

חשמל 18 Electricity 2

תכנון מערכות חשמל במנהרת הרכבת המהירה לירושלים

דוד בר עקיבא

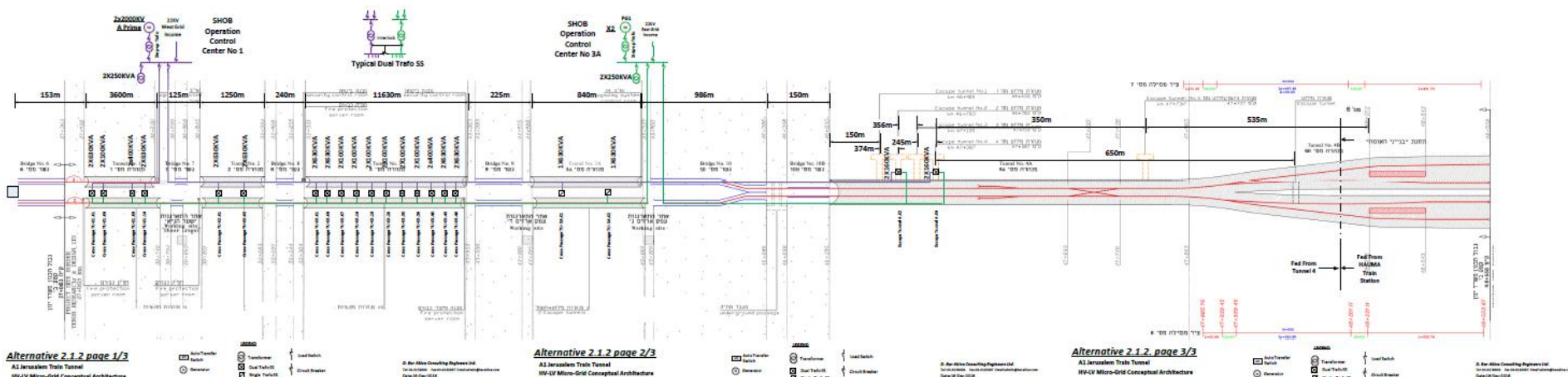


התאגדות מהנדסי חשמל ואלקטרוניקה



מנהרת הרכבת המהירה לירושלים

תנוחה כללית (ללא ק.מ.)



A1 tunnel HV Schematic

2 שו"בים ו- 21 תחנות טרנפורמציה

- בטיחות

- חשמל

- הכנות לחישמול

בטיחות

- תקנים

- פינוי עשן

תקנים

התקנים והמפרטים על פיהם התבצעה העבודה :

- ת"י 5435 – NFPA130 - מערכות תחבורה ציבורית מסילתית בנתיב קבוע
- המפרט הבין משרדי על כל חלקיו והתקנים המופיעים בו
- עמידה ברעידות עקב נסיעת הרכבת
- עמידה בלחץ של אפקט הבוכנה

ת"י 5435 – NFPA130

- מפוחי מערכת האוורור המיועדים לשימוש במצב חירום אש, יהיו מסוגלים לספק את דרישות אוורור החירום במצב של אספקה או פליטה. מנועים של מפוחי אוורור לשעת חירום יחידים, ייועדו להשיג את מהירות הפעולה המלאה שלהם תוך לא יותר מ- 30 שניות ממצב התחלתי ותוך לא יותר מ- 60 שניות למנועי מהירויות משתנות.
- מתנעים של מנועי מפוחים מקומיים ואמצעי בקרת פעולה קשורים ימוקמו הרחק מזרם האוויר הישיר של המפוחים במרחק המרבי האפשרי. לא יורשו אמצעי הגנה מעומס-יתר תרמי על בקרי מנועי המפוחים המשמשים לאוורור חירום.

ת"י 5435 – NFPA130

- מתנעים של מנועי מפוחים מקומיים ואמצעי בקרת פעולה קשורים ימוקמו הרחק מזרם האוויר הישיר של המפוחים במרחק המרבי האפשרי. לא יורשו אמצעי הגנה מעומס-יתר תרמי על בקרי מנועי המפוחים המשמשים לאורור חירום.

ת"י 5435 – NFPA130

7.2 Design.

7.2.1 The emergency ventilation system shall be designed to do the following:

- (1) Provide a tenable environment along the path of egress from a fire incident in enclosed stations and enclosed trainways
- (2) Produce sufficient airflow rates within enclosed trainways to meet critical velocity
- (3)*Be capable of reaching full operational mode within 180 seconds
- (4) Accommodate the maximum number of trains that could be between ventilation shafts during an emergency
- (5) Maintain the required airflow rates for a minimum of 1 hour but not less than the required time of tenability



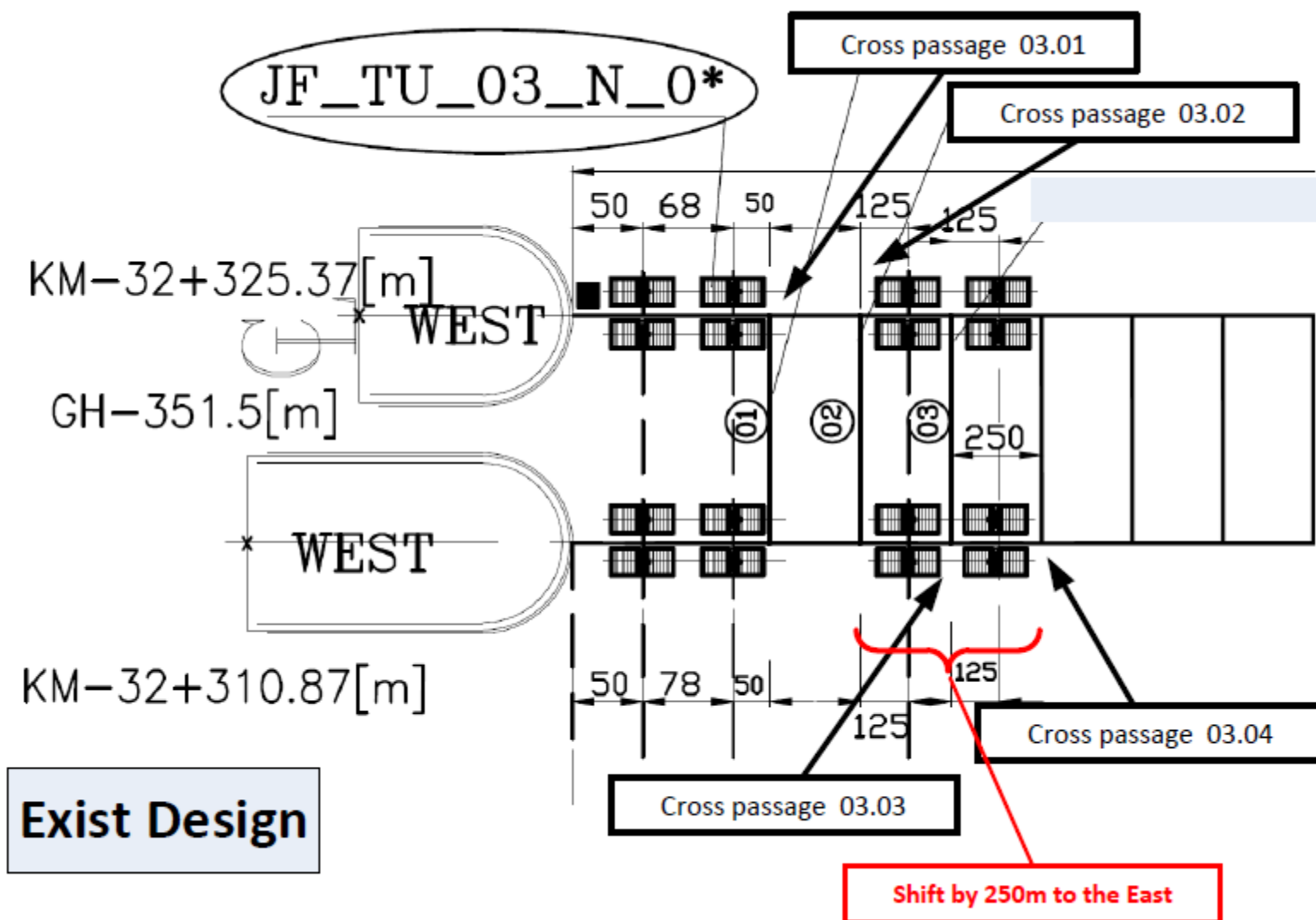
2014 Edition

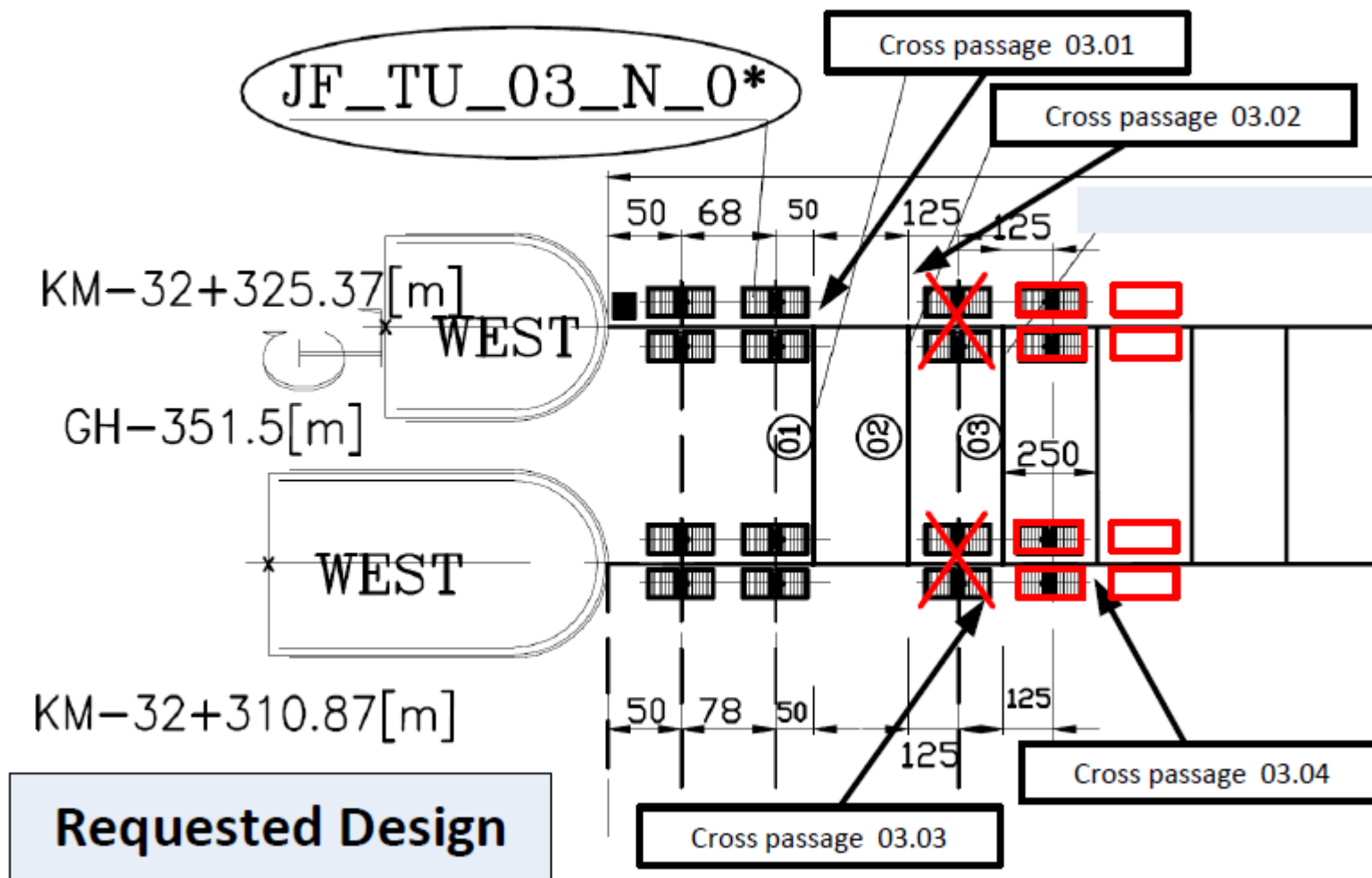
ת"י 5435 – NFPA130

- החשמל למבני המפוחים של אוורור החירום יסופק משני מקורות חשמל נפרדים. קווי ההזנה ממקורות אלה לכל אחד מהרכיבים, יבודדו זה מזה בדרגה הגבוהה ביותר האפשרית. אם הזנה שנייה אינה אפשרית, מותר לספק את מקור החשמל הנוסף ממערכת גיבוי החירום אם היא מתוכננת לעמוד בדרישות אופני הפעולה בחירום.
כשמערכת גיבוי החירום מיושמת, היא תתאים לדרישות תקן :
(NFPA 110, Standard for Emergency and Standby Power System.)
- אלמנטי זרם-יתר המתוכננים להגן על מוליכים המשרתים מנועים חשמליים למפוחי חירום ולהתקני חירום נלווים, הממוקמים בחללים שאינם חדרי ציוד מערכת חלוקת החשמל המרכזית, לא יהיו תלויים בתכונות תרמיות לפעולה (הגנות מגנטיות בלבד).

מפוחי יניקת עשן וגנרציה

- בכל שו"ב הותקנו שני גנרטורים של 2100 קו"א. הותקנו שנאי STEPUP להעלאת מתח הגנרטורים למתח גבוה ושימוש במערכת המ"ג הקיימת בשיגרה (שנאים, כבילה ומסדרים) ולצורך גיבוי המנהרות במצב הגרוע ביותר





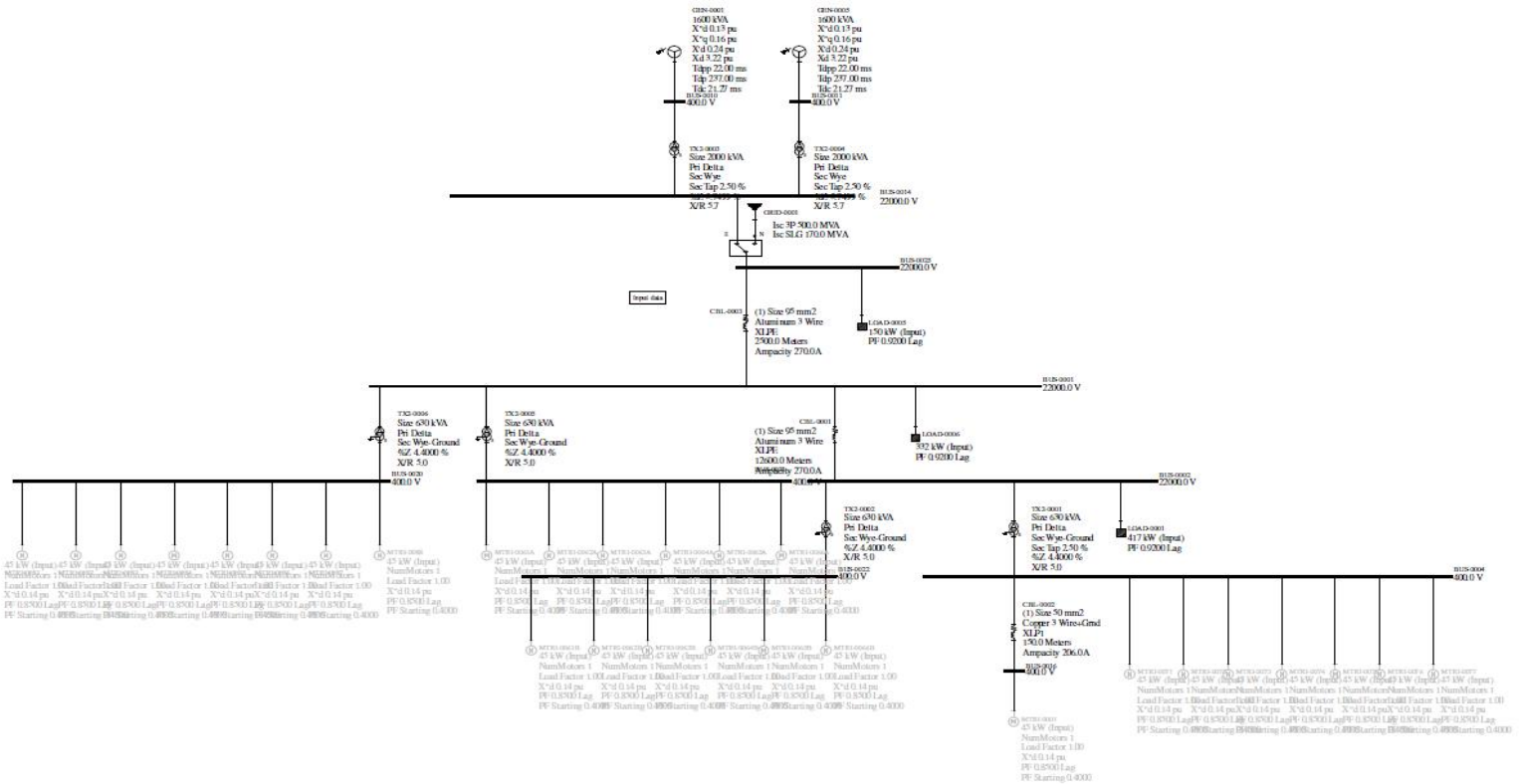
מפוחי יניקת עשן וגנרציה

- לצורך בחירת הגנרטור וקביעת משטר הנעת המפוחים נעשה שימוש בתוכנות מתקדמות כדוגמת SKM. בתוכנה הוכנסות פרמטרים של אופייני זרמי המפוחים כולל זרם התנעה וזרם שיגרה וכן נתוני הגנרטורים – זרם התנעה וזרם שיגרה ונבדקו פרמטרים של מפלי מתח ויכולות הנעה. כלי זה עזר גם לבנות את משטר ההנעה של המפוחים תוך שמירה על הנחיות בטיחות לקבלת מערכת מפוחים עובדת במלואה תוך זמן נתון.



