



הכנסת

מרכז המחקר והמידע

**מהירות רכבות בין-עירוניות בארץ
ובאירופה ובחינת הצעדים הנחוצים לשם
העלאת מהירות הרכבות בארץ**

הכנסת, מרכז המחקר והמידע

קריית בן-גוריון, ירושלים 91950

טל': 02 - 6408240/1

פקס: 02 - 6496103

www.knesset.gov.il/mmm

כתיבה: ד"ר יניב רונן

אישור: שרון סופר, ראש צוות בכירה

עריכה לשונית: מערכת "דברי הכנסת"

א' באייר תשע"א

5 במאי 2011

מסמך זה נכתב לבקשתו של חבר הכנסת יריב לוין. התבקשנו לבדוק את המהירות הממוצעת של רכבות בין-עירוניות במדינות באירופה, את המהירות הממוצעת של רכבות בין-עירוניות בישראל, את האמצעים הנחוצים כדי להשוות את המהירות בארץ לזו הנהוגה באירופה ואת החסמים בפני יישום אמצעים אלו.

1. מהירות רכבות

מהירות רכבות בעולם

בעולם נוסעות רכבות בין-עירוניות בעלות מהירויות שונות. המהירות המרבית המקובלת של רכבות נוסעים המחברות בין מרכזים עירוניים היא 150-200 קמ"ש. רכבות אלו מכונות "רכבות נוסעים מהירות" (fast passenger trains). יש גם רכבות מהירות (high speed trains), שמהירות נסיעתן המרבית עולה על 250 ק"מ. יצוין כי המהירות הממוצעת עשויה להיות נמוכה יותר עקב מגבלות המסילה.¹

רכבות מהירות מיועדות לשמש חלופה לטיסות פנימיות, שכן הרכבות מחברות בין המרכזים העירוניים, ואילו טיסות פנים מחברות בין שדות תעופה הנמצאים מחוץ למרכזי הערים. לכן, הרכבות כדאיות להפעלה בין מרכזים עירוניים המרוחקים זה מזה 400 ק"מ או יותר.² למשל, פריז ובריסל מחוברות בקו רכבת מהירה שזמן הנסיעה בו הוא 90 דקות המרחק מפריז לליון הוא כ-425 ק"מ וזמן הנסיעה ברכבת המהירה הוא כשעתיים, היינו יותר מ-200 קמ"ש לשעה. רכבות מהירות מצריכות פעמים רבות תשתית מסילתית נפרדת ותשתית חשמלית מיוחדת.³ ספק אם רכבות מסוג זה מתאימות לישראל, בשל מרחקי הנסיעה הקצרים המאפיינים את המדינה. יצוין בהקשר זה כי משרד התחבורה הוציא בנובמבר 2010 בקשה למידע (RFI) לבניית רכבת לאילת, ובכלל זה אפשרות לבנות חלק מהקו כקו מהיר שמהירותו עד 300 קמ"ש. מטרת הבקשה היא לבחון את אפשרות ההקמה של הרכבת. התאריך הסופי להגשת ההצעות לבקשת המידע היה 28 בפברואר 2011. מאחר שמדובר בבקשת מידע ולא במכרז, הממשלה אינה מחויבת להצעות שהתקבלו, ואין תאריך יעד למתן תשובה על ההצעות מצד הממשלה.⁴

מהירות רכבות בישראל

מהירותן המרבית של הרכבות בישראל כיום היא 150 קמ"ש. מהירות מרבית זו משקפת את האפשרות הטכנית של הקטרים והרכבות. המהירות המרבית בין שתי תחנות היא 133 קמ"ש, והיא מושגת בין

¹ Per Kageson, OECD International Transport Forum, Joint Transport Research Centre, "Environmental Aspects of Inter-City Passenger Transport", Discussion Paper No. 2009-28, December 2009; Alex Lu and others, "The Vital Role of Metropolitan Access in Intercity Passenger Transportation: From the Traditional Limited-Stop Express to the 21st Century Ring Railroad", MIT Center for Transportation Studies, 2002.

² Chris Nash, OECD International Transport Forum, Joint Transport Research Centre, "When to Invest in High-Speed Rail Links and Networks?", Discussion Paper No. 2009-16, December 2009; OECD International Transport Forum, "Environmental Aspects of Inter-City Passenger Transport".

