

# לוחות חשמל

כביר שרון – מנהל טכני



LOW VOLTAGE

בא ופוס ביז וולטג'ס וולט טג'ס

ILS

יזר אורגנז'ט'ון וולט טג'ס  
וולט טג'ס, וולט טג'ס, וולט טג'ס  
וולט טג'ס

SOLAR ENERGY

וולט טג'ס וולט טג'ס וולט טג'ס

ACTIVE

וולט טג'ס וולט טג'ס וולט טג'ס

ELECTRONICS

וולט טג'ס וולט טג'ס  
וולט טג'ס וולט טג'ס

VIMAR

וולט טג'ס וולט טג'ס וולט טג'ס

SMART HOME,  
AUDIO-VIDEO

וולט טג'ס וולט טג'ס וולט טג'ס  
וולט טג'ס וולט טג'ס וולט טג'ס

MULTIMEDIA

וולט טג'ס וולט טג'ס וולט טג'ס

# שרון כביר

## מנהל טכני

### חטיבת מתח נמוך

בני גאון 14, אזה"ת דרומי נתניה

ת.ד. 6262 מיקוד 4216102

ט. 09-8633000 נ. 052-6262979

פ. 09-8851250 [sharon@kahane.co.il](mailto:sharon@kahane.co.il)

[www.kahane.co.il](http://www.kahane.co.il)

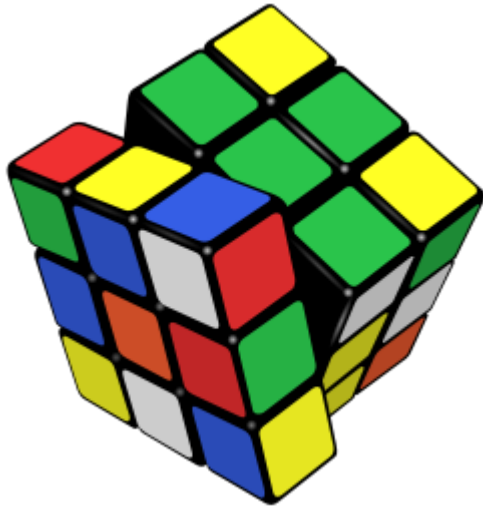
# מהו לוח חשמל ?

לוח חשמל הינו מסד המכיל ציוד חשמלי



# שלבים בבניית לוח חשמל

## תרשים עקרוני - כללי



פרוייקט

צרכים ודרישות לקוח

תכנון חשמלי

מכרז

קבלן זוכה

תכנון לוח (מפעל לוחות זוכה)

אישור סופי לביצוע

ביצוע עפ"י תקנים

אספקה לשטח

# שותפים לבניית לוח חשמל תקני

## יצרן מקורי:

מי שעסק בתכנון המקורי של "Assembly system" תיעד אותו בשרטוטים, חישובים, קטלוגים, ובמסמכים וסיפק הוראות הרכבה.



Original  
Manufacturer

## יצרן מרכיב:

מי שמרכיב לוחות חשמל ממערכות (System) עפ"י הוראות יצרן מקורי



Assembly  
Manufacturer  
(Panel builder)

## מתכנן / מזמין העבודה :

מאפיין את דרישות הלוח (תוכנית חד-קווית) ע"פ התקנים, אילוצים בשטח וכו'



Specifier

**לקוח סופי** – המשתמש שאצלו מורכב הלוח והוא אחראי לתפעולו ואחזקתו השוטפת



End-User

# הקשר בין הגורמים

מתכנן - מגדיר את הצרכים והאילוצים של תכנון, התקנה וכו'

מפעל לוחות - "יצרן מרכיב" - ייצור בהתאם לתקן

יצרן SYSTEM "יצרן מקור" מייצר את מבנה הלוח

לקוח סופי מתקין בשטח קבלן וכו'



# שיקולים כלליים בתכנון לוח חשמל

## שיקולי סביבה

- גודל מקום ההתקנה - רוחב, אורך, גובה,
- טמפרטורת סביבה, אבק, לחות, התקנה חיצונית/פנימית
- סוג המשתמשים - מנוסה, לא מנוסה, מאויש/לא מאויש



## שיקולים חשמליים

- מתח עבודה, זרם עבודה, זרמי קצר, מתחי יתר
- סוגי מפסקים (נדון בהמשך), יחידות הגנה
- דרישות מיוחדות - תקשורת, הפעלה מרחוק,

# לוחות חשמל - תקן 61439

## כללי - חוק החשמל

בחוק החשמל ותקנותיו פרק לוחות החשמל הינו מצומצם .

תקנות החשמל (התקנת לוחות במתח עד 1000 וולט), תשנ"א-1991 נוסח מלא ומעודכן	
פרק ב': דרישות כלליות	
כל מיתקן חשמלי יצוייד בלוח, אחד או יותר, בהתאם לתקנות אלה.	*.2
(א) לוחות יתאימו לפחות לתקנים שיחולו עליהם בנופודש בתקנות לפי החוק.	*.3
(ב) לוח יתוכנן בידי חשמלאי בלבד; לוח יותקן ויתוחזק בידי חשמלאי או בפיקוחו.	

חובת התקנת לוח  
תכנון, התקנה ותחזוקה של לוח  
תקי תשס"ח-2008

## מכון תקנים :

במדינת ישראל קיים גוף הנקרא מכון התקנים , שתפקידו לפקח על היצרן המרכיב ועל יצרן המקור ולאשר להם לסמן את הלוח בתו תקן . כעקרון - אין חובת פיקוח של מכון התקנים

רשימת "יצרנים מרכיבים" מונה כ 120 יצרנים שקיבלו את אישור הועדה במכון התקנים לסימון הלוחות בתו תקן - את המידע ניתן למצוא באתר מכון התקנים



# לוחות חשמל - תקן 61439

כללי

- על מנת שכל הגופים הקשורים ללוח החשמל "ידברו" באותה שפה .
- אימצו בישראל את התקן הבינלאומי לייצור לוחות חשמל : ת"י 61439 .
- מטרתו היא להגדיר ולתת כלים מדוייקים לבניית לוח חשמל .

## התקן מחולק עפ"י סוגי לוחות החשמל :

• IEC61439-0 - הנחיות להגדרת לוחות (יועצי חשמל / מתכננים)

• ת"י 61439 חלק 1 - **דרישות כלליות**

• ת"י 61439 חלק 2 - **לוחות הספק (חלוקה)**

• ת"י 61439 חלק 3 - **לוחות לאנשים לא מיומנים**

• ת"י 61439 חלק 4 - **לוחות לאתרי בניה**

• ת"י 61439 חלק 5 - **לוחות לחשמל ברשתות ציבוריות**

• ת"י 61439 חלק 6 - **מערכות פסי צבירה**

• IEC 61439-7 -שימושים מיוחדים: בריכות , מרינות, אתרי נופש, ירידים, תחנות טעינה לרכבים חשמליים.



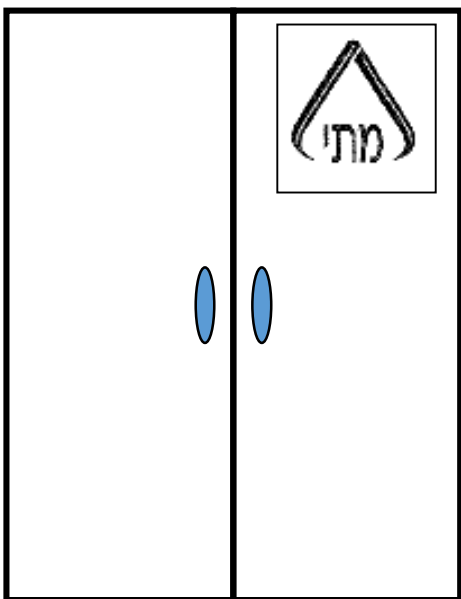
# ת"י 61439 הינו תקן רשמי בישראל

## לקוח סופי מחויב להזמין לוח תקני

והוא רשאי לבחור לוח המסומן בתו תקן או הצהרת יצרן

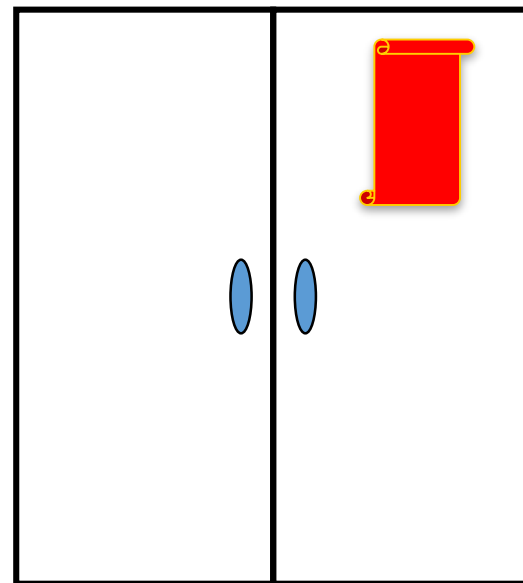


מדבקה מכון התקנים תו תקן  
כולל תהליך פיקוח ובקרה  
4 פעמים בשנה



לקוח סופי

הצהרת יצרן מרכיב  
שהלוח עומד בדרישות התקן



# לוחות חשמל - תקן 61439

**כללי**

בישראל חילקו את הגדלים של לוחות החשמל ל 3 חלקים :

- לוחות עד 250A - הרכבה SYSTEM או חישובים
- לוחות עד 1600A - הרכבה SYSTEM או תקן 2-61439
- לוחות מעל 1600A -הרכבה SYSTEM

**בנוסף, "החריגו" מספר נושאים**

**כיבוי אש**

**זרמי קצר**

**לוחות CI**

**לוחות ביתיים**



**מידע מעודכן ניתן למצוא באתרי האינטרנט**

# לוחות חשמל - תקן 61439

## דוגמאות לדרישות התקן

חשוב להדגיש כי אם אין דרישות מיוחדות ללקוח, התקן מגדיר ערכי ברירת מחדל.

