

חדשנות ירוקה בחשמול הרכבת



בעשור האחרון, רכבת ישראל נמצאת בתנופת פיתוח אדירה. הנהלת הרכבת מקדמת פרויקטים מורכבים ורחבי-היקף, כגון: הרחבת רשת המסילות; הקמת תחנות נוסעים חדשות; התאמת תחנות קיימות לצורכי העתיד; והקמת מתחמי תחזוקה ודיוור. וכן פרויקטים במיגון תחומים, כגון: טכנולוגיה, סייבר, תקשורת, בטיחות, הגנת הסביבה, וכו'. פרויקט הדגל הוא "חשמול הרכבת", שמטרתו היא להסב את מערך הרכבות הקיים מהנעת דיזל להנעה חשמלית. הפרויקט כולל: חשמול של כ-1,000 ק"מ מסילה ברחבי הארץ, הרכבת מערכות בקרה וניהול, בניית תחנות השנאה רכבתיות והפעלתן, רכש של רכבות חשמליות חדשות, וכו'. עלות הפרויקט היא כ-12 מיליארד ש"ח. הוא יאפשר הפחתה משמעותית בפליטת מזהמים ורעש. כמו כן הפרויקט יאפשר הפעלת רכבות חדישות שנבנו בתקני בטיחות, שירות ונגישות מתקדמים ביותר

אדווה כלף ואלי יצחקוב

הצי הנייד ומתחמי התפעול

הצי הנייד של רכבת ישראל כולל: קטרי דיזל, קטרים חשמליים, קרונות נוסעים, מערכי קרונות חשמליים (בעלי הנעה עצמית), וקרונות משא. הנהלת הרכבת פועלת לחידוש הצי, והיא הזמינה 60 מערכי קרונות חשמליים דו-קומתיים (DD EMUs) (Double-Deck Electric Multiple Units)*. זאת, נוסף על הזמנת 62 קטרים חשמליים, וכן הסבת 300 קרונות דו-קומתיים אדומים להנעה חשמלית.

מערך DD EMU מורכב משני קרונות מנוע וניהוג חד-קומתיים, ומכמות משתנה

* במרכז זכתה חברת "סימנס מוביליטי" (Siemens Mobility). המכרז כלל: הסכם מסגרת לרכישת 60 מערכי קרונות חשמליים (330 קרונות וכ-33 אלף מקומות ישיבה), הקמת מרכז תחזוקה (סדנה/מוסך) לקרונות החשמליים, ושירותי תחזוקה במשך 15 שנה. היקף המכרז הוא כ-3.8 מיליארדי ש"ח.

"פרויקט חשמול הרכבת תורם תרומה משמעותית לקידום החדשנות הירוקה". כך אומר תומר כהן, מנהל אגף אחזקה ותפעול אזור דרום (הכולל את המתחמים התפעוליים: אשקלון, באר-שבע ודימונה). והוא מוסיף: "היתרונות של רכבות חשמליות כוללים: ניצול אנרגיה טוב יותר, לעומת ניצול האנרגיה בהנעת דיזל, וחיסכון בשינוע משקל מקור האנרגיה (מנוע הבעירה של הקטר ומכלי הדלק); פעילות שקטה, המאפשרת לרכבות לפעול בערים, בשעות הלילה, ומניעת פליטת מזהמים מן המנוע (שיפור במדדי זיהום הרעש וזיהום האוויר); תאוצה מהירה ובליימה משופרת, המקצרות את משך הנסיעה, בעיקר, במקטעים קצרים בין תחנות; זמינות גבוהה של רכבות בזכות אמינות המערכות החשמליות; תחזוקה מופחתת, המקצרת את משכי הטיפול וחוסכת כסף רב; ועוד. הרכבות החדשניות, שנבנו בסטנדרטים גבוהים ביותר, מחליפות את רכבות הדיזל המיושנות (ששמשו יותר מ-30 שנות שירות), והן גם תורמות לשדרוגי הבטיחות, השירות והנגישות למען רווחת הנוסעים".



מערך קרונועים על גשר

ומנהרת שטיפה באורך של 70 מ') ו"מתחם דימונה" (מתחם תפעול לרכבות משא).