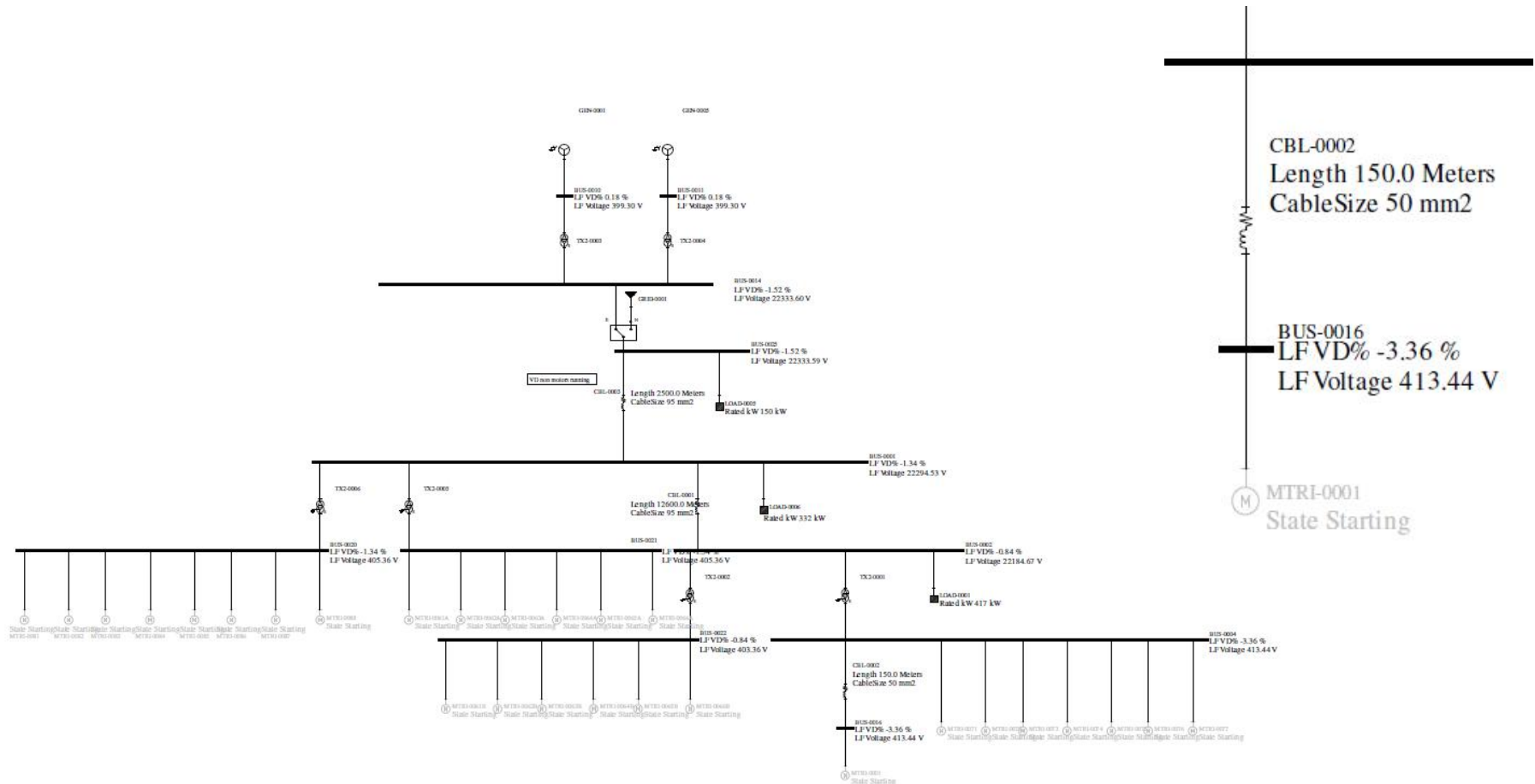
דוגמה לחישובים מתוכנת SKM

הזנת נתונים



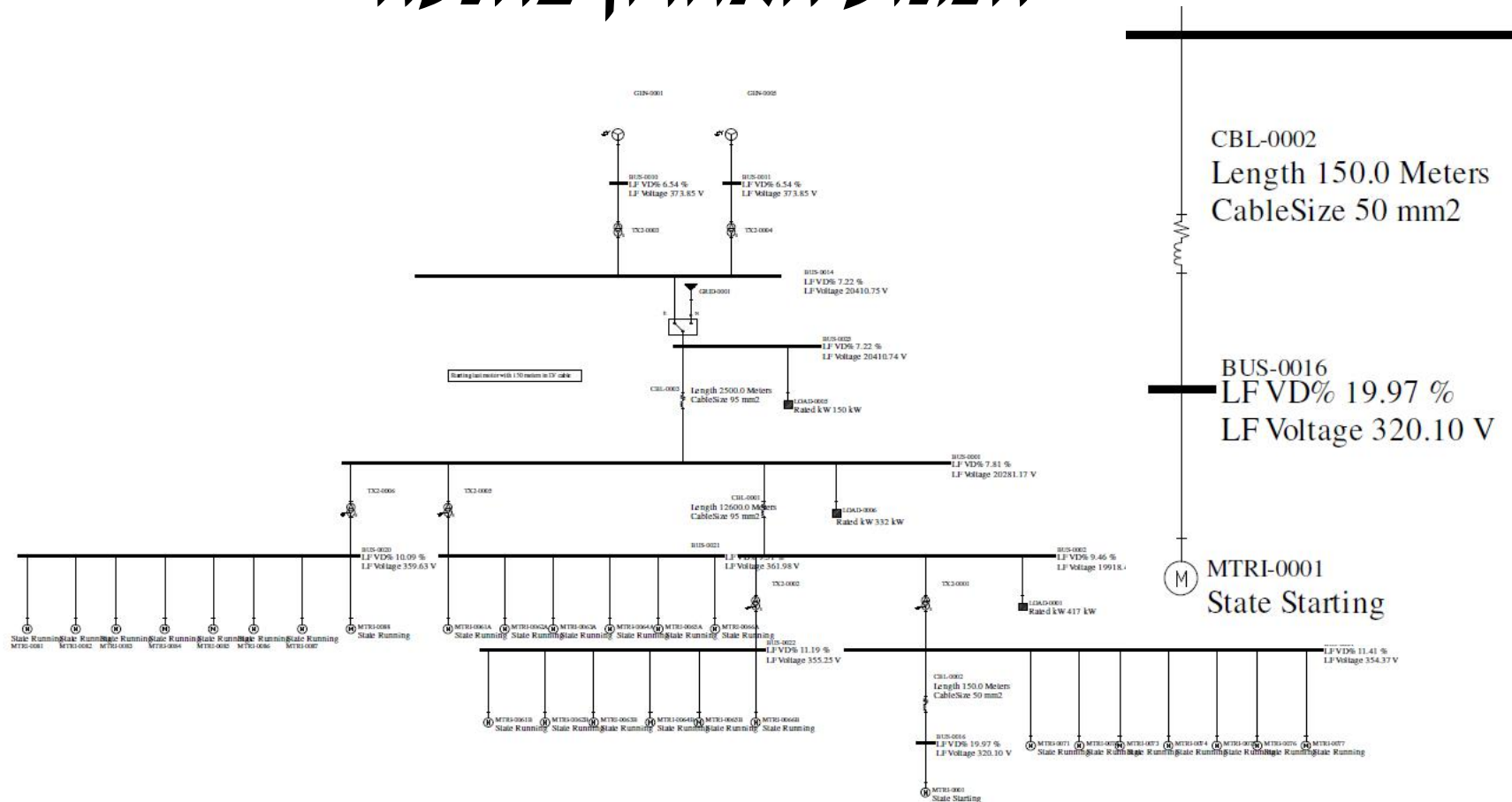
input data

הפעלה ללא מנועים



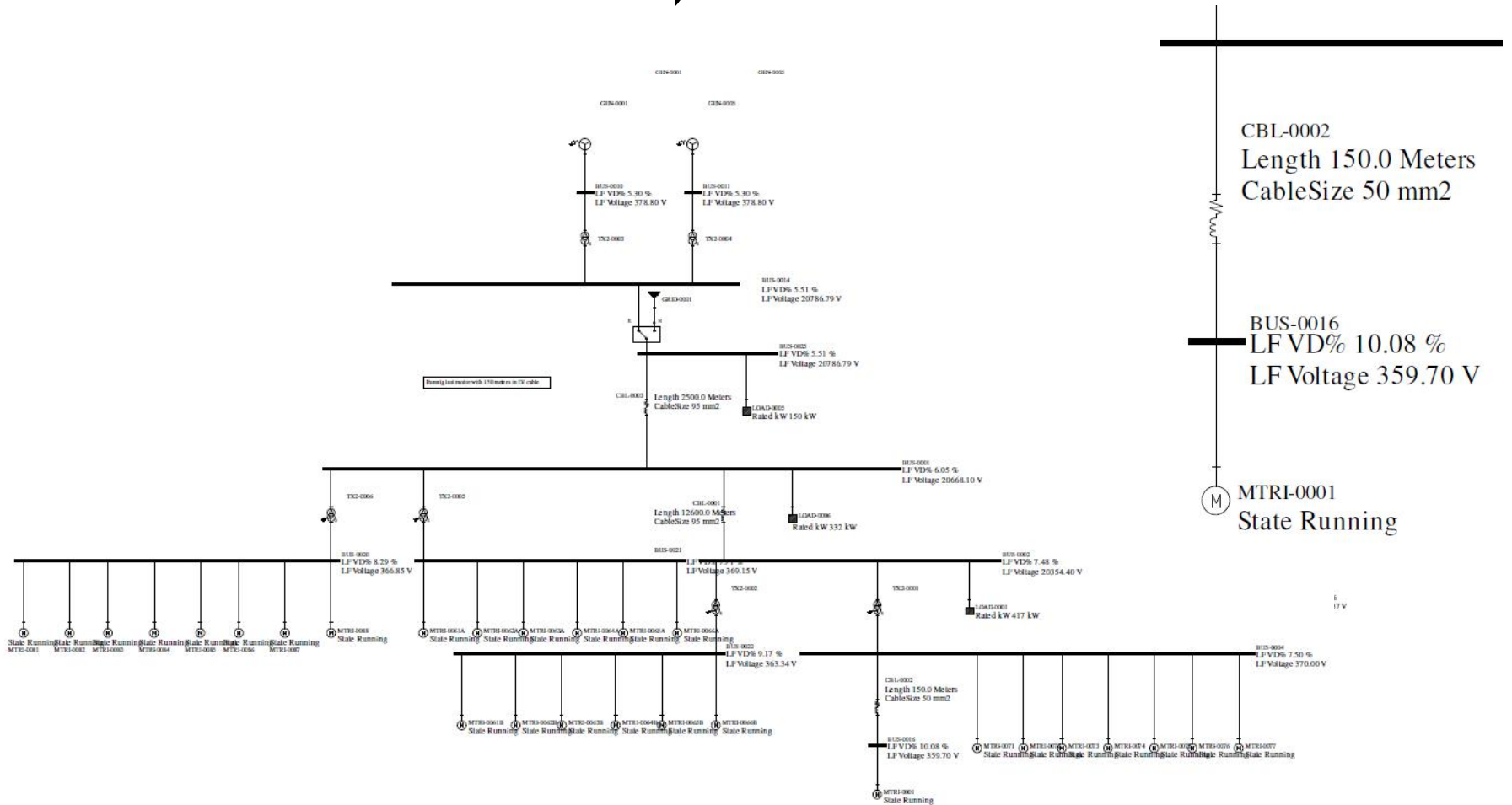
VD non motors running

המנוע האחרון בהנעה



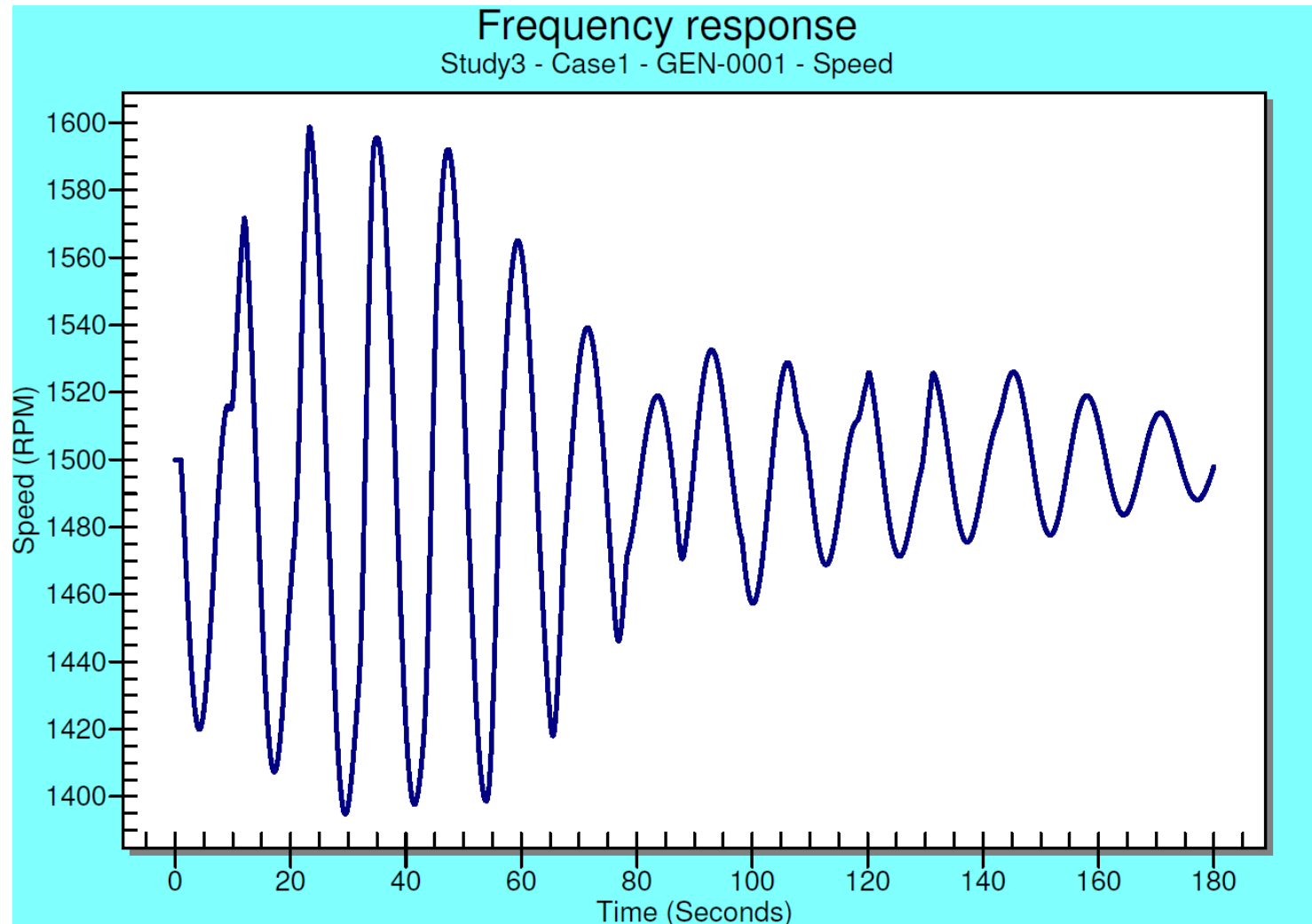
VD last motor starting

המנוע האחרון בפעולה

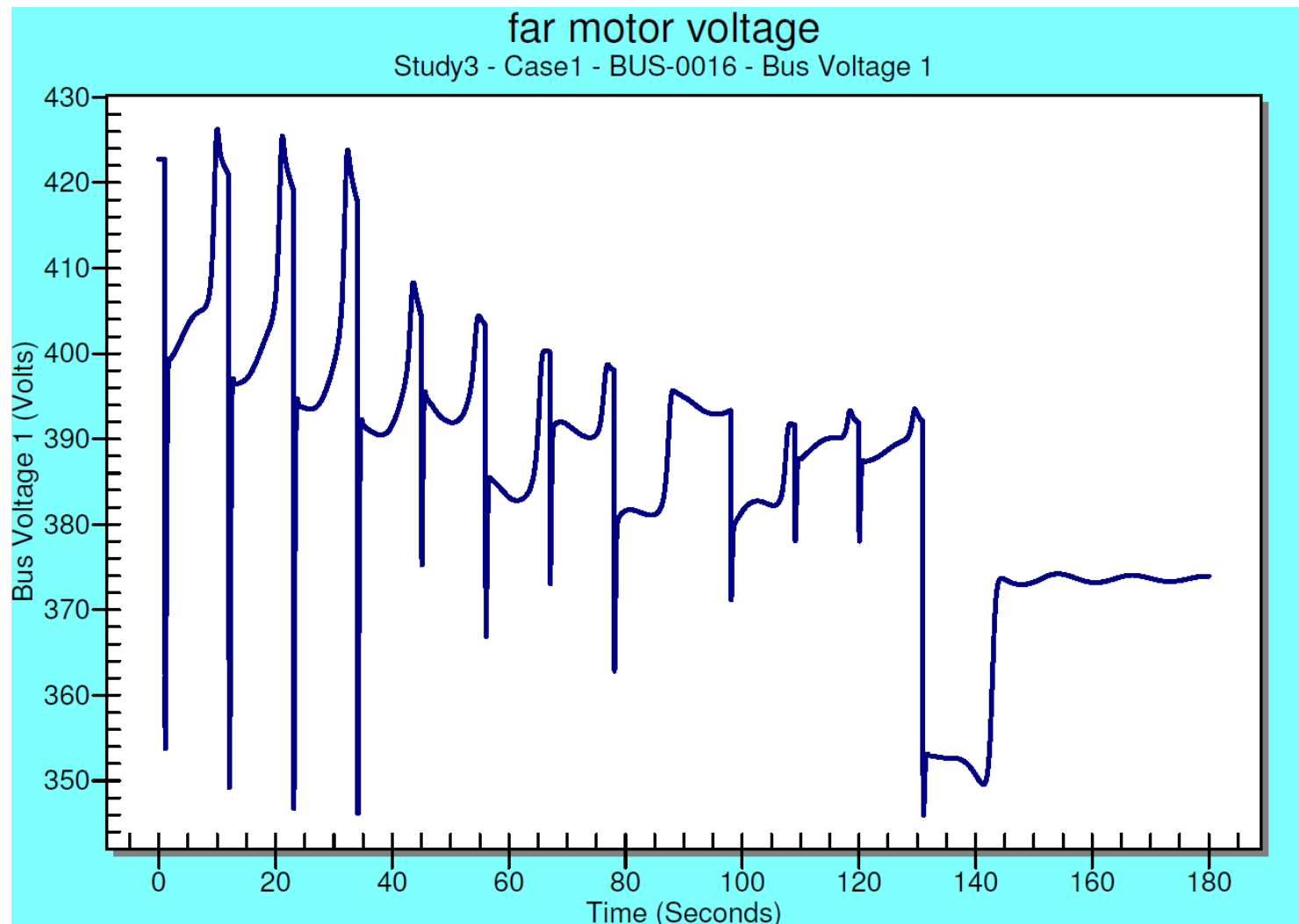


VD last motor running

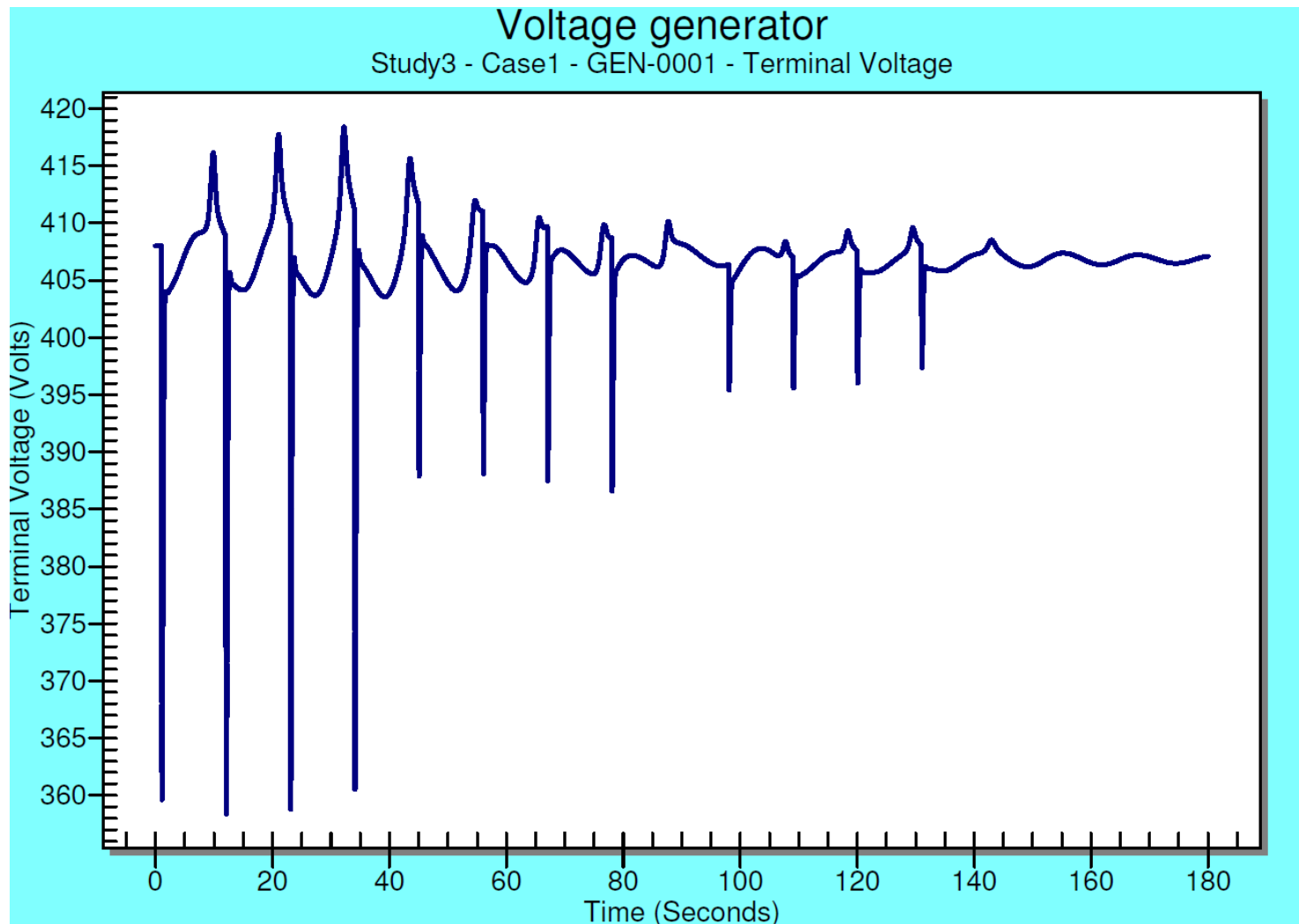
גרף שינוי תדר הגנרטור ביחס לזמן בהנעת מפוחים