בשקפים הבאים נציג מספר מועט של דוגמאות לדרישות מתוך התקן כגון:

• נתונים חשמליים

• נתונים מיכניים



# מידע שהמזמין צריך לספק ליצור הלוח

אפשרויות אפיון בהתאם לתקן או ע"פ החלטת המזמין/המתכנן	מספר סעיף בתקן	יכולת עמידה בזרמי קצר
	3.8.6	זרם הקצר הצפוי בכניסה ללוח ICP [KA] Prospective short-circuit current
התקן מניח שזרם הקצר הצפוי על פס האפס הוא לכל הפחות 60% מזרם הקצר הצפוי על פסי הצבירה	10.11.5.3.5	זרם הקצר הצפוי לפס האפס [KA]
לכל הפחות 60% מזרם הקצר הצפוי על פסי הצבירה	10.11.5.6	זרם הקצר הצפוי לפס הארקה [KA]
כן/לא על מנת להקטין את זרמי הקצר הצפויים ביתר חלקי הלוח	9.3.2	נתונים על מגביל ז"ק בכניסה ללוח SCPD in the incoming functional unit requirement

# מידע שהמזמין צריך לספק ליצור הלוח

אפשרויות אפיון בהתאם לתקן או ע"פ החלטת המזמין/המתכנן	מספר סעיף בתקן	יכולת הולכת זרם
מקדם RDF עבור קבוצה של מעגלים/מקדם RDF עבור המכלול כולו יקבע ע"י המתכנן או ע"פ הטבלה	5.3.3, 10.10.2.3, Annex E	מקדם העמסה <b>RDF</b> <i>Rated diversity factor</i>

מקדם העמסה RDF	מספר מעגלים
0.9	2-3
0.8	4-5
0.7	6-9
0.6	מעל 10

# מידע שהמזמין צריך לספק ליצור הלוח

אפשרויות אפיון בהתאם לתקן או ע"פ החלטת המזמין/המתכנן	מספר סעיף בתקן	נתונים כללים של המערכת החשמלית
TT, TN, TN-C, IT, TNS	5.5, 8.4.3.1, 8.4.3.2.3, 8.6.2, 10.5, 11.4	שיטת הארקה
415V 690V (מקסימום 1000v A.C. או 1500v D.C.)	3.8.8.1, 5.2.1, 8.5.3	מתח נקוב[V]
לוח ראשי – 8 KV לוח משני – 6 KV בחירת קטגוריה IV/III/II/I	5.2.4, 8.5.3, 9.1, Annex G	סיווג מתח אימפולס [KV] UIMP Transient overvoltages

# מידע שהמזמין צריך לספק ליצור הלוח

אפשרויות אפיון בהתאם לתקן או ע"פ החלטת המזמין/המתכנן	מספר סעיף בתקן	שיטת התקנה
שיטת ההרכבה-לוח עומד על הרצפה/תלוי על הקיר מגבלות מקום הרכבה וכדו'	3.3, 5.5	סוג ההתקנה
נייד / נייד	3.5	ניידות
	6.2.1	מידות ומשקל מקסימאליים
<ul style="list-style-type: none"> <li>• כבלים/פסי צבירה</li> <li>סטנדרטיים/מערכות סינוף פס"צ וכדו'</li> <li>• נחושת/אלומניום</li> <li>• חתך</li> <li>• כיוון הכניסה-תחתון/ עליון,</li> <li>קדמי/אחורי</li> <li>• דרישות מיוחדות</li> </ul>	8.8	כניסת כבלים ללוח



# מידע שהמזמין צריך לספק ליצור הלוח

		סביבת התקנה
התקנה פנימית/חיצונית, תנאי טמפרטורה יחודיים וכדו'	3.5, 8.1.4, 8.2	סביבת ההתקנה
לוחות להתקנה פנימית IP2X לוחות להתקנה חיצונית IP23 (מינימום) (IEC60529)		דרגת הגנה IP (בנוגע למוצקים/נוזלים)

# מידע שהמזמין צריך לספק ליצור הלוח

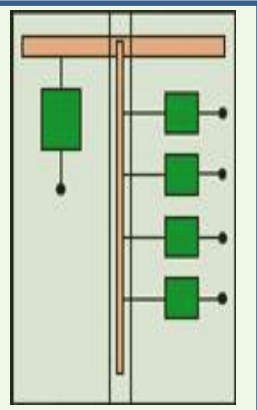
סביבת התקנה	מספר סעיף בתקן	אפשרויות אפיון בהתאם לתקן או ע"פ החלטת המזמין/המתכנן
עמידות בפני קורוזיה	10.2.2	דרגת חומרה A ללוחות מתכתיים להתקנה פנימית (Indoor), ודרגת חומרה B ללוחות מתכתיים להתקנה חיצונית (Outdoor)
טמפרטורת סביבה – תחום תחתון	7.1.1	Indoor: $-5^{\circ} \text{C}$ Outdoor: $-25^{\circ} \text{C}$
טמפרטורת סביבה – תחום עליון (רגעי)	7.1.1	$40^{\circ} \text{C}$
טמפרטורת סביבה – ממוצע יומי מקסימאלי	7.1.1, 9.2	$35^{\circ} \text{C}$
לחות יחסית מקסימאלית	7.1.2	Indoor: 50 % @ $40^{\circ} \text{C}$ Outdoor: 100 % @ $25^{\circ} \text{C}$
דרגת זיהום	7.1.3	דרגה 3 (ערך ברירת מחדל) לסביבה תעשייתית

# מידע שהמזמין צריך לספק ליצור הלוח

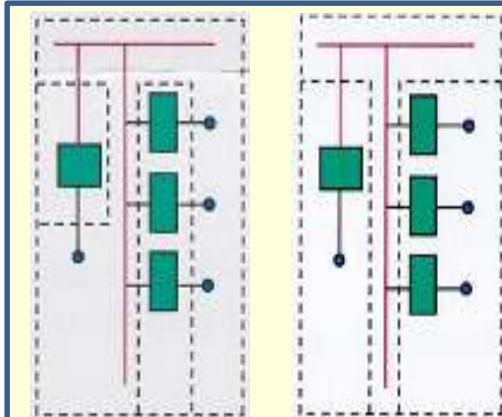
מספר סעיף בתקן		הוראות אחסון והובלה
6.2.2, 10.2.5, 8.1.7, 7.3		מידות, משקל, דרישות מיוחדות וכדו'
מספר סעיף בתקן		הסדרי הפעלה
8.4, 8.5.5, 8.4.2, 8.4.3.3, 8.4.6.2		גישה לציווד הפעלה ידני בלוח, בידוד/הפרדה של קבוצות צרכנים (שדות) וכו'
מספר סעיף בתקן	אפשרויות אפיון בהתאם לתקן או ע"פ החלטת המזמין/המתכנן	תחזוקה ואפשרויות שדרוג והרחבה
		גישה לאנשים מיומנים/בלתי מיומנים, הגנה מפני מגע מקרי בתחזוקה וכדו'
8.5.1, 8.5.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>•F - fixed connections;</li> <li>•D - Disconnectable connections;</li> <li>•W – withdrawable</li> </ul>	שיטת חיבור יח' פונקציונאליות בלוח (מעגל כניסה, מעגל יציאה, מגעי עזר)
	61439-2 Table 104	<b>בחירת דרגת מידור – FORM</b>

# מידע שהמזמין צריך לספק ליצור הלוח

## רמת מידור

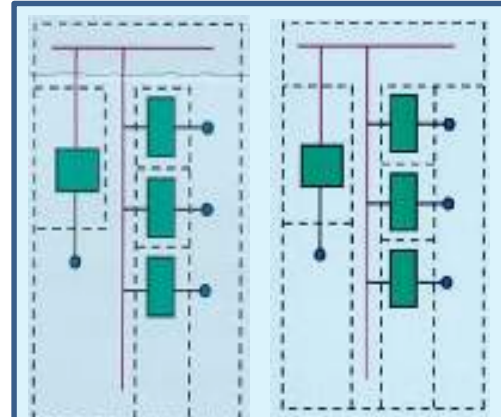


Form 1



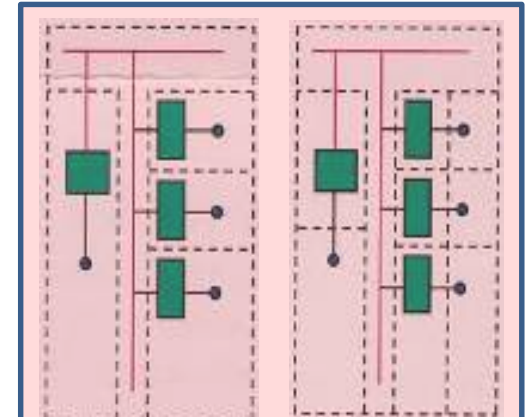
Form 2a

Form 2b



Form 3a

Form 3b



Form 4a

Form 4b

**תבנית 1 :** אין הפרדות בתוך המבנה

**תבנית 2a :** היחידות הפונקציונליות (ציוד המיתוג) מופרדות מפסי הצבירה, אבל לא החיבורים.

**תבנית 2b :** היחידות הפונקציונליות (ציוד המיתוג) והחיבורים מופרדים מפסי הצבירה, החיבורים אינם מופרדים אחד מהשני.

**תבנית 3a :** היחידות הפונקציונליות מופרדות אחת מהשניה ומפסי הצבירה, אך לא החיבורים.

**תבנית 3b :** היחידות הפונקציונליות מופרדות אחת מהשניה ומפסי הצבירה. החיבורים מופרדים מפסי הצבירה, אך לא אחד מהשני.

**תבנית 4a :** היחידות הפונקציונליות מופרדות אחת מהשניה ומפסי הצבירה. חיבורים באותו תא מופרדים אחד מהשני.

**תבנית 4b :** היחידות הפונקציונליות מופרדות אחת מהשניה ומפסי הצבירה. החיבורים מופרדים אחד מהשני ומהיחידות הפונקציונליות.

# מידע שהמזמין צריך לספק ליצרן הלוח

סיכום

ניתן לראות כי התקן מגדיר באופן ברור אלו נתונים על המזמין לספק ליצרן הלוח

המון יצרני לוחות "בונים" טובס קריא ופשוט עבור המזמין

דוגמא – סקר חוזה עברית

61439-1/Ed.2 © IEC:2010 - 65 -

**Annex C**  
(informative)

**User information template**

This annex is intended as a template for the identification of items necessary for the ASSEMBLY manufacturer which is to be provided by the User.

It is intended to be used and developed in the relevant ASSEMBLY standards.