"את הפעילות התפעולית במתחמים מבצעים באמצעות צוותים מיומנים בשתי מחלקות: מחלקת התפעול, האחראית לשינוע הרכבות בתוך המתחם; ומחלקת התחזוקה, האחראית לטיפול השוטף, לפעילות האחזקה (מתוכננת/שבר), ולביצוע פרויקטים ושדרוגים", אומר תומר כהן, והוא מוסיף: "שירותי התחזוקה והדיור במתחמים מבוצעים במשך 24 שעות ביממה, בעיקר, בשעות הלילה. העבודה מתבצעת במשמרות, ולה אחראית מינהלת המתחם: מנהל המתחם, צוות תכנון ופיקוח, וצוות בקרת איכות".

מתחמי התפעול כוללים: מסילות דיור, מסילות קבלה (המתנה לטיפול במרכז התחזוקה), מסילות תעלה/טיפול (ממוקמות במרכז התחזוקה, או מחוצה לו), מסילות חיוג (משמשות לתמרון הרכבות ולהיפוך כיוון נסיעתן), מסילות המתנה (מאפשרות לרכבת לעצור לפני כניסה למתחם, כדי לאפשר לרכבת אחרת לצאת ממנו), מרכז תחזוקה (טיפול שוטף, תחזוקה, ופרויקטים של שדרוג), מגדל פיקוח (ניהול תנועת הרכבות במתחם, אליו וממנו), ועוד. גודל המתחם התפעולי נמדד בכמות קווי התחזוקה שבן, והיקף פעילותו של המתחם נמדד בכמות תנועת הרכבות אליו וממנו, במשך יממה.



מערך קרונועים על גשר

של קרונות ביניים דו-קומתיים (שניים במערך, המכיל רביעיית קרונות; וארבעה במערך, המכיל שישית קרונות). אפשר לחבר עד שלושה מערכי קרונועים לרכבת אחת, בהתאם לאורך הרציפים בתחנות. כיום, הצי הנייד של הרכבת כולל 24 מערכי DD EMU (6 מערכי "רביעיית" ו-18 מערכי "שישית"). הנהלת הרכבת הזמינה 36 מערכי DD EMU נוספים, ויש לה אופציה להזמין מערכים נוספים כפוף להחלטות, שיתקבלו בעתיד במשרד התחבורה וברכבת.

"פרויקט חשמול הרכבת תורם תרומה משמעותית לקידום החדשנות הירוקה... הרכבות החדשניות, שנבנו בסטנדרטים גבוהים ביותר, מחליפות את רכבות הדיזל המיושנות (ששמשו יותר מ-30 שנות שירות), והן גם תורמות לשדרוגי הבטיחות, השירות והנגישות למען רווחת הנוסעים"

מתחמי התפעול של רכבת ישראל (Depots) משמשים לדיור (חנייה בשעות ללא פעילות) ולתחזוקה. מערך התפעול של הצי הנייד כולל את המתחמים הבאים: "מתחם קישון" (או בשמו החדש: "סדנאות אפרים"), "מתחם חיפה" (סמוך לתחנת הרכבת "חיפה מזרח"), "מתחם לוד", "מתחם אשקלון", "מתחם באר-שבע" (מתחם התפעול הגדול ביותר, במזרח התיכון, הכולל ארבעה קווי תחזוקה



מערך קרונועים על גשר



הקמת מרכז התחזוקה במתחם מרכז התפעול. אפריל 2021

המתחם התפעולי החשמלי באשקלון, שבנייתו הושלמה בשנת 2021, משמש, בעיקר, לתחזוקת מערכי קרונועים חשמליים דו-קומתיים [DD EMUs].... מרכז התחזוקה מבוסס על חדשנות ירוקה: החל בניהול תחזוקה חכמה של הרכבת; המשך בתהליכי עבודה דיגיטליים, ובשיתופי פעולה ללא נייר; וכלה במערכת אנרגיה מתחדשת, המבוססת על פאנלים סולאריים פוטו-וולטאיים, המותקנים על גג מבנה המרכז

בניית רציף מכין באורך של 350 מ' לטיפול במערכי הרכבת המחושמלים; הקמת מבני הנדסה, מבנה חשמל, מאגר מים, ומשאבות; בניית תשתית החשמול לצד המסילות במתחם; וכו'. נוסף על-כך, חברת סימנס, שזכתה במכרז הקרונועים החשמליים, הקימה בתחומי המתחם - מרכז תחזוקה למערכי DD EMUs, ששטחו 9,000 מ"ר.

מרכז התחזוקה כולל:

- אולם תחזוקה מרכזי (כ-7,000 מ"ר), שבו שלוש מסילות תחזוקה.



