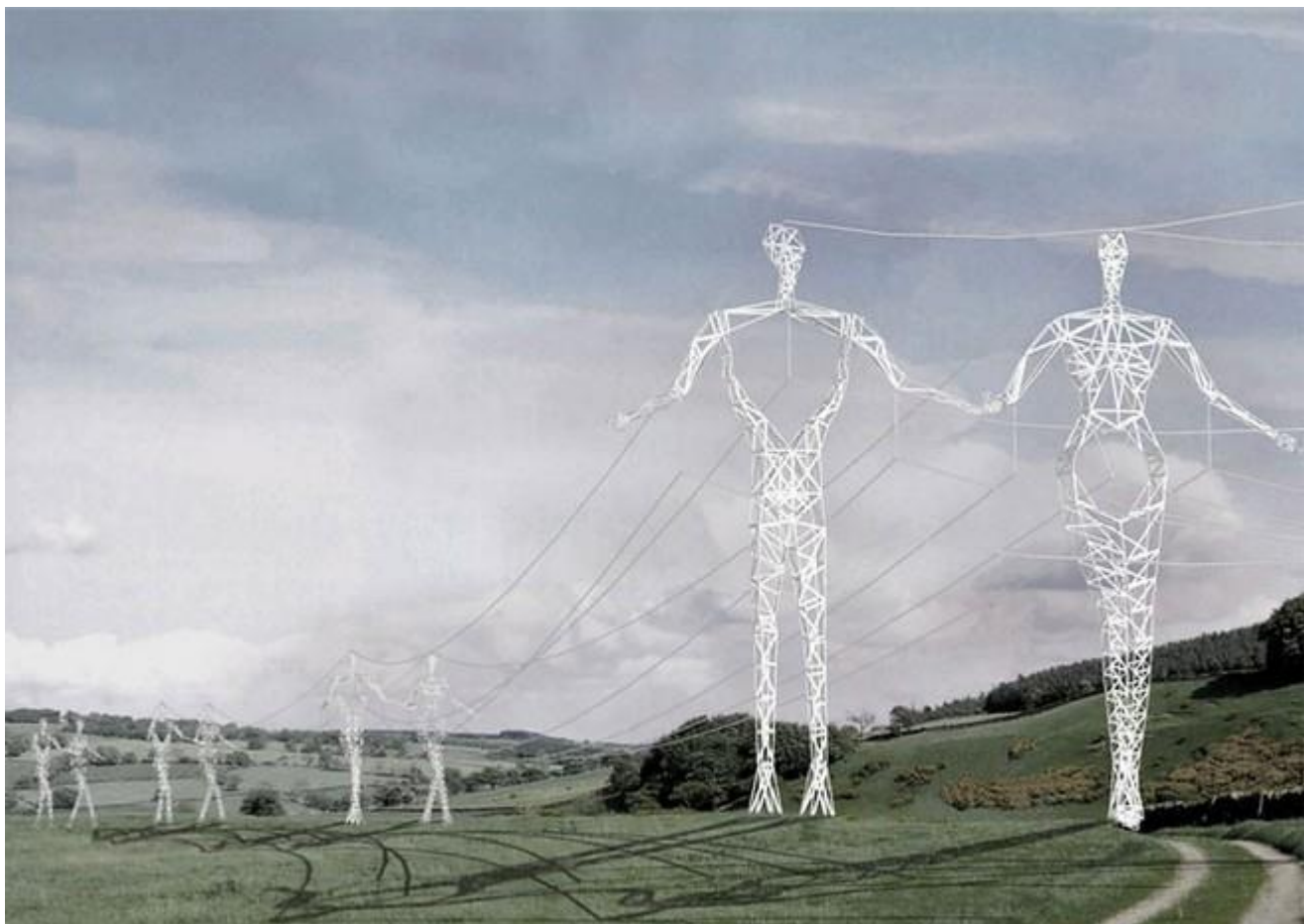


מדריך להפחתת החשיפה לשדה מגנטי סביב מתקני חשמל



המשרד להגנת הסביבה
אגף למניעת רעש וקרינה
תחום קרינה בלתי מייננת
2016

תוכן עניינים

3	מבוא	1.
7	תכנון מתקני חיבור לבתים	2.
8	מתקן פרטי של מבנה מגורים	3.
9	חדרי שנאים	4.
15	ביצוע האיפוס לפי סוג המבנה - TN-S, TN-C-S	5.
17	מתקני הולכה וחלוקה במתח נמוך	6.
21	מתקני הולכה וחלוקה במתח גבוה	7.
25	מתקני הולכה - מתח עליון	8.
28	קווי הולכה מטח על	9.
29	תחנות ייצור חשמל	10.
30	מיגון בפני קרינה בלתי מייננת - תחום רשת החשמל	11.
35	כבל ירוק ולוחות חשמל מופחתים קרינה	12.
37	מקורות	13.

1. מבוא

המדריך נועד לספק ידע בסיסי על אפשרויות להפחתת החשיפה לקרינה שמקורה במתקני חשמל. זאת על ידי יישום פעולות בהתאם לעקרונות הזהירות המונעת, באמצעים טכניים מקובלים ובעלות נמוכה, בשלבי תכנון מתקני חשמל או שימושי קרקע צמודים למתקני חשמל. במדריך יש המלצות לתכנון ולהקמה של מתקני חשמל, כולל חדרי שנאים חדשים, הנחיות לביצוע הארקת מערכות חשמל של המבנה ותכנון רשת החשמל בדגש על הפחתת החשיפה לשדות המגנטיים. בפרקים האחרונים מודגשות השיטות למיגון פסיבי ולמיגון אקטיבי וגם שיטות/טכנולוגיות חדשות המשמשות כיום להפחתת החשיפה לקרינה.

חשיפה - זמן

סביב מתקני חשמל נוצר שדה מגנטי. סוג זה של קרינה הוגדר על ידי ארגון הבריאות העולמי "מסרטן אפשרי". ככל שהזרם העובר במתקן גבוה, גדל השדה המגנטי הנוצר סביב המתקן. לחשיפה אקוטית, מזדמנת ולטווח קצר בלבד, המלצת המשרד להגנת הסביבה ושל משרד הבריאות היא לא לעבור את הערך של 1000 מיליגאוס. בישראל, כמו במדינות רבות אחרות, עדיין לא נקבע בחקיקה סף מחייב לחשיפה כרונית לשדות מגנטיים שמקורם במתקני חשמל. חשיפה כרונית, או חשיפה רצופה וממושכת, מוגדרת חשיפה של יותר מארבע שעות בכל יממה ויותר מחמישה ימים בשבוע. מגורים, משרדים, מוסדות חינוך, מבני מסחר ותעשייה וכדומה נחשבים מקומות שהחשיפה בקרבתם היא חשיפה כרונית.

לצורך תכנון הנדסי של מערכות חשמל בסביבת שימושי קרקע לשהות ממושכת, לצורך מתן היתרי הקמה והפעלה למתקני חשמל, לצורך פרשנות של תוצאות מדידות סביב מתקני חשמל וכדומה, יש לקבוע מדד כמותי של קרינה. בהתחשב במידע הקיים, בפרקטיקה במדינות מפותחות ובסף הקרינה שחברות החשמל במדינות מפותחות מתחייבות לו באופן וולונטרי, הציעו **משרד הבריאות והמשרד להגנת הסביבה את הערך של 4mG כסף לממוצע ביממה בתנאים של צריכת חשמל אופיינית מרבית.**

מדריך להפחתת החשיפה לשדה מגנטי סביב מתקני חשמל

ערך הזה מתבסס על העדר חשש לתחלואה בחשיפה לשדה מגנטי שבממוצע שנתי אינו עולה על 2 מיליגאוס ועל סטטיסטיקה המראה שהיחס בין הזרם הממוצע ביום בשעת צריכת שיא גבוה פי 2 מהזרם בממוצע השנתי.

ביום של צריכת שיא טיפוסית יש ניצול של 60% מיכולת מערכת החשמל אם כי יש מתקנים שאחוז הניצול בהם שונה. כאשר זרם החשמל בזמן המדידה ידוע או נמדד, יש לנרמל את התוצאה של מדידת החשיפה לפי היחס בין הזרם המרבי שיכול לעבור דרך המתקן לזרם שעבר בו בזמן המדידה. לא תמיד אפשר למדוד או להעריך את הזרם העובר במתקן בזמן מדידה של החשיפה לשדה מגנטי. בהעדר נתון זה, כאשר מקור החשיפה הוא מתקן בתוך בניין, הפעלת כל צרכני החשמל העיקריים בבניין, כגון מערכת מיזוג האוויר, תשמש ייצוג מספיק לקיום התנאי של עומס מרבי בעת המדידה.

יש מקומות שהחשיפה בהם היא בהגדרה חשיפה על פני 24 שעות ביממה, כמו החשיפה בבית מגורים. עם זאת, יש מקומות שהחשיפה בהם היא מוגבלת וזמן החשיפה מוגדר, כמו מקומות עבודה, אמצעי תחבורה ציבורית ופרטית, אזורי מעבר וכו'. אף על פי שאין עדות מובהקת לסוג הקשר בין זמן החשיפה להשפעת החשיפה על הבריאות, מומלץ לנקוט זהירות ולהניח שיש קשר ישיר וליניארי בין משך החשיפה לעוצמתה. בהנחה זו ניתן להשתמש במדד של 4mG בממוצע ביממה שבה הצריכה מרבית, כדי להעריך את רמת החשיפה כתלות במשך החשיפה.

ההצעה להלן משמשת מידע מנחה, תוך הפעלת שיקול דעת של כל מי שמתכנן קרבה בין אזור מאוכלס למתקן חשמל, בכל מקרה לגופו. לדוגמה, מומלץ לא להשתמש בסוג זה של ממוצע בכל הקשור לחשיפה במוסדות חינוך שלומדים בהם ילדים מתחת לגיל 15. במקרה זה יש לתכנן כך שבכיתות הלימוד הקרינה לא תעלה בשום מקום ישיבה מעל 4 מיליגאוס.