**Table C.1 – Template**

User defined characteristic	Reference clause or subclause	Default arrangement b)	Options listed in standard	User requirement a)
<b>Electrical system</b>				
Earthing system	5.5, 8.4.3.1, 8.4.3.2.3, 8.5.2, 10.5, 11.4	Manufacturer's standard, selected to suit local requirements	TT / TN-C / TN-C-S / IT, TN-S	
Nominal voltage of the power supply (V)	3.8.6.1, 5.2.1, 8.5.3	Local, according to installation conditions	max 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c.	
Transient overvoltages	5.2.4, 8.5.3, 9.1, Annex G	Determined by the electrical system	Overvoltage category I / II / III / IV	
Temporary overvoltages	9.1	Nominal system voltage + 1200 V	None	
Rated frequency $f_n$ (Hz)	3.8.11, 5.4, 8.5.3, 10.10.2.3, 10.11.5.4	According to local installation conditions	d.c./50 Hz/60 Hz	
Additional on site testing requirements: wiring, operational performance and function	11.10	Manufacturer's standard, according to application	None	
<b>Short circuit withstand capability</b>				
Prospective short-circuit current at supply terminals $I_{sc}$ (kA)	3.8.6	Determined by the electrical system	None	
Prospective short-circuit current in the neutral	10.11.5.3.5	Max. 50 % of phase values	None	
Prospective short-circuit current in the protective circuit	10.11.5.6	Max. 50 % of phase values	None	
SCPD in the Incoming functional unit requirement	9.3.2	According to local installation conditions	Yes / No	
Co-ordination of short-circuit protective devices including external short-circuit protective device details.	9.3.4	According to local installation conditions	None	
Data associated with loads likely to contribute to the short-circuit current	9.3.2	No loads likely to make a significant contribution allowed for	None	
<b>Protection of persons against electric shock in accordance with IEC 60384-4-41</b>				
Type of protection against electric shock – Basic protection (protection against direct contact)	8.4.2	Basic protection	According to local installation regulations	
Type of protection against electric	8.4.3	According to local installation	Automatic disconnection of	

# לוחות חשמל - תכנון מבנה לוח לייצור

## תכנון מעשי לייצור

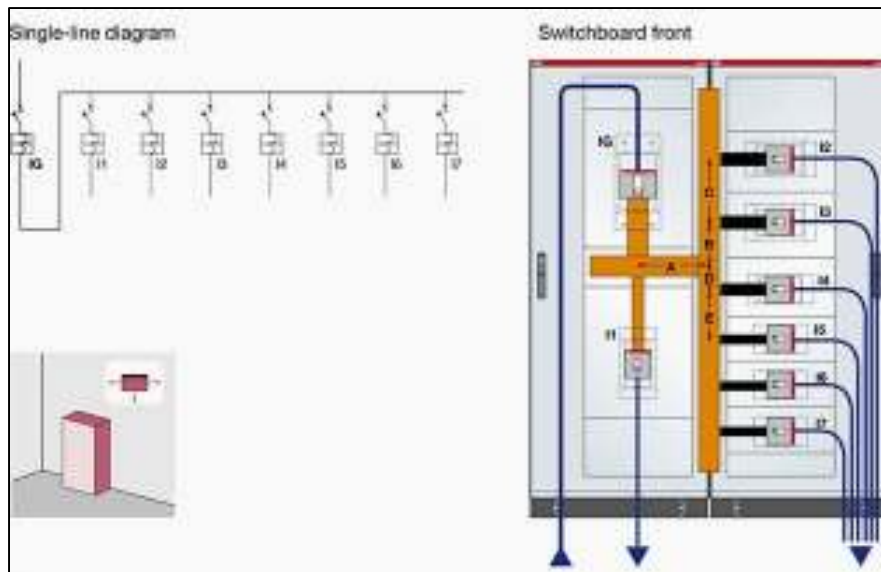
לאחר קבלת כל הנתונים מהמזמין .

מנהל הפרוייקט במפעל הלוחות , מכין תוכנית מפורטת לבניית הלוח.

תוכנית מפורטת , הנה התוכנית שעל פיה מרכיבים ומחווטים את הלוח בפועל

התוכנית תכלול בין היתר :

- תוכנית חד-קווית
- מראה חיצוני
- מראה פנימי
- לוח תרשים מהדקים
- מעגלי פיקוד ובקרה
- מעגלי כח
- וכל דרישה שקיימת



# לוחות חשמל - תכנון מבנה לוח לייצור

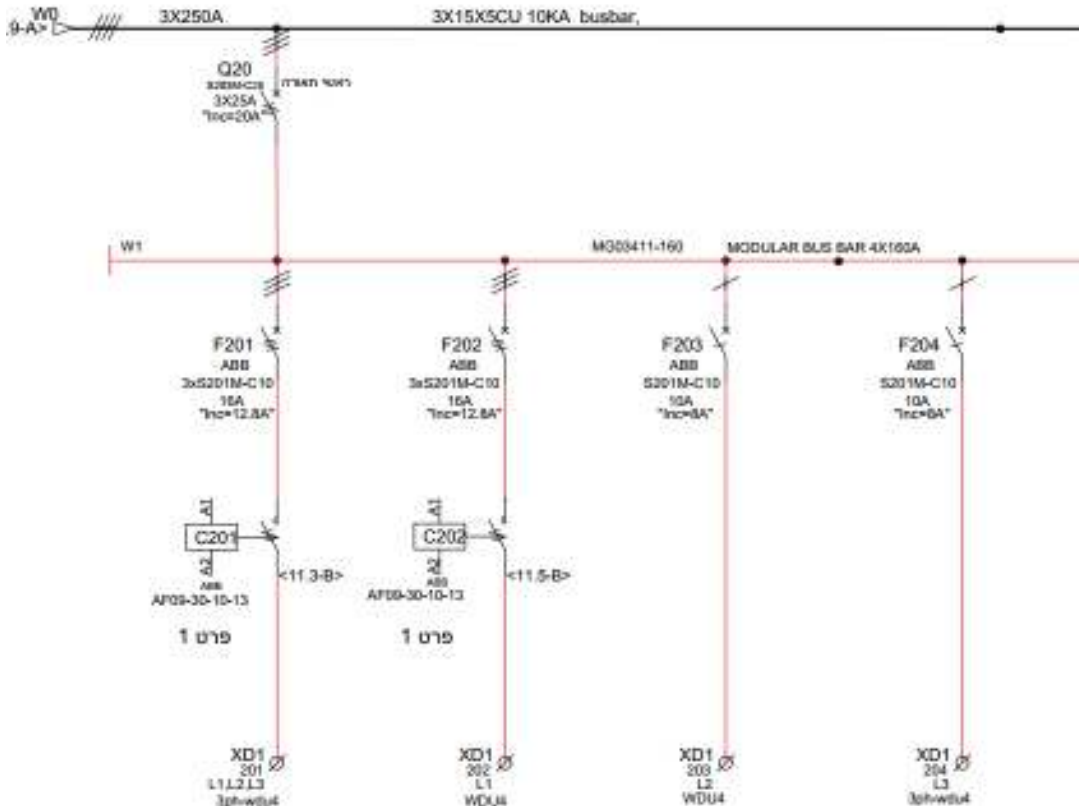
## תכנון מעשי לייצור - תוכנית חד קוית

תוכנית חד קווית הינה תרשים עקרוני  
המראה את החיבור החשמלי בין הרכיבים  
הקיימים בלוח החשמל .  
הן חיבורי כח והן חיבורי פיקוד .

### הערה :

ברוב המקרים בתכנית חד קווית  
יצוינו גם הנתונים הבאים :

- מספרי מעגלים
- סוג הציוד
- ז"ק צפוי
- זרם נקוב למעגל יציאה Inc
- גודל וסוג הכבלים



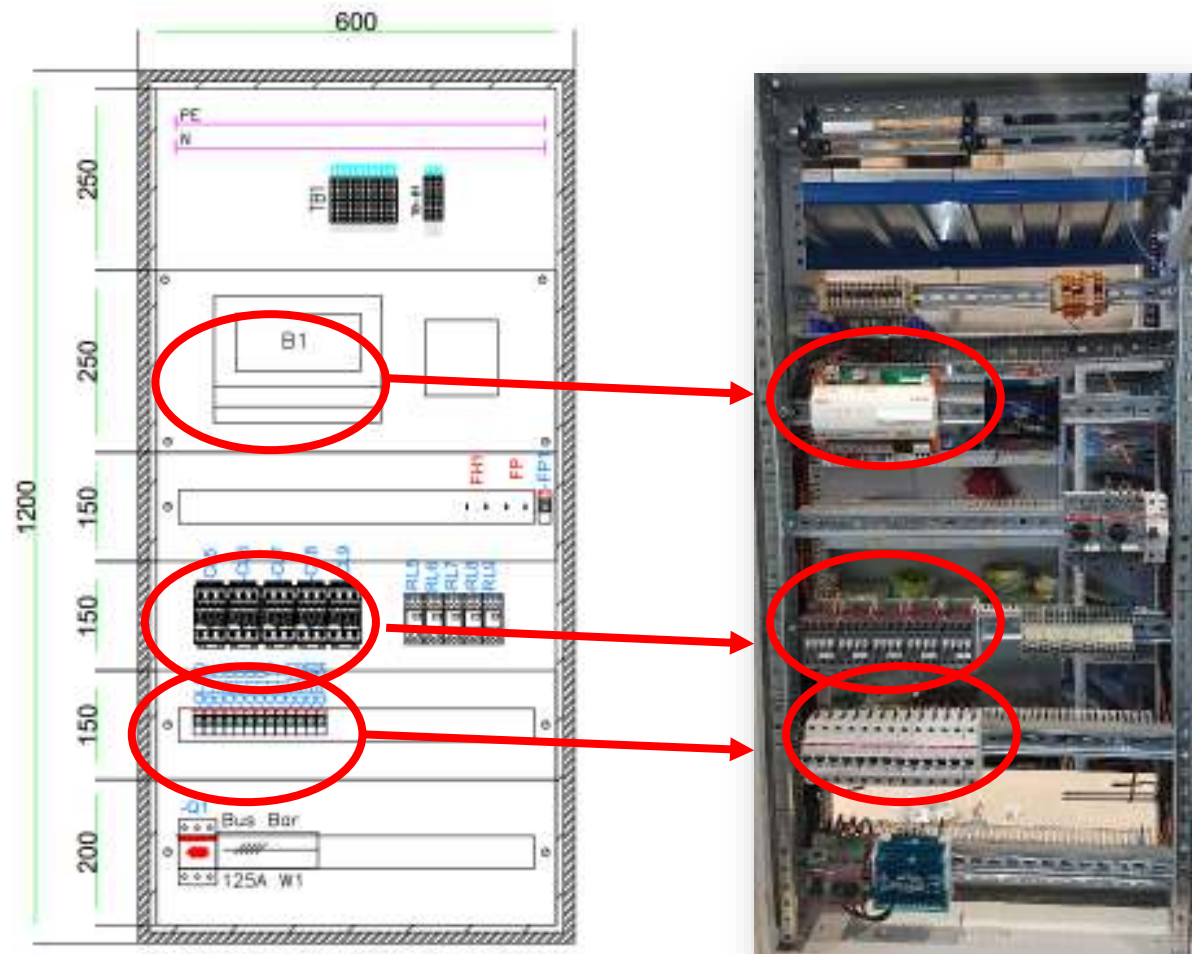
מס' מעגל	201	202	203	204
ציוד	חדר חשמל	חדר חשמל	חדר חשמל חירום	חדר שנאי

# לוחות חשמל - תכנון מבנה לוח לייצור

## תכנון מעשי לייצור - מראה פנים

מראה פנים, מציג באופן מדוייק את מיקום הרכיבים בתוך לוח החשמל.