מתח המפוח המרוחק ביותר מהגנרטור בהנעת מפוחים



מתח בהדקי הגנרטור בהנעת מפוחים



תאורה

- תאורת חירום
- תאורה דינמית
- תאורה ירוקה, כחולה ושלטי יציאה
- תאורת ביטחון

תאורת חירום

- **סוג מערכת:** תאורת חירום במדרכת המילוט בוצעה ע"י מערכת תאורת חירום מרכזית (CBS) נשלטת ומפוקדת בקו התאורה עצמו עם 2 הזנות לסירוגין.
- **עוצמת הארה:** – עוצמת התאורה הנדרשת: 2.69 לוקס מינמום למשך 90 דקות.
- **כבילה לגו"ת:** לתאורת החירום מתחברים 2 כבלים – כבל כוח וכבל תקשורת. חתך הכבלים הוא 2.5 ממ"ר. כבלי תקשורת CAT6.
- **זרם קצר חד פאזי:** זרם קצר חד פאזי שהתקבל הגיע לכדי 12 אמפר ופחות אך אמצעי ניתוק הקצר מבוצע ע"י הרכזת שזרם זה גדול פי כמה וכמה מהזרם הנומינלי של הענף המגיע ל 2.5 אמפר.
- **מפלי מתח:** עקב הזרם הנמוך יחסית למערכת התאורה מפלי המתח לא היו גבוהים. המפל מתח המינמלי המותר לגופים ע"פ היצרן – 178 וולט והמתח בקצה הקו בפועל לא ירד מ 200 וולט.

תאורה דינמית

- **סוג מערכת:** שלטי הכוונה דינאמית הותקנו בצד המנהרה המקשרת במרחק של 25 מטר אחד מהשני כאשר כל גוף שני מוזן ממקור אחר במנהרה מקשרת שונה. שלטי ההכוונה בעלי חצים ימינה ושמאלה.
- **פעולת המערכת:** – בהתאם לקבלת נתונים ממערכת גילוי אש, שליטה בעשן ובקרת מבנה החצים מאותתים לאיזה כיוון יש להמלט
- **כבילה לגו"ת:** לתאורה הדינמית מתחברים 2 כבלים – כבל כוח וכבל תקשורת. חתך כבלי הכוח 1.5 ממ"ר. כבלי תקשורת CAT6.
- **זרם קצר חד פאזי:** זרם קצר חד פאזי שהתקבל הגיע לכדי 12 אמפר ופחות אך אמצעי ניתוק הקצר מבוצע ע"י הרכזת שזרם זה גדול פי כמה וכמה מהזרם הנומינלי של הענף המגיע ל 0.5 אמפר.
- **מפלי מתח:** עקב הזרם הנמוך יחסית למערכת התאורה מפלי המתח לא היו גבוהים. המפל מתח המינמלי המותר לגופים ע"פ היצרן – 178 וולט והמתח בקצה הקו בפועל לא ירד מ 200 וולט.

תאורה ירוקה, כחולה ושלטי יציאה

- תאורה ירוקה: משמשת לסימון פתחי מילוט
- תאורה כחולה: משמשת לסימון אמצעי כיבוי אש במנהרות.
- תאורת שלטי יציאה: משמשת לסימון פתחי המילוט במנהרה הראשית
- מערכות תאורה אלו מתבססות על מצבר עצמאי עם קו בקרה המתחבר לצורך מתן אינדיקציה על תקינות הגופים והמצברים

דוגמה לטבלת סיכום לתאורה דינמית ותאורת חירום

מנהרות הרכבת לירושלים

נושא	מערכת תאורת חירום - מצברים מרכזית 275 מ'	מערכת תאורה דינמית 275 מ'	שלט יציאה	תאורה כחולה	תאורה ירוקה
אורך ענף (M)	275. מרחק בין גופים 36 מ'	275. מרחק בין גופים 25 מ'	10	252.00	10
הספק לגוף בודד (W)	33	5	5	5	5
כמות גופים לענף	9	11	2	3.00	מערכת אינטגרלית
סה"כ הספק כולל לענף (W)	297	55	10	15	10
זרם כולל לענף (A)	1.404	0.260	0.047	0.071	0.047
זרם קצר חד פאזי בסוף הקו (A)	17.95	12.22	562.62	24.21	562.62
מפל מתח חד פאזי בסוף הקו (V)	11.49	8.09	7.06	7.18	7.06
מתח חד פאזי בסוף הקו (V)	218.51	221.91	222.94	222.82	222.94
מפל מינמלי מותר ע"פ נתוני יצרן (V)	178	207	207	207	207
לאור מפל המתח האם המערכת תקינה?	תקין	תקין	תקין	תקין	תקין
אמצעי ניתוק בקצר	ע"י הרכזת עם שינוי הזרם	ע"י הרכזת עם שינוי הזרם	מא"ר 10A/B	מא"ר 4A/B	מא"ר 10A/B
כבל נדרש לכוח	3x2.5	3x1.5	3x1.5	3x1.5	3x1.5
כבל נדרש לפיקוד	CAT 6	CAT 6	CAT6	CAT6	CAT 6
הערות ותיאור קצר	מערכת תאורה המזינה חצי מהגופים מצד מזרח וחצי מצד מערב	תאורת חיצים ירוקים לימין או שמאל בהתאם לקבלת תרחיש ממערכת בקרת מבנה או כיבוי אש	שלט יציאה מצבר עצמי, דו תכליתי, תקשורת לצורך בקרת RUBIC מחוברת לתאורה ירוקה, שלט יציאה ותאורה כחולה. קופסת ה RUBBIC מחוברת לבקרת מבנה דרך TCP/IP	שלט טלפון כבאים ואו הידרנט, מצבר עצמי, דו תכליתי, תקשורת לצורך בקרה.	במידה ותותקן בקרה - יש לקבל תשובה

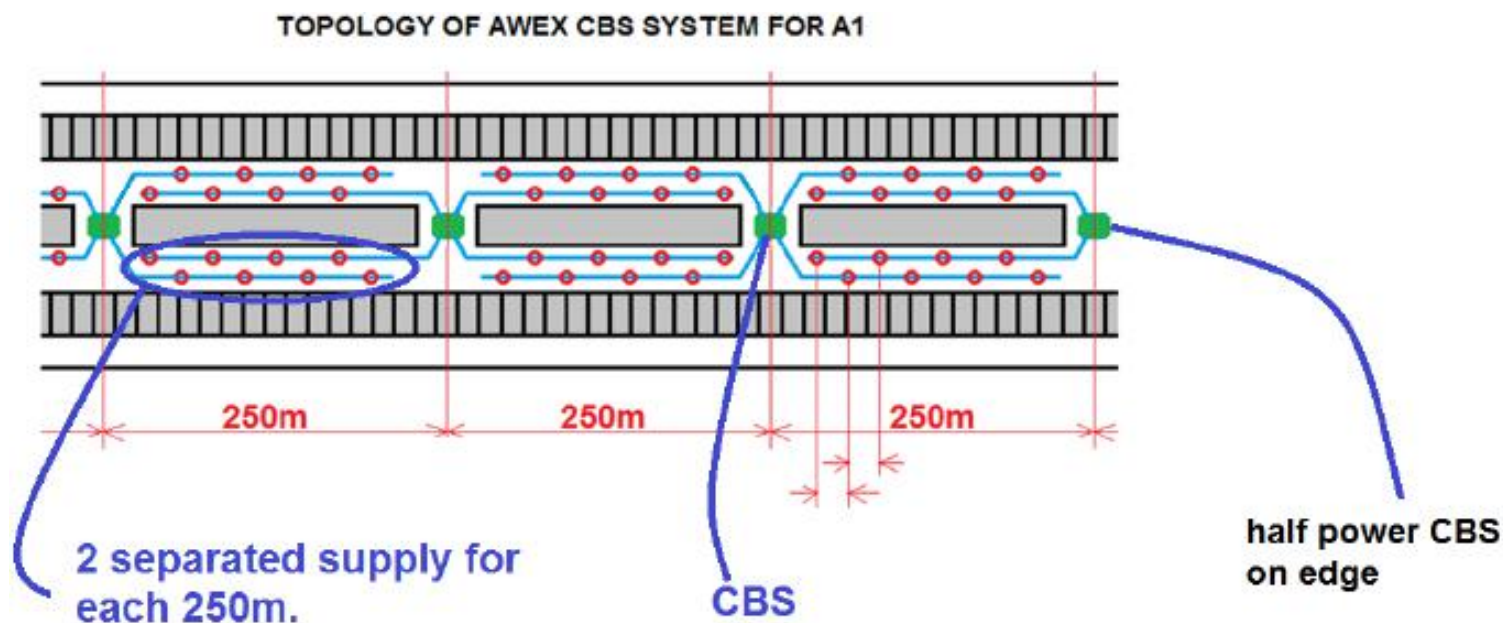
תאורת ביטחון

- בפתחים לאורך 500 מטר בכל צד של המנהרות בוצעה תאורה חזקה יותר מתאורת החירום ע"פ דרישות בטיחות. מערכת תאורה זו הורכבה מגופי תאורת החירום + גופי תאורה נוספים לתגבור.

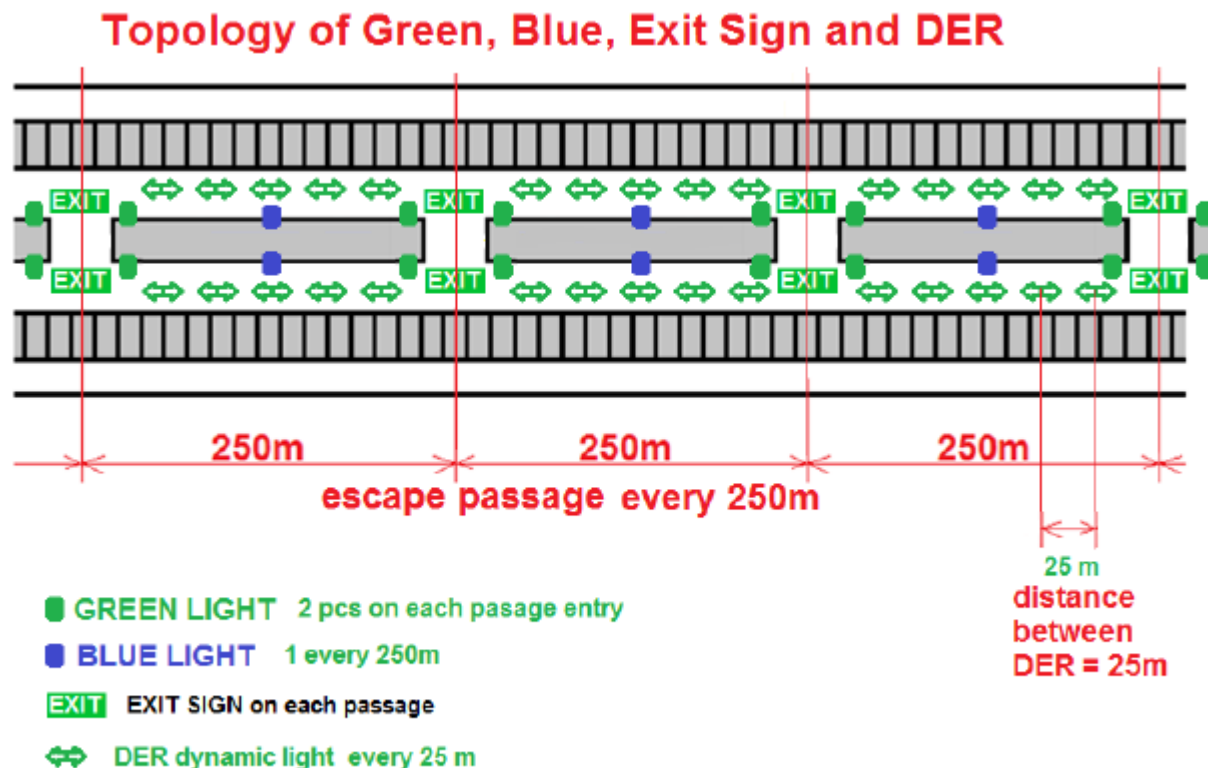
CBS - מערכת מצברים מרכזית לתאורת חירום, ושלטי הכוונה דינמיים

- מערכת מבוססת בקר PLC
- המערכת פועלת במתח 230 VAC ובחרום במתח 216VDC
- מערכת כפולה – הזנת גו"ת לסירוגין מ 2 מערכות שונות ובלתי תלויות שממוקמות באיזורים שונים ובמנהרות מקשרות שונות
- מערכות התאורה העצמאיות מחוברים לבקר מרכזי לצורכי אינדיקציה על תקינות הגוף והמצברים.

סכמה עקרונית למערכת תאורת חירום



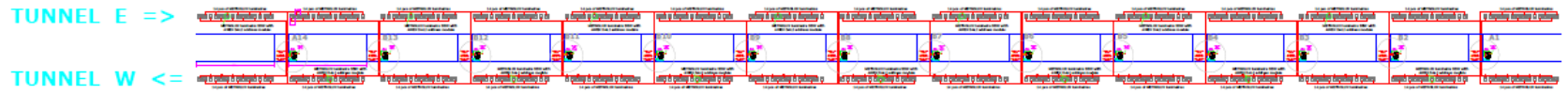
סכמה עקרונית למערכת תאורה ירוקה + כחולה + יציאה



תוכנית מערכות התאורה

14. 13. 12. 11. 10. 9. 8. 7. 6. 5. 4. 3. 2. 1.

תאורת חדרים



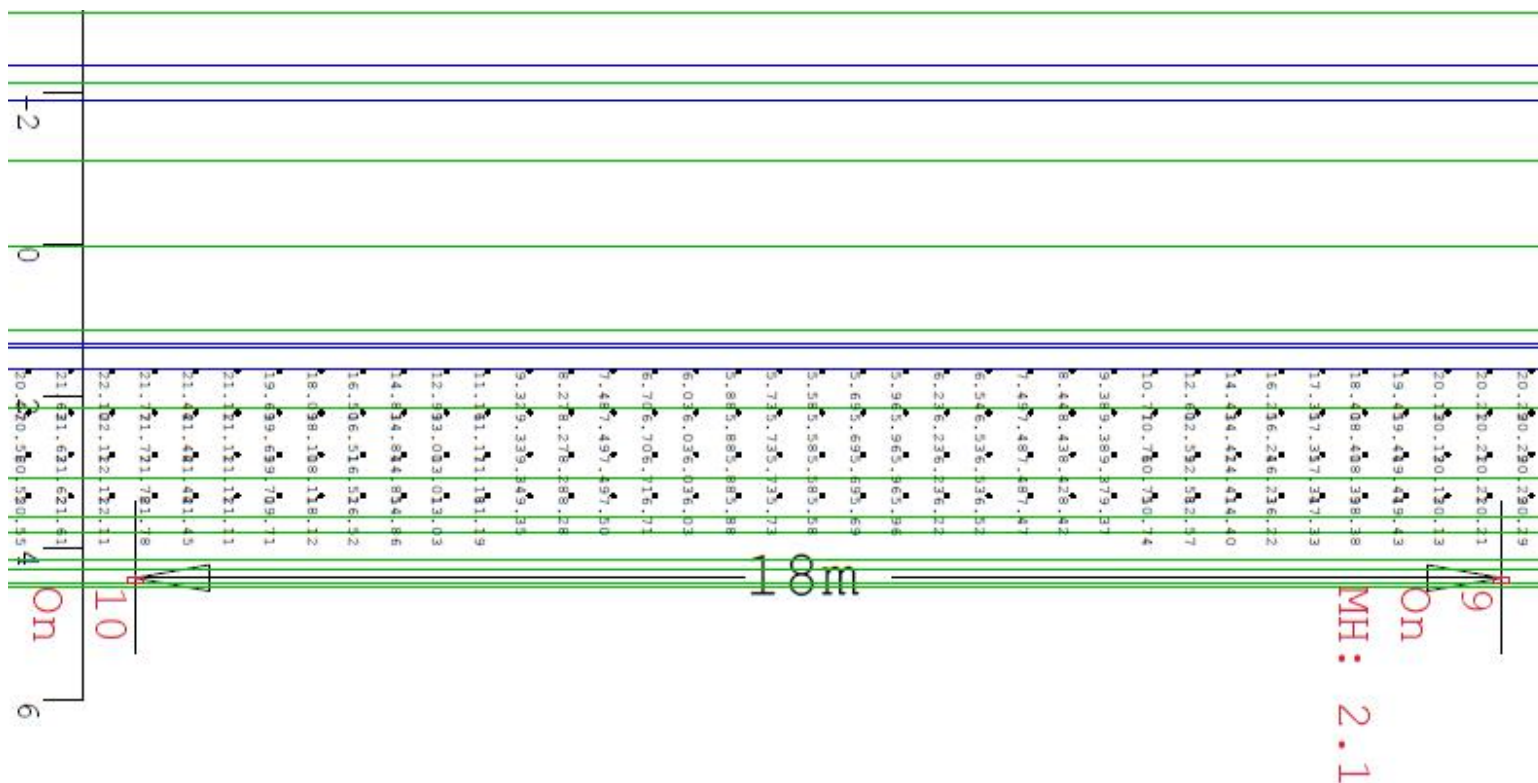
תאורה דינמית



תאורה ירוקה וכחולה



חישוב תאורת חירום



בוצע בעזרת AGi32

מנהרות הרכבת

גופי תאורת חירום ומערכות בקרה אשר מחוברות בתקשורת לבקרת המבנה לניטור, בקרה ותחזוקה.

2 מנהרות מקבילות, צפונית ודרומית, באורך כולל של כ-40 ק"מ, ומנהרת מילוט כל 250 מטר המקשרת בין המנהרה הצפונית לדרומית.

