



23 בדצמבר 2020

## חוות דעת של מומחה – בירור נסיבות תאונת חשמול – 17.12.2020

שם המומחה: ירון חסון ת.ז. 031774656

מקום עבודה: ירון הנדסת חשמל בע"מ

כתובת: רחוב שמעון בן שטח 46 אלעד, 4082640.

### הצהרה:

מתן חוות דעת זו הינה במקום עדות בבית המשפט. הנני מצהיר בזאת כי ידוע לי היטב שלעניין הוראות החוק הפלילי בדבר עדות שקר בשבועה בבית המשפט. דין עדות זו כשהיא תתומה על ידי כדין עדות בשבועה שניתנה בבית המשפט.

### להלן פרטי השכלתי:

מהנדס חשמל, תואר ראשון (B.Sc) בהנדסת חשמל, HIT, משנת 1999.  
מוסמך במדעים, תואר שני (M.Sc.EE) בהנדסת חשמל, HIT, משנת 2007.  
בוגר קורס "חשמלאי בודק סוג 3", לשכת המהנדסים והאדריכלים, משנת 2012.  
סוקר מוסמך בתרמוגרפיה (רמה 1) מס' 141001-201, חברת רדט, משנת 2018.  
בוגר קורס "חוקרי אירועי דליקות נזקי אש ובטיחות", מכללת מישלב, משנת 2019.

### מחזיק ברישיונות הבאים:

רישיון חשמלאי מהנדס מס' 084995 - רשאי לערוך כל תכניות חשמל ולבצע כל עבודות חשמל.  
רישיון חשמלאי בודק סוג 3 מס' 984553 - רשאי לעסוק בביצוע בדיקות בכל מתקן חשמלי.

### להלן עיסוקי בתחום החשמל:

מהנדס חשמל עצמאי בעל משרד תכנון העוסק בתכנון מערכות חשמל, תאורה ותקשורת משנת 2011.  
משנת 2015 מבצע את כל סוגי בדיקות החשמל במתח גבוה ובמתח נמוך בארץ ובחו"ל.  
מבצע סריקות תרמיות למתקני חשמל, בדיקות וניתוח של איכות החשמל ועוד.

הנני להצהיר כי זה שמי, זו חתימתי ותוכן תצהירי אמת.



**רקע:**

בתאריך 17.12.2020 אירעה תאונה של חשמול עמוד רשת עילית מס' 2507 המזינה עמוד תאורה ברחוב האילנות פינת רחוב הצבעוני ביישוב כפר מעש. עקב תקלה, הופיע מתח על עמוד הרשת הנ"ל ועל גדר היקפית של השכן המתגורר סמוך לעמוד. לטענת השכן, נראו ניצוצות של אש מהגדר הצמודה לעמוד הרשת בזמן התקלה. חברת החשמל הוזעקה למקום, חתכה את המוליכים המזינים את גוף התאורה המותקן על העמוד הנ"ל והחשמול הפסיק. למרבה המזל לא היו נפגעים באירוע זה. נתבקשתי לתת את חוות דעתי על מצב מתקן החשמל הכולל את המרכזייה המזינה ומוליכי הרשת בכלל ועל עמוד מס' 2507 והתקנת גוף התאורה בפרט תוך מתן דגש על ההיבט הבטיחותי (הארקות, הגנה בפני חשמול וכו') וכן לחקור את נסיבות האירוע.

**ממצאי הבדיקה:**

ביקרתי ביישוב הנ"ל בתאריך 23.12.2020 וביצעתי בדיקות ויזואליות וחשמליות בנוכחות מהנדס חשמל מטעם חברת אלקטרה, מר אלעד ניקחה. להלן ממצאי הבדיקה. עמוד חשמל מס' 2507 הינו עמוד מתכתי, עליו מותקן גוף תאורת רחוב מסוג LED המוזן מהעמוד ונשלט ממרכזיית תאורה. העמוד משמש גם כחלק מרשת חלוקת מתח נמוך לבתי המגורים וכולל מבודדים ו-5 מוליכים חשופים – שלוש פאזות ומוליך אפס + פאזה לפיקוד תאורה. גוף התאורה מוזן מקופסה מבודדת הכוללת מא"ז דו קוטבי לזרם נקוב של 10A ומותקנת על זרוע העמוד. כבל ההזנה לקופסה מתחבר למוליכי הרשת החשופים באמצעות מהדקים. מבדיקה ויזואלית ראשונית נראה כי כבל ההזנה לקופסה הוחלף בכבל חדש מסוג XLPE. הכבל הישן נמצא חתוך בסמוך לעמוד התאורה ועליו סימני חריכה וכן קטעים שבהם הבידוד של מוליך הפאזה חסר. ככל הנראה בידוד מוליכי הכבל נפגעו כתוצאה מקרינת UV, הגידים החשופים נגעו בעמוד המתכתי וגרמו להופעת מתח מסוכן על גוף העמוד ועל פני הגדר הצמודה לו, המחוברת באמצעות חוטי ברזל חשופים לעמוד.