מראה פנים, משקף את הקשר, בין הציוד המופיע בתוכנית חד קווית לביצוע בפועל



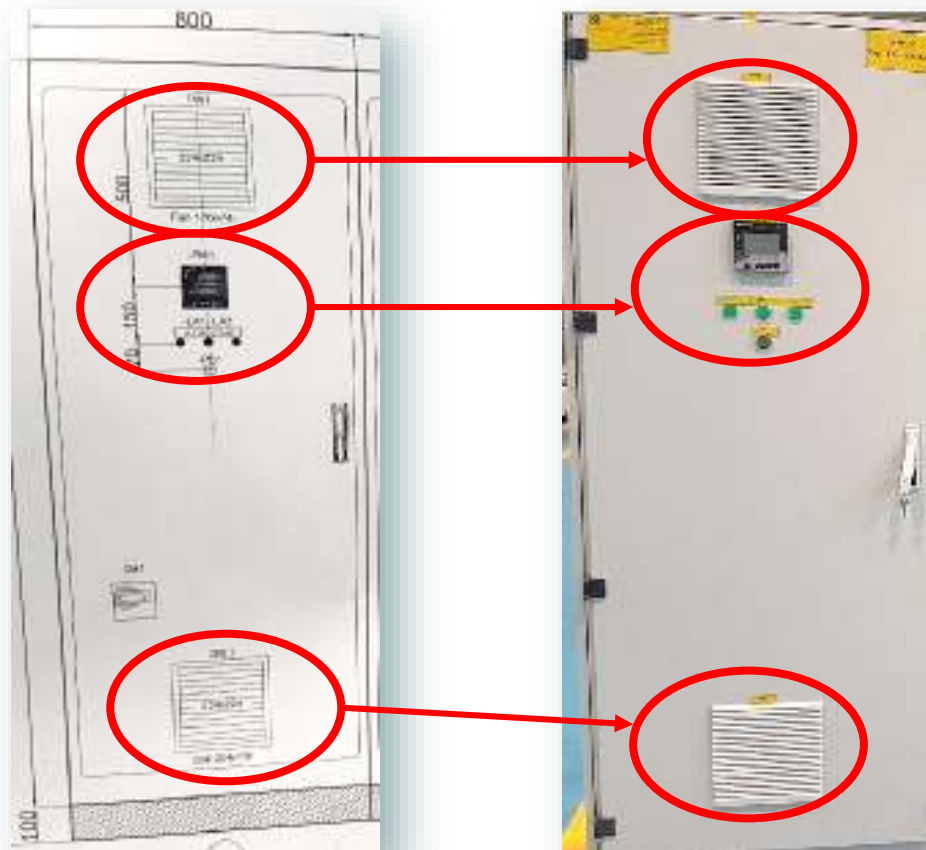


# לוחות חשמל - תכנון מבנה לוח לייצור

## תכנון מעשי לייצור - מראה חוץ

מראה חוץ, מציג באופן מדוייק כיצד יראה הלוח חשמל מבחוץ.

מראה חוץ מציג את מיקום הנורות סימון, בוררים, מכשירי מדידה וכו'.





# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

## ייצור מעשי - כללים לחיווט

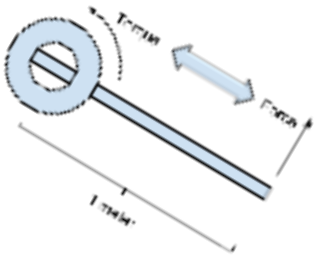
לאחר כל התכנונים והנפקת תוכניות לביצוע . מתחילים בהרכבת הלוח ובחיווט

- חיווט (חיבור חוטים) עם שטחי חתך המתאימים לזרמים ולגודל המפסקים.
- חיזוק ברגים של הציוד עפ"י הוראות .
- שימוש בציוד תקני כגון : מהדקים/אביזרים/סופיות וכו' .
- הקפדה להתקנת כיסויים עבור ציוד חשמלי למניעת התחשמלות .



# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

ייצור מעשי - כלי עבודה - מד מומנט



מד מומנט הינו מכשיר המודד את עוצמת החיזוק (סגירה) של ברגים  
חוזק זה נמדד ביחידות **Nm (Newton meter)** .

קיימת חשיבות רבה בבחירת האביזרים הנכונים  
והתאמתם לגודל הכבלים המתחברים למפסק .  
חשיבות זו מתבטאת ביכולת העברת הזרמים וכמובן  
מבחינה בטיחותית .  
לאחר בחירת שטחי חתך ומחברים מתאימים ,  
עלינו לחזק את הברגים עפ"י החוזק שקבע היצרן .



# שיקולים כלליים בתכנון לוח חשמל

## סיום בניית הלוח

לאחר סיום הבניית הלוח - על היצרן המרכיב לבצע מספר בדיקות בדיקות אלו נקראות: "בדיקות שגרה"

## דוגמא למספר בדיקות:

- דרגת ההגנה – בדיקה ע"פ תקן .
- מרחקי בידוד וזחילה – בדיקה ויזואלית ואימות הטבלה .
- הגנה בפני התחשמלות – בדיקה ויזואלית ובדיקת רציפות הארקה .
- הרכבת אביזרים בלוח - בדיקת התאמה להוראות היצרן המקורי או ספק הציוד .
- חיבורים בלוח - בדיקה מדגמית (אקראית) של סגירת הברגים , בעזרת מד מומנט .



# שיקולים כלליים בתכנון לוח חשמל

## סיכום

לאחר ביצוע בדיקות שגרה ווידוא כי הכל תקין .

על פי התקן , מחוייב יצרן הלוח, לספק את הלוח עם מסמכים הקשורים ללוח החשמל

## דוגמא למספר מסמכים :

- דוח בדיקת שיגרה לפי התקן.
- הוראות הובלה ואחסנה.
- טבלאות מומנטים לסגירת ברגים.
- ספר הוראות התקנה והפעלה.
- תוכניות מעודכנות.
- הצהרת יצרן שהלוח בנוי לפי התקן.
- נתונים חשמליים.