מערכות חירום וגופי תאורה:

תאורת חירום: גוף תאורה לד METROLUX, ייחודי למנהרות, להארה בחירום ו/או לצרכי תחזוקה. מבנה אלומיניום חזקית מוגן מים, מחובר למערכת חירום מרכזית AWEX LPS.

תאורה דינמית: שלט הכוונה מדגם WALL-E של חברת AWEX, תאורת חירום ירוקים, "רעים", אשר מראים את כיוון המילוט במקרה של אירוע, על פי פיקוד מגילוי אש. מבנה נירוסטה חזקית, מוגן מים. גוף תאורת לד ייחודי למנהרות.

תאורה ירוקה: גוף תאורה לד, עוצמתי ובעל זווית צרה, לסימון דלתות המילוט כך שיראה למרחק רב. גוף תאורת לד ייחודי למנהרות, מחובר למערכת חירום מרכזית AWEX LPS.

תאורה כחולה: שלט סימון כחול ESCAPELITE, גוף משולש נירוסטה חזקית מוגן מים, ייחודי למנהרות, לסימון מקום טלפון כבאים. דו-תכליתי, סוללות פנימיות, מחובר למערכת ניטור ובקרה RUBIC.

שלט יציאת חירום: שלט יציאת ESCAPELITE, גוף משולש נירוסטה חזקית מוגן מים, ייחודי למנהרות, לסימון יציאת החירום דו-תכליתי. סוללות פנימיות, מחובר למערכת ניטור ובקרה RUBIC.

תאורת ביטחון: (לאורך הקיר מימין), תאורת הצפה לד, לתנבור התאורה באזור מצלמות האבטחה.



שלט יציאת חירום

תאורה כחולה



גוף תאורת חירום

תאורה ירוקה



תאורה דינמית

- כל גופי התאורה במנהרות עמידים ב-PISTON EFFECT -

מנהרה מקשרת בין מנהרות הרכבת

בין המנהרות הצפונית והדרומית, בכל 250 מטר, קיימת מנהרה מקשרת המשמשת למילוט במקרה חירום. במקשרת מסוממים גם חדרים טכניים.

גופי תאורת החירום ושלטי היציאה של המקשרת, הינם עצמאיים, עם סוללה פנימית ומחוברים בכבל תקשורת למערכת בקרה RUBIC ודרכה אל מערכת בקרת המבנה.

גופי תאורה:

תאורת חירום: גוף תאורת חירום AWEX AXN, סוללה פנימית, חיבור למערכת בקרת תאורת חירום RUBIC, מוגן מים IP65.

שלט יציאה: AWEX HELIOS DS, מחובר למערכת בקרת תאורת חירום RUBIC, סוללה פנימית, מוגן מים IP65.

גוף תאורה PRIMA פלואורוסנט T5 2x54W, מוגן מים IP65, PC/PC.



תאורת חירום AXN

גוף תאורה PRIMA

שלט יציאה HELIOS DS



מערכות בקרת החירום

כאמור, בכל 250 מטר קיימת מנהרה מקשרת המשמשת למילוט במקרה חירום. בחורים הטכניים, נמצאות מערכות הבקרה של תאורת החירום, תוצרת חברת AWEX.

תאור המערכות:

1. ארון CBS מדגם AWEX LPS: מערכת תאורת חירום מרכזית (CBS=Central Battery System). המערכת כוללת מודול ניטור ובקרה לתאורת החירום, מטען חכם ומצברים. בזמן שיגור המערכת מספקת 230VAC, ובחירום 216VDC. המערכת מחוברת בתקשורת אל בקרת המבנה. בתמונה, שני ארונות CBS, אחד לתאורת החירום, ואחד לתאורה הדינמית.
2. פנל בקרה AWEX RUBIC, המיועד לניטור ובקרה של גופי תאורת חירום ושילוי יציאה עצמאיים (סוללות פנימיות בגוף). הפנל מחובר בתקשורת אל מערכת בקרת המבנה.
3. פנל בקרה לתאורה הדינמית: מיועד לניטור ובקרה של גופי התאורה הדינמית והפעלת תרחישים ע"י פקודות ממערכת גילוי אש. הפנל מחובר בתקשורת אל מערכת בקרת המבנה.

16



17

מרחבים בין מנהרות הרכבת

לאורך תוואי הרכבת, בין המנהרות, קיימים מרחבים פתוחים (שטחי כינוס והערכות בחירום - כינסת כוחות כיבוי אש, פינוי וכד').

בשטחים אלו ימוקמו עמודי תאורה עם גופי הצפה. כל השטח יואר לרמה של 10 לוקס מינימום, לעמידה בדרישות מצלמות האבטחה.

משימת תכנון התאורה היתה מאתגרת במיוחד ונדרש לתת כיסוי אחיד לשטח בעל טופוגרפיה בעייתית וכן תשומת לב מיוחדת לתאורה ללא זלינה מעבר לקו הגדר על מנת לא לפגוע בחיות הבר.

למשימה זו נבחרו גופי תאורת הצפה לד - תוצרת חברת GIGA TERA הקוריאנית (טרם הותקנו).

הדגמים שנכללו בתכנון :

- WAPA 75W/100W
- MAHA 200W/300W/400W
- SUFA X 400W/600W



גדר הקפית

כניסה למנהרה צפונית

כניסה למנהרה דרומית

ליציאה
למרחב מוגן

2018

**גופי תאורה
ומערכות תאורת חירום
פרויקט הרכבת המהירה לירושלים**

מחלקת הנדסה - התמחות בתאורת מנהרות.



רון לב



גלעד נטליב



ניר לסמן

צוות הנדסי של ארכה המתמחה בתאורה טכנית, מספק מעטפת ליווי מלאה משלב התיכנון, ניבוי טכנו-הנדסי, התאמת גופי תאורה ומערכות תאורת חירום, חישובי תאורה מלאים, פתרונות מיוחדים, אספקות לפי התקדמות הפרויקט, תכנות והפעלת המערכות ועד שלב המסירה ללקוח.

רשימת פרויקטים של מנהרות רכבת:

מנהרות הרכבת המהירה לירושלים:

גופי תאורת חירום מבוקרים | תאורה דינמית - הכוונה דינמית למילוט בחירום | תאורה ירוקה - סימון דלתות המילוט למרחק רב | תאורה כחולה - סימון עמדות טלפון כב"ה | שלטי יציאה - סימון דלתות בחירום | מערכות מצברים מרכזיות, ניטור ובקרה | מערכות ניטור ובקרה RUBIC לגופי חירום עצמאיים | גופי תאורה כללית.

פרויקט תחנת הרכבת יצחק נבון - ירושלים

גופי תאורת חירום ושלטי יציאה | מערכות ניטור ובקרה לגופי חירום | גופי תאורה כללית.

פרויקט מנהרת גילון, קו רכבתי עכו - כרמיאל

גופי תאורת חירום לאורך תוואי המנהרה | שלטי יציאת חירום עצמאיים ול-CBS.

פרויקט מנהרות עפולה, קו רכבתי חיפה - בית שאן:

גופי תאורת חירום לאורך תוואי המנהרה.

פרויקט חפיר יבנה:

גופי תאורת חירום לאורך תוואי המנהרה.

TRÉVOS GigaTera[®] PHILIPS awex[®] HOLOPHANE[®] VEGA[®] Lighting

ארכה - מחלקת הנדסה: טל' 073-20-200-19

מודיעין

רח' הנגן 20, יפעת
טל' 073-2020160

חדרה

רח' יערי פקיעין 2
טל' 073-2020340

פתח תקווה

רח' מדינת 23 א.ת. סמל
טל' 073-2020200

ראשון-צ'ר

רח' אליהו איזן 24
טל' 073-2020360

באר שבע

רח' יצחק שפא 30
טל' 073-2020800

אשקלון

רח' הפנינים 40
טל' 073-2020100

אשדוד

רח' הובנאט 7
טל' 073-2020060

חולון

רח' הלוי 2
טל' 073-2020320

רחובות

רח' הספוח 17 א.ת.
טל' 073-2020280

עפולה

רח' החשמל 10
טל' 073-2020790

נשר

רח' המסילה 22
טל' 073-2020760

קרית אתא

רח' חיה 39
טל' 073-2020700

ירושלים

רח' בית הדין 6 א.ת. בנק שאל
טל' 073-2020120

עוטרת

רח' החוצות 9
טל' 073-2020180

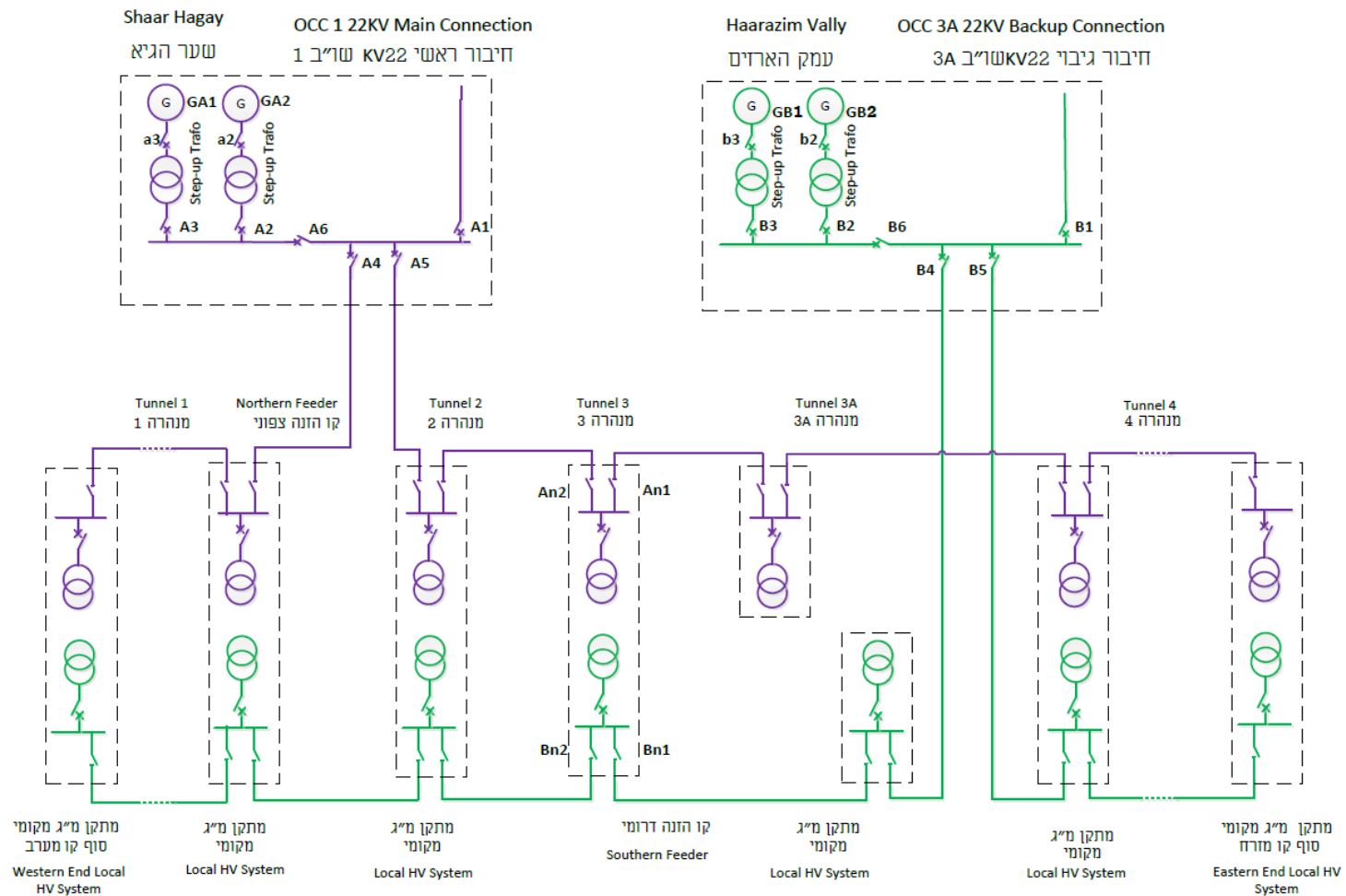
מרכז לוגיסטי והנהלה רח' צלע החר 7, מודיעין | טל' 073-2020000, פקס 073-2020001, www.erco.co.il

חשמל

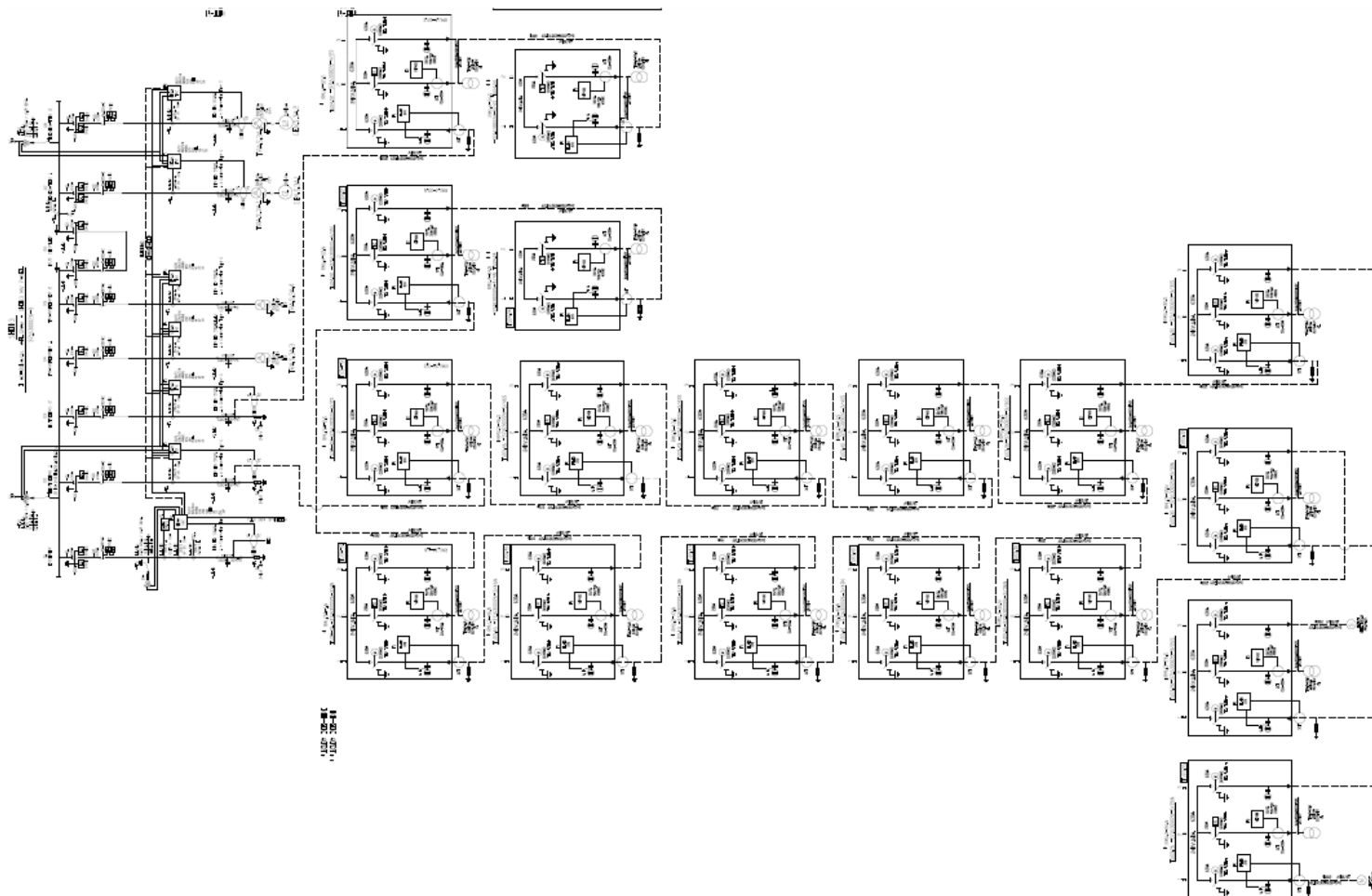
- מתח גבוה

- מתח נמוך

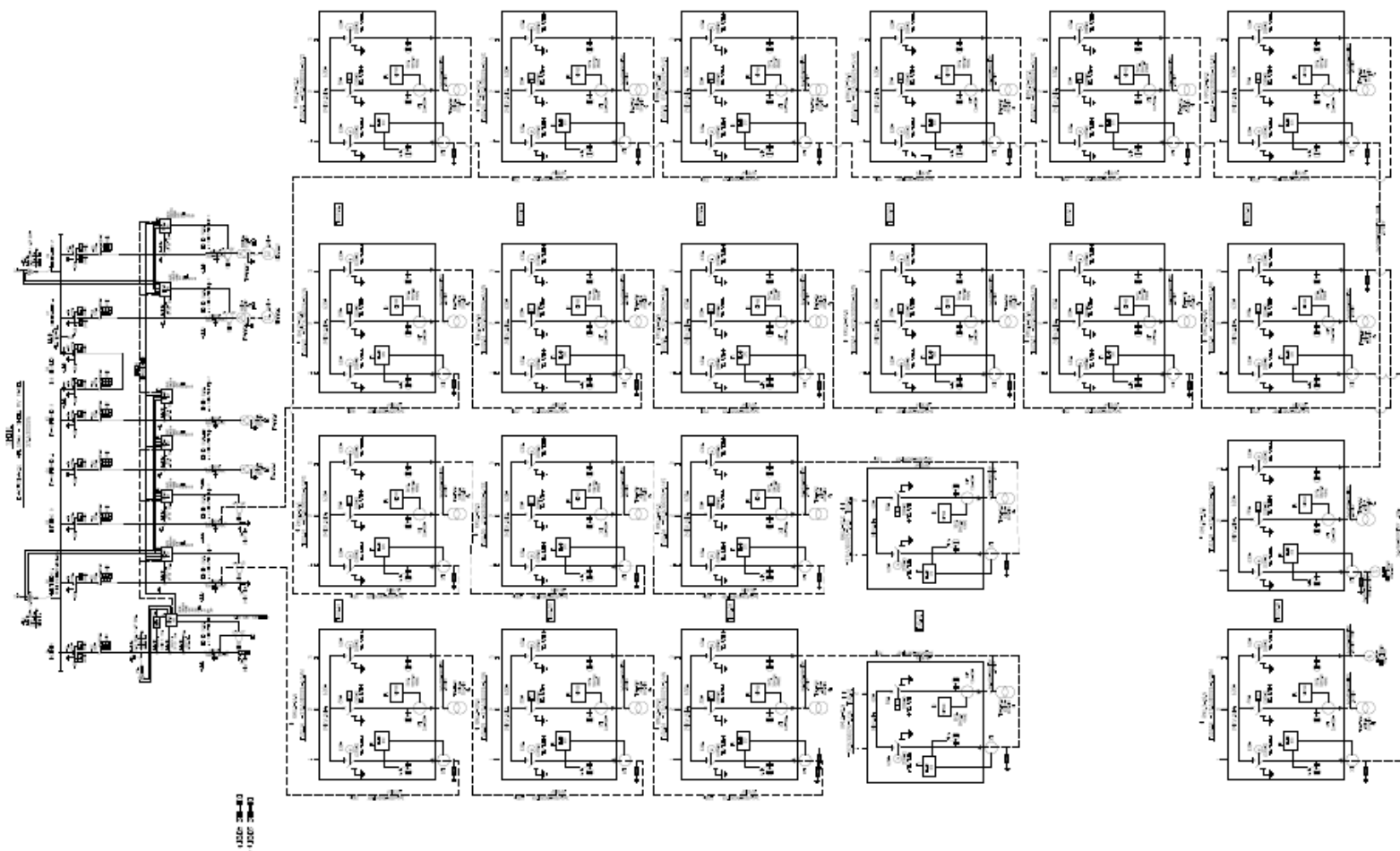
סכמה עקרונית להזנות מתח גבוה



סכמת מתח גבוה חלק א



סכמת מתח גבוה חלק ב



גיבויים ומ"ג

- מערכת החשמל כללה 2 חיבורי חשמל במ.ג שכל חיבור יכול לשאת את כל העומס של כל המנהרות מ 2 מקורות ותחמ"שים שונים. חיבור חברת החשמל מבוצע בשו"ב 1 מתחמ"ש שער הגיא ובשו"ב 3A מתחמ"ש עמק הארזים. בכל שו"ב גנרטורים לגיבוי ציוד החרום במצב הגרוע ביותר, גודל הגנרטורים חושב ע"פ בדיקת מצב הפסקת חשמל ומצב שריפה במנהרה הארוכה ביותר ועמוסה בהכי הרבה מפוחים – מנהרה מספר 3 , גודל הגנרטור הנקבע 2100kVA.