אם אדם נמצא בסמוך למתקן חשמל זמן של T שעות מדי יום, החשיפה בסמוך למתקן החשמל היא B_w והחשיפה בשאר הזמן ביממה היא B_0 , סך כל החשיפה הממוצעת שלו לאורך כל היממה היא:

$$B_{\text{ממוצע}} = \frac{B_w \cdot T + B_0 \cdot (24 - T)}{24}$$

אף שהחשיפה של אדם שלא נמצא בסמוך למתקן חשמל אינה עולה לרוב על 0.4 מיליגאוס, יש להביא בחשבון שחשיפה זו היא 1mG בממוצע. לכן:

$$B_0 = 1mG$$

מדריך להפחתת החשיפה לשדה מגנטי סביב מתקני חשמל

אם יש מדידה אמינה של קרינת הרקע וזו עולה על 1mG, יש להשתמש בתוצאת המדידה. לפי המלצה משותפת של משרדי הבריאות והגנת הסביבה, החשיפה הממוצעת ביום עם צריכת חשמל טיפוסית מרבית חייבת להיות נמוכה מ-4 מיליגאוס:

$$B_{\text{ממוצע}} < 4mG$$

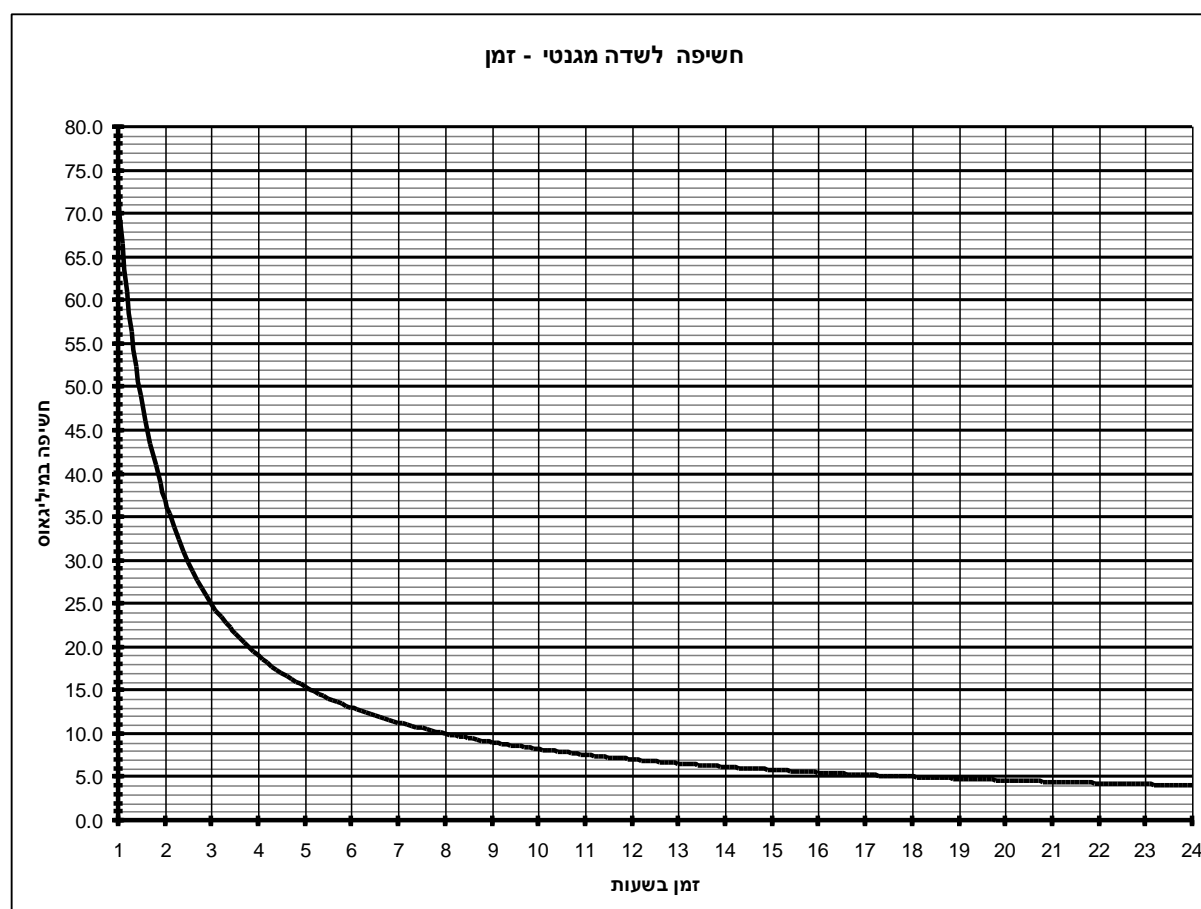
אם ידוע זמן השהייה, בשעות ביממה, בסמוך למתקן חשמל, יש להגביל את החשיפה, במיליגאוס ל:

$$B_w < \frac{72}{T} + 1$$

אם ידועה רמת הקרינה B_w , בעקבות חישוב או בעקבות מדידה ונרמול לזרם מרבי, יש להגביל את זמן השהייה ל:

$$T < \frac{72}{B_w - 1}$$

בשיקולים אלה ההתייחסות היא לחומרה, בלי להביא בחשבון את החשיפה הנמוכה בימי המנוחה בסופי השבוע, כדי ליישם את עקרון הזהירות.



מדריך להפחתת החשיפה לשדה מגנטי סביב מתקני חשמל

ערכים אלה הם ערכי בסיס בקביעת הצורך לטפל בהפחתת החשיפה סביב מתקנים קיימים.

אזהרה: אין להשתמש בנוסחאות אלו עבור זמן שהייה נמוך משעה ביממה ועבור חשיפה של פחות מ-
1 מיליגאוס.

2. תכנון מתקני חיבור לבתים

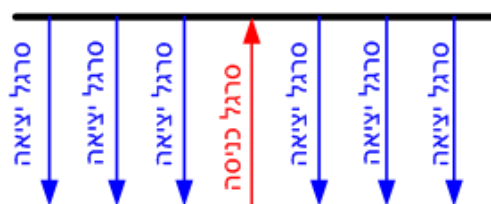
כללי יסוד של תכנון מתקני חיבור חדשים לבתים:

- 2.1. תוואי כבל ההזנה למבנה יעבור לכל אורכו בשטחים הציבוריים של המבנה בלבד, למעט מקלטים.
- 2.2. התשתיות הראשיות במבנים - כבל הזנה, ארון אבטחה ראשי וארונות מונים, לא יעברו תחת חדרי מגורים, אלא ככל הניתן תחת חדרי שירות, כגון מחסנים, שירותים, חדרי כביסה וכיו"ב, וכך גם קווי ההזנה.
- 2.3. המרחק המינימלי בין כבל לקיר של חדר מאוכלס יהיה 1 מטר.
- 2.4. החיבורים, מנקודת ההתחברות לרשת של ספק החשמל ועד לארון אבטחה ראשי למבנה, ייעשו באמצעות כבלי ארבעה גידים בלבד.
- 2.5. החיבור בין ארון אבטחה ראשי למבנה לארגז ההסתעפות הראשון בקו ההזנה, יהיה באמצעות כבל ארבעה גידים או ארבעה כבלים חד גידיים השזורים ומאוגדים בצרור.
- 2.6. החיבור מארון האבטחה הראשית למבנה עד לארון ריכוז המונים יהיה באמצעות כבל ארבעה גידים בלבד.
- 2.7. קווי ההזנה בין ארגזי ההסתעפות יהיו כבלי ארבעה גידים או כבלים חד גידיים שזורים ומאוגדים בצרור.

3. מתקן פרטי של מבנה מגורים

לוח ראשי שממנו מוזן מבנה מגורים

הלוח ימוקם כך שיהיה מרוחק לפחות 3 מ' מקיר חדר מגורים ורחוק ככל הניתן. כניסת הכבלים ללוח הראשי תהיה מלמטה ותסודר במרכז הלוח. המעגלים היוצאים מהלוח יסודרו בשני הצדדים של הכניסה, באופן סימטרי ומאוזן חשמלי, לצורך קיזוז השדות. המעגלים המועמסים יותר יותקנו בצמוד לכניסה משני צדיה (ראה שרטוט מס' 1).



שרטוט מס 1: סידור סכמתי של לוח ראשי של חברת החשמל (שממנו מוזן מבנה מגורים)

כבלי אספקה

כבלי מתח נמוך פרטיים היוצאים מלוח ראשי של המתקן, לאחר המונה, יהיו כבלי חמישה גידים. ניתן להשתמש בכבל ארבעה גידים ומוליך הארקה חד-גיד מבודד שיונחו באותו תוואי. הכבלים יותקנו בתוואי שאינו גובל עם קיר של חדר מגורים או בתוך תעלה שבה הותקן מיגון.

4. חדרי שנאים

4.1. חדרי שנאים בבעלות ספק החשמל - תחנות השנאה (טרנספורמציה) פנימיות

יש מצבים שלא ניתן לספק חשמל לבניין אלא באמצעות הקמת חדר שנאים חדש. במקרה זה, תכנון חדר השנאים והקמתו ייעשו בהתאם לנדרש בהיתר של המשרד להגנת הסביבה מתוקף חוק הקרינה הבלתי מייננת, תשס"ו-2006.

לצורך צמצום רמות השדה המגנטי בהתאם לעקרון הזהירות המונעת, להלן סדר העדיפויות לבחירת סוג חדר השנאים:

- א. ביתן שנאים במבנה נפרד
- ב. חדר שנאים תת קרקעי מחוץ למבנה מגורים
- ג. חדר שנאים צמוד למבנה מגורים
- ד. חדר שנאים פנימי במבנה מגורים

4.2. הנחיות כלליות למיקום חדר שנאים

בכל מקרה של תכנון חדר שנאים ייעשה תיאום טכני מוקדם בין היזם לספק החשמל לצורך הבהרת הדרישות:

- הקמת חדר שנאים צמוד למבנה מגורים או בתוך מבנה מגורים תתאפשר רק אם אין אפשרות להקים ביתן שנאים במבנה נפרד או חדר שנאים תת קרקעי מחוץ למבנה מגורים.
- להלן תיאור של דרך קבלת ההחלטות:

מדריך להפחתת החשיפה לשדה מגנטי סביב מתקני חשמל

עדיפויות ראשונה ושנייה – חדר שנאים בביתן נפרד או תת קרקעי מחוץ למבנה

המרחק האופקי המזערי בין מבנה מגורים לחלק כלשהו של המתקן יהיה, כתלות במספר והספק השנאים, בין 3 ל-6 מטרים. ניתן להפחית את המרחק על ידי התקנת מיגון יעיל. הקיר שעליו מותקן לוח מתח נמוך יהיה בצד המרוחק מהבניין.

