל התקן הזה.

תקן 1139 חלק 1 מאמץ את התקן האירופאי EN 12811 חלק 1 משנת 2003. יש חשיבות כי כל העוסקים בבנייה יכירו מקרוב את התקן כדי שיוכלו להשתמש בו יום יום תוך כדי עבודה.

התקן האירופאי שאומץ כתוב בלועזית רוב העוסקים בבנייה אינם בקיאים בשפה האנגלית ואינם בקיאים באנגלית הטכנית בה נכתב התקן.

הפיגומים נדונים בהרחבה בתקנות תכנון ובנייה, בצורה מרשמית. יש מקום אחד או שניים בתקנות המגדירים את הדרישה המהותית (התפקודיות) מהפיגום. בכל יתר המקומות הגישה היא מרשמית - יש הוראה בתקנות איך לעשות ומה לעשות בכל מצב ובכל רכיב בפיגום.

המאמר יתרכז בהצגת התקן האירופאי הנ"ל בשפה שאינה שפה טכנית או שפה משפטית אלא בשפה פשוטה יותר המובנת לרוב העוסקים בבנייה.

**מודגש כי אין המאמר מתיימר להיות תרגום של התקן האירופאי. לכן המחייב את העוסקים במלאכה הוא התקן בשפתו בה הוא נכתב.**

המאמר מהווה סיכום מתומצת של התקן, כדי להבין טוב יותר מה נדרש מהקבלן בבואו להשתמש בפיגום העונה לדרישות התקן האירופאי.

המאמר מתרכז באותם נושאים הדרושים למנהל העבודה ולמהנדס הביצוע בבואם להזמין פיגום, להתקין פיגום או לבדוק פיגום מותקן. לכן אין בו התייחסות לצורת החישוב הסטטי של פיגום. חישוב זה יבוצע על ידי מהנדס קונסטרוקציה המוסמך לכך, שידע לבצע את החישוב הסטטי לאחר לימוד התקן.

תקן EN 12811 חלק 1 בעיקרו תקן תפקודי הדרוש בדרישות התפקודיות הנדרשות מהפיגום, ומכיל מספר נספחים.

התקן מורכב מהפרקים הבאים:

1. כללי
2. חומרים
3. דרישות כלליות
4. דרישות לתכנון מבני (קונסטרוקטיבי)
5. מדריך למשתמש בפיגום
6. עבודת הפיגום באתר
7. תכנון קונסטרוקציה של הפיגום.



**1 דרישות כלליות בתקן**

תקן זה דן בדרישות תפקוד ושיטות לתכנון כללי לפיגומים, הנשענים על מבנים קיימים לצורך הבטחת יציבותם (פיגומים לחזיתות מבנים), אשר ברובם מורכבים מצינורות ומצמדים ממתכת.