דוגמאות לשירותי רכבות מהירות: TGV בצרפת; תאליס (Thalys) – מערך רכבות המקשר בין בלגיה, הולנד, צרפת וגרמניה; שינקנסן (Shinkansen) ביפן.

³ אתר "טכנולוגיית רכבות", <http://www.railway-technology.com/projects/belgium>, תאריך כניסה: 17 בינואר 2011.

⁴ State of Israel, Ministry of Transport and Road Safety, Israel Railways Ltd, "Request for Information: Railway to Eilat", November 2010.



תחנת חוף הכרמל בחיפה לתחנת תל-אביב אוניברסיטה.⁵ המהירות הממוצעת נמוכה יותר, ונעה בין 52 ל-77 קמ"ש (ראו טבלה לעיל).

מהירות ממוצעת של רכבות בין-עירוניות בישראל⁶

קווי שירות	אורך	מהירות ממוצעת
נהריה-באר-שבע מרכז	240 ק"מ	77 קמ"ש
תל-אביב מרכז-באר-שבע מרכז	109 ק"מ	73 קמ"ש
נהריה-מודיעין מרכז	137 ק"מ	66 קמ"ש
חיפה מרכז-מודיעין מרכז	116 ק"מ	73 קמ"ש
תל-אביב מרכז-ירושלים מלחה	80 ק"מ	52 קמ"ש

המהירות הממוצעת של רכבות באירופה – מבחר דוגמאות⁷

לשם השוואה נבחרו מדינות דומות לישראל בגודלן מבחינת השטח והאוכלוסייה, ונבחרו קווי רכבת הדומים באורכם לקווי השירות של רכבת ישראל.

המדינה	קווי שירות	אורך	מהירות ממוצעת
דנמרק	קופנהגן-אודנסה	160 ק"מ	106 קמ"ש
הולנד	גרונינגן-איינדהובן	275 ק"מ	92 קמ"ש
הולנד	גרונינגן-אמסטרדם	225 ק"מ	90 קמ"ש
בלגיה	אנטוורפן-בריסל	46 ק"מ	78 קמ"ש
שווייץ	ציריך-ברן	122 ק"מ	130 קמ"ש
שווייץ	לוזאן-ברן	104 ק"מ	90 קמ"ש
שווייץ	באדן-ברן	101 ק"מ	96 קמ"ש

⁵ רכבת ישראל, לשכת מנכ"ל, דוא"ל, 6 בפברואר 2011.

⁶ שם.

⁷ המידע על המהירות הממוצעת של רכבות באירופה נלקח ממקורות באינטרנט. המקור העיקרי הוא אתר הרכבות האירופי, <http://www.eurail.com/home>, תאריך כניסה: 10 באפריל 2011.



2. השפעת התשתית על מהירות הרכבות

מערכת האיתות

תפעול נסיעת הרכבות וחלוקת הרכבות על פני המסילות מיוסד על עקרונות שהתהוו באירופה (בעיקר בבריטניה) עוד במאה ה-19. עקרונות אלו יצרו שיטה של איתות ושל בקרה על הרכבות הנעות על המסילות שמטרתה למקסם את קיבולת המסילה מצד אחד ולמנוע תאונות מצד שני. לב השיטה הוא חלוקת המסילה למחסמים (blocks); בכל מחסם יכולה לנוע רק רכבת אחת לכיוון מסוים בזמן נתון. אורך המחסם מותנה במרחק בטיחות מינימלי של 1,000 מטר בין רכבות, שמשקף את מרחק העצירה של רכבת הנעה במהירות של עד 160 קמ"ש. בקצה כל מחסם מותקן מונה צירים אלקטרוני שמעיד על כניסה או יציאה של רכבת מן המחסם. על גבי המסילות מותקנים סימנורים (light signals, כמו רמזורים בכביש) המודיעים לנהגי הרכבות אם המחסם פנוי לתנועה, אם עליהם להאט וכו'.⁸

הקשר בין מערכת האיתות לבין נהג הקטר

מאחר שמערכת האיתות מבוססת על סימנורים הממוקמים לאורך המסילות, היא תלויה ביכולת של הנהג בתוך הקטר להבחין בהם, להבין את הסימנים ולהגיב עליהם. לפיכך, היכולת האנושית מגבילה גם היא את מהירות הנסיעה, שכן ככל שהמהירות עולה, היכולת של נהג הקטר להבחין בסימנור ולהגיב פוחתת. המהירות המרבית שמאפשרת מערכת האיתות המבוססת על סימנורים חיצוניים היא 160 קמ"ש. כיום כל המסילות החדשות הנבנות בארץ מותאמות למהירות מרבית זו.⁹