עדיפות שלישית - חדר שנאים בבניין צמוד למבנה מגורים

המרחק המזערי בין קיר חדר השנאים לקיר חדרי מגורים יהיה, כתלות במספר והספק השנאים, בין 3 ל-6 מטרים. ניתן להפחית את המרחק על ידי התקנת מיגון יעיל. הקיר שעליו מותקן לוח מתח נמוך יהיה בצד המרוחק מהבניין.

עדיפות אחרונה - חדר שנאים משולב במבנה מגורים אך לא צמוד לחדרי מגורים

אם אין אפשרות אחרת והדבר מתועד ומנומק בתיאום ראשוני בין היזם לספק החשמל, ימוקם חדר שנאים בתוך מבנה מגורים בתנאים האלה:

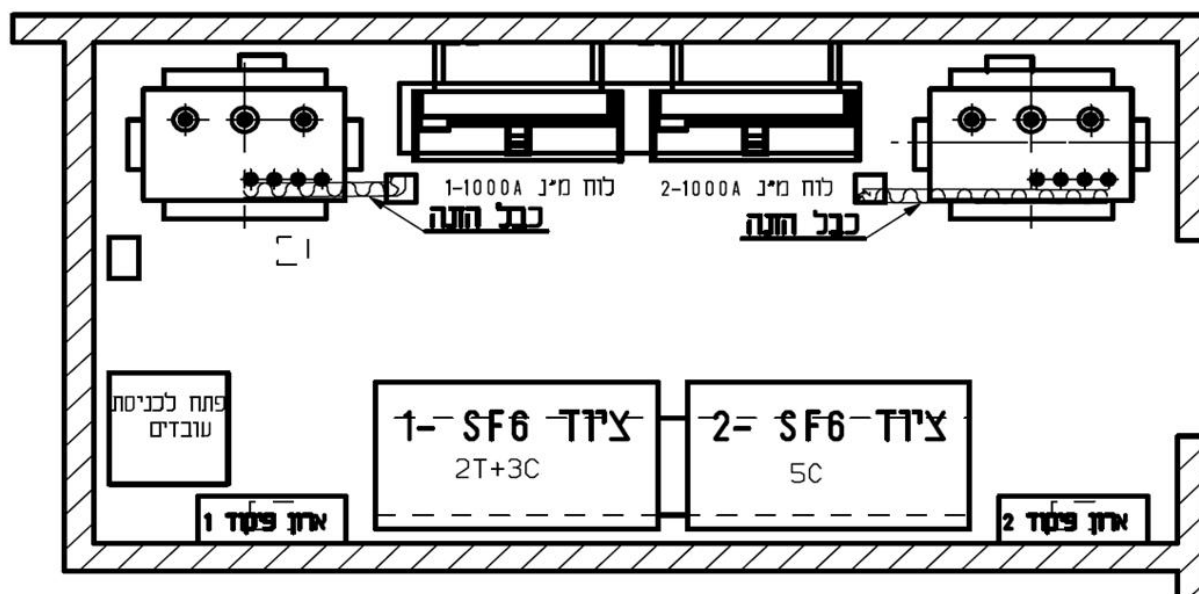
- אין למקם את התחנה כך שיש קיר, רצפה או תקרה משותפים עם חדרי מגורים.
- המרחק המזערי בין קיר חדר השנאים לקיר חדרי מגורים יהיה, כתלות במספר והספק השנאים, בין 3 ל-6 מטרים. ניתן להפחית את המרחק על ידי התקנת מיגון יעיל.
- הקיר שעליו מותקן לוח מתח נמוך יהיה הקיר המרוחק ביותר מקיר של חדר מגורים.
- הכבלים של מתח נמוך היוצאים מן השנאי יעברו דרך רצפת חדר השנאים אם חדר שנאים נמצא במרתף הבניין ודרך תקרת חדר שנאים אם חדר השנאים נמצא על הגג.



תחנה השנאה בתוך הבניין – חדר עם 2 שנאים



תחנת השנאה במבנה מאוכלס - לוח מתח גבוה ולוח מתח נמוך



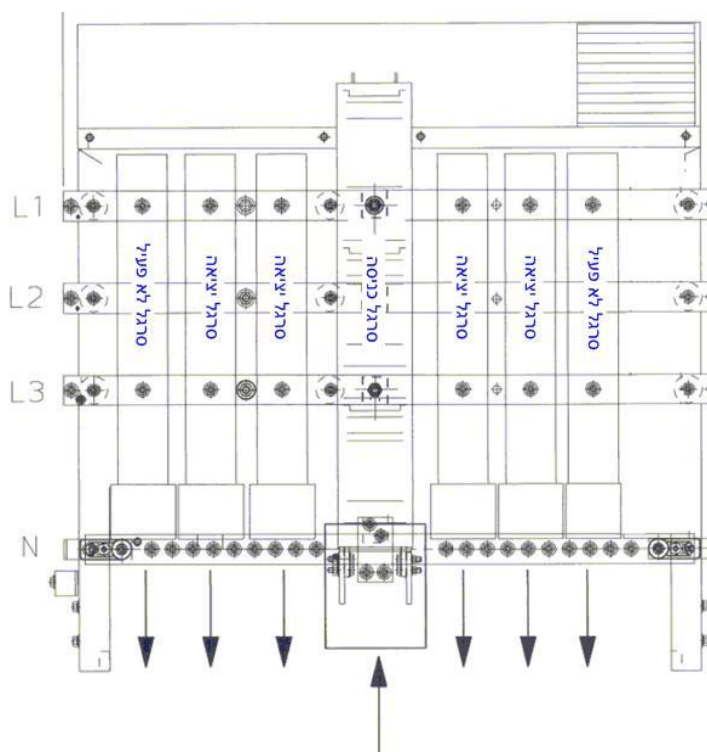
תחת"פ לשני שנאים עד 630 קו"א עם בידוד שמן עד 24 ק"ו ושתי יחידות של ציוד מדגם SF6

ערכי צפיפות השטף המגנטי, [mG]								מרחק אופקי מהדופן, [m]
בזרם אופייני (809.2 A)				בזרם נקוב (1,445 A)				
דופן מס' 4	דופן מס' 3	דופן מס' 2	דופן מס' 1	דופן מס' 4	דופן מס' 3	דופן מס' 2	דופן מס' 1	
205	85.7	96.9	341	366	153	173	609	0
138	57.1	69.4	209	247	102	124	373	0.2
84.0	35.2	44.6	141	150	62.9	79.6	252	0.5
43.2	20.4	23.5	84.6	77.2	36.4	41.9	151	1.0
25.8	15.5	13.1	55.7	46.0	27.6	23.4	99.5	1.5
17.0	12.5	8.6	39.0	30.3	22.3	15.3	69.6	2.0
11.9	10.3	5.7	28.1	21.3	18.4	10.2	50.1	2.5
8.8	8.6	4.0	21.7	15.8	15.4	7.2	38.7	3.0

ערכי צפיפות השטף המגנטי עבור התחנה הנ"ל (mG) בגובה 1 מ'.

לוח מתח נמוך

- הכניסה הראשית ללוח מתח נמוך תותקן באמצע הלוח והיציאות יותקנו בצמוד לכניסה מ-2 צדיה באופן סימטרי ומאוזן חשמלית ככול האפשר. היציאות העמוסות יותר יותקנו קרוב יותר לכניסה (ראה שרטוט מס' 6).
- המרחק בין שנאי ובין לוח מתח נמוך יהיה קצר ככל האפשר.
- כבלי מתח נמוך ומתח גבוה הנכנסים/יוצאים מחדר שנאים, צריכים להיות במרחק גדול ככל האפשר מקיר או מרצפה או מתקרה סמוכים לחדר מגורים וכל הכבלים השייכים לאותו מעגל צריכים להיות חבוקים (מוצמדים) זה לזה ויחד עם הניוטרל.
- פס הניוטרל יהיה קרוב ככול האפשר לפסי הפאזות



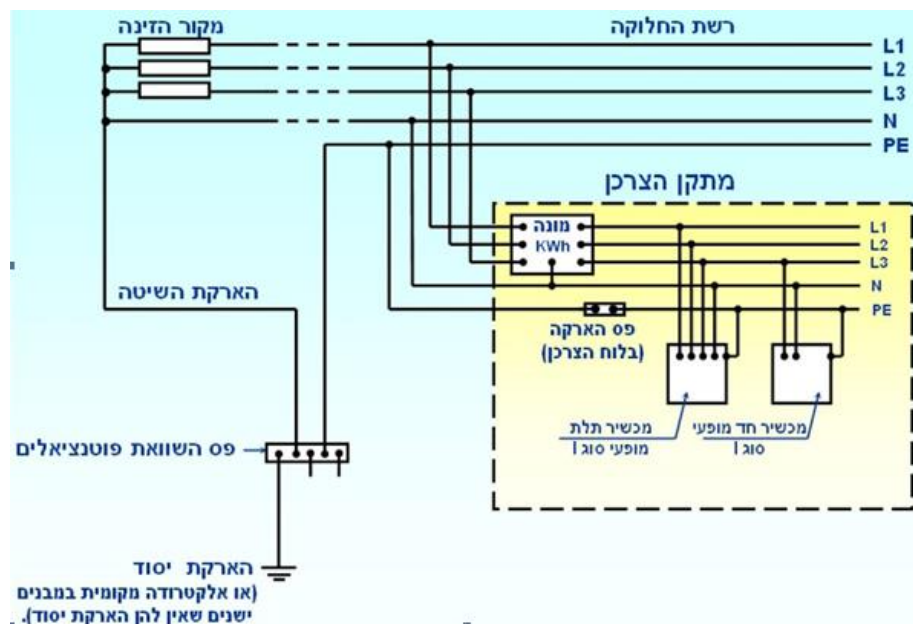
דוגמת לוח מתח נמוך ראשי: הזנת הלוח באמצעות סרגל הכניסה הראשי המותקן באמצע והסרגלים המשניים העמוסים ביותר עבור יציאות המתח הנמוך יותקנו בצמוד לסרגל הכניסה משני צדיו באופן סימטרי.