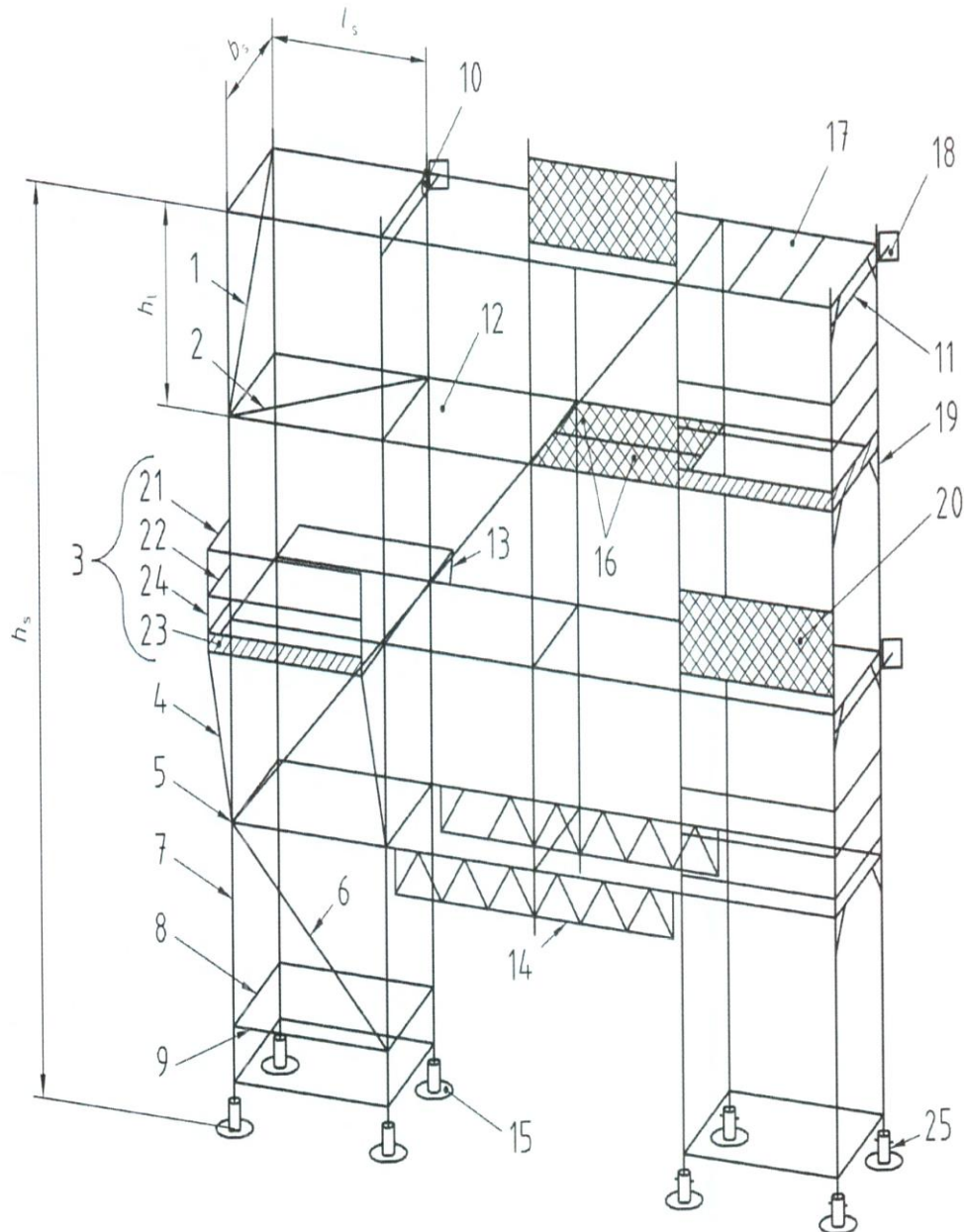




Figure 1

Key

לנוחות הקורא יוסף תרגום לעברית של המקרא לציור זה, כמפורט להלן:

$h_s$ - גובה הפיגום		
$b_s$ - רוחב שדה הפיגום, ממרכז זקף אחד למרכז הזקף האחר		
$l_s$ - אורך שדה הפיגום, ממרכז זקף אחד למרכז הזקף האחר		
$h_i$ - גובה הרמת הפיגום		

1	הקשחה במישור אנכי (אלכסון רוחב) (3.6)	13	הרחבה למשטח עבודה (-)
2	הקשחה במישור אופקי (3.5)	14	מסבך גישור (-)
3	הגנה צדית (3.19)	15	לוח בסיס ("פלטת בסיס") (3.3)
4	לוחסן תמיכה (-)	16	יחידת משטח עבודה (3.16)
5	צומת (3.13)	17	מסגרת אופקית (-)
6	הקשחה במישור אנכי (אלכסונית אורכית) (3.6)	18	עיגון (3.1)
7	זקף (3.21)	19	מסגרת אנכית (-)
8	קושרת רוחבית (3.24)	20	מבנה גידור (5.5.5)
9	קושרת אורכית (3.10)	21	אזן יד (5.5.2)
10	מצמד (3.8)	22	אזן תיכון (5.5.3)
11	רכיב קשירה (3.23)	23	לוח רגל (5.5.4)
12	משטח (3.15)	24	אנד (-)
		25	מגבה בסיס (3.2)

3. חומרים

החומרים לבניית הפיגום צריכים להיות, חזקים וקשיחים מספיק כדי לעמוד בתנאי השרות וגם לעמוד בתקנים הרלבנטיים. התקן מתייחס לשלשה סוגי חומרים בלבד - פלדה, אלומיניום ועץ. (הכל בדרגת פירוט מזערית).