**ממצאי הבדיקות החשמליות שבוצעו באתר:**

בבדיקה ראשונה נבדקה רמת הבידוד של גוף התאורה וכבל ההזנה במתח של 500V ונמצא תקין. נמדדו ערכים מעל  $2G\Omega$  בין פאזה לגוף העמוד ובין אפס לגוף העמוד. גוף התאורה הינו מסוג בידוד כפול. אין שימוש במוליך הארקה בכבל ההזנה בין הרשת לקופסה שעל זרוע גוף התאורה. בדיקה חשמלית שניה שבוצעה היא בדיקת עכבת לולאת התקלה בין הפאזה לפיקוד תאורה לבין גוף העמוד המשמש כהארקה. התוצאה שהתקבלה עכבה של  $35.30\Omega$  וזרם קצר צפוי של  $6.51A$ ! מצב זה הינו מסוכן מאוד מפני שאם יקרה מקרה דומה בעתיד – שום מנגנון לא יפסיק את החשמול של העמוד והתוצאות עלולות להיות הרוג אסון!

**מא"ז לזרם נקוב של 10A לא יכול לזהות תקלה מסוג זה כשעוצמת זרם התקלה הינו  $6.51A$ !!!**

**הערך המרבי המתאים למבטח זה הינו  $3.48\Omega$ . התוצאה שהתקבלה גדולה פי 10 מהערך המירבי!**



בדיקה שלישית שבוצעה הינה בדיקת התנגדות אלקטרודת הארקה של עמוד הרשת הנ"ל.  
הבדיקה בוצעה בשיטת השיפוע, כאשר יתד הזרם מוקמה במרחק של 50 מטר מהעמוד לכיוון צפון  
(לאורך רחוב הצבעוני).

#### תוצאות המדידה:

מס' מדידה	מרחק עד יתד המתח (מ')	התנגדות הארקה ( $\Omega$ )
1	25	34.3 $\Omega$
2	30	34.4 $\Omega$
3	35	34.5 $\Omega$

#### חישובים:

$$R_0 = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{3} = \frac{34.3 + 34.4 + 34.5}{3} = 34.4 \Omega \quad \text{ערך ממוצע } R_0 [\Omega]$$

$$R_3 - R_0 = 0.10 \Omega; \quad R_0 - R_1 = 0.10 \Omega \quad \text{חישוב הפרשים } [\Omega]$$

$$\frac{\max(R_3 - R_0, R_0 - R_1)}{R_0} \cdot 100 = \frac{0.10}{34.4} \cdot 100 = 0.29\% \leq 10\% \quad \text{חישוב שגיאת המדידה } [\%]$$

#### תקופת מדידת התנגדות הארקה:

מקדם הכפלה (K)	חודשים
1.00	יובש – יוני עד אוקטובר
1.80	חורף עם גשמים אינטנסיביים
1.50	תקופת מעבר עם גשמים בודדים חלשים

עבור תקופת הבדיקה:  $K=1.50$

לכן:

#### התנגדות אלקטרודת הארקה של עמוד 2507 בשקלול מקדם התקופה הינו:

$$R_E = R_0 \cdot K = 34.4 \cdot 1.5 = 51.6 \Omega$$

לפי תקנות החשמל, **הערך המרבי של התנגדות האלקטרודה במקרה זה (הגנת TT) הינו 5 $\Omega$**   
(במקרה של איפוס מקסימום 20 $\Omega$ ).

מהדמיון בין תוצאת עכבת לולאת התקלה להתנגדות אלקטרודת הארקה נמצא כי זרם התקלה זרם כמעט במלואו לאדמה עד לסגירת המסלול בנקודת הכוכב של השנאי.  
בנוסף לכך, אם תקלת החשמול הייתה מתרחשת בחודשי הקיץ המצב היה חמור אף יותר.

הבדיקה הבאה הינה של מרכזיית התאורה המזינה את גופי התאורה. המרכזייה ממוקמת ברחוב האילנות, צמוד לעמוד רשת עם שנאי חלוקה.