5. ביצוע האיפוס לפי סוג המבנה - TN-S, TN-C-S

יש להדגיש שכל מקרה הוא ייחודי ולכן חייב להיבחן על ידי יועץ חשמל. היועץ יבחן את אופן היישום של אמצעי ההגנה בפני חשמול בכלל ואת האיפוס בפרט, תוך התייחסות גם להיבט של השדות המגנטיים. ההמלצות הניתנות כאן הן כלליות ולא בהכרח מתאימות לכל המקרים. איפוס הוא אמצעי הגנה מפני חשמול המקובל ליישום ברוב מתקני החשמל בארץ החל משנת 1984. בהתאם לתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חשמול במתח עד 1000 וולט, התשנ"א-1991), במבנה שבו מיישמים הגנה בפני חשמול באיפוס, יש לבצע איפוס יחיד בלבד. ריבוי איפוסים במבנה עלול לגרום להגדלת עוצמת השדות המגנטיים במבנה. מומלץ לבחון את יישומן של ההמלצות האלה:

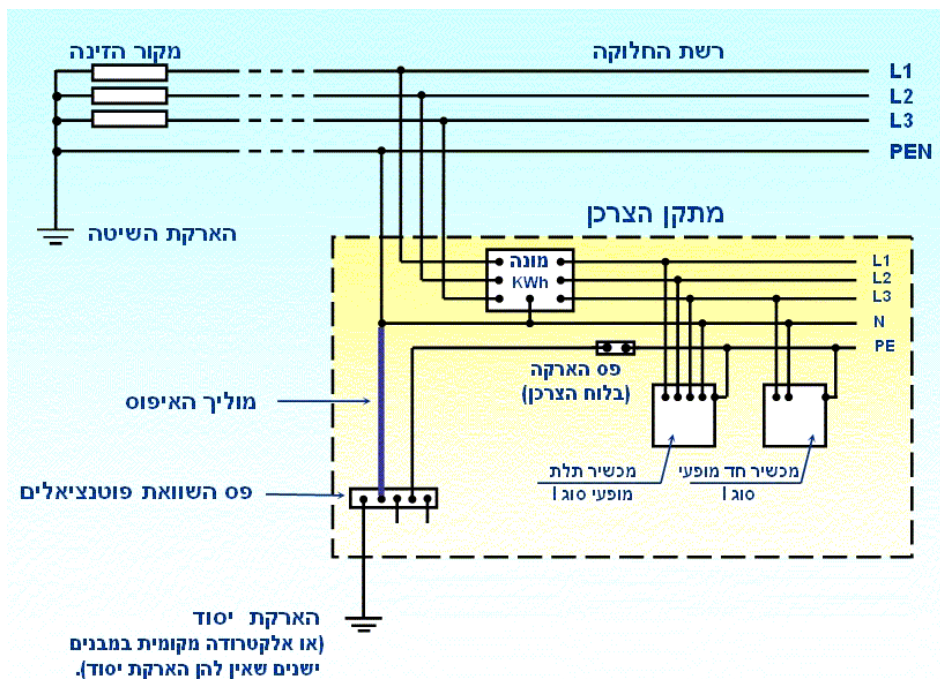
- במבנים שיש בהם מערכת הארקה אחת, יש לבצע איפוס יחיד.
- אין לחבר בין פסי השוואת הפוטנציאלים של שני מבנים המוגנים בפני חשמול באמצעות איפוס TN-C-S.
- במקרה שיש יסוד משותף לכמה מבנים או קיימים מבנים סמוכים שהארקת היסוד שלהם נמצאת בתחום ההשפעה האחד של האחר יש לבצע איפוס יחיד.
- במקרה של מבנים סמוכים המרוחקים זה מזה, שאין להם יסוד משותף, יש לבצע איפוס יחיד בכל אחד מהמבנים. האיפוס יבוצע בלוח הראשי של כל מבנה.

איפוס TN-S



איפוס TN-S (הפרדה מוחלטת בין אפס והארקה גם ברשת הזינה וגם במתקן הצריכה).

איפוס TN-C-S



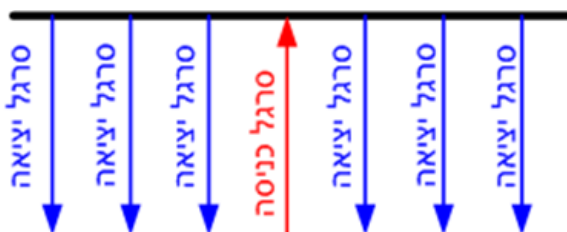
איפוס TN-C-S (הפרדה בין אפס והארקה גם ברשת הזינה וגם במתקן הצריכה מוליך משותף לאפס ולהארקה בכניסה לבית).

כאשר יש במבנה אזור ציבורי שניתן לבצע בו איפוס יחיד והארקת השיטה של מקור ההזנה מרוחקת מהמבנה, יש לבצע באזור הציבורי איפוס TN-C-S יחיד ולא לבצע כל איפוס נוסף במבנה. לדוגמה, בית דירות (עם חדר מדרגות משותף) בעל הארקת יסוד, הניזון מארון ספק החשמל המותקן במבנה. במקרה זה מבוצע איפוס TN-C-S באזור הציבורי בין הפה"פ הראשי של המבנה לבין פס האפסים שבארון חברת החשמל.

6. מתקני הולכה וחלוקה במתח נמוך

6.1. ארון שכוני לחלוקה מתח נמוך - 630 א' ו 910 א

- בארונות חלוקה יש להקפיד לחבר את ההזנה לצד הפנימי של פסי הצבירה, ואת היציאות בשני הצדדים של ההזנה, באופן שיתרום להפחתת עוצמת השדה המגנטי בסמוך לארון.
 - איזון עומסים בין היציאות שבצד שמאל לאלה שבצד ימין.
 - קרבת פס הניוטרל לפסים של הפאזות.
 - יש לבדוק רציפות הניוטרל והארקה.
 - יש לבדוק שאין בכבל ההזנה איפוס כפול.
- בנוסף:
- הרכבה של הלוח תתבצע במרחק מינימלי של מטר מקיר בניין מאוכלס
 - ניתן להקטין את המרחק בביצוע מיגון ללוח
 - הלוח חייב להיות משולט לפי דרישות
 - הלוח חייב להיות סגור ונעול





ארון חלוקה מפוליאסטר 910 א.- סידור פנימי עם הזנה באמצע

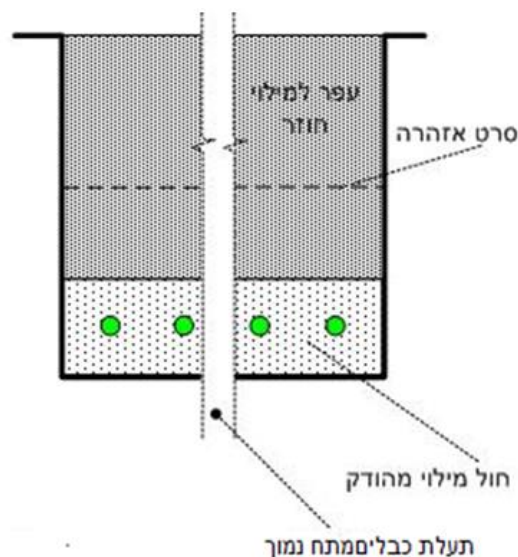
ערכי צפיפות השטף המגנטי, [mG]								מרחק אופקי מהדופן, [m]
בזרם אופייני (573 A)				בזרם נקוב (910 A)				
דופן שמאל	דופן קדמית	דופן ימין	דופן אחורית	דופן שמאל	דופן קדמית	דופן ימין	דופן אחורית	
61.2	1,676	105	2,189	97.2	2,661	166	3,474	0
14.0	189	26.5	210	22.2	300	42.1	333	0.3
6.6	67.4	13.2	71.2	10.4	107	21.0	113	0.5
1.6	10.4	3.5	10.6	2.5	16.5	5.5	16.9	1.0
0.6	2.8	1.3	2.9	0.9	4.5	2.0	4.6	1.5
0.3	1.1	0.6	1.1	0.4	1.7	0.9	1.7	2.0
0.1	0.5	0.3	0.5	0.2	0.8	0.5	0.8	2.5
0.1	0.3	0.2	0.3	0.1	0.4	0.3	0.4	3.0

ארון חלוקה 910 א. - ערכי צפיפות השטף המגנטי בקרבת המתקן

6.2. כבלי מתח נמוך תת קרקעיים

יש להרחיק ככל הניתן בין התוואי המשותף לכמה כבלי מתח נמוך ביציאה מתחנת השנאה פנימית ובין מבנים מאוכלסים.

המרחק בין כבל הקרוב למבנה ובין מבנה מאוכלס כשהכבל עובר לאורך המבנה יהיה 1 מ' לפחות. הנקודה העליונה של כבל מתח נמוך טמון בקרקע תהיה בעומק של 0.7 מטר.

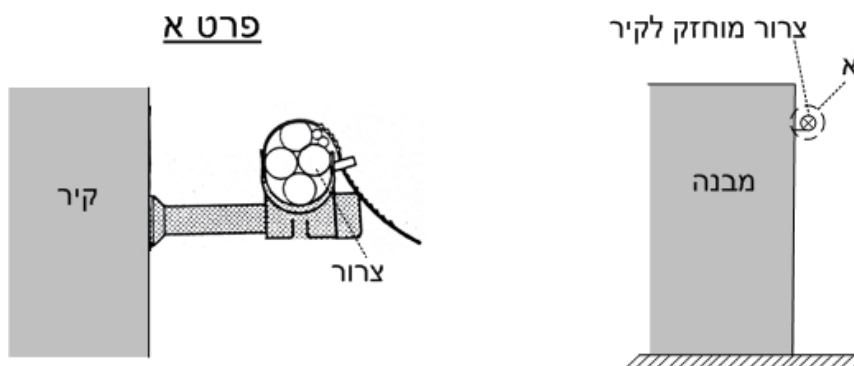


תעלת כבלים תת קרקעים

6.3. רשת תא"מ – תיל אווירי מבודד

6.3.1. רשת אווירית מתח נמוך מבודד (תא"מ) - צמוד למבנה

יש להרחיק ככל האפשר תוואי רשת החשמל מתח נמוך מבודדת (תא"מ) ממבנים מאוכלסים. המרחק האופקי המזערי בין מבנה מאוכלס לקו מתח נמוך המבודד בהרכבה צמודה לבניין יהיה 0.3 מ' לפחות והגובה המזערי של קו מתח נמוך המבודד במתלה מרבי מעל פני הקרקע יהיה 3 מ' לפחות.