3.1 פלדה

הפלדה חייבת להיות מסוג שאינו מתחמצן, נקייה מחומרי לוואי ומזיהומים שונים, העלולים לשבש את תפקודה

צינורות הפלדה לפיגומים צריכים להיות בקוטר חיצוני של 48.3 מ"מ. התקן מאפשר שימוש בצינורות פלדה בקטרים אחרים בתנאים הבאים:

- עובי דופן גדול מ- 2 מ"מ
- גבול הכניעה גדול מ- 235 ניוטון לממ"ר (2350 ק"ג לסמ"ר)
- התארכות השבר גדולה ב- 17%

פלדה להגנה צידית, כגון מעקות וכדומה חייבת בעובי דופן של 1.5 מ"מ, פלדה המשמשת ללוח רגל מסתפקים בעובי דופן של 1.0 מ"מ.

פלדה במשטחי עבודה וברכיבים התומכים אותם חייבים בעובי דופן של 2.0 מ"מ.

כל רכיבי הפלדה יהיו מוגנים בציפוי מיוחד.

3.2 אלומיניום

- צינורות אלומיניום בפיגום צריכים להיות בקוטר חיצוני של 48.3 מ"מ.



- רכיבים להגנה צידית כגון מעקות וכדומה חייבים בעובי דופן של 2.0 מ"מ.
- רכיבים למשטחי עבודה מאלומיניום לרבות הרכיבים התומכים אותם חייבים בעובי דופן של 2.5 מ"מ.