כדי שהרכבת תוכל לנסוע במהירות העולה על 160 קמ"ש דרושה מערכת איתות המבוססת על סימנים פנימיים בתוך הקטר, נוסף על הסימנים החיצוניים. באיחוד האירופי נכנסה לשימוש מערכת כזאת בשנות ה-90. הדבר נעשה במסגרת מהלך רחב יותר שמטרתו לאחד לרשת יבשתית אחת את כל רשתות מסילות הברזל של מדינות אירופה, שנוהלו כיחידות עצמאיות אשר לכל אחת מהן מערכת איתות משלה. על סמך מדיניות זו הושקה בשנת 2000 "המערכת האירופית לניהול תנועת המסילות" (European Railway Traffic Management System – ERTMS),¹⁰ המבוססת על שותפות בין נציבות האיחוד האירופי, שמונה חברות הרכבות המרכזיות ביבשת (למשל אלסטום, בומברדייה וסימנס), בעלי מניות של מסילות הברזל ותעשיית ה-GSM-R (ראו להלן). מטרת המערכת לניהול תנועת המסילות היא להחליף בהדרגה את מערכות הניהול של כל מדינה.

בספטמבר 2010 היו מותקנים באירופה 10,409.1 ק"מ של מסלולים ובהם 19,302.4 ק"מ מסילות (כלומר כמעט כולם על מסלולים בעלי מסילות כפולות), ונעו עליהם 3,813 קטרים.¹¹

מחוץ לאירופה נבנות מערכות שליטה בשיטת ERTMS במגוון מדינות (ראו נספח). המדינה המובילה בתחום זה היא סין, שבה 5,862 ק"מ פסים, ואחריה – ערב הסעודית (2,849 ק"מ) וטורקיה (1,940

⁸ רכבת ישראל, מצגת: תנועה במערכות מסילתיות, 22 במרס 2011, שקופיות 1-3.

⁹ הראל אבן, סמנכ"ל תפעול ברכבת ישראל, ויורי מורוזוב, מנהל אגף תכנון תפעולי ברכבת ישראל, פגישה, 22 במרס 2011.

¹⁰ אתר ERTMS, <http://www.ertms.com/ertms/ertms-history.aspx>, תאריך כניסה: 4 באפריל 2011.

¹¹ שם, <http://www.ertms.com/facts-and-figures/deployment-statistics.aspx>, תאריך כניסה: 4 באפריל 2011.



ק"מ).¹² בסין ובהודו מותקנת גם מערכת GSM-R, ומערכת זו נתונה בהתקנה גם באלג'יריה, בטורקיה ובערב הסעודית.¹³

במערכת הניהול האירופית הוטמעה "המערכת האירופית לשליטה ברכבות" (European Train Control System – ETCS). מערכת שליטה זו תומכת גם בשיטת שידור רדיו בתדר ייעודי המשמשת לקשר בין הקטרים והרכבות לבין מכשירי ניטור המותקנים על גבי המסילה (GSM-R). השיטה מבוססת על הקצאת תחום תדרים צר של 4 מגה-הרץ מתוך תחום תדרי ה-GSM-R לשימוש בלעדי של תקשורת בין הרכבות לבין מסילות הברזל. שיטת GSM-R נחשבת לשלב המתקדם ביותר של מערכת השליטה, ונתונה בהתקנה בכמה מדינות, בעיקר באירופה אך גם באזורים אחרים בעולם.¹⁴

מאפייני המסילה

למאפייני המסילה יש השפעה על מהירות הרכבות. במאפיינים האלה אפשר למנות:

- מספר המסילות (יחידה, כפולה, רב-מסילתית);
- מידת השיפועים האנכיים: ככל שהשיפועים חדים יותר כך יורדת מהירות הרכבת. הדבר קשור גם למשקל ולאורך של הרכבת שנעה על המסילה;
- הרדיוס של הקשתות האופקיות: ככל שרדיוס הסיבוב קטן יותר כך יורדת מהירות הרכבת;
- מפגשים בין מסילות – חד-מפלסיים או דו-מפלסיים: מפגשים דו-מפלסיים, באמצעות שיקוע או גשר, מאפשרים לרכבות לחלוף זו על פני זו בלי להאט. כאשר המפגש הוא במפלס אחד רכבת אחת צריכה להאט ולאפשר לרכבת במסילה החוצה לעבור. בהאטה זו יש להביא בחשבון גם את מרווח הבטיחות בין הרכבות.
- מרווחי זמן הדרושים לתחזוקת המסילה: ניהול המסילה מצריך הקצאת זמן לפעולות תחזוקה וניטור. פעולות אלו צריכות להתבצע בין מעבר של רכבות.