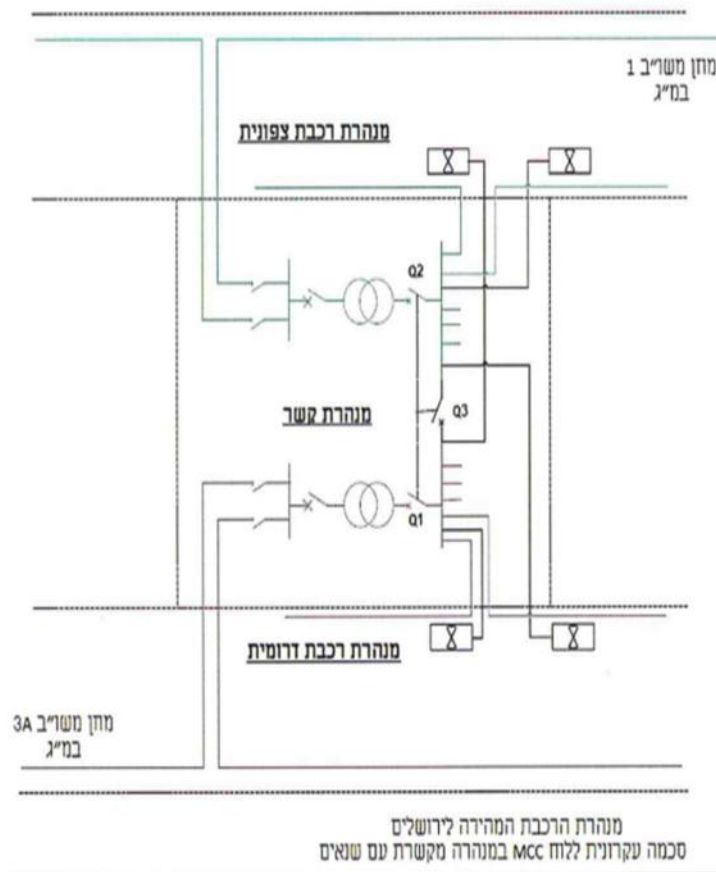
תחנות טרנספורמציה ושנאים

- לוחות מ.ג. (RMU) כפולים פזורים במנהרות המקשרות ע"פ סכמת מ.ג. לכל לוח מ.ג. 3תאים – 2 תאי כניסת כבלים (כניסה ויציאה) ותא יציאה עבור שנאים STEP DOWN.
- בכל מנהרה מקשרת עם תחנת מ.ג. הותקנו 2 שנאים יבשים בגודל משתנה ע"פ סכמת מ.ג.
- במקרה של תקלה בקו / לוח מ.ג. / שנאי, יתבצע ניתוק ובידוד התקלה כך שכל מנהרה מקשרת תמשיך לקבל הזנה מהצד השני של הרשת.

סכימה עקרונית למנהרה מקשרת – מטיפוס מ"ג

איור 2: סכמה חד קוית עקרונית למערכת מ"ג+ מ"י בתחנות השנאה במנהרות הקשר מנהרות ראשיות
1,2,3,4

– עבור מנהרה 3A ראה הסבר נפרד להלן

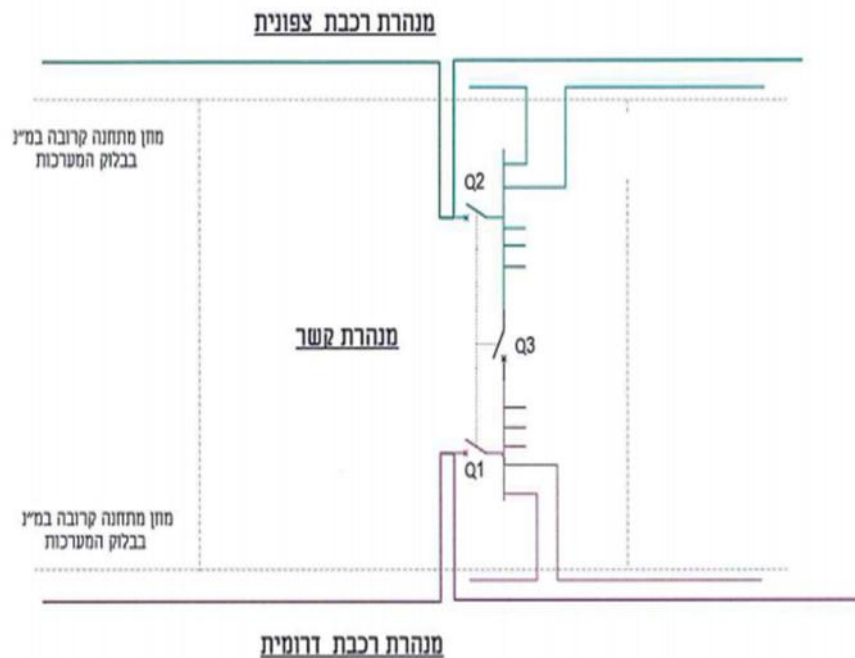


לוחות מתח נמוך

- לוחות מ"נ מוזנים מ 2 מקורות. קיימת חלוקת עומסים בין השדות השונים.
- מערכת החלפה אוטומטית מבצעת החלפה במידה ומקור אחד הפסיק לפעול. המערכת מזהה מצב של קצר, ובמצב של קצר לא תבוצע החלפה

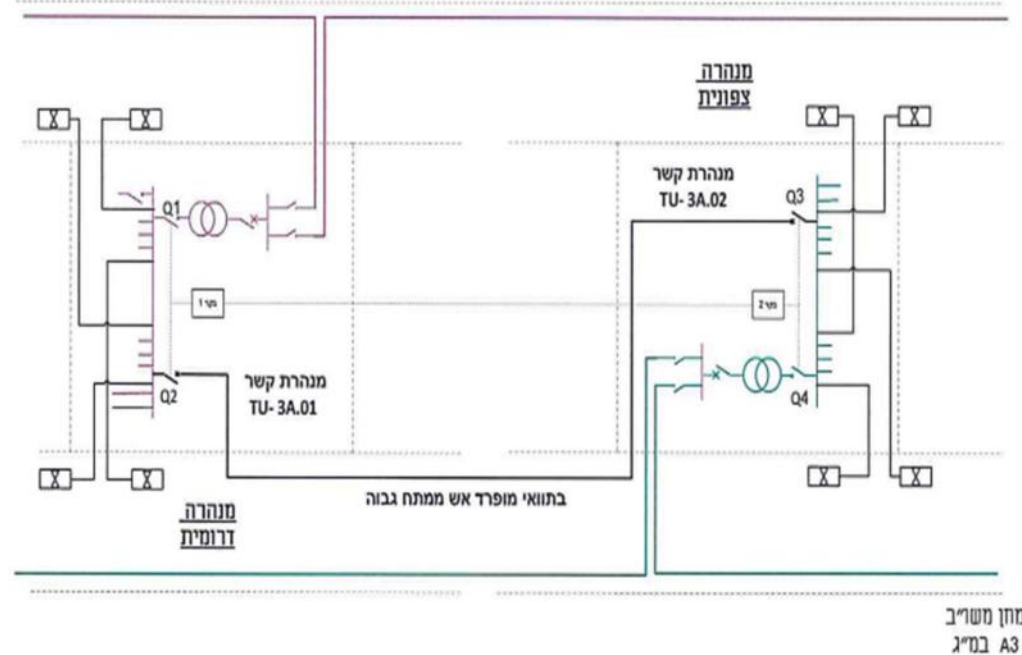
סכימה עקרונית למנהרה מקשרת – מטיפוס מנהרת קשר (ללא מ"ג)

איור 4 : סכמה חד קוית עקרונית למערכת משנית מ"ג בחדרי חשמל מנהרות הקשר

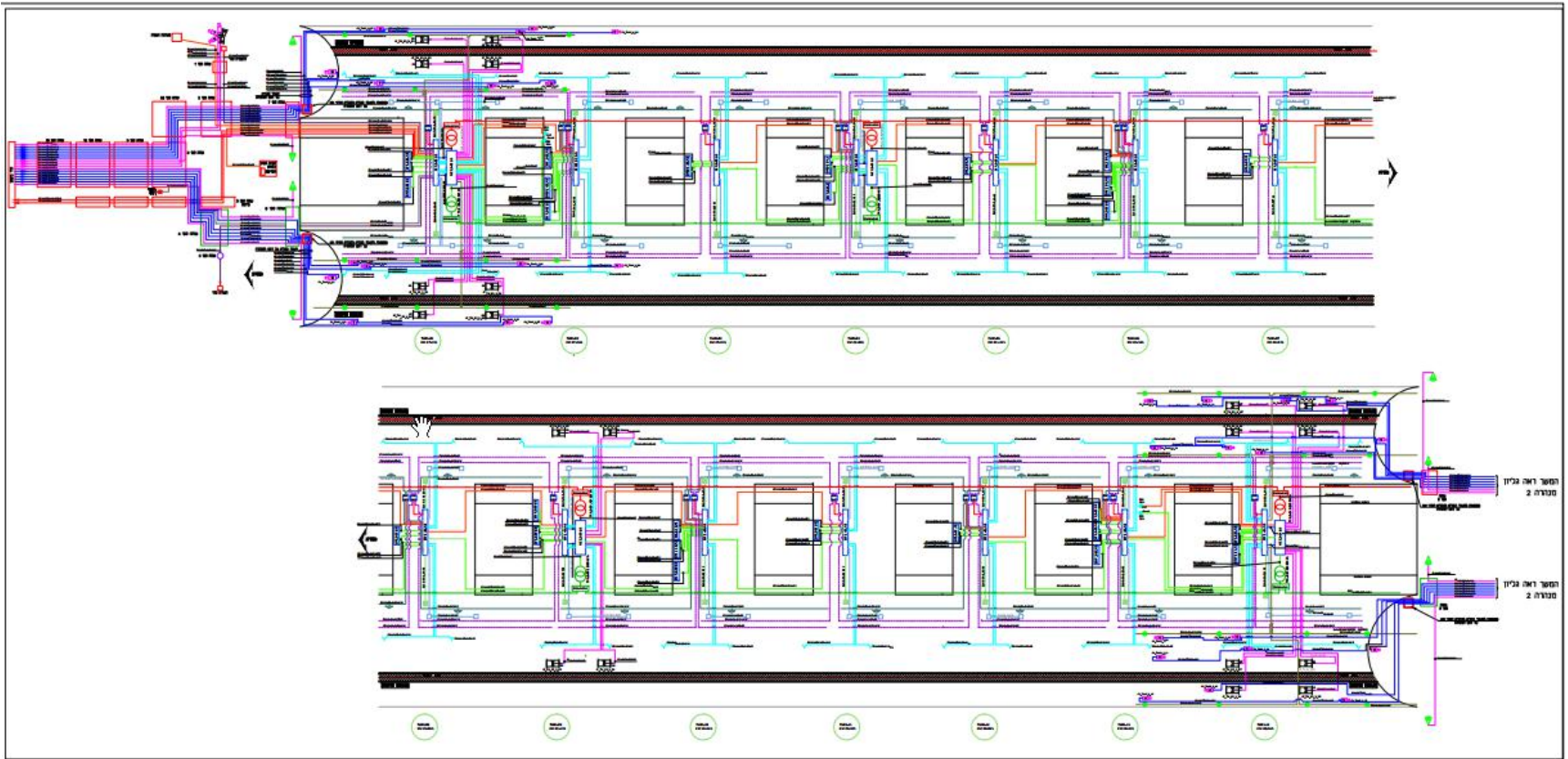


סכימה עקרונית לגיבוי במנהרה 3A – גיבוי במ"נ (קיים רק במנהרה 3A)

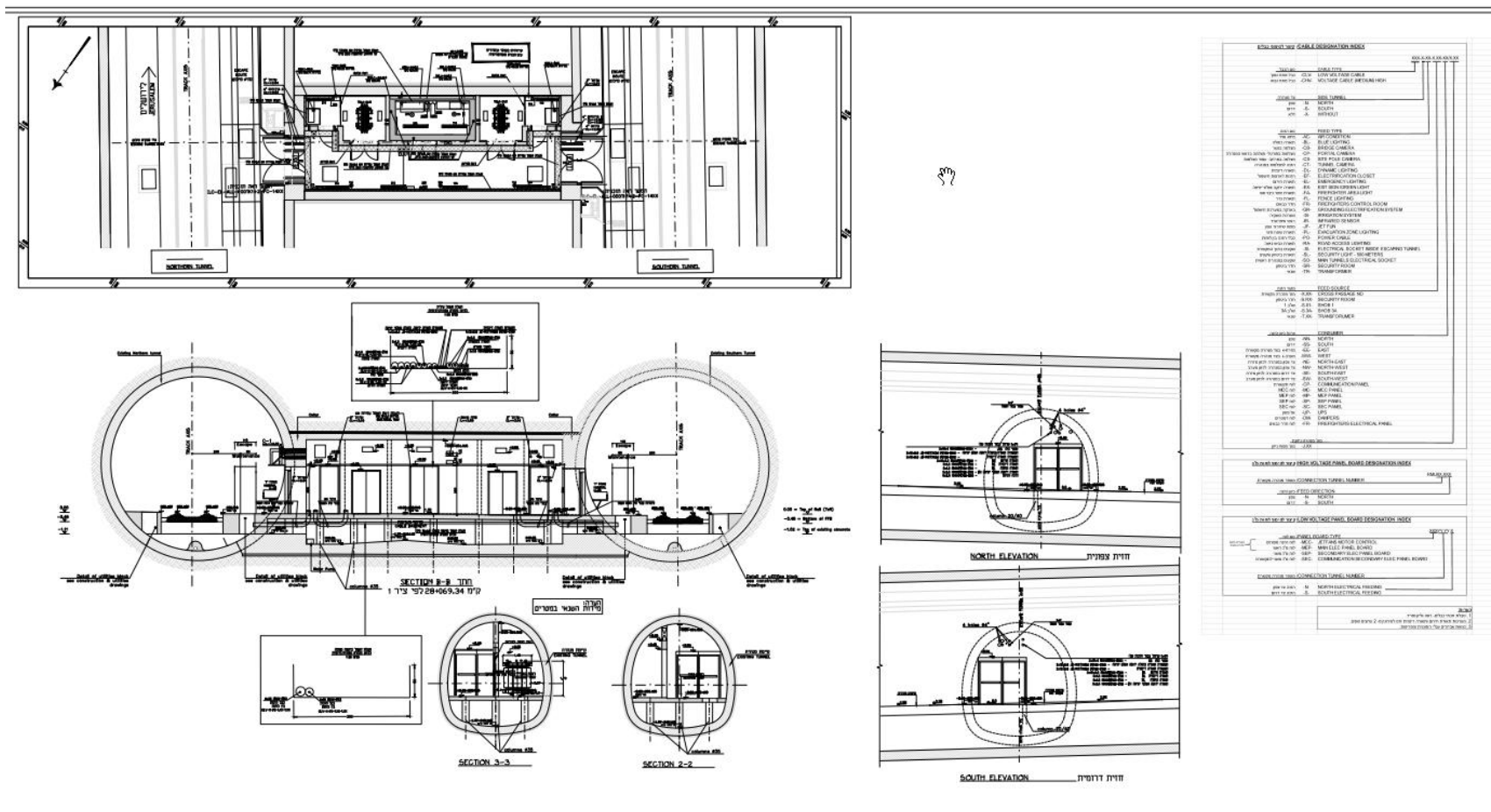
איור 3 : סכמה חד קוית עקרונית למערכת מ"ג+ מ"נ בתחנות השנאה במנהרות הקשר מנהרה ראשית 3A
מחן משויב
1 במ"ג



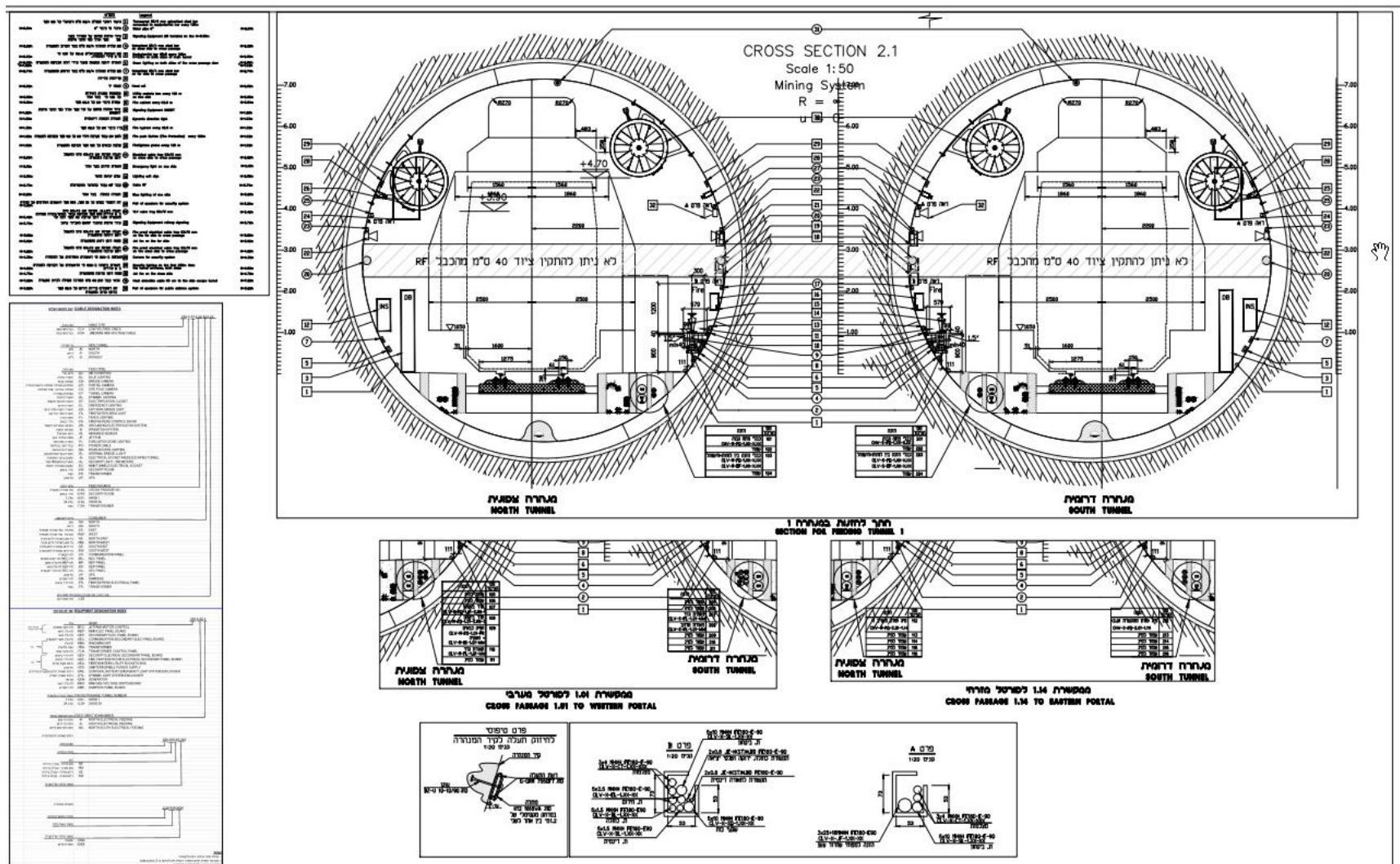
דוגמה לסכימה חד-קווית



דוגמה לתכניות טיפוסיות למנהרות מקשרות מ"ג



דוגמה לתכניות וחתכים עבור מנהרה ראשית



חשובי כבלים – מפלי מתח

- חוק החשמל מגדיר מפל מתח מקסימלי של 3%. ועדת פירושים 08-52 משנת 1999 קובעת כי תקנה זו מתייחסת **למתקנים דירתיים** בלבד ושאר המתקנים יש לתכנן באופן שיבטיח פעולה בטוחה ותקינה של הציווד החשמלי במתקן
- וועדת הפירושים מתייחסת בנפרד לאתר צריכה גדול
- קיים תקן IEC 60364-5-52 המגדיר את רמות מפלי המתח המותרות. בפרוייקט זה ובכלל אנו מאמצים תקן זה. תקן זה קובע:
 - לתאורה עד 100 מ' 6% , מעל 100 מ' עד 6.5% , עולה בהדרגה ע"פ המרחק.
 - לשימושים אחרים עד 100 מ' 8% , מעל 100 מ' עד 8.5% , עולה בהדרגה ע"פ המרחק
- עם התפתחות תאורת הLED והדרייברים בעלי טווחי מתח גדולים – במידת הנדרש ניתן להגדיל את מפלי המתח אף יותר לעיתים ל 15-20% אולם במתקני תאורה בלבד ע"פ רוב הגורם המכריע לבחירת חתך הכבל הוא זרם הקצר הנמוך ולא מפל המתח – ראה בהמשך