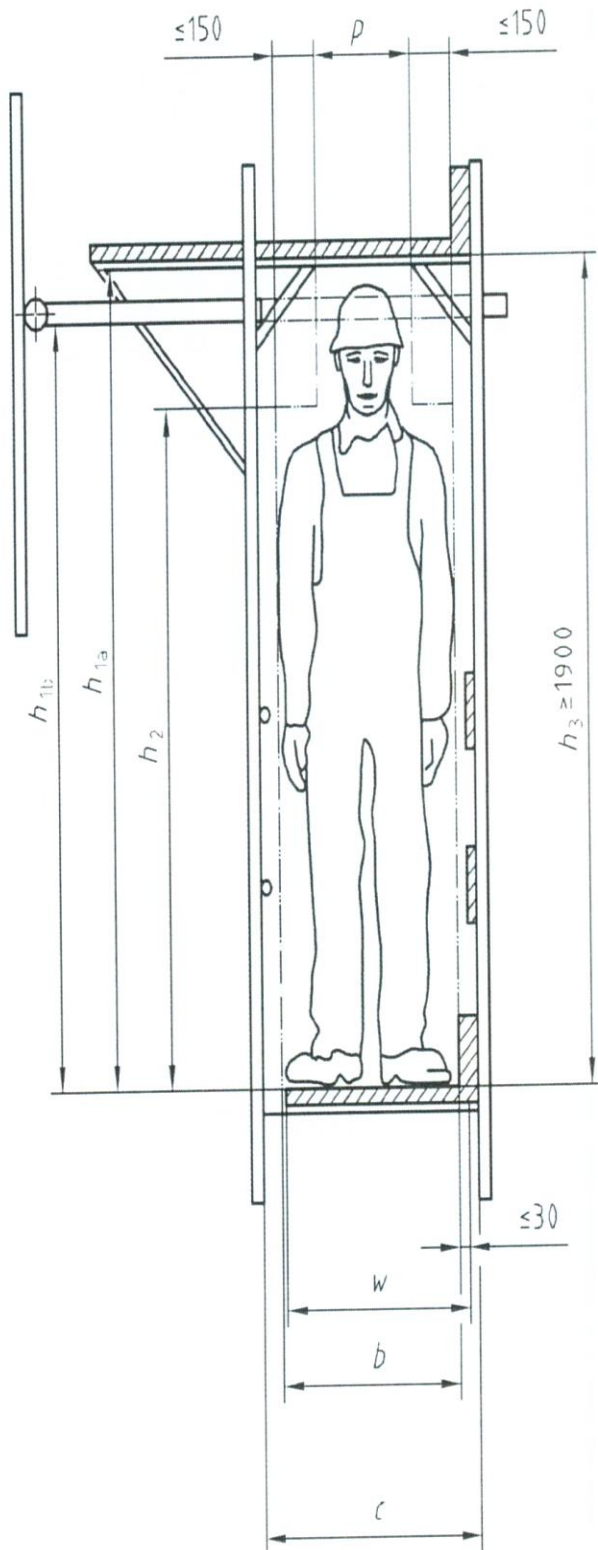
### **3.3 עץ**

חוזק העץ צריך להיות לפי דרישת התקנים הרלבנטיים. אם משתמשים בציפוי על העץ, הציפוי צריך לאפשר לראות את הליקויים בעץ. בשימוש בדיקטים יש להקפיד כי יהיו לפחות חמש שכבות בדיקט, עוביו המינימלי של דיקט הוא 9 מ"מ. משטחי עבודה מוכנים מדיקטים צריכים להיות מסוגלים לשאת בעומס הנגרם על ידי נפילת מוט פלדה בקוטר 25 מ"מ ובאורך של 30 ס"מ מגובה של 1.0 מטר מבלי שישברו. (משקל של ק"ג בערך) הדיקטים צריכים להיות עמידים בתנאי האקלים באזור בו מתבצעת הבנייה.

### **4. דרישות כלליות**

הפיגום צריך לשמש כמשטח עבודה לביצוע בנייה. לכן תפקידו למנוע נפילת אנשים ממנו, לספק תנאי איחסון בטוחים לחומרים ולציוד. למנוע נפילת חפצים על אנשים הנמצאים מתחת לפיגום. כדי לעמוד בדרישות אלה משטח העבודה צריך להיות עם הגנה צידית מתאימה. החיבורים בין חלקי הפיגום השונים צריכים להיות פשוטים, נוחים לתפעול, נוחים להרכבה, בטוחים בעת הפרוק, ולא יאפשרו התרחשות תאונות. חלק זה של התקן ברובו מירשמי. הוא נועד להבטיח את תפקוד הפיגום כפי שפורט לעיל.

**משטחי עבודה:** עשויים לוחות סמוכים זה לזה המותקנים באופן המונע עיתוקם ממקומם בעת השימוש בפיגום. לא תשמש רצפת פיגום כסמך לחלק כלשהו של פיגום אחר.





**4.1 רוחב משטחי העבודה**

התקן קובע שבעה רחבים שונים למשטח העבודה, תלוי בסוג העבודה המבוצעת המשתרעים בין 0.6 מטר ועד 2.4 מטר ראה טבלה להלן.  
יש להבטיח כי לא תיתכן הזזה מקרית ולא מתוכננת של רכיבים במשטח העבודה. חובה שהמשטח יטופל נגד החלקה.  
במשטחי עבודה מבטון צריך להבטיח כי החפיפה בין הלוחות והאמצעים לקיבוע הלוחות, יהיו מינימליים ולא יפריעו לעבודה או לעובדים.  
מומלץ כי משטח העבודה להיות מישורי. כאשר יש צורך בשיפוע העולה על 1/5 יש לדאוג למדרכי רגל במשטח שיאפשרו שימוש בטוח.

**טבלה מספר 2 – רוחב של משטחי העבודה**

רוחב המשטח בסנטימטרים	כינוי רוחב של המשטח
בין 60-90 ס"מ	W06
בין 90-120 ס"מ	W09
בין 120-150 ס"מ	W12
בין 150-180 ס"מ	W15
בין 180-210 ס"מ	W18
בין 210-240 ס"מ	W21
גדול מ- 240 ס"מ	W24

**9. הגנה צידית**

ההגנה צריכה לכלול לפחות: מעקה עיקרי, לוח רגל, ולוח ביניים ביניהם. יש להבטיח כי לא תהיה אפשרות להסרה מקרית של אמצעי הגנה אלה.  
מעקה עיקרי: יותקן כך שמפלס פני המעקה העליונים יהיו בגובה מטר אחד או מעל מפלס משטח העבודה - וזאת בכל מקום במשטח.  
לוח ביניים: יותקן באמצע הגובה בין אם המעקה העיקרי לבין לוח רגל.  
- הפתחים במערכת ההגנה הצידית צריכים להיות כאלה שלא יאפשרו לכדור קשיח בקוטר 47 ס"מ לעבור דרכם.  
- לוח רגל: יותקן כך שמפלס הפנים העליונים שלו יהיה 15 ס"מ מפני משטח העבודה. לא יהיו הפסקות או פתחים בלוח רגל.  
- אמצעי גידור או רשתות: יש לוודא כי ברשת לא יהיו חורים ששטחם עולה על 100 סנטימטר מרובע, ובנוסף כי רוחב החור לא יעלה על 50 מ"מ.  
יריעות הגנה: כאשר מותקנות יריעות הגנה בפיגום יותקנו עליו אמצעי הגנה נגד נפילה כגון רשתות או לוחות הגנה.