**לוחות חשמל - ביצוע בפועל**

**ייצור מעשי - תמונות מהמציאות**

**בשקפים הבאים נציג תמונות עם**

**טעויות נפוצות בחיווט לוחות**

# לוחות חשמל - ביצוע בפועל



**ייצור מעשי - כללים לחיווט**

**שימוש בנעלי כבל תקינים !!!**

**נעל כבל לא תקינית**



**נעל כבל תקין DIN**

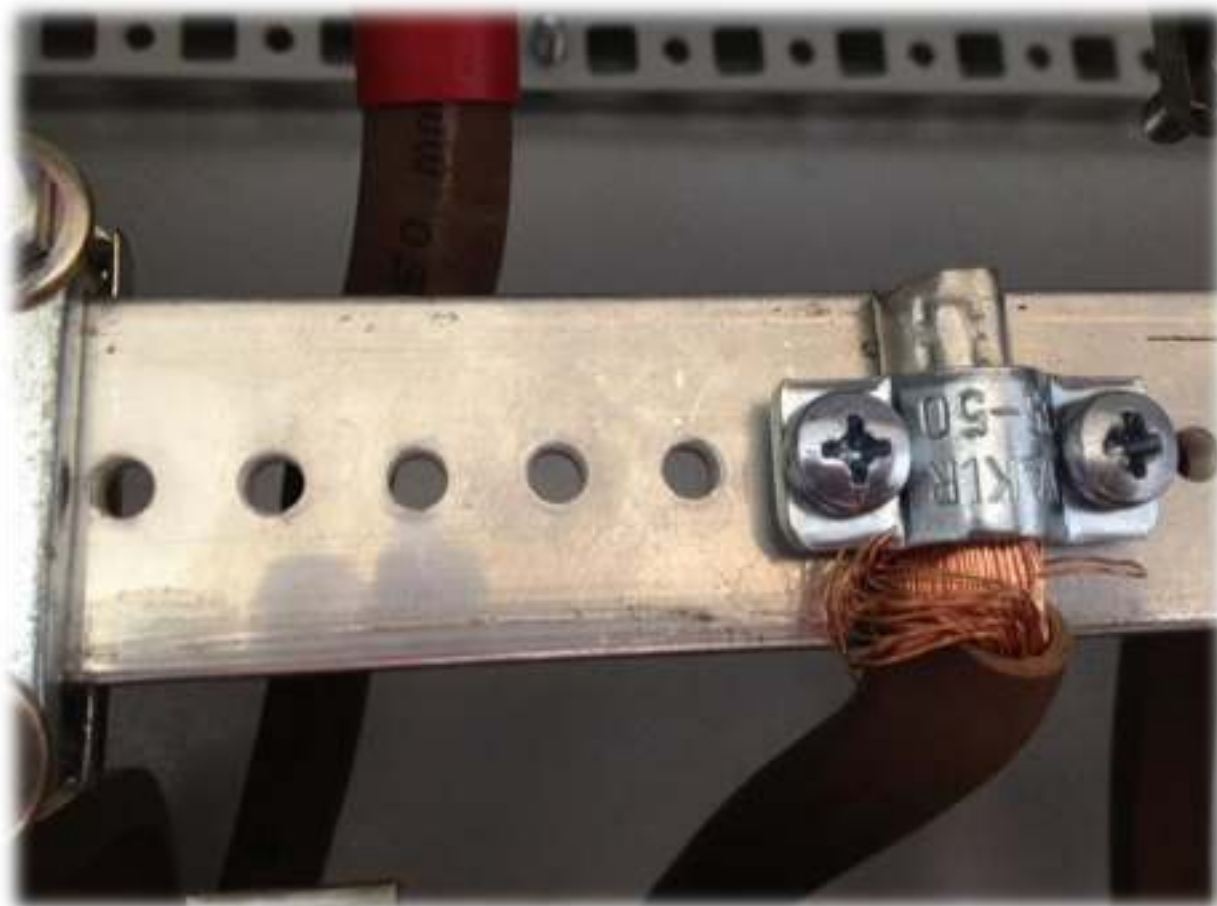




# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

## ייצור מעשי - כללים לחיווט

נשירת שיער (-): גילוף וחיבור לא תקני



# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

## ייצור מעשי - כללים לחיווט

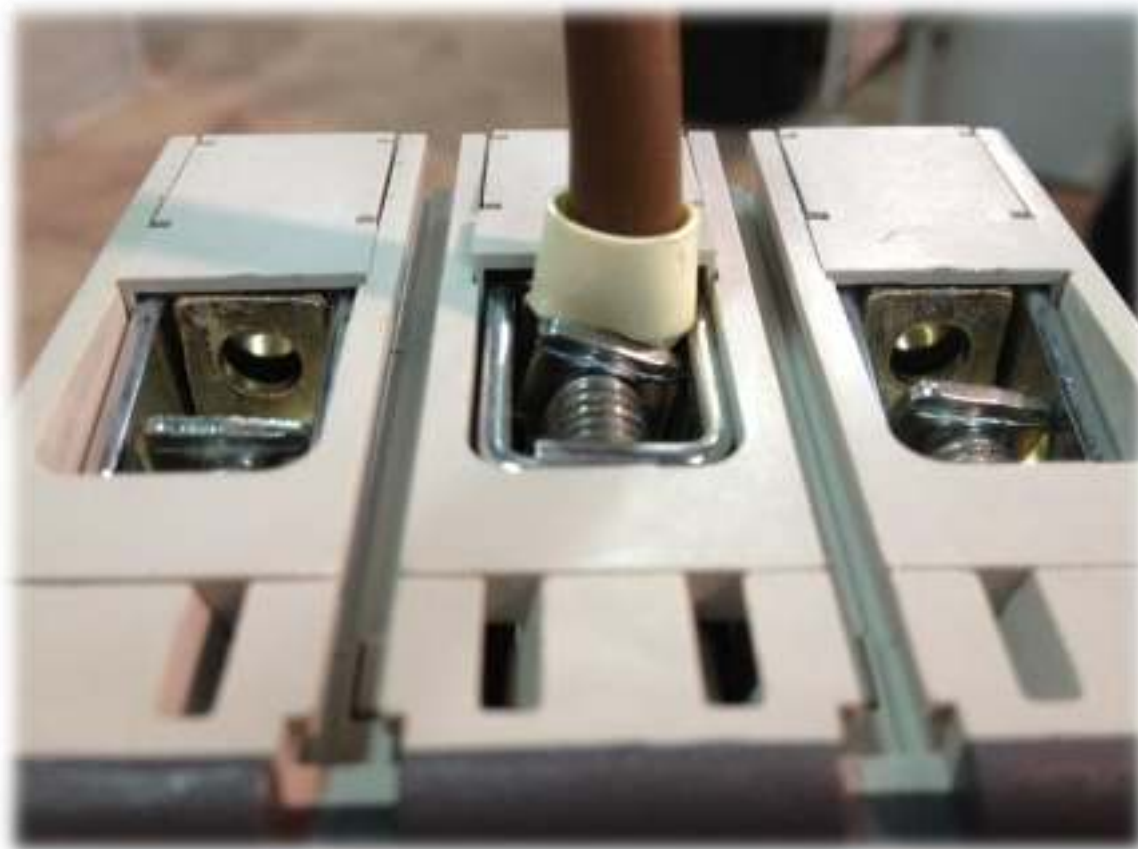
### לחיצה לא תקינה



# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

**ייצור מעשי - כללים לחיווט**

**סגירה לא נכונה של הבורג על הבידוד !**



# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

ייצור מעשי - דוגמאות

חיזוק לא נכון - מתכון לאסון



# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

## ייצור מעשי - דוגמאות



**ביצוע נכון**



**תעלות עמוסות בחוטים  
(חימום יתר)**

- בעיות אפשריות:
- ירידת ערך הבידוד מ  $0.5M\Omega$  כתוצאה מחימום.
- **בתעלה מחורצת** - עדיף עד לחתך של  $\varnothing 16$ .
- צריך להשאיר בכל תעלה 20% מקום חופשי לפחות.
- צריך להימנע לאגד בלפף חוטי כוח.

# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

**ייצור מעשי - דוגמאות**

**אין הגנה מפני מגע מקרי**



# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

**ייצור מעשי - כללים לחיווט**

**ביצוע חורים גדולים מידי - הרס והקטנת שטח מגע**



# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

**ייצור מעשי - דוגמאות**

**התקנה הפוכה של נעל כבל**





# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

**ייצור מעשי - דוגמאות**

**כיסוי מגעים לא תקני (מקורי)**



**הערה :**

**מותר ליצור כיסוי**

**שמאושר עפ"י**

**יצרן מקור !**

**או עומד בדרישות**

**התקן**

# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

**ייצור מעשי - דוגמאות**

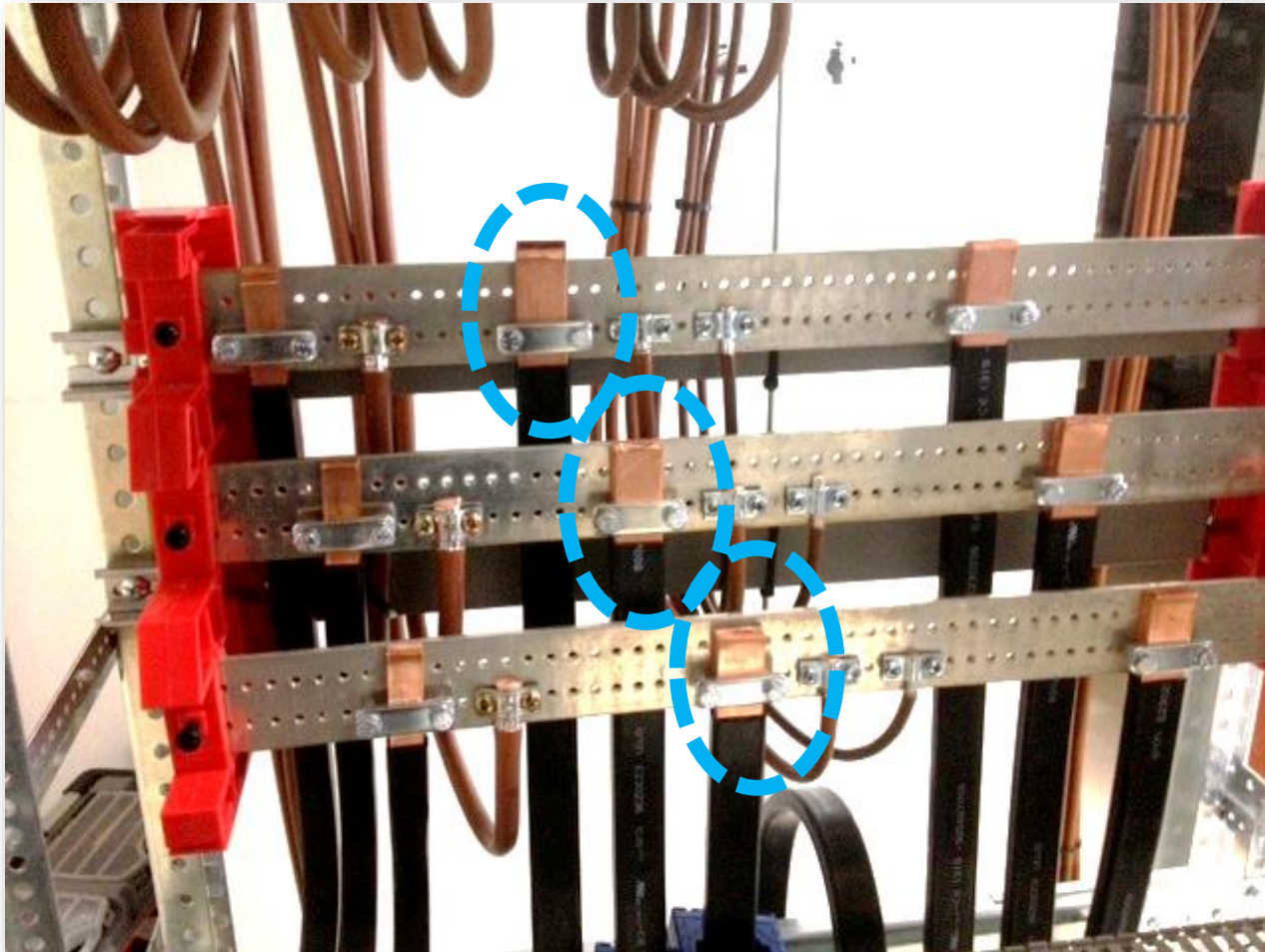
**חיבור נחושת למחבר לא מתאים**



# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

ייצור מעשי - דוגמאות

## חיבור לחצי מפס הנחושת



# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

## ייצור מעשי - דוגמאות

נחושת קרובה מידיי לגוף הלוח (סכנת פריצה וקצר)



# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

## ייצור מעשי - דוגמאות

נחושת קרובה מידיי לגוף הלוח (סכנת פריצה וקצר)



# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

**ייצור מעשי - דוגמאות**

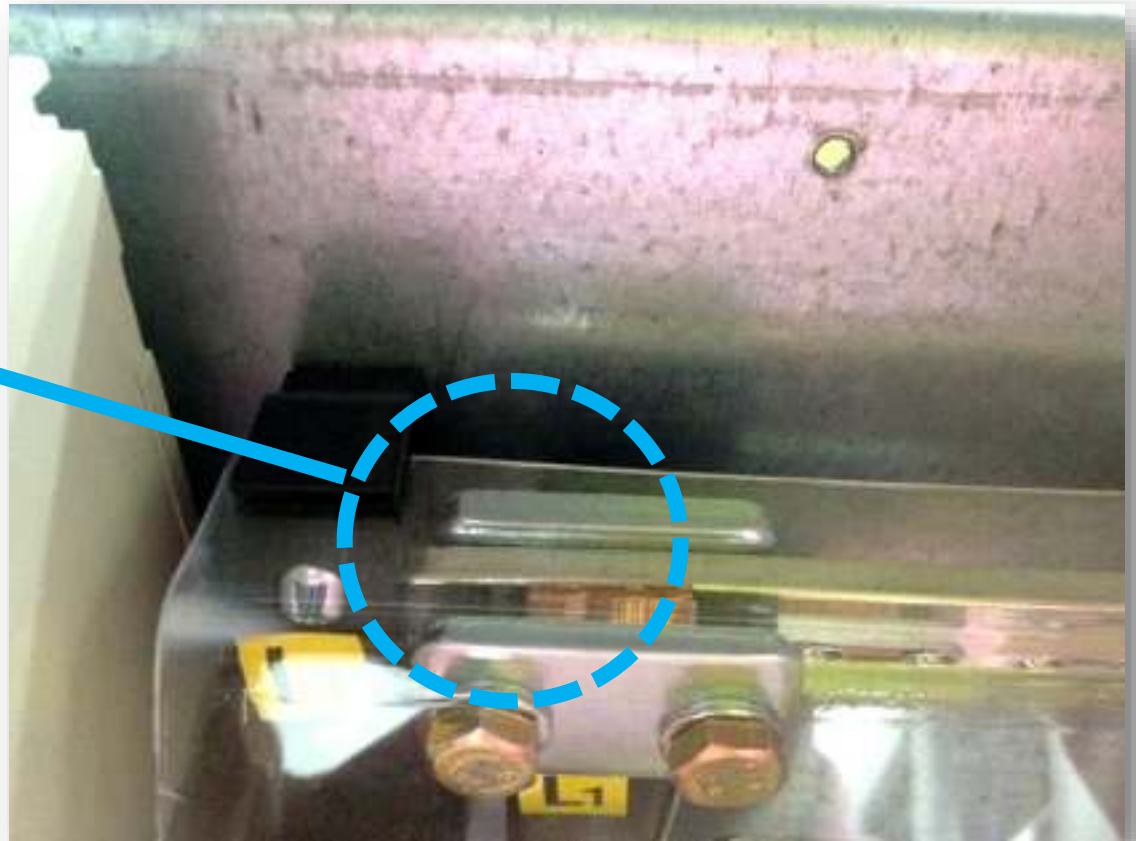
**חסר מבודד - עומס יתר על מחבר המפסק**



# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

**ייצור מעשי - דוגמאות**

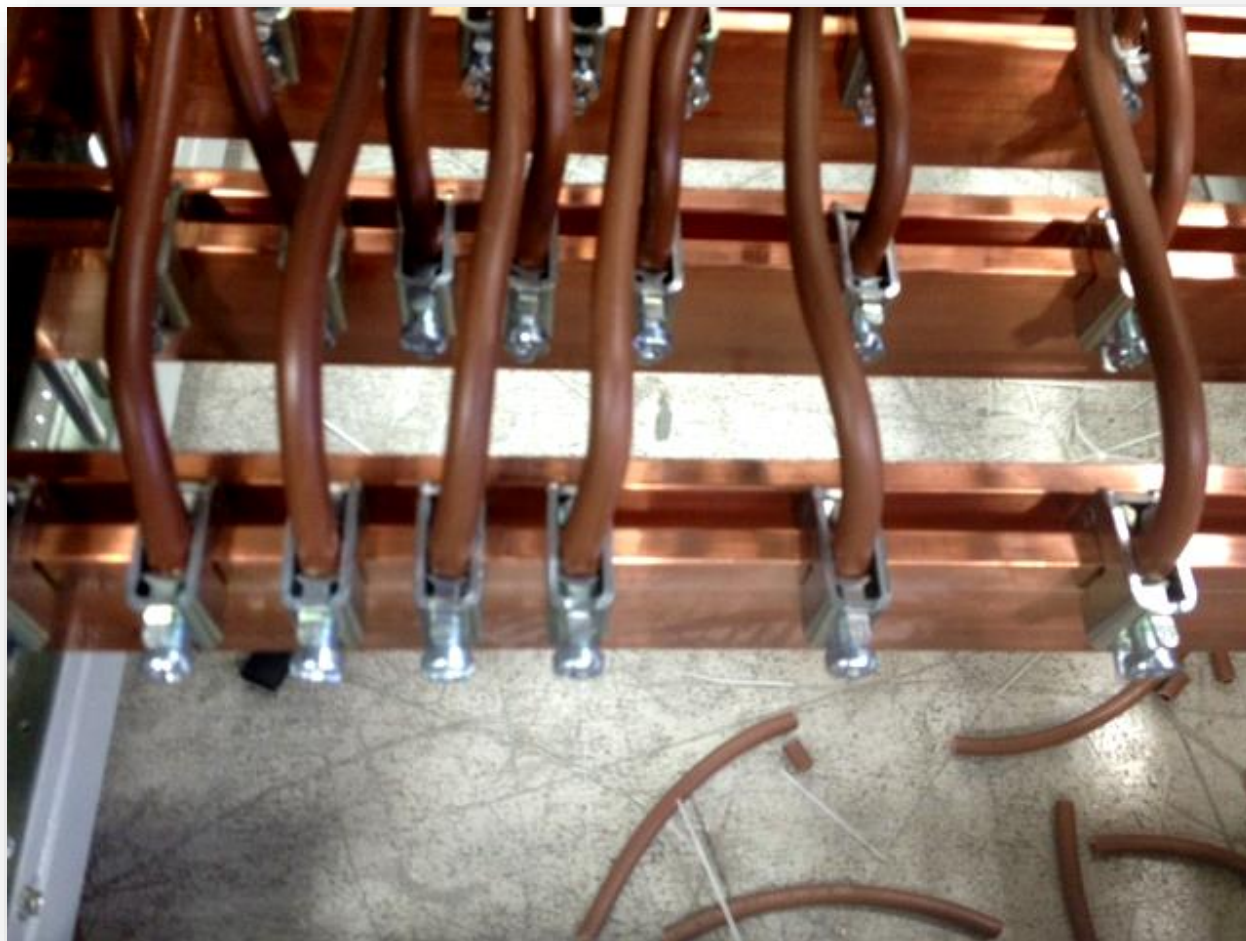
**נחשת קרובה מידיי לגוף הלוח  
(סכנת פריצה וקצר)**



# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

**ייצור מעשי - דוגמאות**

**חיבור גידים רק לאחד מפסי הצבירה**





# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

**ייצור מעשי - דוגמאות**

**הרכבה הפוכה של פנל איזור**



**הפוך גוטה !!**

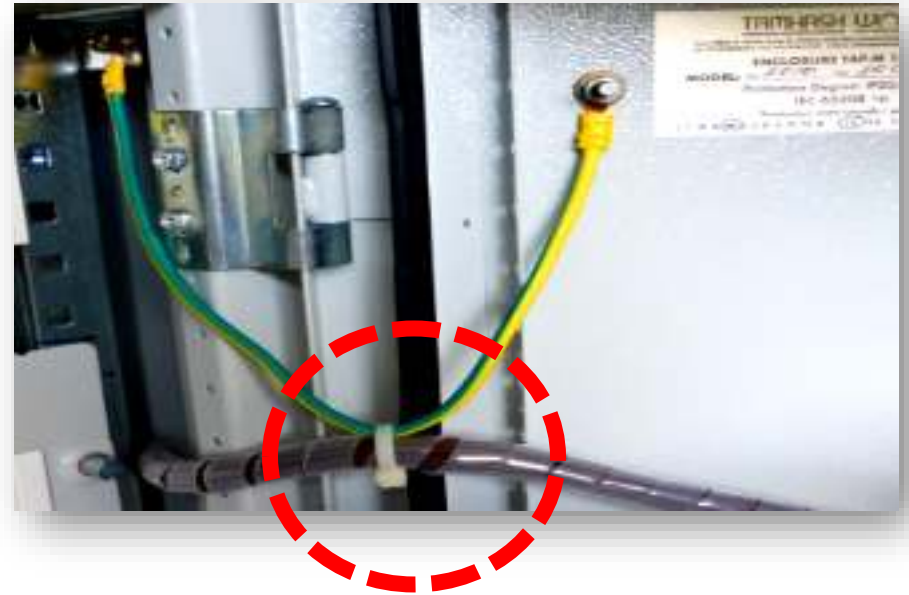
# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