הקמת מרכז התפעול באשקלון. אפריל 2021

הטיפול השוטף ברכבת כולל את הפעילויות הבאות: תדלוק (רכבות דיזל) בסיים הנסיעה; ניקיון פנימי (איסוף אשפה, ניקוי רצפות, שאיבת אבק, ניגוב שולחנות, ניקוי ידיות אחיזה ומעקים, ניקוי שירותים, אספקת חומרים מתכלים, ניקוי תאי ניהוג וכו'); ריקון מכלי השירותים באמצעות מערכת סגורה; מילוי של חול, של שמנים ושל מים; שיטת הרכבת במנהרת שטיפה, וביצוע בדיק לפני תחילת הנסיעה.

התחזוקה כוללת: ביצוע בדיק על-פי תכנית התחזוקה (אחת לתקופה ולפי מרחק הנסיעות) וביצוע תחזוקת שבר לפי הצורך. הבדיק המתוכנן נמשך 24 שעות, או ימים אחדים (הכול לפי סוג הבדיק).

פרויקטי השדרוג כוללים התקנת מערכות חדשות, או שדרוג מערכות קיימות.

המתחם התפעולי החשמלי באשקלון

המתחם התפעולי החשמלי באשקלון, שבנייתו הושלמה בשנת 2021, משמש, בעיקר, לתחזוקת מערכי קרונועים חשמליים דו-קומתיים [DD EMUs]. שטח המתחם הוא 13 אלף מ"ר, והקמתו כללה, בין השאר: סלילת 11 ק"מ מסילות;



הקמת מרכז התחזוקה במתחם מרכז התפעול. אפריל 2021

פאנלים סולאריים פוטו-וולטאיים על גג מבנה מרכז התחזוקה. יוני 2022. צילום: איגל צילומים



המותקנים על גג מבנה המרכז.

במערכי הקרונועים החשמליים (DD EMUs) מותקנת מערכת חיישנים, המשדרת נתוני מצב בזמן-אמת (On-line) למרכז השליטה של סימנס בגרמניה. ניטור הנתונים מאפשר למרכז לשדר אוטומטית משימות תפעוליות למרכז התחזוקה באשקלון, ולהיערך "מודיעים" על הגעתם לטיפול במוסך).

יתרה מזו, המערכת החכמה של סימנס מבוססת על בינה מלאכותית (Artificial Intelligence [AI]) ועל נתוני עתק (Big Data) של תחזוקת רכבותיה ברחבי העולם. המערכת מפעילה מודלים אנליטיים, המאפשרים ניבוי מוקדם של תקלות ברכיבים קריטיים (Analytical models that predict premature failures of mobility-critical components early on), והם תורמים להפחתת אחזקת השרב עד למינימום.

כל המשימות התפעוליות במרכז התחזוקה, באשקלון, מועברות לצוותי העבודה

במערכי הקרונועים החשמליים מותקנת מערכת חיישנים, המשדרת נתוני מצב בזמן-אמת למרכז השליטה של סימנס בגרמניה. ניטור הנתונים מאפשר למרכז לשדר אוטומטית משימות תפעוליות למרכז התחזוקה באשקלון, ולהיערך מיטבית לביצוע התחזוקה (הקרונועים "מודיעים" על הגעתם לטיפול במוסך)

- מעבדות טכניות, מחסנים וחדר בקרה (Control room).
- משרדים, חדרי ישיבות, וכיתות הדרכה.

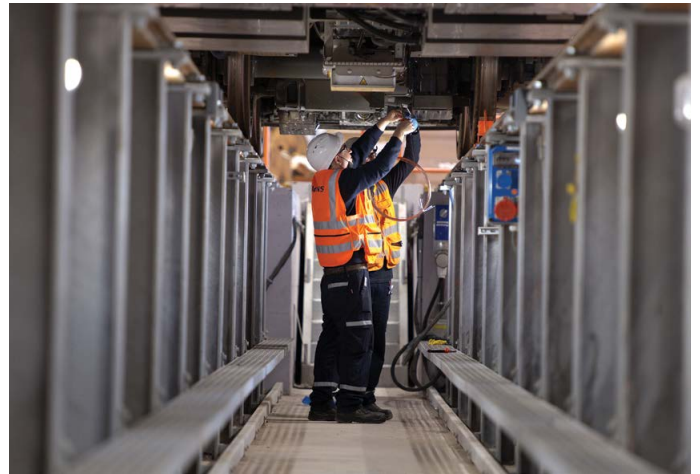
מרכז התחזוקה מבוסס על חדשנות ירוקה: החל בניהול תחזוקה חכמה של הרכבת (Maintenance intelligence for rail vehicles); המשך בתהליכי עבודה דיגיטליים (Digital workflows), ובשיתופי פעולה ללא נייר (Paperless collaboration); וכלה במערכת אנרגיה מתחדשת (Renewable energy), המבוססת על פאנלים סולאריים פוטו-וולטאיים (Photovoltaic Solar Panels).