**גובה ראש במשטחי עבודה:**

גובה נטו בס"מ			כינוי משטח
הגובה עד גובה הכתפיים של העובד	גובה ראש בין משטח לבין רכיב קשירה	גובה ראש בין שני משטחים	
גדול מ- 160 ס"מ	175-190 ס"מ	יותר מ- 190 ס"מ	H1
גדול מ- 175 ס"מ	גדול מ- 190 ס"מ	יותר מ- 190 ס"מ	H2

**4.3 פלטות בסיס ומגבהי בסיס**

החוזק והקשיחות של פלטות בסיס חייב להיות מספיק להעברת כל הכוחות מהפיגום לקרקע היסוד. שטח מינימלי של פלטת בסיס הוא 150 סמ"ר, רוחב מינימלי 12 ס"מ.

**4.4 מגבה בסיס**

שיטת ההתאמה שלו צריכה להבטיח כי הסטייה של הצינור מהמרכז לא תעלה על 2.5% בכל המקרים בין אם הפיגום מועמס ובין אם לא מועמס. החפיפה המינימלית באורך הצינור לא תפחת מ- 150 מ"מ או 25% מאורך הצינור.

**4.5 צומת (חיבור) בין צינורות חלולים**

החפיפה בין הצינורות בצמתים (חיבור של שני צינורות) צריכה להיות באורך 15 ס"מ לפחות.

**4.6 מעבר בין דיוטות (משטחי עבודה אחד מעל השני)**

חובה להתקין אמצעים ודרכי מעבר בטוח בין דיוטות, אם על ידי סולמות תקינים או על ידי מדרגות. דרך המעבר צריך להיות בתוך הפיגום, על ידי הרחבה מקומית של הפיגום באזור המעבר. יש להתקין אמצעים כדי שהמדרגות או הסולמות לא יתרופפו עם הזמן. יש להתקין אמצעים למניעת החלקה במדרגות. התקן מאפשר שני סוגים של מהלכי מדרגות A B שיפוע המהלך לא יעלה על 30 מעלות. היחס בין הרום והשלח של המדרגות צריך להיות: הסכום של פעמיים הרום ובתוספת השלח יהיה 55-64 ס"מ. הפתח במשטח העבודה עבור מהלך המדרגות לא יהיה קטן מ- 45 ס"מ (מדוד לרוחב המשטח) ובאורך שלא יפחת מ- 60 ס"מ. יש להתקין אמצעי קבוע לסגירת הפתח. צריך שתהיה אפשרות להקיף את הפתח במעקות. במצבו הסגור, המכסה לסגירת הפתח יהיה נעול למניעת פתיחה אקראית.

**5 . תכנון מבני (קונסטרוקטיבי) של הפיגום**

תכנון הפיגום צריך להבטיח כי הפיגום לא יתמוטט ולא יזוז בצורה אקראית, וניתן יהיה להשתמש בו בצורה בטוחה, בכל השלבים שבחיי הפיגום:

- הקמת הפיגום
- שימוש בפיגום
- שינוי בפיגום



פירוק הפיגום  
הובלת הפיגום  
תחזוקת הפיגום  
אחסון הפיגום

### 5.1 תמיכה חיצונית

הפיגום יונח על יסודות המסוגלים לקבל את הכוחות המתפתחים, הפיגום כמבנה אחד שלם, חייב להיתמך בצורה כזו שלא יזוז (או שיזוז בצורה מבוקרת) כאשר מופעלים עליו עומסים אקראיים (כגון עומס רוח). וכן כל חלק מהפיגום בנפרד. תמיכת הפיגום יכולה להיות על ידי קשירתו למבנה, שיטה חלופית שימוש בחבלים או עוגנים או אמצעים דומים. לעיתים קרובות יש לפרק חלק מהפיגום כדי לאפשר ביצוע עבודות. התכנון צריך לציין איזה חלקים מהפיגום ניתן לפרק מבלי לסכן את יציבותו.