## ייצור מעשי - דוגמאות

יש לקשור צמות גידים בנפרד

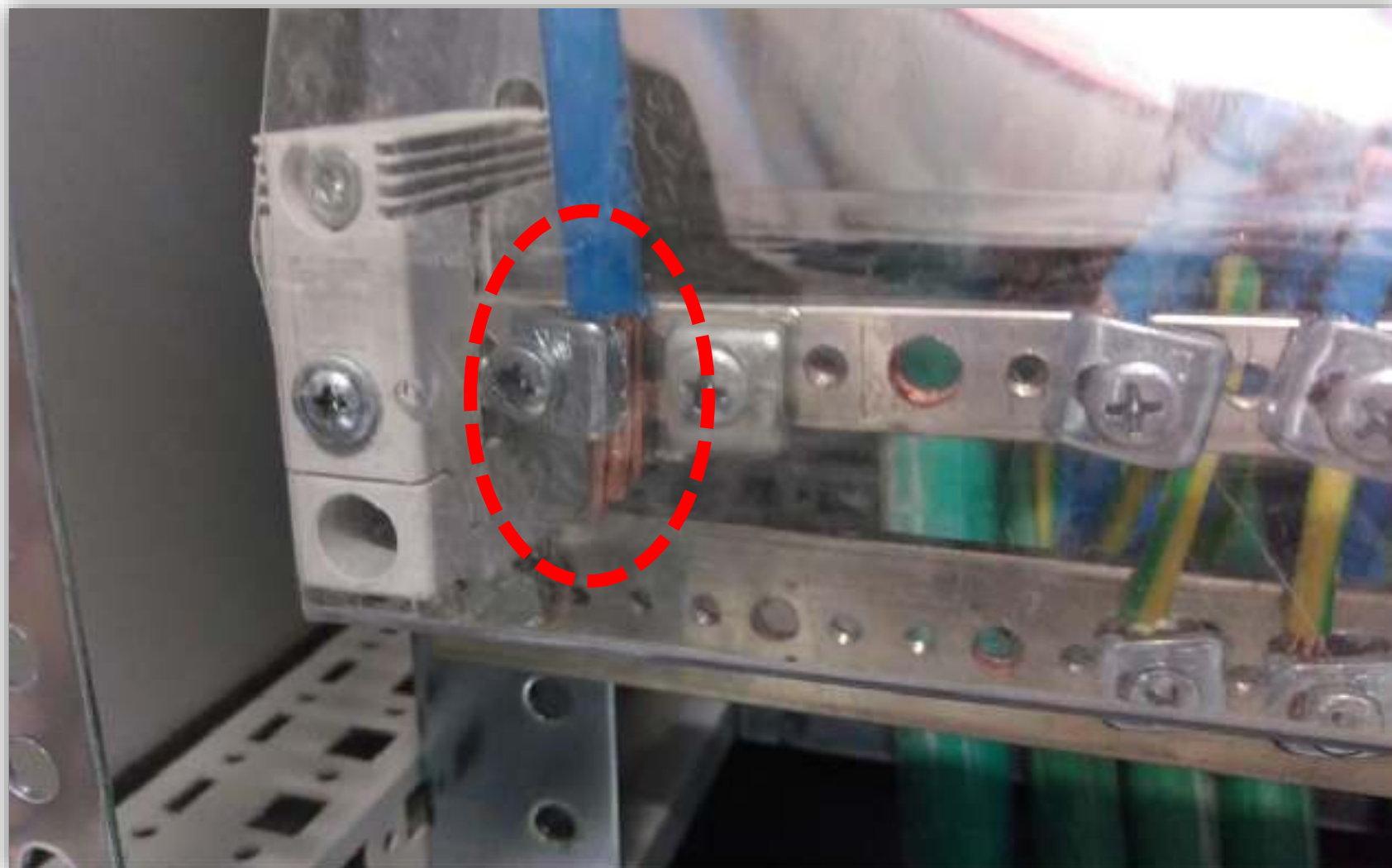


שימוש בגיד הארקה ככבל נושא



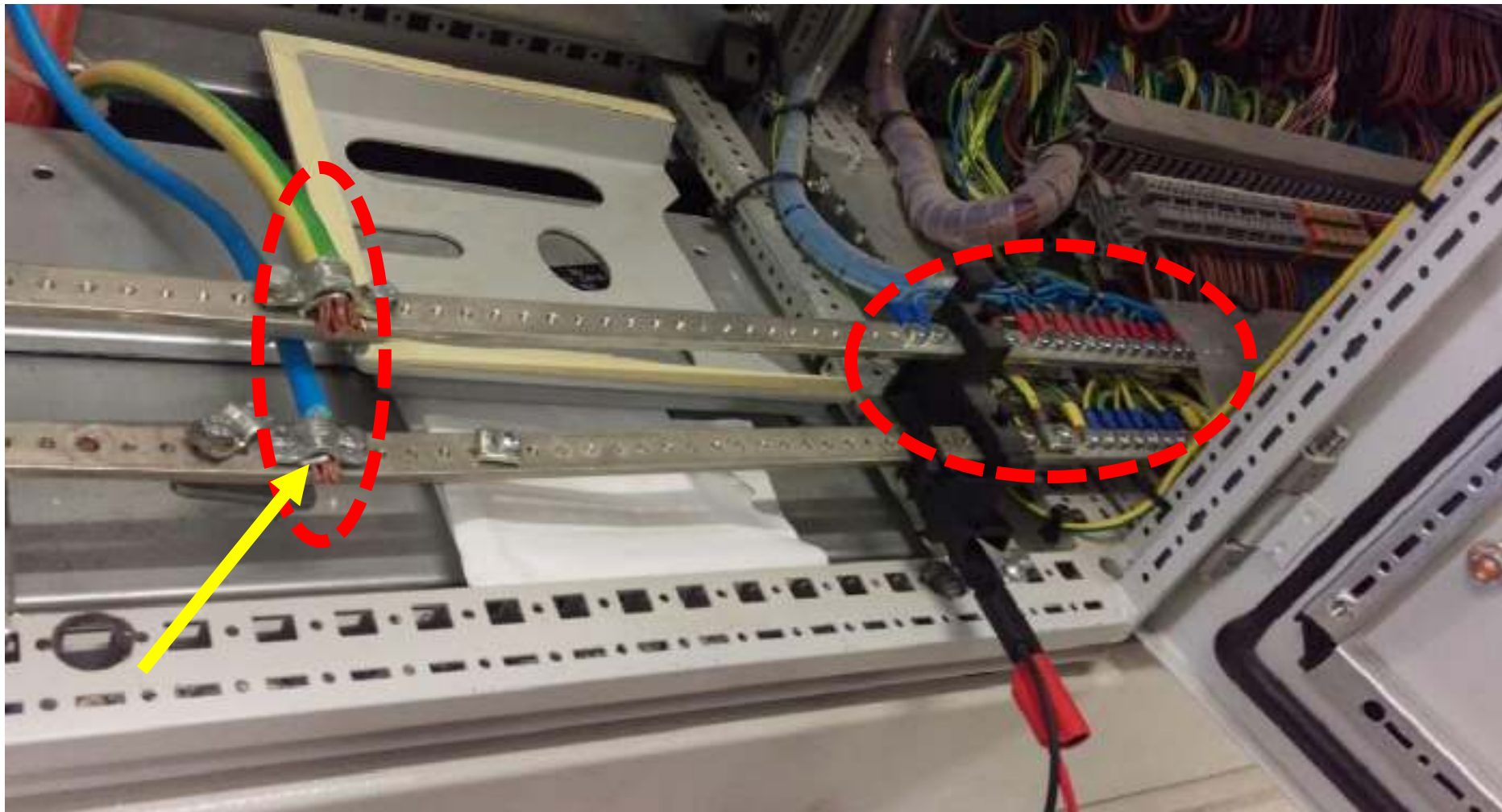
# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