אולם מרכז התחזוקה. מבט מקרוב. צילום: איגל צילומים



גלגלי הרכבת מבט מקרוב



פעילות אחזקה בתעלת טיפול

להלן תיאור המערכות המתקדמות:

- **מחרטת גלגלים תת-קרקעית.** המחרטה מאפשרת את חריטת גלגלי הרכבת (כדי להחליקם לפרופיל הנכון), וזאת ללא צורך בפירוק הגלגלים. בשיטה המסורתית, טכנאי היה יורד לבור מתחת לרכבת, כדי לבדוק את הגלגלים. אם הוא מצא, שיש לחרוט אותם, היה צריך לפרקם, לשנעם למחרטה בעמדה סמוכה, לשנעם לרכבת, ולהרכיבם מחדש. כיום, המחרטה התת-קרקעית מבטלת את פעולות הפירוק, השינוע וההרכבה, והיא גם חוסכת זמן וכסף.
- **מערכת "שטיח מעופף".** המערכת משמשת להסעת טכנאים, המטפלים במערכות ציוד הממוקמות על גג הרכבת (כגון מערכת מיזוג אוויר, או "פנטוגרף"). המערכת תלויה על מסילה עילית, והיא מחליקה לאורך הרכבת. הטכנאים עולים על סלים משני צדי הרכבת, והמערכת מסיעה אותם לנקודה הדרושה לביצוע התחזוקה. בשיטה המסורתית, הטכנאים

המערכת החכמה של סימנס מבוססת על בינה מלאכותית (Artificial Intelligence) [AI] ועל נתוני עתק (Big Data) של תחזוקת רכבותיה ברחבי העולם. המערכת מפעילה מודלים אנליטיים, המאפשרים ניבוי מוקדם של תקלות ברכיבים קריטיים, והם תורמים להפחתת אחזקת השבר עד למינימום

בתצורה דיגיטלית ובזמן-אמת. לדוגמה: צוות התכנון משדר את משימות התחזוקה ל"טאבלט" (Tablet) של ראש הצוות, ואת משימות הלוגיסטיקה למחשבו של מנהל מחסן החלפים. ראש הצוות מעדכן בטאבלט את סטטוס משימות התחזוקה, ובו-זמנית, מערכת הצטיידות חכמה דואגת לחדש את המלאי במחסן, באמצעות הזמנת החלפים, או בהדפסתם במדפסת תלת-ממד (3D Printer).

** פנטוגרף הוא הזרוע הקפיצית, המשמשת להעברת הזרם החשמלי מקווי החשמל להנעת הרכבת.

מרכז התחזוקה מכיל מערכות מתקדמות, המאפשרות עבודה בטוחה, אפקטיבית ויעילה.



מערכת "שטיח מעופף". צילום: איגל צילומים

בניית מבנים חדשים, שדרוג מבנים קיימים, הנחת מסילות חדשות בשטח המתחם, הקמת מרכז תחזוקה לרכבות חשמליות, הקמת מגדל פיקוח, בניית מחסנים, וסלילת דרכי שירות וכבישים. הבנייה צפויה להסתיים עד סוף שנת 2027. עלות הפרויקט נאמדת ב-3.1 מיליארד ש"ח.

● **מתחם לוד:** זהו המתחם הראשון, שהוסב לתחזוקת קטרים חשמליים. פרויקט הרחבת המתחם כולל: הנחת מסילות חדשות באורך של כחמישה ק"מ; הקמת מתחם תפעולי לדיור קרונועים חשמליים ולתחזוקתם, שבו מוקמים מבני שירות ותחזוקה, מרכז איתות ותקשורת, מגדל פיקוח, ורציף הכנת רכבות לשירות. נוסף על-כך, מבוצעות עבודות לשיפור ניקוז מי הגשמים ולשיפור קווי הביוב בשכונות הסמוכות למתחם, הקמת קירות אקוסטיים, וסלילת דרכי גישה. הפרויקט צפוי להסתיים עד סוף שנת 2026, ואומדן עלותו הוא כ-870 מיליון ש"ח.