### 5.2 עומסים על פיגום

התקן מכיר בשישה סוגי עומסים על הפיגום:

דרגת הפיגום	עומס מפוזר בצורה אחידה ק"ג למ"ר	עומס מרוכז (ק"ג) על שטח של 50/50 ס"מ	עומס מרוכז (ק"ג) על שטח של 50/50 ס"מ
1	75	150	100
2	150	150	100
3	200	150	100
4	300	300	100
5	450	300	100
6	600	300	100

### 5.3 עומסים אנכיים

- להלן פירוט הרכב העומסים האנכיים הכלולים בטבלה:
- **עומס קבוע**: משקלו הכולל של הפיגום הכולל משקל הפיגום על כל חלקיו ועל חלקים המחוברים אליו.
  - **עומס משתנה**: עומסי שירות קיימים, עומס רוח וכדומה. הפיגום צריך לעמוד בעומסים המפורטים בטבלה לעיל.
  - **עומס מקרי**: הנובע מהחלפת מעקות, משימוש ברשתות הגנה מקומיות, משימוש במתקן גידור לגידור פתחים ברוחב יותר גדול מ-5 ס"מ.

### 5.4 עומסים אופקיים

כל חלקי הפיגום, למעט לוח רגל, צריכים לעמוד בכוחות אופקיים של 30 ק"ג המופעלים במקום המסוכן ביותר בפיגום, על קטע ששטח של 30/30 ס"מ. (עבור לוח רגל הכוח הוא 15 ק"ג).

### 5.5 כוחות אנכיים מופעלים לכיוון מעלה

יש לחשב את הפיגום לכוח של 30 ק"ג מועמס **במצב המסכן** ביותר.





### **5.6 כוחות רוח**

יחושבו על פי תקן 414. בעת חישוב עמיסת הרוח יש להתחשב במספר גורמים (מעבר למהירות הרוח) כגון שטח הפיגום נטו (ללא פתחים) כיוון הרוח, אזור בו נמצא המבנה, גובה מעל פי הקרקע וכדומה. יש לחשב עבור הרוח הנושבת בניצב לחזית המבנה בו נמצא הפיגום וכן במקביל לחזית.

### **5.7 עומסים דינמיים**

בעת פעולה ניתן להתחשב בעומסים דינמיים על ידי הוספת 20% לכוח הרגיל הפועל כאשר המשקל נע אנכית וכן הוספת לעומס כאשר המשקל נע אופקית על הפיגום.

### **חישובים אלה אינם כוללים העומס הנגרם בתוצאה מנפילת אדם על הפיגום.**

**5.8 צירוף של עומסים:** הפיגום צריך לעמוד בכל צירוף של עומסים במצבים הגרועים ביותר לגביו.

### **5.9 חישוב פיגום חזית**

בחישוב החוזק של פיגום בזמן השירות יש להתחשב ב:  
משקל עצמי  
עומס מפוזר על פי דרגת הפיגום לפי הטבלה לעיל.  
הוספת 50% של העומס המחושב על דיוטה אחת, לעומס על הדיוטה שמעליה ומתחתיה.  
כוחות הרוח  
בחישוב החוזק של פיגום בזמן שאינו בשירות יש להתחשב בצירוף העומסים המפורט להלן:  
- משקל עצמי  
- מלוא העומס הרוח כפי שחושב.  
- חלק מהעומס העבודה שנקבע על פי דרגת הפיגום כמפורט להלן:  
א - בפיגום בדרגה 1 - אין צורך להוסיף עומס  
ב - בפיגום בדרגות 2 או 3 יש להוסיף 25% של העומס  
ג - בפיגום בדרגות 4 או 5 או 6 יש להוסיף 50% של העומס

### **5.10 תזוזות:**

התזוזה של משטח העבודה, בהשפעת עומס מרוכז לא תעלה על 1/100 מהמפתח. ובנוסף הפרש התזוזות בין שני חלקי פיגום, שאחד מהם מועמס, והשני לא מועמס לא תעלה על 2.5 ס"מ.  
תזוזה של מעקה או של מעקה ביניים או של לוח רגל לא תעלה בשום מקרה על 3.5 ס"מ.  
תזוזה של רשת הגנה: התזוזה של רשת הגנה בהשפעת עמיסה הוריזונטלית לא תעלה, בשום מקרה על 10 ס"מ.  
כאשר הרשת היא חלק ממעקה, התזוזה לא תעלה על התזוזה של המעקה.