קיבולת המסילה

קיבולת המסילה תלויה במהירות הרכבות הנוסעות עליה, בתדירותן ובאופי נסיעתן. מסילה המיועדת לרכבות בין-עירוניות בלבד מאפשרת נסיעות רבות במהירות גבוהה. לעומת זאת, מסילה המיועדת הן לרכבות בין-עירוניות והן לרכבות פרבריות מאפשרת פחות נסיעות, משום שהרכבות הבין-עירוניות יצטרכו לחלוף על פני הפרבריות בזמן שאלו חונות בתחנה, והדבר יעכב עוד את תנועת הרכבות הפרבריות, שהיא אטית ממילא. עירוב רכבות פרבריות ובין-עירוניות על אותה מסילה מביא בדרך כלל להפחתת תדירותן של הרכבות הבין-עירוניות, המהירות יותר, כדי לאפשר שירות נאות בקווים הפרבריים.¹⁵

¹² ש.ס.

¹³ אתר "איחוד הרכבות הבין-לאומי" (UIC), <http://www.uic.org/spip.php?article430>, תאריך כניסה: 30 במרס 2011.

¹⁴ אתר "איחוד הרכבות הבין-לאומי" (UIC), <http://www.uic.org/spip.php?rubrique851>, <http://www.uic.org/spip.php?rubrique873>, תאריך כניסה: 30 במרס 2011.

¹⁵ הראל אבן, סמנכ"ל תפעול ברכבת ישראל, ויורי מורוזוב, מנהל מחלקת תכנון תפעולי ברכבת ישראל, פגישה, 22 במרס 2011.



מאפייני הציוד הנייד

מהירות הרכבות מושפעת גם ממאפייני הציוד הנייד. כפי שצוין לעיל, מהירותן המרבית של רכבות הנוסעים בישראל היא 150 קמ"ש, ומהירותן הממוצעת נעה בין 52 ל-77 קמ"ש. המהירות המרבית משקפת את מהירותם של הקטרים שפועלים היום ברכבת ישראל. במרכז החדש לרכישת ציוד נייד יירכשו קטרים שמהירות נסיעתם המרבית היא 160 קמ"ש.

גורמים נוספים שמשפיעים על המהירות הם יכולת התאוצה והבלימה של הרכבת, אורך הרכבת ומשקלה, מספר נוסעים וסוג ההנעה – דיזל או חשמל. הנעה חשמלית משפרת מאוד את המהירות הממוצעת של הרכבות בשל יכולתן להאיץ במהירות כפולה מזו של רכבות דיזל: רכבת חשמלית מאיצה מ-0 ל-140 קמ"ש ב-110 שניות, ורכבת דיזל – ב-230 שניות.¹⁶ מערך הרכבות בישראל מופעל כולו על-ידי קטרי דיזל. ב-30 באוגוסט 2010 אישרה הוועדה הארצית לתשתיות לאומיות להפקיד תכנית לחשמול מערך המסילות. השלב הראשון של חשמול המסילות אמור להתבצע עד 2014, והרכבות החשמליות יתחילו לפעול בשנת 2015. העלות הכוללת של חשמול המסילות היא כ-5 מיליארד ש"ח.¹⁷

3. מערכת הרכבות בישראל

רקע

בישראל עדיין אין רשת רכבות של ממש. רשת רכבות הנוסעים היא למעשה קו אחד מנהריה לבאר-שבע וכמה שלוחות המסתעפות מקו זה (ראו סכמת מסילות): הקווים לאשקלון דרך רחובות, לבאר-שבע, לירושלים (מלחה) ולכפר-סבא. בעשר השנים האחרונות חלה עלייה חדה במספר רכבות הנוסעים: בשנת 2001 הופעלו 218 רכבות מדי יום, וכיום נעות עליה 338 רכבות מדי יום, כלומר תוספת של 55% בתוך תשע שנים. בצד זה חלה עלייה של פי-2.4 לערך במספר הנוסעים, מ-15 מיליון בשנת 2001 ל-36 מיליון בשנת 2010.¹⁸