חשובי כבלים – מפלי מתח – ועדת פירושים 08-52 – משנת 1999

08-52

מעגלים סופיים הניזונים במתח
עד 1000 וולט

מפל מתח סירבי המותר באתר צריכה גדול

בתקנת משנה זוה של תקנות החשמל ומעגלים סופיים הניזונים במתח עד 1000 וולט, לרבות התיקון לתקנת אלו, שפורסם בק"ת 5619 ביום 23.8.94, נקבע: "מפל המתח הסירבי בין הדקי הצרכן לבין נקודת צריכה כלשהי במתקן הצרכן, לא יעלה על 3% מהמתח הנסמלי של הרשת".

בהגדרות של אותן תקנות נקבע:

"הדקי צרכן" - הדקים של מנה חברת החשמל, או הדקים בתיבת חיבור בקרבת המונה האמור, המשמשים לחיבור בין רשת חברת החשמל לבין מתקן הצרכן.

"מעגל סופי" - מעגל חשמלי שתחילתו במבסוס הקרוב ביותר במעגל, למכשיר חשמלי או לבית תקע וסימו במכשיר או בבית תקע.

כאשר מדובר על מתקני צריכה קטנים, הדרישה הקובעת מפל מתח סירבי של 3% במתקן הצרכן הינה ברורה וחד משמעית. יחד עם זאת, כאשר מדובר במתקן צריכה גדול המזין אתר גדול, בו זינת חברת החשמל מעיקה ללוח ראשי המזין באמצעות קווי הנהגה לוחות משנה, שכל אחד מהם מזין את המבנים השונים שבאתר, או לחילופין מתקן צריכה המקביל הנהגה במתח גבוה, קיימת אי בהירות לגבי הקטע אשר לבין חלה הדרישה ביחס למפל המתח הסירבי המותר במתקן הצריכה.

במקרים כאמור, התאמת המתקן לדרישה שמפל המתח הסירבי לא יעלה על 3%, החל מ"הדקי הצרכן" לאורך הקווים המחוברים בין הלוח הראשי ללוחות הפשטה ולאורך המעגלים הסופיים, כרוכה בהוצאות גדולות שלעיתים אינן מוצדקות ובהחלף מהמקרים גם אינה אפשרית.

- א. על איזה קטע בדיוק במתקן צריכה גדול כפי שתארת, חלה הדרישה למפל מתח סירבי של 3%?
- ב. מדוע נקבע שמפל המתח הסירבי המותר במתקן צריכה הוא 3%?

תשובת הועדה

א. הדרישה הסופית בתקנת משנה זוה של תקנות החשמל ומעגלים סופיים הניזונים במתח עד 1000 וולט, מתייחסת למפל המתח הסירבי המותר במתקן החשמל כולו, החל מהדקי הצרכן ועד נקודת צריכה כלשהי במתקן ובית תקע ואו מעגל סופי. **אולם היא מתייחסת למתקנים דרתיים ומתקני חשמל בדירות מגורים בלבד.** במתקני צריכה אחרים כגון: מתקנים תעשייתיים, מתקני חשמל במסגרת צב"ל וכו', על המתקן לחבוק את מתקן החשמל בהתחשב באופי המתקן והציוד המותקן בו, באופן שיבטיח פעולה בטוחה ותקינה של הציוד החשמלי במתקן.

ב. מפל המתח הסירבי המותר במתקן צריכה, נקבע כ-3%, מכיוון שעל סמך חישובים של מפלי מתח בדירות מגורים סטנדרטיות, בהתייחס לשטחי החתר הסקובלים של המוליכים ולרופים האופייניים, התברר שאין בעיה לעמוד בדרישה זו מבלי להכנס להשקעות מיוחדות במתקני החשמל.

הערה:

ועדת הפירושים מתכוונת להמליץ במי ועדת ההוראות להעביר את הסעיף העוסק במפל המתח הסירבי המותר במתקן צריכה, לתקנת החשמל והמעגלים והנהגה של מוליכים מבודדים ובגלים במתח עד 1000 וולט במסגרת רחביה הערכת בתקנת אלו.

יש לשלם דף זה אחרי דף 08-51

חישובי כבלים – מפלי מתח –

תקן IEC 60364-5-52

– 74 –

60364-5-52 © IEC:2009

Annex G (informative)

Voltage drop in consumers' installations

Maximum value of voltage drop

The voltage drop between the origin of an installation and any load point should not be greater than the values in Table G.52.1 expressed with respect to the value of the nominal voltage of the installation

Table G.52.1 – Voltage drop

| Type of installation | Lighting
% | Other uses
% |
|---|---------------|-----------------|
| A – Low voltage installations supplied directly from a public low voltage distribution system | 3 | 5 |
| B – Low voltage installation supplied from private LV supply* | 6 | 8 |

* As far as possible, it is recommended that voltage drop within the final circuits do not exceed those indicated in installation type A.

When the main wiring systems of the installations are longer than 100 m, these voltage drops may be increased by 0,005 % per metre of wiring system beyond 100 m, without this supplement being greater than 0,5 %.

Voltage drop is determined from the demand by the current-using equipment, applying diversity factors where applicable, or from the values of the design current of the circuits.

NOTE 1 A greater voltage drop may be accepted

– for motor during starting periods,

– for other equipment with high inrush current,

provided that in both cases it is ensured that the voltage variations remains within the limits specified in the relevant equipment standard.

NOTE 2 The following temporary conditions are excluded:

– voltage transients;

– voltage variation due to abnormal operation.

Voltage drops may be determined using the following formula:

$$U = b \left(\rho_1 \frac{L}{S} \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi \right) / \sqrt{3}$$

where

U is the voltage drop in volts;

b is the coefficient equal to 1 for three-phases circuits, and equal to 2 for single-phase circuits;

NOTE 3 Three-phase circuits with the neutral completely unbalanced (a single phase loaded) are considered a single-phase circuits.

ρ_1 is the resistivity of conductors in normal service, taken equal to the resistivity at the temperature in normal service, i.e. 1,25 times the resistivity at 20 °C, or 0,022 5 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ for copper and 0,036 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ for aluminium;

L is the straight length of the wiring systems, in metres;

Customer: Aviram Bar Akiva - No. of User(s): 1 - Company: D. Bar-Akiva Consulting Eng
Order No.: WS-2012-010327 - IMPORTANT: This file is copyright of IEC. Geneva, Switzerland. All rights reserved.

חישובי כבלים – זרם קצר נמוך

- בחישובי כבלים יש לקחת בחשבון את זרם הקצר הנמוך (החד פאזי) שיתפתח בקצה ההגנה (המאמ"ת) על הקו. בקווים ארוכים במקרים רבים יש לתת פתרון מאחר וזרם הקצר נמוך. פתרונות אפשריים:
 - א. שימוש בהגנות אלקרוניות – בהם ניתן היה לכייל את זרם הקצר לערכים נמוכים יחסית כאשר ואין צרכנים עם אופיין הנעה גבוה.
 - ב. שימוש במא"זים בערך נומינלי קטן כמו 6 או 4 אמפר לצרכנים שאינם דורשים חיבור גדול יותר מחד אך נמצאים במרחקים גדולים.
 - ג. שימוש באופייני מא"זים מיוחדים כגון אופיין Z בו זרם הקצר המובטח בניתוק הוא 2-3IN אך הוא מיועד לצידוד ללא זרמי הנעה גבוהים.
- שימוש מושכל ונכון בשיטות השונות יכול להביא לחסכון משמעותי כלכלי בחתכי כבלים ובתשתיות.
- זאת ועוד – בפרויקט זה כמויות התשתיות התת"ק והעליות היו יחסית מצומצמות ומציאת הפתרונות השונים לצרכנים השונים נתן פתרון גם לתשתיות אלו.
- לדוגמה מצלמות ביטחון המותקנות במרחק 630 מטר ממקור ההזנה וזרם הקצר הנמוך הגיע ל 32 אמפר, שימוש במא"ז 6 אמפר אופיין B נתן מענה הולם עם כבל בחתך נמוך יחסית.

חישובי כבלים – זרם קצר נמוך- דוגמה לתוצאות חישובים

חישוב זרמי קצר

| נושא | הספק השנאי (KVA) | מתח נומינלי (V) | מתח קצר (%) | עומס הצרכן (KW) | זרם הצרכן (מ"ר) | אורך הקו (מ"ר) | חתך מוליכי הפאזות (מ"ר) | חתך מוליך הארקה/האפס (מ"ר) | סוג הכבל | התנגדות סגולית ע"פ סוג המוליך למטר ב-80 מעלות (עבור חישוב מפלי מתח וזרמי קצר נמוכים) | היגב הקו (ע"פ נתיני יצרן לק"מ) | cos ϕ של הצרכן | sin ϕ | זרם השנאי (A) | זרם קצר בהדקי (KA) | התנגדות אומית של הקו עובר (Ω) | התנגדות אומית של הקו לעורך (Ω) | היגב של הקו (Ω) | היגב של הקו לעורך (Ω) | ענבה של הקו בלבד עבור זרם הקצר הנמוך (Ω) | זרם קצר נמוך בסוף הקו (A) |
|--|------------------|-----------------|-------------|-----------------|-----------------|----------------|-------------------------|----------------------------|----------|--|--------------------------------|---------------------|------------|---------------|--------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------------|--|---------------------------|
| קטע 0 - חישוב זרמי קצר בין חנות החשמל מח"י לבין חדר ביטחון | 630 | 400 | 4 | 33.3 | 52.31 | 0.2 | 35 | 35 | נחושת | 0.0226 | 0.0175 | 0.92 | 0.39 | 909.3533 | 22.73383 | 0.26 | 0.100229 | 0.02 | 0.02 | 0.26 | 708.79 |
| מצלמות על גשר 8 סה"כ | | 400 | 4 | | | | 4 | 4 | נחושת | 0.0226 | 0.0175 | 0.92 | 0.39 | 0 | 0 | 2.04 | 0.7893 | 0.02 | 0.02 | 2.04 | 90.7 |
| | | 400 | 4 | | | 0.38 | 1.890359 | | | 0.0000 | 0.0000 | | | 0 | 0 | 2.30 | 0.89 | 0.03 | 0.03 | 2.30 | 80.46 |
| מצלמות במנהרה 2 מורח סה"כ | | 400 | 4 | | | | 6 | 6 | נחושת | 0.0226 | 0.0175 | 0.92 | 0.39 | 0 | 0 | 5.66 | 2.1925 | 0.08 | 0.08 | 5.66 | 32.65 |
| | | 400 | 4 | | | 0.95 | | | | 0.0000 | 0.0000 | | | 0 | 0 | 5.92 | 2.29 | 0.09 | 0.09 | 5.92 | 31.21 |
| מצלמות פורטל בכניסה למנהרה 2 מורח ורגשי IR סה"כ | | 400 | 4 | | | | 4 | 4 | נחושת | 0.0226 | 0.0175 | 0.92 | 0.39 | 0 | 0 | 3.00 | 1.162025 | 0.03 | 0.03 | 3.00 | 61.61 |
| | | 400 | 4 | | | 0.465 | | | | 0.0000 | 0.0000 | | | 0 | 0 | 3.26 | 1.262254 | 0.05 | 0.05 | 3.26 | 56.70 |
| מצלמות פורטל בכניסה למנהרה 3 מורח ורגשי IR סה"כ | | 400 | 4 | | | | 4 | 4 | נחושת | 0.0226 | 0.0175 | 0.92 | 0.39 | 0 | 0 | 0.34 | 0.13155 | 0.0033 | 0.00327 | 0.34 | 544.18 |
| | | 400 | 4 | | | | | | | 0.0000 | 0.0000 | | | 0 | 0 | 0.60 | 0.231779 | 0.02 | 0.02 | 0.60 | 308.26 |
| מצלמות במנהרה מערב סה"כ | | 400 | 4 | | | | 4 | 4 | נחושת | 0.0226 | 0.0175 | 0.92 | 0.39 | 0 | 0 | 5.43 | 2.1048 | 0.0523 | 0.05232 | 5.43 | 34.01 |
| | | 400 | 4 | | | 0 | | | | 0.0000 | 0.0000 | | | 0 | 0 | 7.73 | 2.205029 | 0.06858 | 0.06858 | 7.73 | 23.91 |

בחירת כבלי חשמל

- בפרוייקט נדרשו הזנות רבות עם הרבה מאוד סוגי וחתכי כבלים. בוצעו חישובים מורכבים של כבלים כולל שינויי חתך במהלך התוואי וכל הנתונים הוכנסו לסכימה חד קווית ראשי שהיוותה את לב הפרוייקט.
- לכל כבל ניתן שם ע"פ קוד מסויים המאפיין את סוגו, צד במנהרה, כיווני הזנה ועוד, וחתכי הכבלי ע"פ קודים הוכנסו לטבלאות כבלים.
- שמות כבלים אלו מופיעים בסכימות, בתכניות השחלה, בלוחות החשמל ובכל מקום בו יש לציין את חתך הכבל – הכבל מסומן בקוד.
- שיטה זו מפחיתה אפשרויות של סתירות בין תכניות ונותנת מענה תחזוקתי בו ניתן לדעת לפי שם הכבל (קוד הכבל) ייעוד הכבלי ומאיפה לאיפה הוא הוא מחובר

דוגמה לרשימת כבלי חשמל

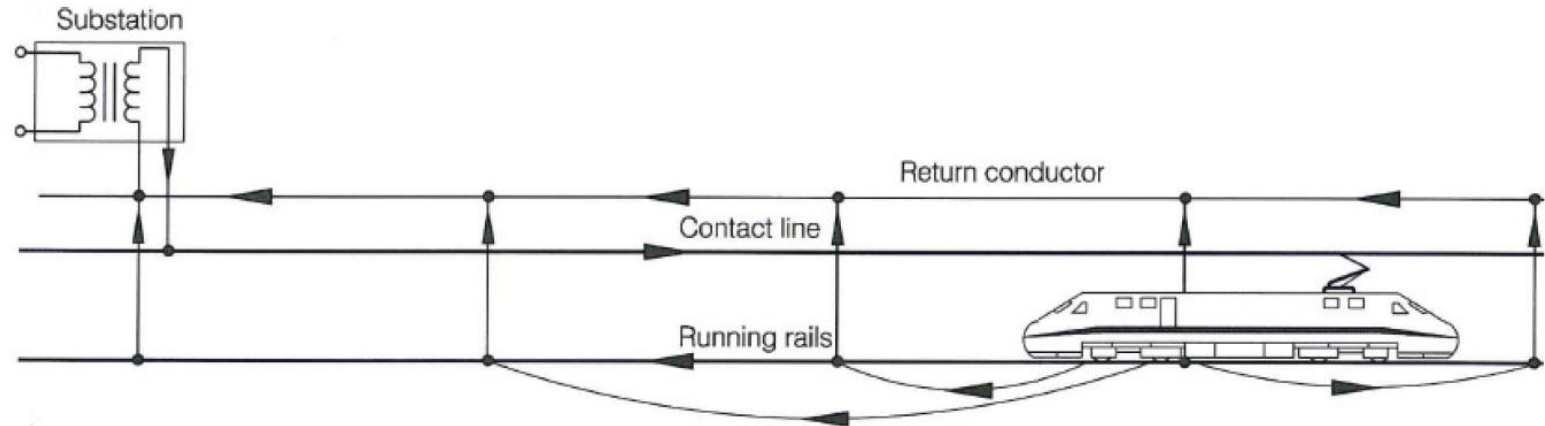
כבלי הזנת בין לוחות (1)

| מס' צינור/תעלה | מנהרה מקשרת מזינה/ספק מזן | מנהרה צפון דרום | מנהרה ניזונת/מבנה ניזון | שם הכבל הישן | שם הכבל החדש | סוג הכבל | חתך כבל | חתך מוליכי הארקה | רדיוס כפוף לנדרש | רדיוס כפוף לנדרש | מרחק צנרת מחפן שוחה מזרחי לחפן מקשרת (מ"מ) | מרחק צנרת מחפן שוחה מערבי לחפן מקשרת (מ"מ) | כמות כבליני | כמות כבליים במטר (אורך/חשוא) | הערות |
|----------------|---------------------------|-----------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|-----------|------------------|------------------|------------------|--|--|-------------|------------------------------|-------------------------------|
| | שנאי TR1.01N 630KVA | צפון | MCC1.01 | CLV-N-PO-TR01.01-MCC1.01 | CLV-N-TR-1.01-MC | N2XY-FR3 | 4x(1x240) | | 420 | | | | 2 | 20 | צינור 10 מטר לכל קבוצת כבליים |
| 109 | 1.01 | צפון | חפ"ק כבאים גשר 6 | CLV-N-PO-1.01-TZ11 | CLV-N-PO-1.01-FR | N2XY-FR3 | 4x35 | | 318 | | 340 | | 1 | 260 | |
| 103 | 1.01 | צפון | 1.02 | CLV-N-PO-1.01-1.02 | CLV-N-PO-1.01-1.02 | N2XY-FR3 | 4x16 | | 246 | 150 | 350 | 330 | 1 | 260 | |
| | 1.02 | צפון | לוח חישמול רמתהרה 1 02 | CLV-N-PO-1.01-ELF1.02 | CLV-N-FF-1 02-1 02 | N2XY-FR3 | 4x6 | - | | | | | 1 | | |
| | 1.01 | צפון | SEP 1.01 | CLV-N-PO-MCC1.01-SEP1.01 | CLV-N-PO-MCC1.01-SEP1.01 | N2XY-FR3 | 5x10 | כלל בכבל | 220 | 135 | | | | 10 | |
| | 1.01 | דרום | UPS1.01 | CLV-N-PO-SEP1.01-UPS1.01 | CLV-N-PO-SEP1.01-UPS1.01 | N2XY-FR3 | 3x6 | כלל בכבל | 210 | | | | | 10 | |
| | 1.01 | דרום | UPS1.01 | | CLV-N-PO-SEP1.01-UPS1.01 | N2XY-FR3 | 3x6 | כלל בכבל | 210 | | | | | 10 | |
| | 1.01 | דרום | UPS1.01 | | CLV-N-PO-SEP1.01-UPS1.01 | N2XY-FR3 | 3x6 | כלל בכבל | 210 | | | | | 10 | |
| | 1.01 | דרום | לוח דמפרים | CLV-N-PO-SEP1.01-DMP1.01 | CLV-S-PO-1.01-DM | NHXXHFF180-F90 | 5x2.5 | כלל בכבל | | | | | | 10 | |
| | 1.02 | דרום | UPS1.02 | CLV-N-PO-SEP1.02-UPS1.02 | CLV-S-PO-1.02-UP1 | N2XY-FR3 | 3x6 | כלל בכבל | 210 | | | | | 10 | |
| | 1.02 | דרום | UPS1.02 | | CLV-S-PO-1.02-UP2 | N2XY-FR3 | 3x6 | כלל בכבל | 210 | | | | | 10 | |
| | 1.02 | דרום | UPS1.02 | | CLV-S-PO-1.02-UP2 | N2XY-FR3 | 3x6 | כלל בכבל | 210 | | | | | 10 | |
| | 1 02 | צפון | SFPCCOM1 02 | | CLV-N-PO-1.02-SC | N2XY-FR3 | 5x6 | כלל ריזל | | | | | 1 | 15 | |
| | 1.02 | דרום | לוח דמפרים | CLV-N-PO-SEP1.02-DMP1.02 | CLV-S-PO-1.02-DM | NHXXHFF180-F90 | 5x2.5 | כלל בכבל | | | | | | 10 | |
| | שנאי TR1.04N 100KVA | צפון | MEP1.04 | CLV-N-PO-TR01.04-MEP1.04 | CLV-N-TR-1.04-MP | N2XY-FR3 | 4x(1x50) | | 270 | | | | 1 | 10 | |