מדריך להפחתת החשיפה לשדה מגנטי סביב מתקני חשמל

רשת אווירית מתח נמוך מבודד צמוד למבנה

6.3.2. רשת אווירית מתח נמוך מבודד (תא"מ) - על עמודים

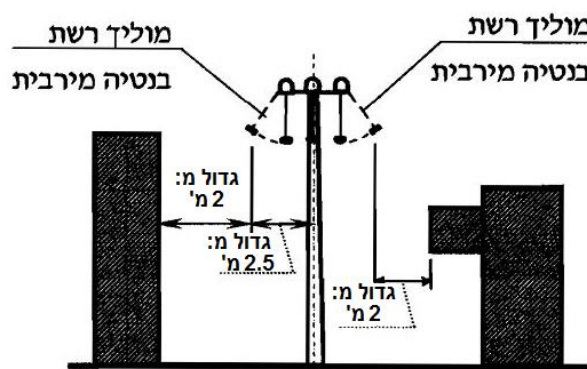
יש להרחיק ככל האפשר תוואי רשת החשמל מ"נ מבודדת (תא"מ) ממבנים מאוכלסים. המרחק האופקי המזערי בין מבנה מאוכלס לקו מתח נמוך המבודד בהרכבה צמודה לבניין יהיה 2 מ' לפחות והגובה המזערי של קו מתח נמוך המבודד במתלה מרבי מעל פני הקרקע יהיה 5 מ' לפחות.

6.3.3. רשת אווירית מתח נמוך חשוף

א. המרחק המינימלי של רשת מתח נמוך חשוף על עמודים, בקשת מרבית, לבניין מאוכלס יהיה 2 מטרים והגובה מעל פני הקרקע 5 מטרים לפחות.

ב. רשת כזאת לא תורכב כלל באזורים מאוכלסים או מיועדים לאכלוס.

ג. כאשר הרשת זקוקה לטיפול יסודי מומלץ להחליפה בכבלים תת קרקעיים.

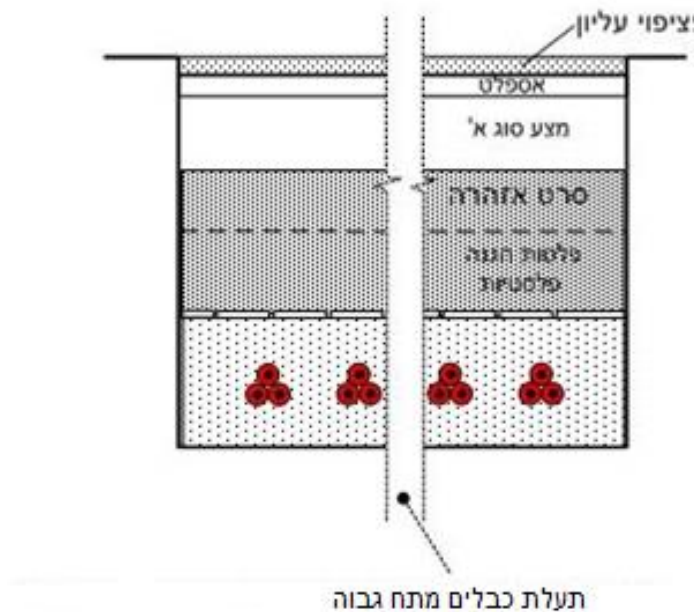


רשת אווירית מתח נמוך חשוף - המרחק לבית מאוכלס.

7. מתקני הולכה וחלוקה במתח גבוה

7.1 כבלי מתח גבוה תת קרקעיים

- א. יש להרחיק תוואי משותף לכמה כבלי מתח גבוה ככל הניתן ממבנים מאוכלסים.
- ב. המרחק בין כבל הקרוב למבנה ובין מבנה מאוכלס, כשהכבל עובר לאורך המבנה, יהיה 3 מ' וניתן לקטין את המרחק בהתקנת מיגון פסיבי.
- ג. המרחק בין הנקודה העליונה של כבל מתח גבוה טמון לפני הקרקע יהיה 1 מ' לפחות, פרט למקרים חריגים, שבהם, בסיוע מיגון נגד פגיעה פיזית ונגד התפשטות הקרינה, יהיה ניתן להפחית את המרחק.
- ד. את הכבלים יש להטמין בחול, מעל החול יש להרכיב פלטות הגנה ומעליהן יש להניח סרט סימון צהוב.
- ה. יש להניח את הכבלים בהרכבה משולשת ורק כאשר הדבר בלתי אפשרי בהנחה שטוחה.



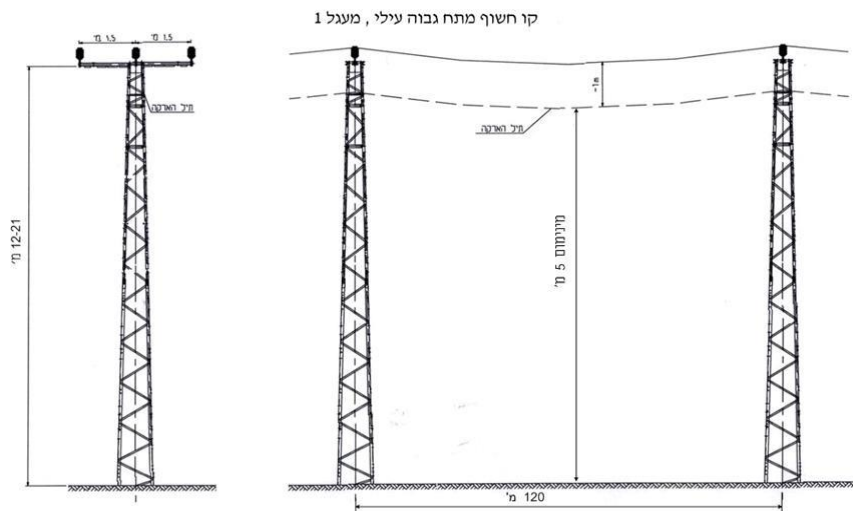
7.2 רשת עלית מתח גבוה

- א. מתקנים מסוג זה לא יוקמו באזורים מאוכלסים או שנועדו לאכלוס. זאת למעט במקרים שאין בהם סתירה לתוכנית מתאר ויש אישור של הרשות המקומית.
- ב. המרחק האופקי בין מבנה מאוכלס למוליך מתח גבוה קרוב, בקשת מרבית, יהיה 5 מ' לפחות. הגובה של קו מתח גבוה בעומס מרבי מעל פני הקרקע יהיה 5 מ' לפחות.
- ג. בקווים בעלי שני מעגלים או יותר יבוצע שיכול פאזות.
- ד. סדר העדיפויות להפחתת החשיפה מקו חד מעגלי הוא:
 - זרוע הרחקה שתותקן על עמוד
 - עליית גובה הקו

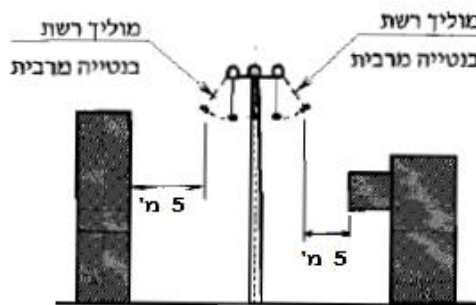
מדריך להפחתת החשיפה לשדה מגנטי סביב מתקני חשמל

- שינוי מבנה של הקו על ידי הוספת מעגל מקביל ושיכול פאזות

- הטמנת הקו



רשת הולכה מתח גבוה חשוף - מעגל 1



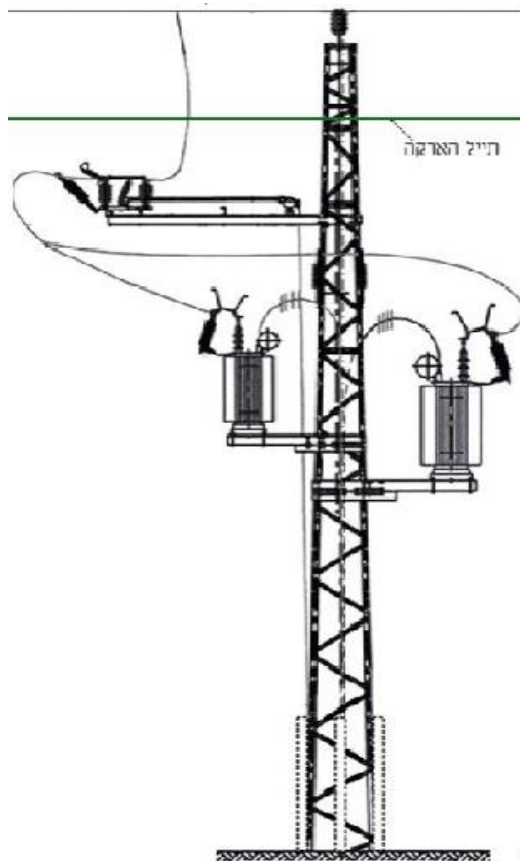
רשת הולכה מתח גבוה חשוף - מעגל 1

צפיפות השטף המגנטי, [mG]		מרחק אופקי מציר הקו, * [m]	גובה מהקרקע, [m]
בזרם אופייני (311 A)	בזרם מרבי (400 A)		
58.6	75.4	0.0	1.0
58.8	75.6	0.5	
58.1	74.7	1.0	
54.4	69.9	2.0	
48.3	62.1	3.0	
41.3	53.1	4.0	
34.4	44.3	5.0	
28.5	36.6	6.0	
25.9	33.3	6.5	
43.3	55.7	** 6.5	עד 15