בשנת 2000 עבר מערך רכבות הנוסעים שינוי תפעולי מהותי. השינוי התבטא במעבר ללוח זמנים שמורכב לפי גישה "מוכוונת תפוקה" (production led), להבדיל מגישה "מוכוונת שוק" (market led) שהיתה נהוגה קודם לכן. בגישה מוכוונת תפוקה יוצרים לוח זמנים במחזוריות קבועה, בדרך כלל של חצאי שעות. גישה זו מביאה למקסום התדירות והמחזוריות. שיטה זו נוחה יותר לנוסע ומביאה לניצול יעיל של כוח אדם תפעולי ושל ציוד נייד. גישה מוכוונת תפוקה נהוגה מאז שנות ה-70 וה-80 במדינות באירופה כגון הולנד, שווייץ, גרמניה, בלגיה ואוסטריה.¹⁹

במסגרת השינוי חולקו קווי הרכבת לקווים פרבריים ולקווים בין-עירוניים. הקווים הפרבריים הם קצרים ומרובי תחנות יחסית, ואילו הקווים הבין-עירוניים ארוכים ועוצרים במעט תחנות. לוח הזמנים מאפשר קישוריות בין הרכבות הפרבריות לרכבות הבין-עירוניות בכמה תחנות. שינוי זה אפשר להעלות

¹⁶ אתר רכבת ישראל, <http://www.rail.co.il/HE/Development/Future/Pages/Hishmul.aspx>, תאריך כניסה: 28 במרס 2011.

¹⁷ הוועדה הארצית לתכנון ולבנייה של תשתיות לאומיות, פרוטוקול החלטות של ישיבת הוועדה הארצית לתכנון ולבנייה של תשתיות לאומיות מס' 10/2010, 16 בספטמבר 2010; רכבת ישראל, הודעה לעיתונות, היום תפקיד הוות"ל את התכנית לרכבות חשמליות של רכבת ישראל, 30 באוגוסט 2010.

¹⁸ אתר רכבת ישראל, <http://www.rail.co.il/HE/cargo/Pages/statistics.aspx>, תאריך כניסה: 23 במרס 2011.

¹⁹ רכבת ישראל, מצגת: תנועה במערכות מסילתיות, מרס 2011, שקופית 12.



את תדירות הרכבות והעלה את מהירות הרכבות הבין-עירוניות. השינוי התבטא בעלייה של 44% במספר הנוסעים תוך שנה אחת: 8.8 מיליון ב-1999 לעומת 12.7 מיליון ב-2000.²⁰

שינוי נוסף התרחש בדצמבר 2009 בעקבות פתיחת מרכז "משואה", מרכז שליטה ובקרה ממוחשב לניהול מערכת הרכבות. עד פתיחת המרכז נעשתה השליטה על הרכבות באמצעות עובדי הרכבת; אלה היו מוצבים בארץ ומתקשרים למרכז הבקרה בטלפון להודיע על מצב המסילות – פתוחות או תפוסות; על סמך הודעותיהם הם היו מקבלים הוראות ומפעילים את הסימנורים. כיום המידע מגיע ל"משואה" בזמן אמת, והשליטה על מערכת האיתות נעשית באופן אלקטרוני הישר מהמרכז.²¹

התפתחות מערכת המסילות

כיום נבנות כמה מסילות חדשות, בעיקר מדרום לתל-אביב-יפו, שאמורות להעלות עוד את מספר הנוסעים, ובתוך כך גם אלה הנכנסים לתל-אביב-יפו או עוברים דרכה: מסילה כפולה לבאר-שבע, מסילה למערב ראשון-לציון דרך חולון ובת-ים בציר איילון דרום ומסילה ממערב לראשון-לציון עד אשדוד. מסילה זו גם תאפשר חיבור מסילתי ישיר בין אשקלון לתל-אביב-יפו – חיבור שנעשה כיום דרך רחובות ולוד. שלוש מסילות אלו אמורות להיפתח לתנועה ב-2012. מסילות חדשות באזור הצפון שיצאו מכרזים לבנייתן הן מסילת העמק בין חיפה לבית-שאן ומסילת הגליל בין עכו לכרמיאל. הן אמורות להיפתח ב-2016. הרחבה מאסיבית זו של קווי הרכבות באה בד בבד עם הרחבה ניכרת בשטחי המשרדים לאורך איילון. הצפי הוא שהרחבת מערכת המסילות תביא לעלייה במספר הנוסעים לכ-80 מיליון בשנת 2019 (לעומת כ-38 מיליון כיום).²²