הכנות לחישמול

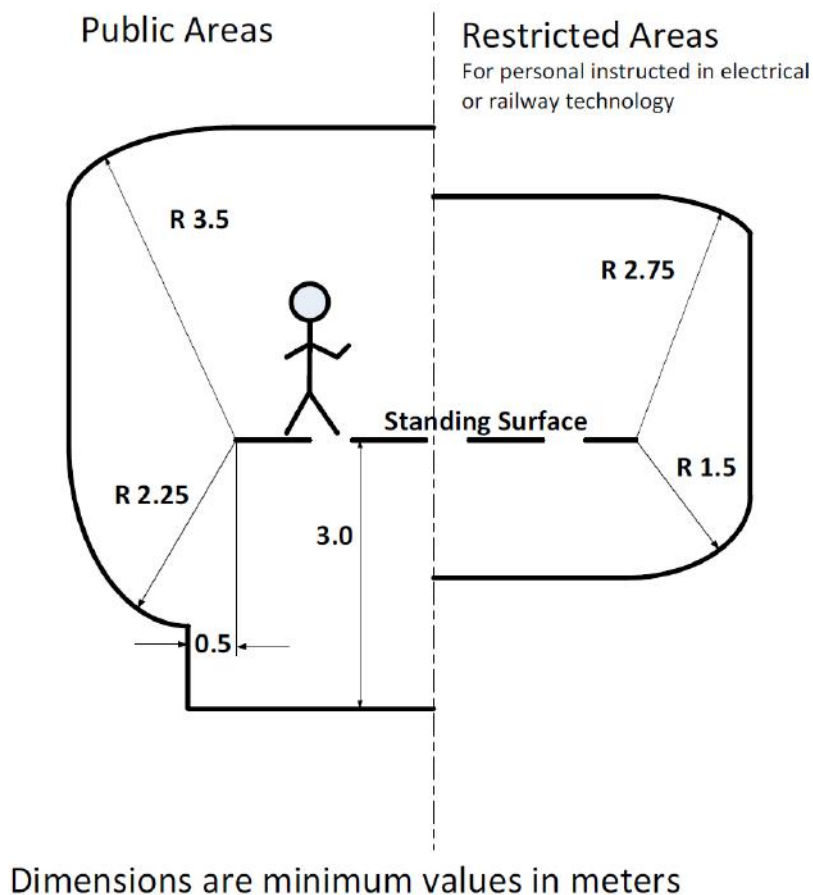
- מרחק מינימלי, הגדרת אזורי סכנה ופנטוגרף
- סכמת הארקות TBM/NATM

הכנות לחישמול – סכימת עקרונית של חזרת זרם דרך מסילה



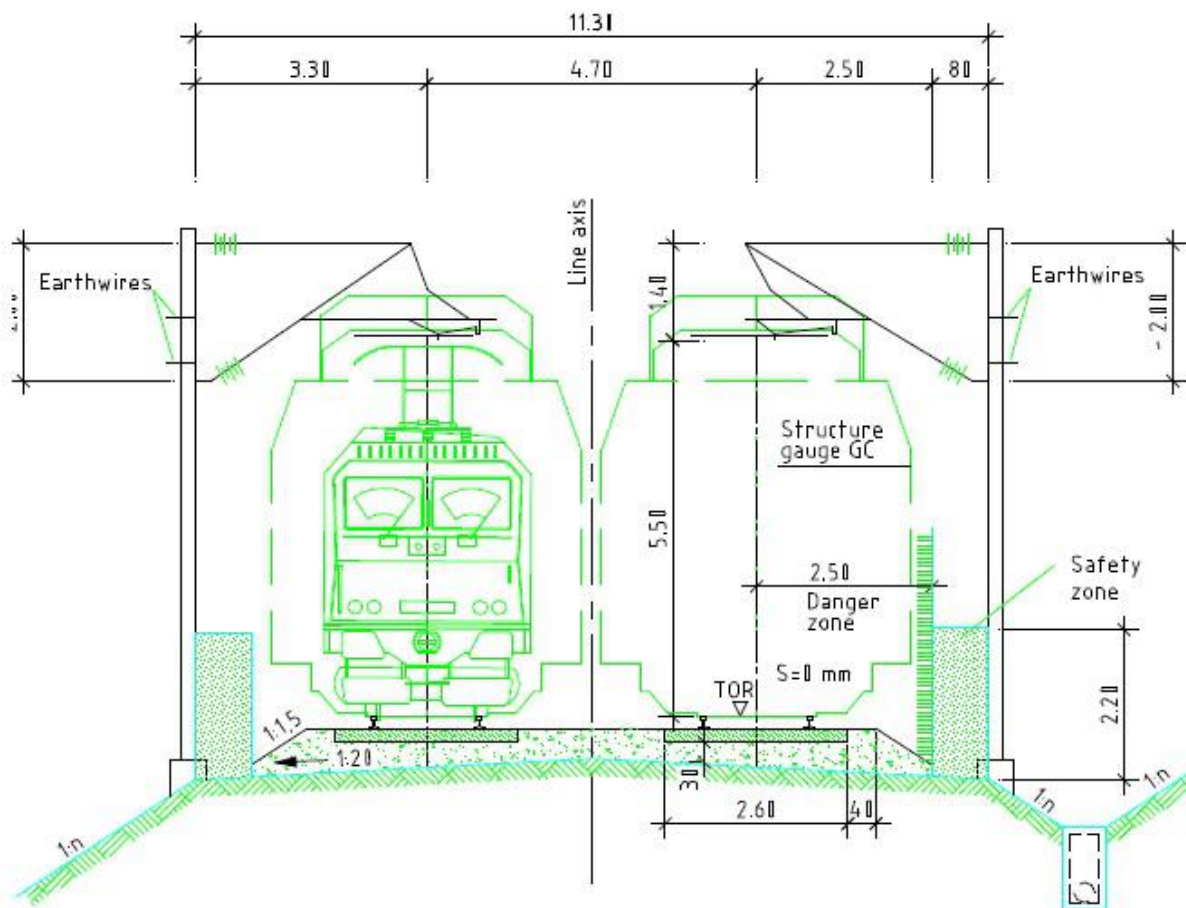
AC traction system conceptual diagram of return circuit via running rails and conductor (RR)

מרחק מינימלי מחלקים חיים ע"פ EN50122



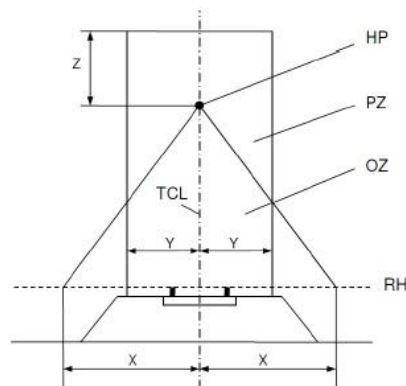
minimum distances from live parts in accordance with EN50122

הגדרת אזור סכנה



typical distances for "Danger zone"

אזור פנטוגרף (Pantograph zoon)



HP: Highest point of
the overhead line
PZ: Pantograph zone
OZ: Overhead contact line zone
TCL: Track center line
RH: Rail head

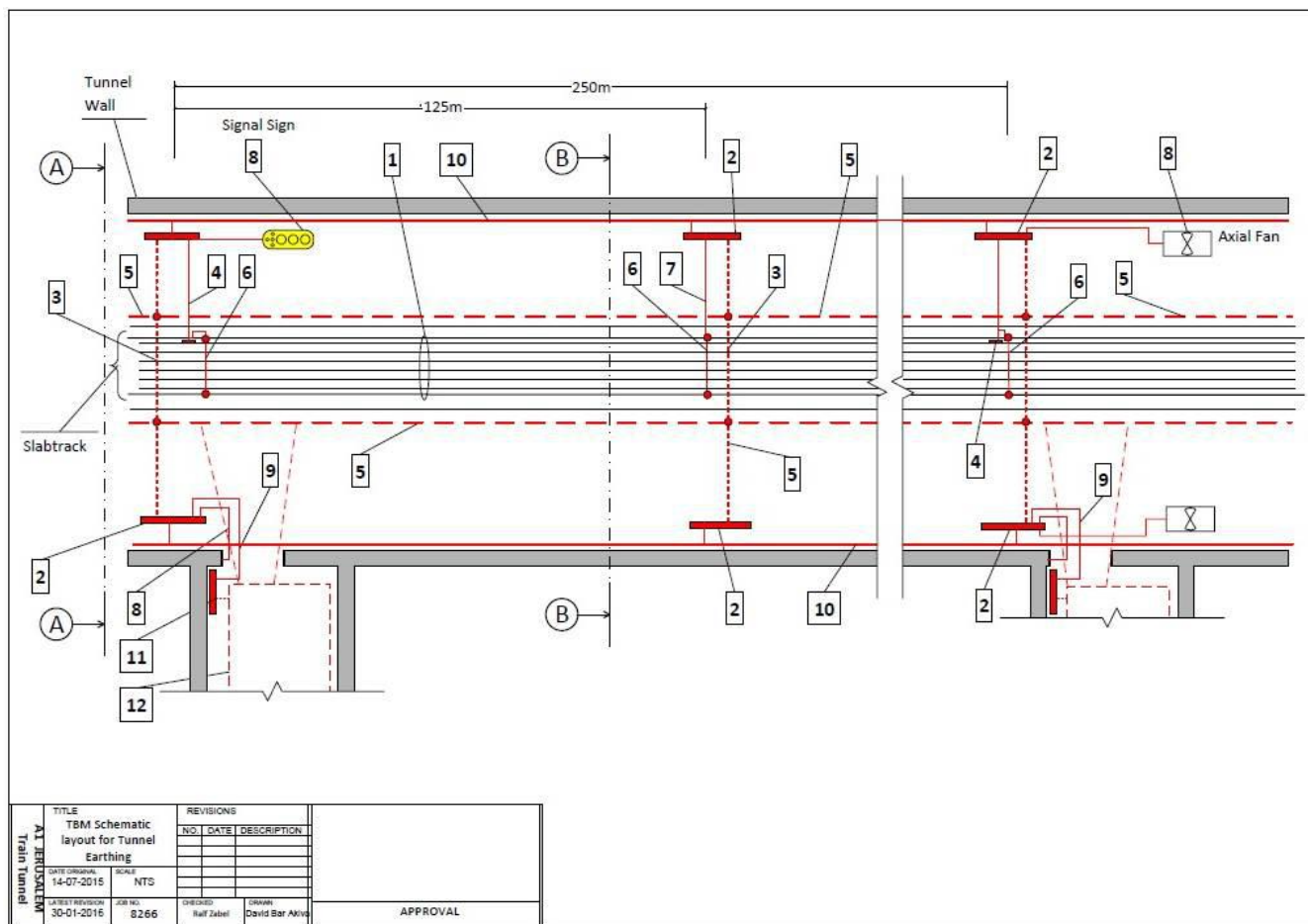
- $X = 4 \text{ m}$
- $Y = 2 \text{ m}$
- $Z = 2 \text{ m}$ (depends on the highest point of overhead contact line, includes also the maximum vertical height of a broken pantograph (out off running OSC))

Overhead contact conductor and pantograph zone OZ + PZ (EN501221-1)

מקרא לסכמות הארקה

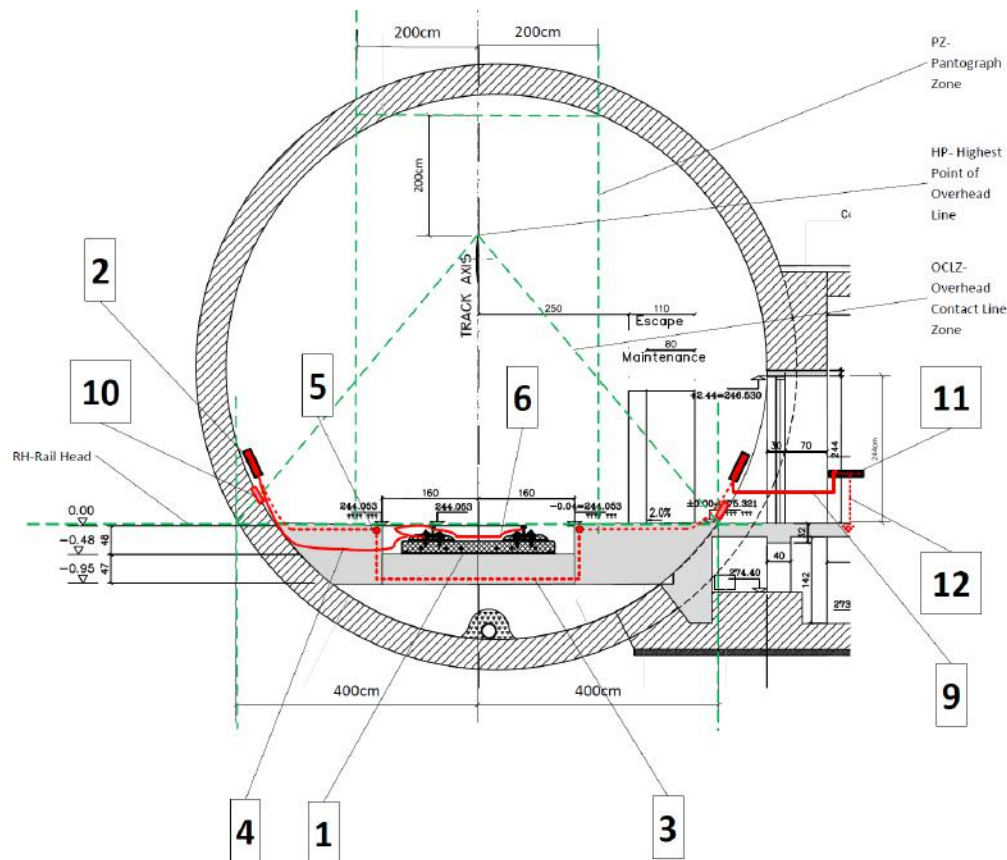
| No | Description | Implementation |
|----|--|---|
| 1 | Longitudinal earthing in slab track | 6 reinforcement steel rods 20mmØ |
| 2 | Earthing Equipotential Busbars (EPB) on both sides of tunnel wall | Cu 8/50mm with 6 holes 17mmØ minimum, every 125m |
| 3 | Transversal steel bar or rod under slabtrack | Galvanized steel bar 4/50mm or 16mmØ every 125m - connect to earthing busbars on tunnel walls |
| 4 | Earthing bar to slabtrack connection (tumbuckle earthing Connection) with bonding to rail | every 250m with 70mm ² Cu or CuStAl (as described in item 1 above) |
| 5 | Longitudinal Earthing in escape sidewalks ramps concrete on both sides of tunnel | Steel rod 16mmØ - Connect to Earthing busbars every 125m by 4/50mm galvanized steel bar |
| 6 | Rail to Rail connection | 70mm ² Cu or CuStAl every 250m |
| 7 | Rail to Earthing busbars connection | To one rail by 70mm ² Cu or CuStAl every 250m |
| 8 | Earthing all metal equipment (fans, signal signs, door frames, etc.) in "OCL and pantograph" zone only | 70mm ² Cu or CuStAl as required |
| 9 | Earthing Equipotential Bonding to Cross-passage earthing Busbar | Galvanized steel bar 4/50mm connect to earthing busbars |
| 10 | Longitudinal earthing on tunnel walls, both sides. | Galvanized steel bar 4/50mm connect to earthing busbars every 125m |
| 11 | Cross passage equipotential busbar | Cu 8/50mm with 6 holes 17mmØ minimum |
| 12 | Cross passage foundation grounding | Steel rod 16mmØ |
| 13 | Exist reinforced metal mesh cage within NATM tunnel wall | |