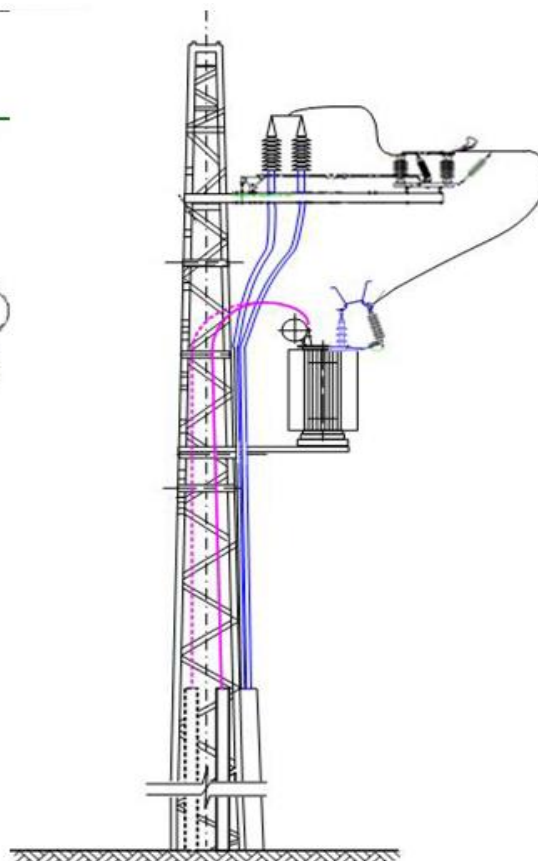
רשת הולכה מתח גבוה מעגל 1 - ערכי צפיפות השטף המגנטי בקרבת המתקן

7.3. תחנות השנאה חיצונית (על עמוד מתח גבוה)

- א. מתקנים מסוג זה לא יוקמו באזורים מאוכלסים או שנועדו לאכלוס, זאת למעט מקרים שאין בהם סתירה לתוכנית מתאר ויש אישור של הרשות המקומית, או במקומות שאין בהם אפשרות להקמת תחנת השנאה על הקרקע או מתחת לקרקע.
- ב. המרחק האופקי בין מבנה מאוכלס ובין חלק כלשהו של המתקן יהיה 6 מ' לפחות. הגובה המינימלי של השנאי מעל פני הקרקע יהיה 5 מ'.
- ג. השנאי צריך להיות מורכב על זרועות בצד הרחוק מהבניין.
- ד. במקרה של 2 שנאים, ציר ההרכבה יהיה מקביל לבניין.



שני שנאים על עמוד מתח גבוה



שנאי אחד על עמוד מתח גבוה

המשרד להגנת הסביבה

אגף למניעת רעש וקרינה



המשרד להגנת הסביבה
תחום קרינה בלתי מייננת

מדריך להפחתת החשיפה לשדה מגנטי סביב מתקני חשמל

צפיפות השטף המגנטי, [mG]		מרחק אופקי * [m]	גובה מעל הקרע, [m]
בזרם אופייני	בזרם מרבי		
5,884	7,573	** 0.5	1.0
393	507	*** 0.9	
259	335	1.0	
25.3	32.8	2.0	
7.6	10.0	3.0	
4.1	5.5	3.8	
10.3	13.3	3.8	עד 20

עמוד עם שנאי אחד 630 קו"א - ערכי צפיפות השטף המגנטי בקרבת המתקן

צפיפות השטף המגנטי, [mG]		מרחק אופקי * [m]	גובה מעל הקרע, [m]
בזרם אופייני	בזרם מרבי		
2,318	3,682	** 0.49	1.0
148	239	*** 0.9	
88.1	142	1.0	
10.6	13.9	2.0	
9.9	12.9	3.0	
9.4	12.1	4.0	
9.0	11.6	5.0	
8.5	10.9	6.0	
8.0	10.3	7.0	
7.7	10.0	7.5	
31.6	40.7	7.5	עד 40

עמוד עם שני שנאים 630 קו"א - ערכי צפיפות השטף המגנטי בקרבת המתקן

8. מתקני הולכה - מתח עליון

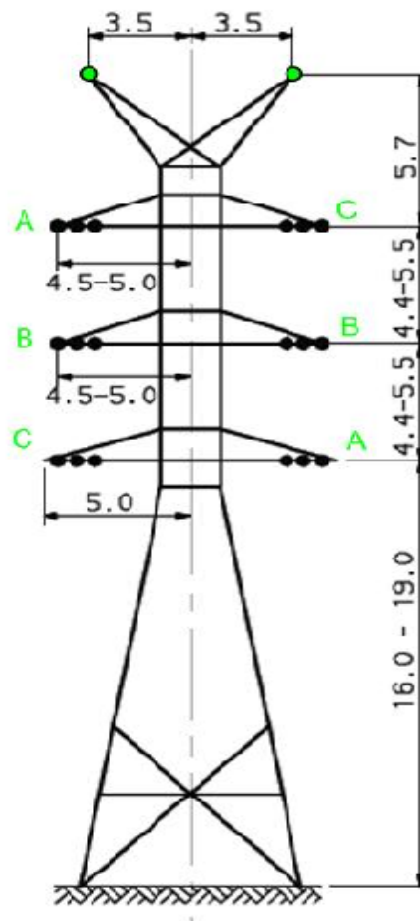
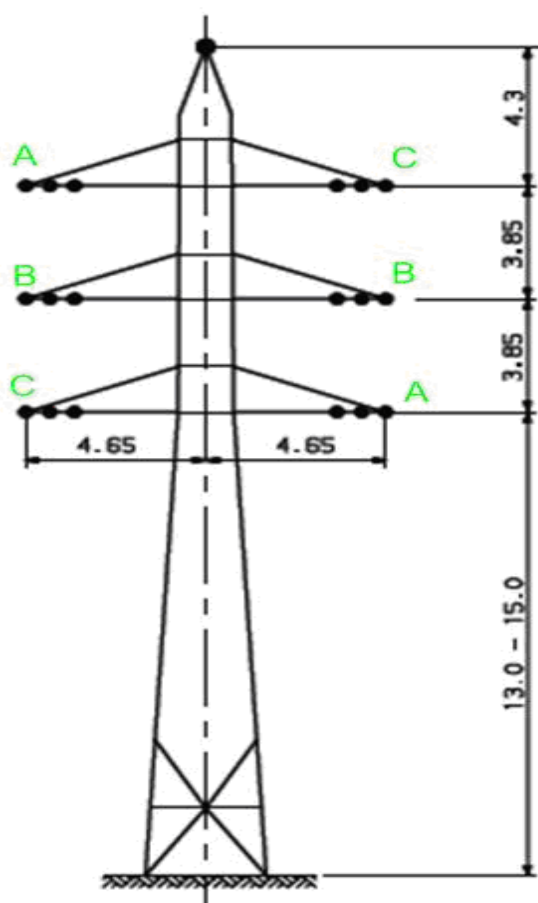
8.1 כבלים מתח עליון תת-קרקעיים

- א. יש להרחיק תוואי הכבלים מתח עליון ככל הניתן ממבנים מאוכלסים.
- ב. המרחק בין כבל הקרוב למבנה ובין מבנה מאוכלס, כשתוואי הכבלים עובר לאורך המבנה, יהיה 20 מ' לפחות בהתקנה שטוחה ו-10 מ' לפחות בהתקנה משולשת.
- ג. הנקודה העליונה של כבל מתח עליון טמון בקרקע תהיה בעומק של 1.7 מ'. הכבלים יורכבו בהתאם לשרטוט המצורף.

8.2 רשת עילית מתח עליון מתקנים מסוג זה לא יוקמו באזורים מאוכלסים או שנועדו

לאכלוס.

- למעט מקרים שיש דרישה לכך בתוכנית מתאר ואישור של הרשות המקומית.
- א. בין ציר הקו ובין המבנה המאוכלס הקרוב יהיה המרחק 20-60 מ' לפחות כתלות במבנה הקו.
- ב. גובה מינימלי מהאדמה של המוליך התחתון יהיה 11 מ' בזרם מרבי.
- ג. בקווים בעלי כמה מעגלים יבוצע שיכול פאזות כדוגמה בשרטוט המצורף.



מדריך להפחתת החשיפה לשדה מגנטי סביב מתקני חשמל

רשת הולכה מתח עליון שהי מעגלים - שיכול פאזות

צפיפות השטף המגנטי, [mG]				מרחק אופקי מציר הקו * [m]
בזרם אופייני (1,680 A) (תיל תחתון בגובה 8.9 m)		בזרם מרבי (3,000 A) (תיל תחתון בגובה 7.5 m)		
עד לגובה *** 40 m	בגובה ** 1m	עד לגובה *** 40 m	בגובה ** 1m	
	256		613	
	253		607	2
	239		579	4
	215		514	6
	183		424	8
	150		334	10
	121		258	12
	96.1		199	14
	76.6		155	16
	61.4		122	18
82.5	49.7	147	97.2	20

ערכי צפיפות השטף המגנטי ועוצמת השדה החשמלי בקרבת העמוד



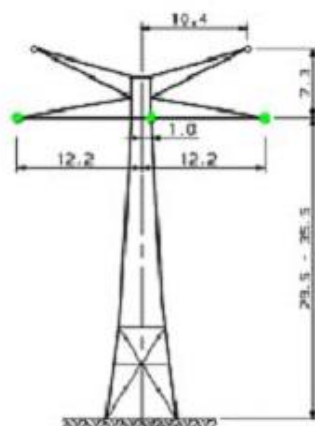
תמונה קווי מתח עליון

8.3. תחנות השנאה מתח עליון – למתח גבוה (תחמ"ש)

- א. יש למנוע גישת הציבור למתקני החשמל באמצעים פיזיים.
- ב. המרחק המינימלי בין גדר התחנה למבנה המאוכלס הקרוב יהיה 30 מ' לפחות.
- ג. ביציאה מהתחנה יש להקפיד על סידור אופטימלי של הפזות - שיכול פזות - במתח עליון ובמתח גבוה ולשמור על מרחקים מינימליים בין קווי חשמל לבניינים מאוכלסים

9. קווי הולכה מטח על

- א. מתקנים מסוג זה לא יוקמו באזורים מאוכלסים או שנועדו לאכלוס. זאת למעט מקרים שיש דרישה לכך בתוכנית מתאר ואישור של הרשות המקומית.
- ב. בין ציר הקו למבנה המאוכלס הקרוב יהיה המרחק 100-35 מ' כתלות במנה ועומס הקו. גובה המינימלי מהאדמה של המוליך התחתון יהיה 12 מ' בזרם מרבי.
- ג. בקווים בעלי 2 מעגלים או יותר יבוצע שיכול פזות.