בבדיקה ראשונית נמצא כי **אין כלל אלקטרודה מקומית ואין כלל הארקה למרכזיית התאורה.**

לוח המרכזייה עשוי מחומר מבודד (קופסאות CI), המרכזייה מוזנת מעמוד עם שנאי חלוקה סמוך וכוללת מפסק ראשי מתוצרת Moeller, דגם NZM 4 – 63, לזרם נקוב של 63A עם מנגנון הגנה תרמומגנטי. הכוונון המגנטי מכוון למינימום והינו 400A.

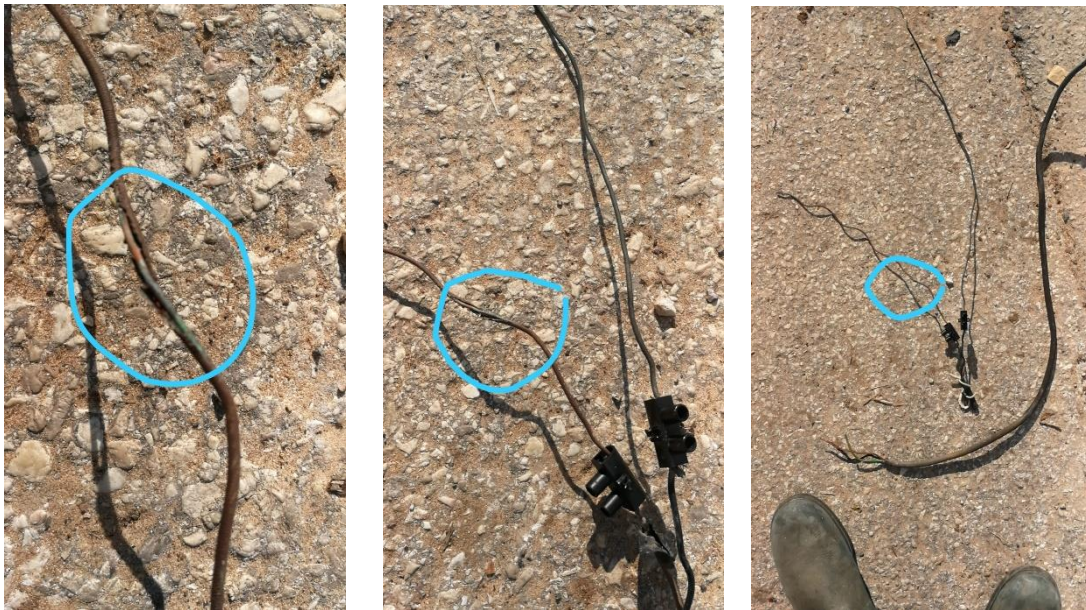
לא ניתן למדוד את עכבת לולאת התקלה כלפי פס הארקות וכלפי העמוד המתכתי הכולל את השנאי. המתח הנמדד בין פאזה לגוף העמוד הינו כ- 35V.

רציפות הארקה בין פס האפסים במרכזיה אל גוף העמוד נתנה תוצאה של כ- 10.5Ω!

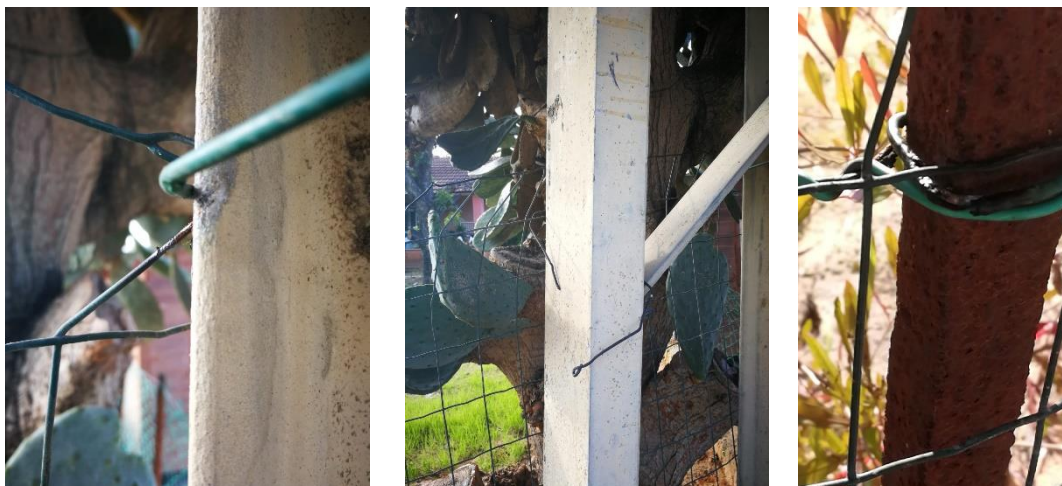
מכל הנ"ל ניתן להסיק כי **קיימת בעיה בהארקת השיטה של השנאי. ככל הנראה היא מנותקת.**

להלן מתוארות התמונות של הממצאים שהתגלו בבדיקה.