נוסף על-כך, הנהלת הרכבת מתכננת להקים שני מתחמי תפעול חדשים: "מתחם כפר ויתקין", ו"מתחם רמלה-גור-מודיעין" ("מתחם רג"מ").

עבדו על מרפסות מוגבהות, והם נאלצו לכתת את רגליהם לאורך הרכבת. המערכת כוללת גם מנוף, המאפשר להוריד את הציוד לקרקע, לצורך טיפול, ולהניפו שוב לצורך הרכבתו מחדש.

● **מערכת חשמול אינטגרטיבית.** המערכת משלבת את כל מערכות החשמול באולם התחזוקה, כדי לאפשר עבודה בטוחה. לדוגמה: אם מערכת החשמול של הרכבת (25 אלף קילו וולט) אינה מנותקת, אזי המערכת האינטגרטיבית אינה מאפשרת להפעיל את מערכת השטיח המעופף, וגם לא להניף את הרכבת, כדי לבצע בה שיפוץ יסודי ("אוברול").

לסיכום, המתחם התפעולי החשמלי, באשקלון, לא רק תורם לחדשנות הירוקה של רכבת ישראל, אלא גם נמצא בחזית הקידמה של מתחמי תפעול הרכבות בעולם.

פיתוח מערך מתחמי התפעול

הנהלת הרכבת פועלת במרץ לפתח את מערך מתחמי התפעול באמצעות הרחבת המתחמים הקיימים והקמת מתחמים חדשים.

להלן דוגמאות לפרויקטים להרחבת המתחמים הקיימים:

● **מתחם קישון (סדנאות אפרים):** הרחבת שטח המתחם ב-350 דונם,

התמונות בכתבה הן באדיבות רכבת ישראל.
צילום: שבתאי טל, CloudView.



מערכת השטיח המעופף מסיעה טכנאים לנקודה הדרושה. צילום: איגל צילוקים

מי היא רכבת ישראל?

היעדים האסטרטגיים של הרכבת עד לשנת 2040 כוללים: הגדלת כמות הנסיעות ברכבת לכ-300 מיליון נסיעות בשנה (פי ארבעה מהיום); חיבור מהיר בין המטרופולינים (ירושלים, תל-אביב-יפו, חיפה ובאר-שבע) ברכבות מהירות שיסעו במהירות של 250 קמ"ש; הגדלת שיעור הנסיעות ברכבת ל-9% מכלל הנסיעות ברכב מנועי (פי שלושה מהיום); הגדלת שיעור הנסיעות הארוכות ברכבת, למרחק של יותר מ-50 ק"מ, ל-40% (פי ארבעה מהיום); הגדלת השוויון החברתי והנגישות החברתית (60% מן האוכלוסייה בטווח של שעה נסיעה לתל-אביב-יפו, ו-50% מן האוכלוסייה בעלת ההכנסה הנמוכה בטווח של 90 דקות עד למקומות העבודה); שיפור איכות החיים ואיכות הסביבה (הפחתת השימוש ברכב פרטי, ב-10%, והגעה ל-80% מן האוכלוסייה בטווח של עד 7 ק"מ מתחנת רכבת)

רכבת ישראל היא חברה ממשלתית, המפעילה את מערך הרכבות הכבדות הלאומי. הרכבת כבר החלה לפעול בתקופת השלטון העות'מני עם הנחת המסילה הראשונה (מסילת יפו-ירושלים); לאחר-מכן, היא המשיכה לפעול במשך שלטון המנדט הבריטי; ומאז קום המדינה, היא פועלת כ"רכבת ישראל". הרכבת מסיעה בשנה כ-70 מיליון נוסעים וכ-8 מיליוני טונות מטענים (על-פי נתוני שנת 2019), והיא מחזיקה 69 תחנות רכבת ו-1,547 ק"מ מסילה. צי הרכבות כולל: קטרי דיזל, קטרים חשמליים, קרונות נוסעים, קרונועים וקרונות משא. מדי יום, הרכבת מפעילה כ-650 רכבות נוסעים וכ-60 רכבות מטענים. חברת רכבת ישראל מעסיקה יותר מ-4,000 עובדים; ובעקיפין, היא מספקת תעסוקה לכ-2,200 איש נוספים.



ירושלים נסיון

SIEMENS



6022

6022



SIEMENS

6072

6072