ייצור מעשי - דוגמאות

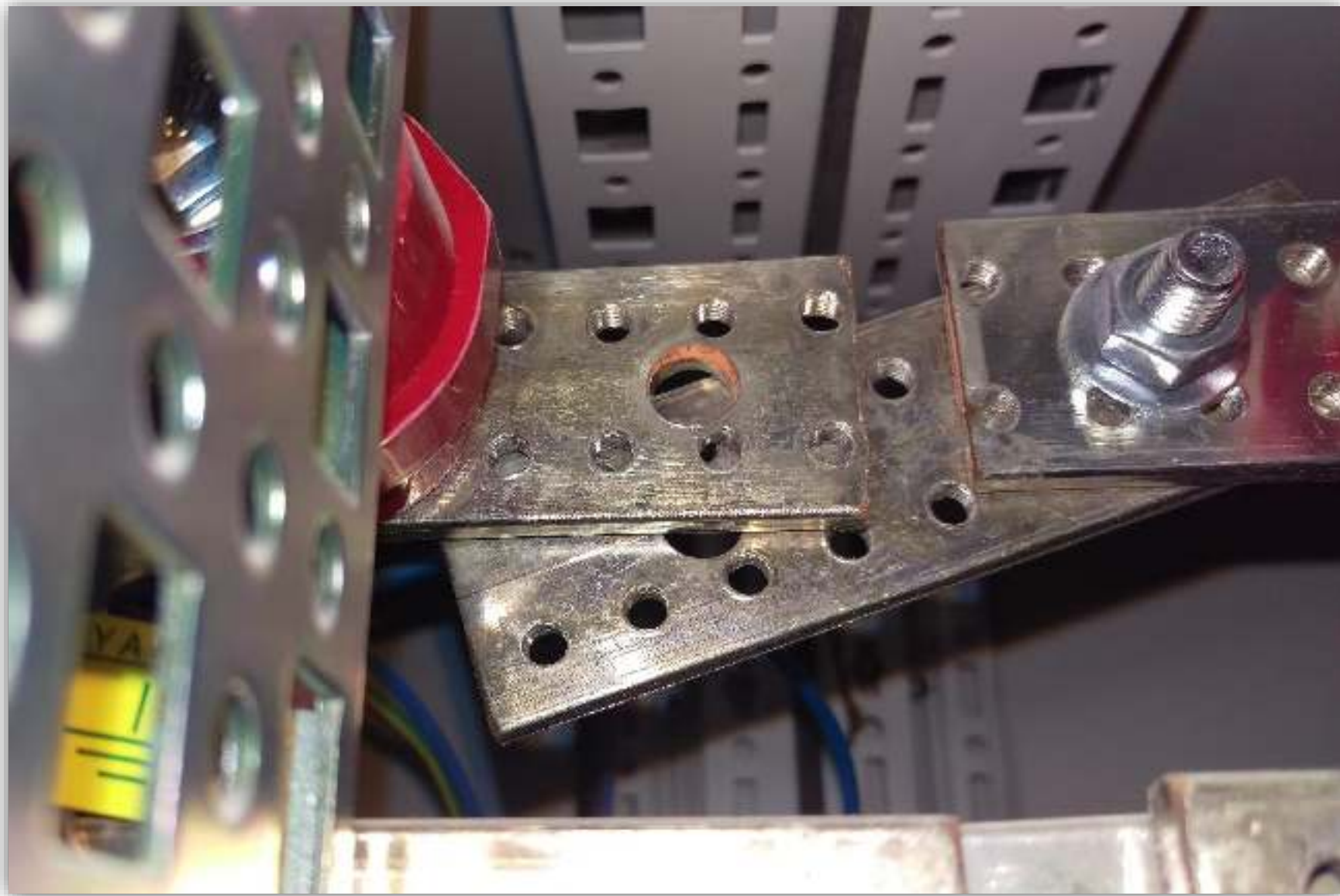


# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

ייצור מעשי - דוגמאות

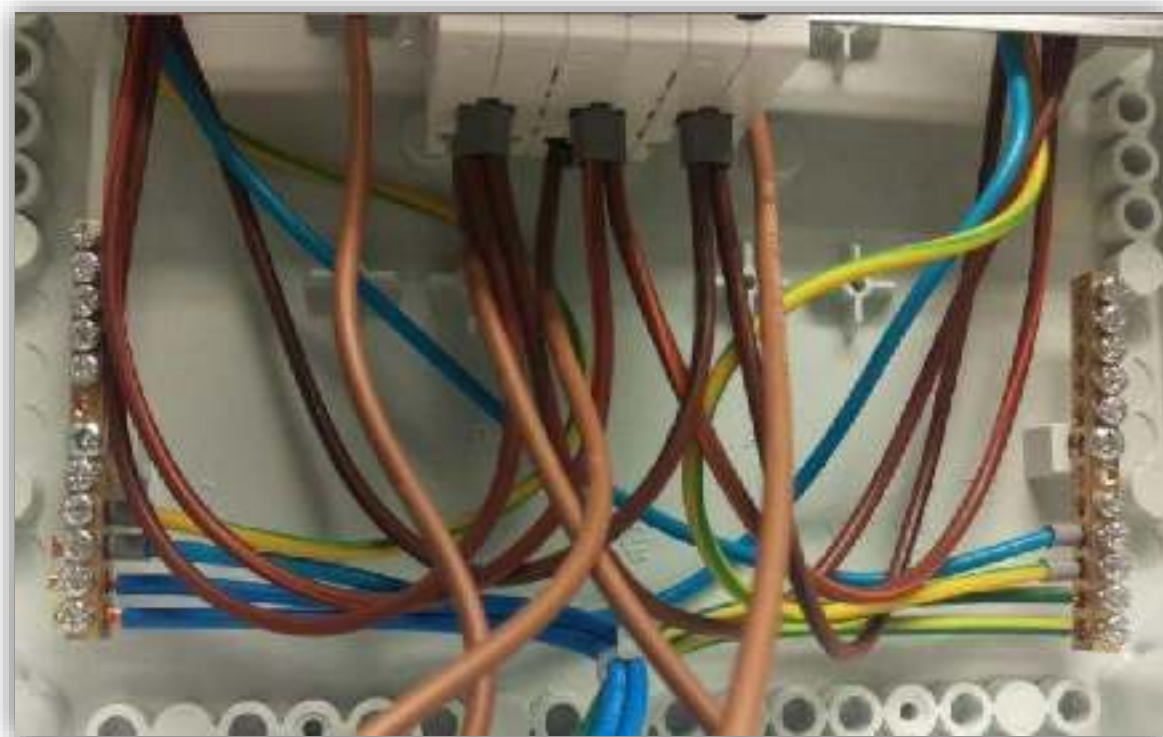
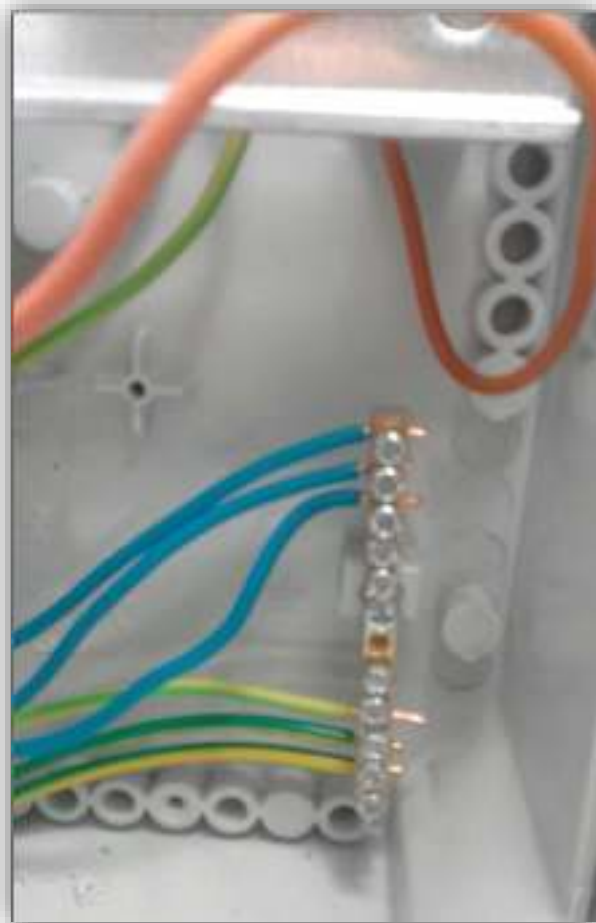


# לוחות חשמל - ביצוע בפועל



# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

ייצור מעשי - דוגמאות



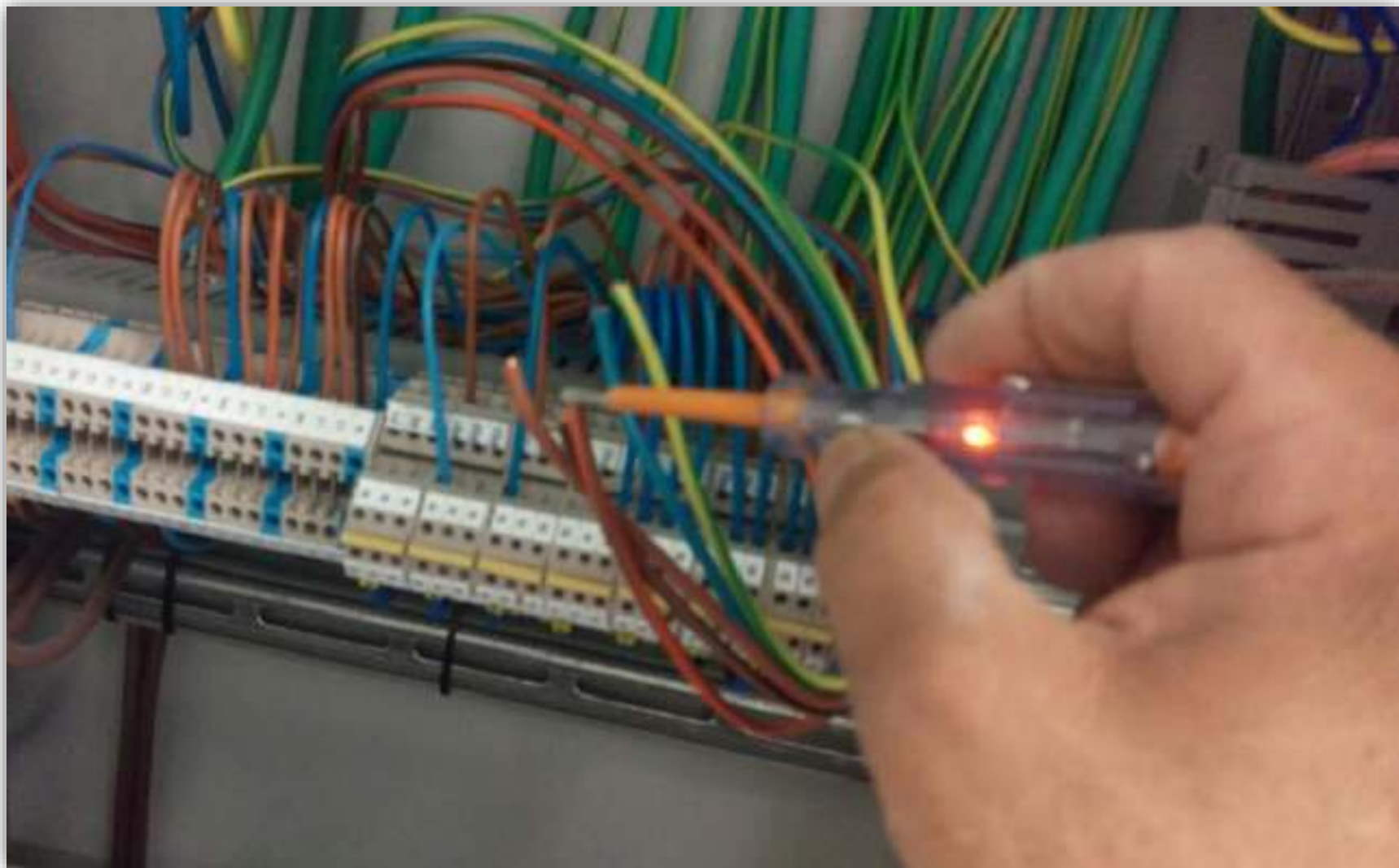
# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

ייצור מעשי - דוגמאות



# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

**ייצור מעשי - דוגמאות**





# לוחות חשמל - ביצוע בפועל

**ייצור מעשי - דוגמאות**

**שימוש במחברים לא מתאימים**  
**שימוש במחברי נחושת עבור כבל אלומיניום**



לוחות חלוקה



לוח מתנעים נשלפים



חיזוקים עפ"י התקן והוראות יצרן



מערכות פסי צבירה תקינים



## סגירת ברגים עם מד מומנט



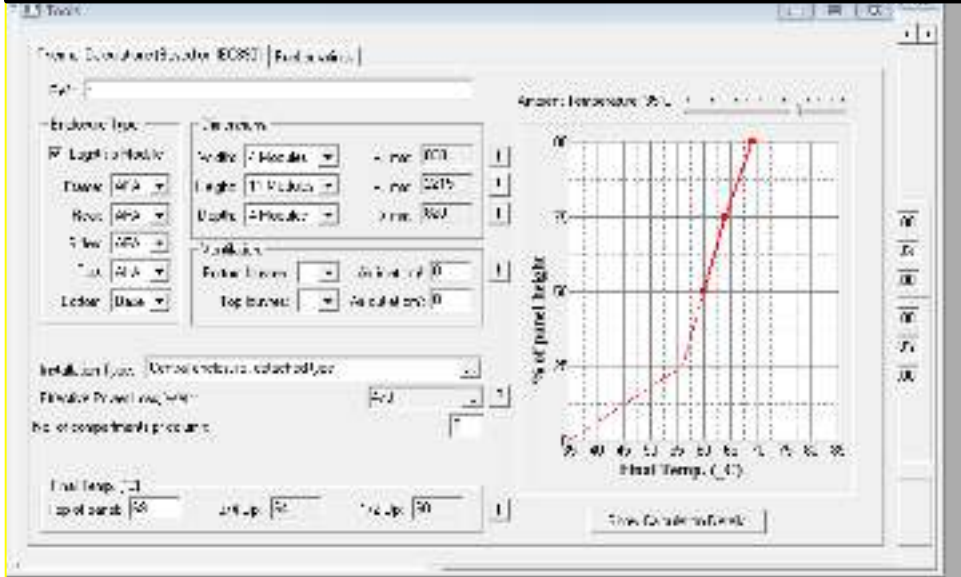
## מכונת כיפוף אוטומטית לפסי צבירה



## מערכות פ"צ מודולריות



## סימולציית פיזור חום לאחר התכנון הסופי



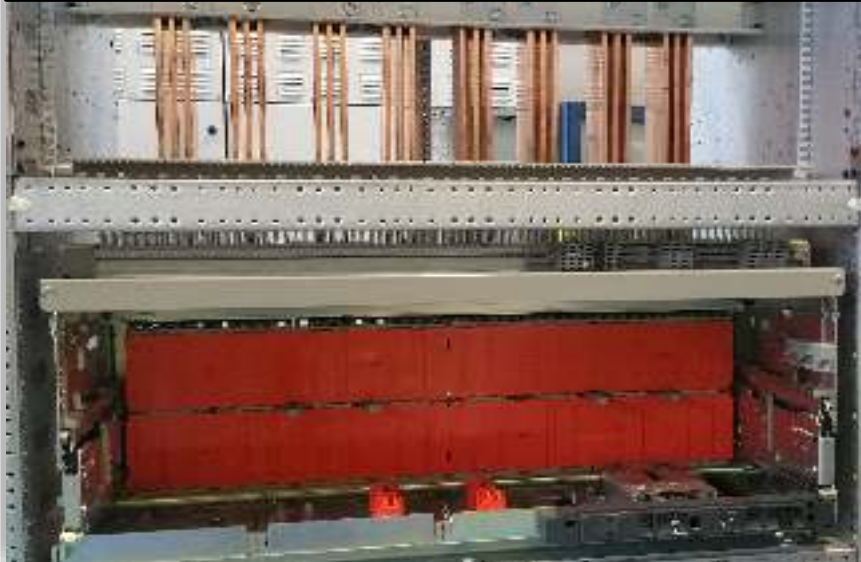
מערכת פסי צבירה 8000A



מערכת פסי צבירה 8000A



מפסק אויר 6300A



# שיקולים כלליים בתכנון לוח חשמל



# שיקולים כלליים בתכנון לוח חשמל



תודה רבה