סכמת הארקה ל TBM



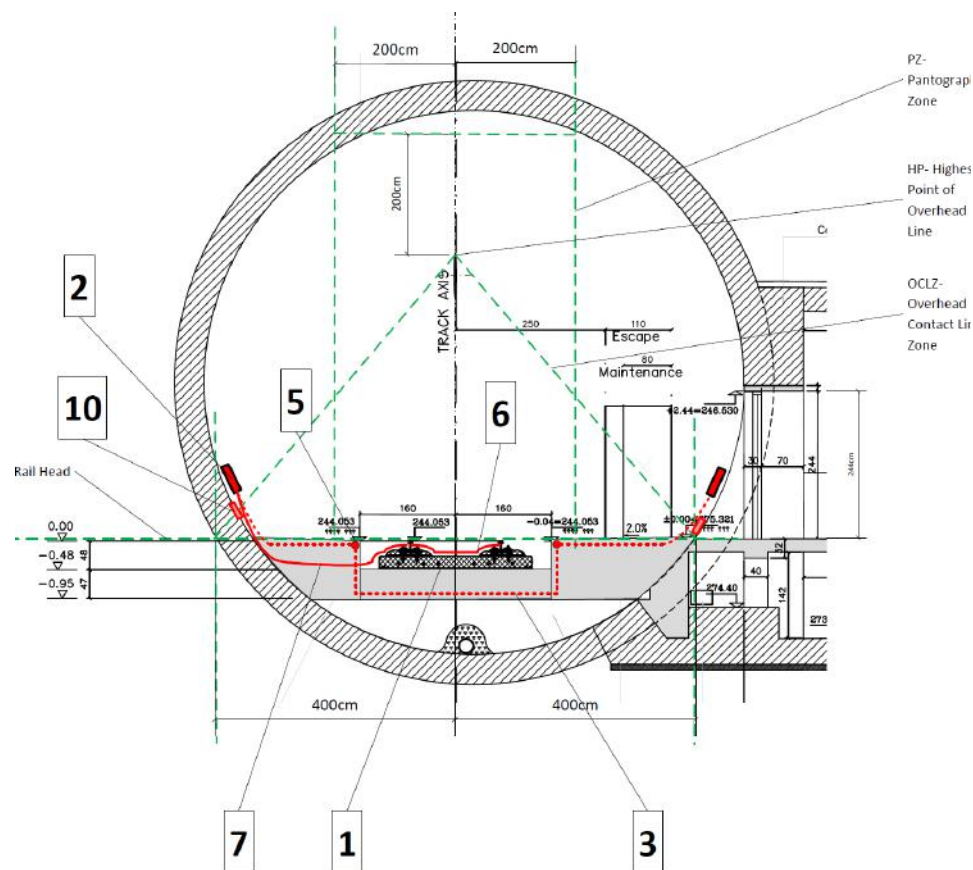
TBM Schematic tunnel earthing

סכמת הארקה ל TBM - חתך A



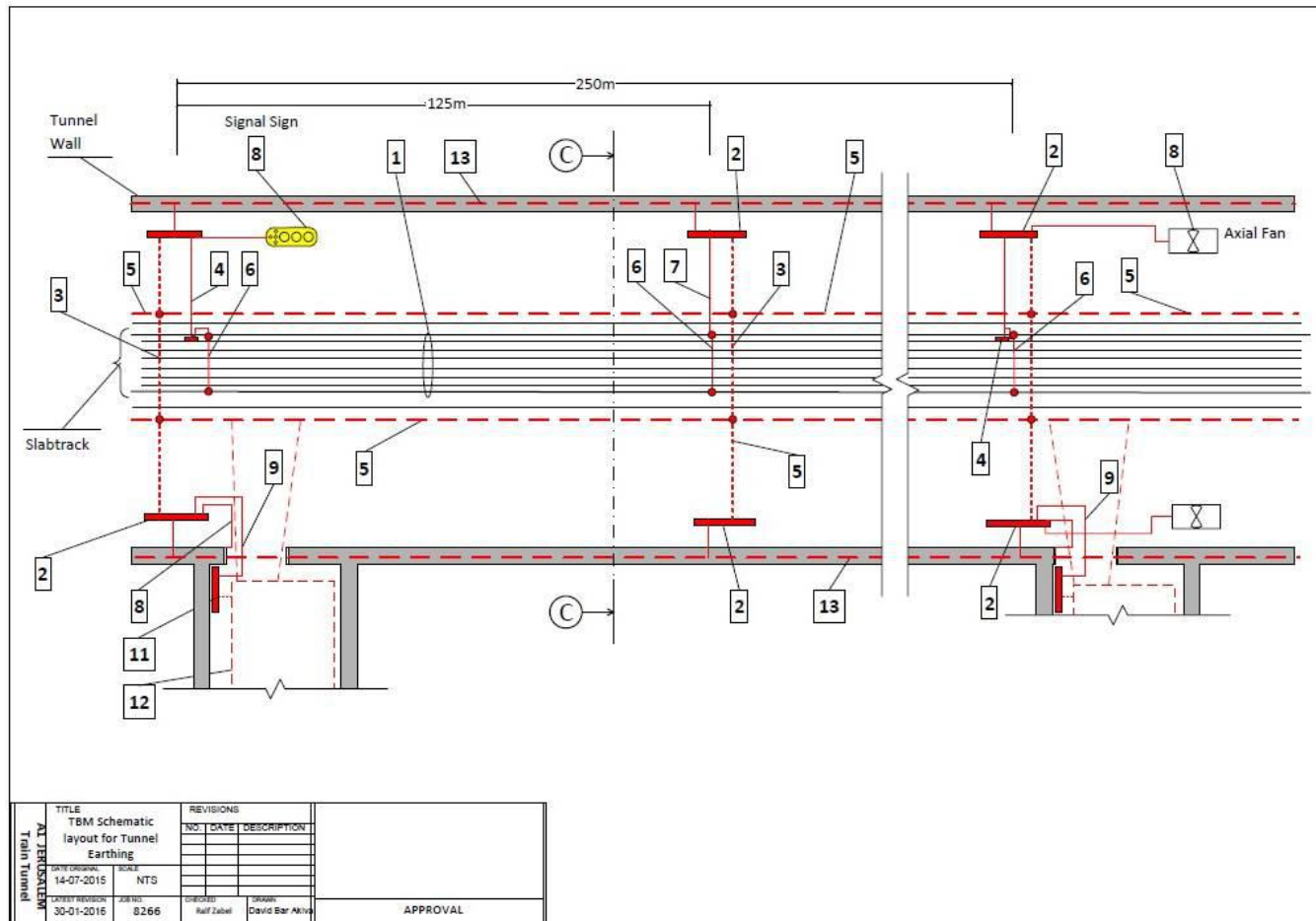
TBM Typical Sections A-A

סכמת הארקה ל TBM - חתך B



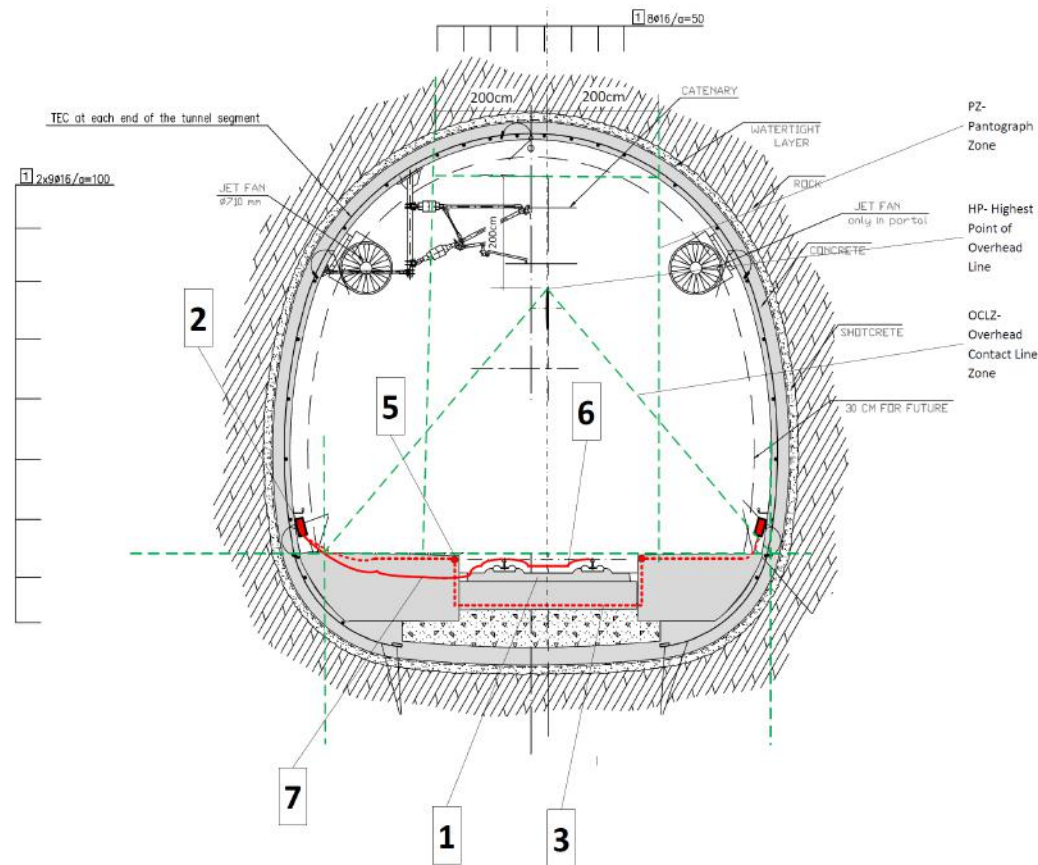
TBM typical sections B-B,

סכמת הארקה ל NATM



NATM Schematic Tunnel Earthing

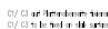
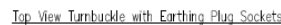
סכמת הארקה ל NATM - חתך C



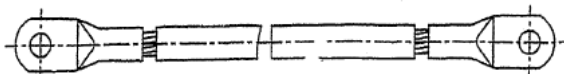
NATM Typical Section C-C

NATM Typical Section C-C

Slab on earthworks and in tunnels



פרט מגשר הארקה



| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---------|
| 1 | 1 | 1 | | | | | | | Kabelschuh Ebs 15.13.22/b | | | |
| 1 | 1 | 1 | 2 | | | | | | Kabelschuh Ebs 15.13.22/a | | | |
| 1 | | | | 2 | 1 | | | | Kabelschuh DIN 46 235 12-70S | | | |
| 1 | | | | | 2 | 1 | | | Kabelschuh DIN 46 235 12-50S | | | |
| | 1 | 1 | | | | 1 | 2 | | Kabelschuh DIN 46 235 16-70S | | | |
| | | 1 | | | | | | 2 | Kabelschuh DIN 46 235 16-50S | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | Kabel NYY-O 1x70mm ² ^{3) 4)} | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | Kabel NYY-O 1x50mm ² ^{3) 4)} | | | |
| t | s | n | m | l | k | h | g | d | c | b | a | Bauteil |
| Stückzahl / Bauart | | | | | | | | | | | | |

- Bauart a-d und g, h: Verbinden von Bauteilen aus Stahl/Kupfer¹⁾ mit Stahl/ Kupfer¹⁾
 Bauart c, d und g, h: Verbinden von Bauteilen aus Stahl/Kupfer¹⁾ mit Schienenanschlusssystem
 Bauart k, l: Verbinden von Bauteilen aus Aluminium mit Aluminium
 Bauart m, n: Verbinden von Bauteilen aus Stahl/Kupfer¹⁾ mit Aluminium
 Bauart s, t: Verbinden von Bauteilen aus Aluminium mit Schienenanschlusssystem

Zu verwendende Schrauben: M12 bzw. M16 DIN EN 24 017-A2²⁾; Länge nach Bedarf

Bei starken Schwingungen und Vibrationen ausgesetzten Schraubenanschlüssen (z.B. Blechabdeckungen auf Stahlbrücken) sind Profilringe gemäß Ebs 20.20.25 unter dem Schraubenkopf und der Mutter zu verwenden. Für Schienenanschlusssysteme sind die in der Zeichnung Ebs 15.03.23 festgelegten Sicherungsmaßnahmen anzuwenden.

¹⁾ auf Cu- oder Edelstahlbauteilen auch Kabelschuh DIN 46235 12/16-50/70 zulässig

²⁾ blank mit Glisolmittel

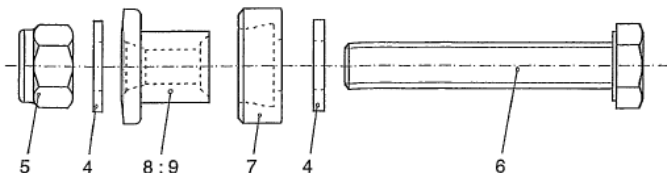
³⁾ Länge nach Bedarf

⁴⁾ im Tunnel halogenfreies Kabel N2XH-O 1x50mm² bzw. 1x70mm²

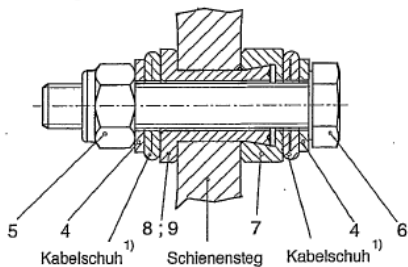
| | | | | | | | |
|---|----------|--|------|--------------------|--|-------|--|
| Verwendbar für:
Rückstromführung
Bahnerdung
Potenzialausgleich | | gesehen
Frankfurt am Main
den 21.05.03 | | 4 Ebs 15.03.17-1 | | | |
| | | TZF 73 | | Ausg. _____ | | | |
| | | Maße ohne
Toleranzangabe | | Datum _____ | | | |
| | | | | Maßstab _____ | | | |
| | | | | Erdungsverbinder | | | |
| | | Datum | | | | Name | |
| | | Bearb. 21.05.03 | | | | Meier | |
| | | Gepr. 22.05.03 | | | | Roth | |
| | | | | Norm. | | | |
| | | | | Planprüf. 22.05.03 | | | |
| | | | | DB AG | | | |
| | | | | DB Systemtechnik | | | |
| | | | | Überleitung | | | |
| | | | | Blatt | | | |
| | | | | Bl | | | |
| Zust. | Änderung | Datum | Name | Urspr. | Ers. f. 4 Ebs 15.03.17 / 01.03 Ers. d. | | |

פרטי מחבר למסילה

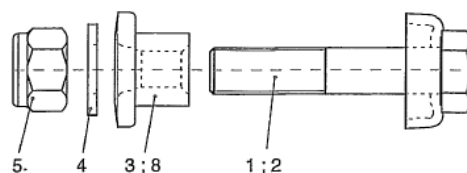
AR 260DA oder AR 260LA Einzelteile



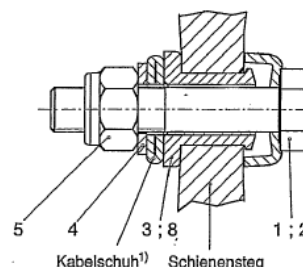
Montage des AR 260DA oder AR 260LA



AR 60DA oder AR 60LA Einzelteile



Montage des AR 60DA oder AR 60LA



Hersteller:
Fa. Cembre
Brescia (Italy)
Deutsche Vertretung:
Cembre GmbH
Taunusstraße 23
80807 München
Tel: 089/3580676
Fax: 089/35806777

Montageanleitung beachten!

Montagehinweis
Bohrung 19 mm; 1,5 mm tief, 60° anfasen. Bohrungshöhe über Schienenunterkante:

| | | |
|--------|---------|-----------------------|
| S 49 | 62,5 mm | } Bauarten a oder c |
| S 54 | 64,5 mm | |
| UIC 60 | 76,3 mm | Bauarten a, c, oder d |
| R 65 | 78,5 mm | Bauarten b oder d |

Anschlussystem sofort nach dem Bohren einziehen!
Anzugsmoment der Schraubverbindung: 60 Nm.
In Gleisen und Weichen dürfen Bohrungen mit einem Mindestabstand von 15 cm zwischen zwei Bohrungen bzw. zwischen Bohrung und Schweißstoß ausgeführt werden.
Im Bereich des beweglichen Teiles der Weichenzone sind keine Bohrungen zulässig.
Bei den übergängigen feste Fahrbahn-Damm, Brücke-Damm und Tunnel-Damm sollen 15 m vor und nach dem Bauwerk keine Kontakte eingebracht werden.

| | |
|------------------------|---|
| Bel Bauarten a oder b: | <p>Fianisch der Buchse auf der Seite des Kabelanschlusses.</p> <p>Max. 2 Kabelschuhe in entgegengesetzter Richtung anbringen.</p> <p>Der anzuschließende Gesamtquerschnitt darf 240 mm² nicht überschreiten.</p> |
| Bel Bauarten c oder d: | <p>Max. 2 Kabelschuhe pro Seite in entgegengesetzter Richtung anbringen.</p> <p>Auf jeder Seite ist der Anschluss bis zu zwei Kabeln zulässig.</p> <p>Der anzuschließende Gesamtquerschnitt darf auf jeder Seite 240 mm² nicht überschreiten.</p> |

| | | |
|-----|--|-----------------------------------|
| 2) | Maximaler Anschluss | Schraube nach DIN EN ISO 3506 T.1 |
| 1-3 | Cu-Kabelschuh 70 mm ²
nach DIN 46235 | A2 M12 x 70 verzinkt |
| 4 | Cu-Kabelschuh 70 mm ²
nach DIN 46235 | A2 M12 x 80 verzinkt |

| Bauart | Benennung | DB - Maß-Nr. |
|--------|-----------|--------------|
| a | AR 60DA | 747 057 |
| b | AR 60LA | 711 443 |
| c | AR 260DA | 747 518 |
| d | AR 260LA | 728 475 |

1) Anzuwendende Cu-Kabelschuhe nach DIN 46235 12-...-s (verzinkt)

| | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|---|-------------------------|---|-------------|--|--|-------------|-----------|----------|
| | | | Kupferbuchse, AR 260L-1 | | 9 | Cu, verzinkt | 728 476 | | | |
| 1 | 1 | 1 | Kupferbuchse, AR 260-1 | | 8 | Cu, verzinkt | 728 069 | | | |
| 1 | 1 | | Kupferscheibe, AR 260-2 | | 7 | Cu-Legierung, verzinkt | 143 562 | | | |
| 1 | 1 | | Schraube 2) | M 12x70 | 6 | DIN EN ISO 3506 T.1 | A 2-70 verzinkt / unverzinkt auch zulässig | 143 057 | | |
| 1 | 1 | 1 | Mutter, selbstsichernd | M 12 | 5 | 4 Ebs 20.20.26 | Stahl A3P | 280 160 | | |
| 2 | 2 | 1 | Scheibe | a 13x24 mm | 4 | A2 | Cu, verzinkt | 690 345 | | |
| | | 1 | Kupferbuchse, AR 60-1 | M 12 | 2 | A 4-60 verzinkt | 690 345 | | | |
| | | 1 | Schraube, AR 60-3X | M 12 | 1 | A 4-60 verzinkt | | | | |
| | | 1 | Schraube, AR 61-3IX | M 12 | 1 | A 4-60 verzinkt | | | | |
| d | c | b | a | Benennung | Abmessungen | Lfd. Nr. | Normblatt | Zelchen-Nr. | Werkstoff | Mat.-Nr. |
| Stück | | | | | | | | | | |
| Voraussetzungen: | | | | DB gesehen
Prüfung am Maß
gen 12.12.02
Gez. Bettmold | | 3 Ebs 15.03.23 Bl. 1 | | | | |
| Bahnerdung | | | | TZF 73 | | Ausg: | | | | |
| Rückstromführung | | | | Maße ohne
Toleranzangabe: | | Mastab: 1:1 | | | | |
| Potenzialausgleich | | | | | | | | | | |
| | | | | Datum Name | | Schienenanschlussystem
AR 60DA, AR 60LA,
AR 260DA und AR 260LA | | | | |
| | | | | Bearb. 20.11.2003 M.Moret | | | | | | |
| | | | | Gez. 20.11.2003 M.Moret | | | | | | |
| | | | | Gegp. 21.11.2003 E.Farod | | | | | | |
| | | | | Planprüf. 17.11.2003 Resch | | | | | | |
| | | | | Cembre S.p.A.
- Italien - | | Blatt | | | | |
| Zust Änderung: | | | | Datum Name Usprr. | | Ers. f. 3 Ebs 15.03.23/06.01 | | Ers. d. | | |
| | | | | | | | | 3 | | |



התאגדות מהנדסי חשמל ואלקטרוניקה

חשמל 18 Electricity 2



בר עקיבא

מהנדסים