### 1. סימני חריכה ופגיעה בבידוד בכבל ההזנה הישן

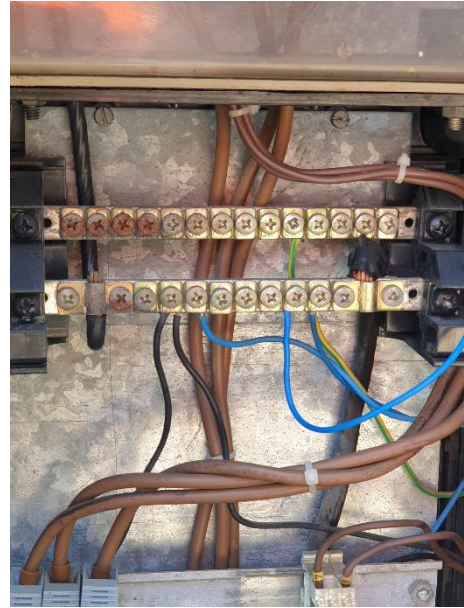
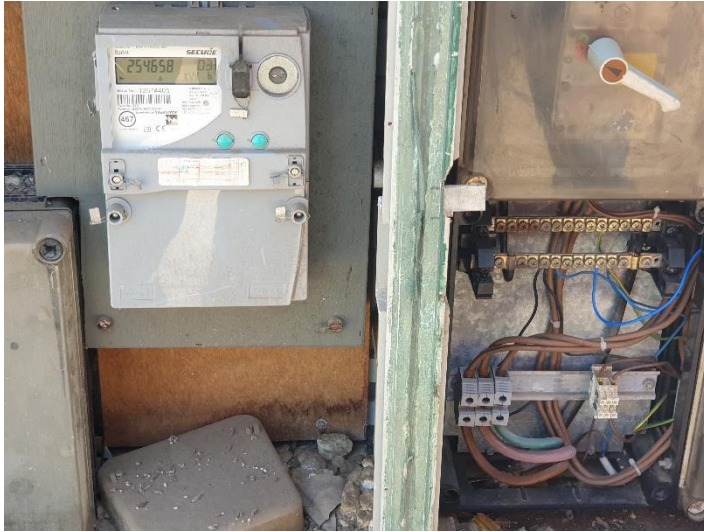


### 2. סימני חריכה וחיבור בין גדר שכן לעמוד רשת





**3. חוסר בהארקה במרכזיית התאורה**



**4. ערך עכבת לולאת התקלה זרם קצר צפוי שנמדדו בעמוד 2507**



**ציוד המדידה:**

מכשיר משולב תוצרת: Sonel, דגם: MPI 530IT, מסי סידורי: C50242, תוקף כיוול: 23/8/2021

**סיכום חוות הדעת ומסקנות**

לאור הממצאים שהתגלו בבדיקה **קיימת סכנה בטיחותית בהפעלת מתקן התאורה הנ"ל.**  
 לכן, **אינני מאשר את הפעלת המרכזייה וגופי התאורה במצבם הנוכחי.**

יש לפעול במהירות ובדחיפות לביצוע הפעולות הבאות:

1. יש לפנות לחברת החשמל שבאחריותה שנאי החלוקה ולבקש שיבצעו תיקון להארקת השיטה של שנאי החלוקה. העניין דחוף!
2. יש להתקין אלקטרודה מקומית למרכזיית התאורה ולחברה לפס הארקות במרכזייה!
3. יש להקפיד על ביצוע בדיקות תקופתיות של מרכזיות התאורה ולשמור תיעוד של התוצאות!
4. לאחר ביצוע התיקון הנ"ל, יש לבצע בדיקת עכבת לולאת התקלה במרכזייה ובעמוד אחרון לפחות כדי לוודא שערך עכבת הלולאה תואם לנדרש בתקנות החשמל.

בברכה,

ירון חסון