דוגמא של קו מתח על

עוצמת השדה החשמלי, [V/m]		צפיפות השטף המגנטי, [mG]				מרחק אופקי מציור הקו
		בזרם אופייני (1,575 A)		בזרם מרבי (3,150A)		
עד לגובה *** 80 m	גובה ** 1m	עד לגובה *** 80 m	גובה ** 1 m	עד לגובה *** 80 m	גובה ** 1 m	° [m]
	3,298		243		486	0
	3,337		242		483	2
	3,288		238		475	4
	3,352		231		462	6
	3,702		222		443	8
	4,277		209		418	10
	4,697		193		386	12
	4,833		175		349	14
	4,676		155		310	16
	4,303		136		273	18
	3,816		119		238	20
	3,302		104		207	22
	2,816		90.6		181	24
	2,385		79.5		159	26
	2,015		70.2		140	28
	1,705		62.3		125	30
	1,447		55.7		111	32
	1,234		50.0		100	34
	1,142		47.5		95.0	35
1020	982	51.8	43.0	104	85.9	37

ערכי צפיפות השטף המגנטי ועוצמת השדה החשמלי בקרבת קו מתח על

10. תחנות ייצור חשמל

- א. יש למנוע גישת הציבור לתחנות ייצור חשמל באמצעים פיזיים.
- ב. המרחק המינימלי בין גדר התחנה למבנה המאוכלס הקרוב יהיה 30 מ'.
- ג. ביציאת קווי מתח מהתחנה יש להקפיד על סידור אופטימלי של הפזות - שיכול פזות, ולשמור על המרחקים המינימליים בין קווי חשמל לבניינים מאוכלסים.
- ד. מקורות הקרינה העיקריים בתחנה, פרט למקומות כניסה ויציאה של קווי המתח, יוקמו רחוק ככל האפשר מן הגדר החיצונית.

11.

מיגון בפני קרינה בלתי מייננת - תחום רשת החשמל

הקדמה

המשרד להגנת הסביבה פועל על פי עקרון הזהירות המונעת שהוגדר על-ידי WHO: גם בהעדר הוכחות מדעיות מספקות כיום לנזק בריאותי מגורם מסוים ו/או במצב שאין הוכחות ממשיות לנזק שנגרם, עדיין יש להפחית ככל האפשר, באמצעות הטכנולוגיות הקיימות ובעלות סבירה, את חשיפת הציבור לשדות מגנטיים מרשת החשמל ולצמצם את השטח שבו חלות מגבלות בנייה בגלל הקרינה. כיום יש המלצה של המשרד להגנת הסביבה ושל משרד הבריאות לתכנון של מתקני חשמל לפי סף של חשיפה ממושכת של 4 מיליגאוס ממוצע ביום שבו החשיפה היא הגבוהה ביותר. יש עדיפות ברורה לתכנון נכון של המתקנים כך שהחשיפה לקרינה סביבם תהיה הנמוכה האפשרית.

בהנחה שבכל זאת נידרש להפחית את רמות השדה המגנטי בגלל תשתיות החשמל באזורים מאוישים ברציפות, אחת השיטות הנפוצות היא ביצוע **מיגון קרינה פסיבי**.

שתי שיטות עיקריות לעקרון המיגון

- **מיגון פסיבי** - הפחתת השדה המגנטי על ידי ביצוע מיסוך בין מקור השדה המגנטי ובין האזור שבו יש לצמצם את רמות השדה המגנטי. המיסוך יתבצע עם חומרים בעלי מוליכות חשמלית ו/או מגנטית גבוהה מאוד, שיותקנו בתווך בין המקור הקורן לאזור שעליו יש להגן.
- **מיגון אקטיבי** - הפחתת השדה המגנטי על ידי יצירת שדות מגנטיים מנוגדים לשדות הקיימים בשטח הממוגן, באמצעות תילים נושאי זרם המבוקרים דרך מערכת חישה ובקרה. שיטה זו אפקטיבית בעיקר כשמדובר על קווי מתח חיצוניים.

מתי כדאי וצריך להשתמש במיגון קרינה פסיבי?

מיגון פסיבי הוא אפקטיבי יותר ככל שמבצעים אותו קרוב למקור הקורן ויעילותו פוחתת עם ההתרחקות ממקור השדה המגנטי. מה גם שככל שנמגן קרוב יותר למקור היוצר את השדה, יקטן שטח המיגון הדרוש.

דוגמאות נפוצות למקרים שמוטב להשתמש במיגון הפסיבי בפני קרינה:

- ✓ מיגון גומחת ארון חשמל שמאחוריו משרד.
- ✓ מיגון גומחת ריכוז מוני חשמל בגב דירת מגורים.
- ✓ מיגון תעלת כבלים הסמוכה לדירת מגורים.
- ✓ מיגון תקרה ו/או קירות ו/או רצפת חדר שנאים הגובלים בדירה/משרד.

מתי לא כדאי ולא צריך להשתמש במיגון פסיבי?

יעילות המיגון הפסיבי היא מיטבית בצמוד למקור השדה המגנטי, ופוחתת ככל שמתרחקים ממנו. אחת הסיבות העיקריות לירידה ביעילות המיגון עם ההתרחקות ממקור השדה היא תופעת העקיפה המתרחשת מעבר לגבולות התקנת המיגון הפסיבי. על כן ככל שהמיגון רחוק ממקור השדה יש להתקין שטח גדול יותר של מיגון פסיבי כדי להגן על אותו תא שטח. סיבה נוספת לדעיכת יעילות המיגון הפסיבי עם ההתרחקות ממקור השדה טמונה בעקרון העבודה של המיגון הפסיבי – ככל שהמיגון הפסיבי נחשף לרמות שדה מגנטי גבוהות יותר, הפרש השדות מלפניו ומאחוריו יהיה גדול ומשמעותי יותר. דוגמה קלאסית למקרה שאין טעם לבצע מיגון פסיבי היא כאשר רמות השדה המגנטי בבניין נובעות מתשתיות הולכת חשמל המרוחקות עד עשרות מטרים מהבניין. במקרה זה מיגון פסיבי כלפי מקור הקרינה לא יהיה אפקטיבי כלל, אלא אם כן ימוגן כל הבניין. סיבה נוספת לא להשתמש במיגון פסיבי היא במקרים שרמות השדות המגנטיים הגבוהות נובעות מתקלה ברשת החשמל ו/או מתכנון/ביצוע לקוי של תשתיות החשמל. במקרים אלה עדיף לתת פתרון ברמה התשתיתית, פתרון שהוא זול ויעיל הרבה יותר.

עקרונות העבודה של מיגון פסיבי

בניגוד לדעה הרווחת, לא ניתן למגן מפני שדות מגנטיים בתדר הרשת (50Hz) באמצעי הבנייה המקובלים, כגון בטון, גבס, ברזל בניין וכדומה. המיגון הפסיבי בפני השדות המגנטיים מתבצע רק על ידי שתי משפחות חומרים, שיכולות לעבוד כל אחת בנפרד או באופן משולב כדי לתת תוצאה מיטבית ומיגון יעיל יותר:

- חומרים בעלי מוליכות חשמלית גבוהה, כגון נחושת ואלומיניום.

- חומרים בעלי מוליכות מגנטית גבוהה, כגון פלדת סיליקון.

תכונת המוליכות החשמלית גורמת להתפתחות זרמים מושרים בלוח המיגון. זרמים אלה מחוללים שדה מגנטי המנוגד לשדה המקורי ובכך מנחיתים את השדות המגנטיים בסביבת לוח המיגון.

תכונת המוליכות המגנטית של החומר "מאלצת" את קווי השדה המגנטי לעבור דרך הלוח במקום בתווך שסביבו/מאחוריו, על ידי מתן תווך עדיף לסגירת לולאות קווי השדה המגנטי.

כאשר משלבים במיגון פסיבי חומרים שונים, מקבלים נוסף על התכונות הייחודיות לכל חומר תופעה נוספת של גלים חוזרים במעבר בין חומרים שאינם אחידים. כך מפחיתים עוד יותר את רמות השדה המגנטי מעברו השני של המיגון הפסיבי.

בהתקנת המיגון הפסיבי יש להתקין את השכבה בעלת המוליכות החשמלית הטובה, כגון אלומיניום, בצד הקרוב למקור השדה המגנטי, ואת השכבה בעלת המוליכות המגנטית הגבוהה (פלדת סיליקון) בצד הקרוב לאזור הממוגן. הסיבה לכך היא החשיבות של היווצרות זרמים גבוהים ככל הניתן בשכבה המוליכה, כדי ליצור שדות נגדיים גדולים ככל האפשר בלי להכניס את השכבה של מוליכות מגנטית לרוויה עקב שדות מגנטיים גבוהים מדי.

יש להקפיד שלא להשאיר רווחים בין לוחות המיגון הפסיבי, כדי לא לפגוע ביעילות המיגון הפסיבי ולמנוע "בריחה" של שטף מגנטי דרך הרווחים. יש להקפיד להאריק את לוחות המיגון הפסיבי כדי למנוע התחשמלות.

חובה להתקין בידוד בין החומרים כדי למנוע תגובה שלהם זה לזה, מה שיכול לגרום לשחיקה מואצת שתסתכם בירידת יעילות המיגון לאורך זמן.

למרות כל הדרישות והמורכבות של התקנת המיגון הפסיבי, מדובר על שכבת מיגון בעובי מילימטרים ספורים, עד 5 מ"מ.

היעילות של מיגון פסיבי

מיגון פסיבי לא מבטל ולא "חותך" את קווי השטף של השדה המגנטי, אלא מעוות אותם ומכוון אותם לאזורים אחרים מאלה הדורשים הגנה. לפיכך יעילות המיגון הפסיבי תלויה במספר רב של גורמים:

- **עוצמת השדה המגנטי**
- **מרחק התקנת המיגון ממקור השדה המגנטי**
- **חומרי המיגון**
- **הגדרה נכונה של אזורי התקנת המיגון**
- **חומרי הבנייה בסביבה הממוגנת**
- **מספר השכבות של חומרי המיגון במיגון**
- **מקצועיות ההתקנה של המיגון**
- **מבנה החדר/המבנה שמעוניינים למגן**

מיגון פסיבי מפני שדה מגנטי מצריך במקרים רבים הרבה ניסיון וידע, בייחוד כאשר יש למגן אזורים גדולים מאוד עם ריבוי מקורות שדה מגנטי. מסיבה זו חשוב להסתמך על חברות מקצועיות בעלות ותק וניסיון רב בביצוע עבודות מיגון פסיבי ולקבוע מדד הצלחה בביצוע המיגון.