### 6. מדריך למשתמש:

לכל פיגום מיוצר במפעל יהיה מדריך למשתמש שיכלול:  
אופן ההקמה והפרוק של הפיגום תוך תיאור קטעי הפיגום בכל צעד בעבודה.  
סכמת הפיגום ופרטיו.  
העומס על היסודות של הפיגום ועומס המועבר למבנה.  
מידע לגבי דרגת הפיגום, מספר משטחי העבודה שניתן להעמיס אותם והגובה המותר במצבים השונים  
מידע מפורט לגבי הרכבה ופירוק של חלקי הפיגום  
מידע לגבי קשירות של הפיגום.  
כל נושא אחר.

### 7. בדיקות באתר

יש לבדוק בפועל באתר כי הפיגום עומד בתכנון בהנחות התכנון.  
כאשר הפיגום נקשר למבנה אותו הפיגום משמש, יש לבדוק את אופן חיבור הפיגום למבנה, ואת יכולת המבנה לקבל את העומס הנגרם מהפיגום.

### 8. תכנון הקונסטרוקציה של הפיגום

על י החוק רק מהנדס מבנים מוסמך רשאי לתכנן פיגום. למרות שהתקן דן בהרחבה בנושא תכנון קונסטרוקציה של הפיגום, בחרתי להביא במאמר זה מספר מועט של נושאים. הכוונה שמהנדס ביצוע יכול לשאול את המתכנן אם התייחס בחישובים שלו לנושא זה או אחר בתכנון. אין כל כוונה כי מהנדס ביצוע או מנהל עבודה יתכנו את הפיגום.

יש לתכנן פיגומים באופן שיעמדו בדרישות היציבות והשירות. כלומר הוא חייב להיות בעל יכולת קבלת העומסים המופעלים עליו וחייב להיות יציב כך שיעמוד בכוחות צידיים, שלא יחליק ולא יתהפך בשום שלב.

החומרים מהם בנוי הפיגום יתאימו לתקנים הרלבנטיים בעיקר דרישות התקנים לגבי המאמצים המותרים, מודול האלסטיות והתארכות השבר וכן לגבי מקדמי הביטחון

בעת קביעת סכמת התכנון הסטטי צריך לוודא כי הסכמה שנבחרה מסוגלת לחזות את ההתנהגות הקונסטרוקטיבית של הפיגום בהתחשב בפגמים או בליקויים עלולים להיות בפיגום.

חשוב לחשב כל חלק פיגום בנפרד, אבל לאחר מכן צריך לחשב את כל הפיגום כמכלול. הקשירות של הפיגום לחזית המבנה יש לחשב כצמתים עם חופש תנועה במישור חזית המבנה. אין לתכנן צמתים אלה לקבלת עומסים אנכיים.

**פגמים או ליקויים אפשריים בפיגום:** להלן מספר ליקויים נפוצים בהקמת פיגומים:  
- סטייה זוויתית מהאנך של רכיבים אנכיים בפיגום. בחיבור של רגלי פיגום אחת לשנייה, בחיבור רגלי הפיגום לתושבת הבסיס. החבורים בין רגלים אחת לשנייה צריך להיות קשיח. לכן הדרישה לחפיפה מינימלית של 15 ס"מ בחיבור הרגליים, כנ"ל לגבי תושבת הבסיס.

מקדמי ביטחון: ככלל מקדמי הביטחון צריך להיות 1.5 עבור כל העומסים הקבועים והעומסים המשתנים.

לגבי עומס רוח, מקדם הביטחון הוא 1.

**הוכן ע"י: אינג' נתן חילו**

**העתק:**

**מר שלמה חייט – יו"ר וועדת תקינה**