מהו מפרט מיגון קרינה פסיבי

מפרט מיגון פסיבי הוא מסמך המפרט את רמות השדה המגנטי הצפויות/הקיימות באזורים השונים בסביבת מקורות הקרינה, ומגדיר את דרכי הפעולה הנדרשות להורדת רמות אלו אל הרמות הרצויות. כותב מפרט המיגון צריך להיות מקצועי ובעל ניסיון בתכנון ומעקב אחרי התקנות דומות של מיגון, כדי שיוכל לתכנן ולהתאים את המיגון הפסיבי הנדרש לצורכי הלקוח. בסופו של דבר המיגון צריך לעמוד ביעד הנדרש ממנו להנחתת השדה המגנטי לרמה הרצויה.

מפרט המיגון מפרט את האזורים שבהם יש להתקין את המיגון, את סוגי החומרים שבהם יש להשתמש ואת העקרונות להתקנתם. בסיכום מפרט המיגון הפסיבי ירוכזו בטבלה שטח הכיסוי הכולל הנדרש בחלוקה לאזורי היישום למיניהם (תקרות, קירות, רצפות, דלתות...), כמויות ומפרטי החומרים הנדרשים לביצוע המיגון (עובי, שטח כיסוי, תכונות חשמליות ומגנטיות וכו').

סיכום

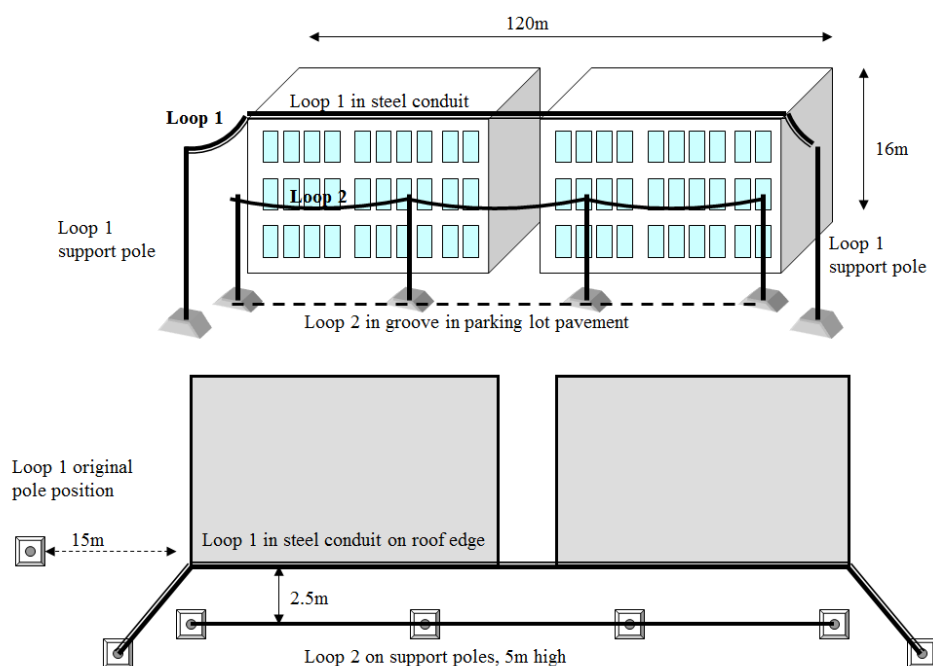
המבחן החשוב ביותר של המיגון הפסיבי הוא מבחן התוצאה, ולכן חשוב להגדיר מראש את היעדים הנדרשים מהמיגון. עמידה ביעדים חייבת להיכלל בהסכם העבודה עם קבלן המיגון ועל פיהם בין השאר תיקבע איכות העבודה ועמידתו בתנאי העבודה שהוגדרו לו.

מיגון אקטיבי להגבלת שדה מגנטי

זרמים בקווי הולכה וחלוקה מייצרים שדות מגנטיים דו-ממדיים, שכדי לבטלם צריך לייצר שדה מגנטי הפוך:

- בפזה
 - בכיוון אנכי ובכיוון ואופקי
 - רציף
 - דרישות אלו מחייבות:
 - יותר מלולאת זרם אחת
 - ניטור קבוע של השדה הסביבתי כמשוב למערך הביטול
 - יצירת שדה מנוגד לשדה המקורי
- הקטנה אקטיבית של השדה במקום אחד מגדילה אותו במקום אחר

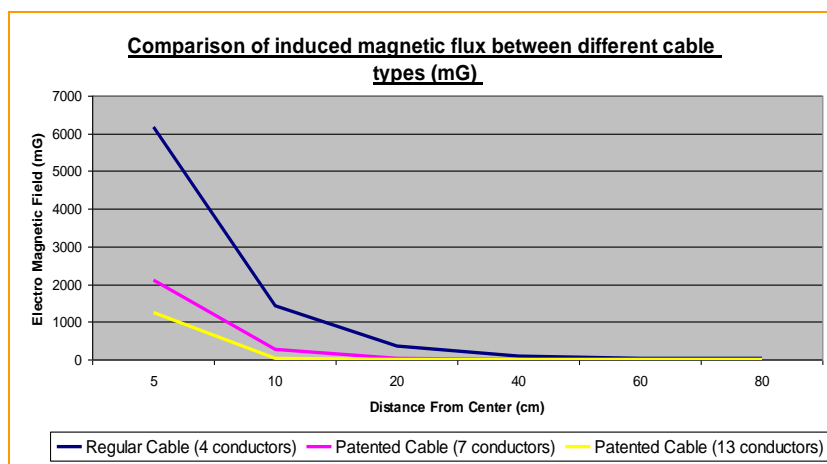
דוגמה - מיגון אקטיבי



12. כבל ירוק ולוחות חשמל מופחתים קרינה

12.1 טכנולוגיה

- הטכנולוגיה פותחה בארץ לפני כעשור על ידי פרופ' אירליצקי (ז"ל) ופרופ' גראץ והיא מוגנת בפטנטים בארץ ובחו"ל.
- בעיקרון, הטכנולוגיה מאפשרת העברת כוח בכבלים וחלוקתו בארונות חשמל, תוך מזעור השדה המגנטי הנוצר וכל זאת תוך ייתור הצורך בשימוש בטכנולוגיית סינון על הכבל או על ארונות החשמל.
- חשוב לציין כי יישום כולל של הטכנולוגיה גם בארונות חשמל ובאביזרי עזר בבית ובסביבת עבודה ("רב שקע", כבל מאריך וכדומה) מאפשר להציע פתרון כולל בסביבת עבודה ומגורים מרמת החיבור לשנאי ועד אחרון הכבלים המחוברים את המכשירים.



השוואת קרינה בין "כבל ירוק" לכבל רגיל

שנאים:

- הטכנולוגיה אינה יכולה להועיל במקרה של השנאי עצמו, היא חייבת להיות מיושמת ברמת החיבור בין הצרכן לשנאי. הטיפול בשנאים נעשה על ידי הרחקתם.

כבלים:

- הטכנולוגיה מיושמת בכל מגוון כבלי הכוח. מדובר בכבלים חד פזיים החל מ-1.5 מ"מ ובכבלים תלת-פזיים בכל החתכים הרלוונטיים.
- בשימוש פשוט ולא יקר ניתן לסלק עד-90% מהשדה המגנטי שנוצר סביב הכבל בעת ההולכה.

12.2 לוחות חשמל מופחתים קרינה מסוג ELMF

מדריך להפחתת החשיפה לשדה מגנטי סביב מתקני חשמל

הטכנולוגיה פותחה ויושמה בכבלי חשמל ואפשרה הורדה משמעותית של עוצמת השדה המגנטי המוקרן מכבלי חשמל. לאחרונה פותח על אותם עקרונות ארון חשמל מופחת קרינה. בדיקות שנערכו על ידי בודקים מוסמכים של המשרד להגנת הסביבה, מצביעים על הפחתה משמעותית בהשוואה לארונות חשמל רגילים.

זרם לפאזה (A)	עוצמת שדה נמדד במרחק 0.3 מטר (mGauss)	עוצמת שדה נמדד במרחק 1 מטר (mGauss)
125	3.5	2
250	7	4
400	11	6.4

עוצמת השדה המגנטי הממוצע שנמדד בסביבת הארון, המדידות בוצעו בגובה 1 מטר מבסיס הלוח.

זרם מאוזן 220 A		סוג הלוח
עוצמת שדה נמדד במרחק 0.3 מטר (mGauss)	עוצמת שדה נמדד במרחק 1 מטר (mGauss)	
31.7	6.8	סטנדרטי
13.5	3.2	ELMF
57.4%	52.9	שיפור באחוזים

טבלת מדידות השוואה בין לוח דל קרינה סטנדרטי ללוח ELMF

ניתן להבחין בהפחתת הקרינה המגנטית על ידי לוח ELMF בהשוואה ללוח דל קרינה סטנדרטי המשמש

סיכום

- הטכנולוגיה מפחיתה במידה ניכרת את עוצמת השדה בעלויות סבירות.
- יישום הטכנולוגיה פשוט יחסית כאשר מדובר במהלך התכנון והבנייה.
- בתכנון מוקדם ייתכן אף חיסכון ממשי בעלויות הבנייה, ובחשבון כולל יש להביא גם את השיקולים האלה:
- ניתן לחסוך בשטחי "הפרדה", סביב פיר מרכזי ונישות לארונות חשמל.
- עלייה בערך הנכס המסווג כנכס "ירוק".

מקורות 13.

- חברת החשמל – מדריך לאדריכלים
- ICNIRP-Exposure guidelines
- חברת החשמל - מדריך למתכנן
- חברת דגש – מיגון
- חברת דולב- מיגון אקטיבי
- Green Cables - כבלים ולוחות מופחתים קרינה