4. חסמים העומדים בפני שדרוג רשת הרכבות בישראל והעלאת המהירות

4.1 מערכת המסילות

הבעיה העיקרית המעכבת כיום את התפתחות מערכת המסילות בארץ היא העומס בציר נחל איילון. כאמור, רשת המסילות בישראל היא למעשה קו אחד מנהריה לבאר-שבע שלו כמה שלוחות, ומרכזו ציר איילון. בציר זה עוברים גם קווי השירות הבין-עירוניים. כיום כ-83% מכלל הנוסעים ברכבת עוברים דרך ציר זה; 73% מן הנוסעים יורדים בתחנות שבציר (הגנה, השלום, מרכז ואוניברסיטה) ו-10% מן הנוסעים עוברים דרכו. תדירות הרכבות בציר היא 20 רכבות בשעה.²³ רכבת ישראל מפעילה פרויקט לשיפור מערכת האיתות בציר איילון, ועם סיומו תעלה הקיבולת ל-28 רכבות בשעה בשני הכיוונים. פרויקט זה אמור להסתיים בתחילת 2012.²⁴

העלייה הצפויה במספר הנוסעים תחייב את העלאת תדירות הרכבות העוברות באיילון משנת 2019 ואילך ל-40 רכבות מדי שעה. תדירות זו אינה אפשרית ללא הוספת מסילה רביעית באיילון. נחוצות

²⁰ שם, שקופית 13; הראל אבן, סמנכ"ל תפעול ברכבת ישראל, וירי מורוזוב, מנהל מחלקת תכנון תפעולי ברכבת ישראל, פגישה, 22 במרס 2011.

²¹ ביקור במרכז "משואה", 22 במרס 2011.

²² רכבת ישראל, הצורך בארבע מסילות בקו תל-אביב-לוד, מצגת למנכ"ל משרד התחבורה, מרס 2011.

²³ שם.

²⁴ אתר רכבת ישראל, <http://www.rail.co.il/HE/Development/Executed/Pages/ayalon.aspx>, תאריך כניסה: 11 באפריל 2011.



ארבע מסילות עד לוד כדי לאפשר את תנועת הרכבות לבאר-שבע, לרחובות ולבית-שמש. מסילה רביעית תאפשר לחלק את הרכבות לקווים בין-עירוניים ולקווים פרבריים, וכך לרשות כל סוג תעמוד מסילה כפולה. בדרך זו הרכבות הפרבריות האטיות לא יפריעו לרכבות הבין-עירוניות המהירות יותר ולהפך, ויהיה אפשר להגדיל את תדירות הרכבות ולשמור על מהירות נסיעה גבוהה של הרכבות הבין-עירוניות, שלא יצטרכו להמתין למעבר הרכבות הפרבריות וליציאתן מהתחנות.²⁵ יצוין כי מסילות ייעודיות בעבור סוגי תנועה שונים הוא הסטנדרט המקובל באירופה בקווים בעלי קיבולת גבוהה.²⁶

מסילה רביעית באיילון

החסם העיקרי להוספת מסילה רביעית באיילון הוא תעלת נחל איילון, שמסילות הרכבת עוברות סמוך לה. בניית מסילה רביעית תחייב הצרה נוספת של התעלה²⁷ באופן כזה שלא תוכל להכיל את כל מי הגשמים הזורמים בה כיום, קל וחומר בעת הצפה. ספיקת תעלת האיילון כיום היא עד 400 מ"ק לשעה, והצרתה תצמצם את הספיקה לכ-200 מ"ק לשעה. כמו כן, בהכנת תכניות הניקוז יש להביא בחשבון אירועי קיצון של זרימת מי שיטפונות עד ספיקה של 600 מ"ק לשעה.²⁸ לקושי זה יש כמה פתרונות:

1. בניית נקז תת-קרקעי (מובל האיילון) מאזור מחלף קיבוץ גלויות עד לחוף הים ביפו. נקז זה יוביל את עודפי מי הגשמים ישירות אל הים. הארגונים שעניינם הגנת הסביבה מתנגדים לבניית הנקז בטענה שהוא יפגע בסביבה החופית במוצאו אל הים.²⁹ כמו כן זהו פרויקט מסובך מבחינה תכנונית, היתכנותו ההנדסית מוטלת בספק ועלותו גבוהה ביותר.³⁰

2. עצירת מי הגשמים בשטח הצפה בשטח פארק אריאל שרון והזרמתם בצורה מבוקרת דרך תעלת איילון. חלופה זו גם תמנע את הצפתן של שכונות כמו עזרא והארגזים. התכנית משתלבת בתכניות לבניית הפארק. החסם העיקרי למימוש תכנית זו הוא מורכבותה ועלותה: היא תצריך חפירה של כ-800 מיליון מ"ק אדמה כדי ליצור את שטח ההצפה.³¹ עלות תכנית הניקוז מוערכת ב-350 מיליון ש"ח, והיא מתוכננת להזרים מים במורד הנחל בספיקה של 410 מ"ק לשעה.³² לפיכך, היא לא תיתן מענה מלא לבניית מסילה רביעית באיילון, שצפוי שתצר את התעלה לספיקה של כ-200 מ"ק בשעה.

3. עצירת מי הגשמים בבריכות איגום רבות במעלה הנחלים שמתנקזים לנחל איילון. בימים אלו רשות הניקוז ירקון בוחנת אפשרות זו. החסם המרכזי בפני אפשרות זו הוא קרקעי: הקרקעות המיועדות לשטחי האיגום נמצאות בשטחי יישובים חקלאיים או סמוך אליהם, וכן בשטחים בעלי רגישות סביבתית גבוהה.³³

²⁵ הראל אבן, סמנכ"ל תפעול ברכבת ישראל, ויורי מורוזוב, מנהל מחלקת תכנון תפעולי ברכבת ישראל, פגישה, 22 במרס 2011; רכבת ישראל, תנועה במערכות מסילתיות, מצגת, 22 במרס 2011.

²⁶ רכבת ישראל, הצורך בארבע מסילות בקו תל-אביב-לוד, מצגת למנכ"ל משרד התחבורה, מרס 2011, שקופית 10.

²⁷ תעלת איילון כפי שהיא כיום היא תוצאה של הצרת אפיק הנחל כדי להעביר בו את הכביש ואת מסילות הרכבת הקיימות.

²⁸ ההסתברות לאירוע קיצון כזה היא 1 ל-100 שנה, אולם יש להביאו בחשבון משום נזקו הגדול.

²⁹ אתר החברה להגנת הטבע, <http://www.teva.org.il/?CategoryID=1041&ArticleID=6021>, תאריך כניסה: 3 באפריל 2011.

³⁰ כיום אין הערכה עדכנית של עלות המובל. בעבר הוערכה העלות בכמיליארד ש"ח.

³¹ המשרד להגנת הסביבה, פארק אריאל שרון (איילון) – הדמיות ותכניות לפיתוח הפארק, מצגת, בתוך אתר המשרד להגנת הסביבה,

http://www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Object&enDispWho=Articals^14496&enZone=gufe_ semech_moe06, תאריך כניסה: 3 באפריל 2011.

³² אינג' ד"ר נמרוד חלמיש, שיחת טלפון, 3 באפריל 2011; זאב לנדאו, מנהל רשות הניקוז ירקון, שיחת טלפון, 4 באפריל 2011.

³³ שם.



מכיוון שאף אחת מן החלופות אינה יכולה לפתור במלואה את בעיית ניקוז מי הגשמים עקב הצרת תעלת האיילון, נראה כי יהיה צורך בפתרון משולב כדי להתמודד עם הבעיה ולאפשר הוספת מסילת רכבת רביעית באיילון. כאמור, מסילה זו דרושה כדי לאפשר את תנועת הרכבות החזויה משנת 2019 ואילך.

המסילה המזרחית

המסילה המזרחית הוא פרויקט לבניית מסילת ברזל כפולה לרכבות נוסעים ומטען מלוד דרך נתבי"ג וראש-העין עד חדרה. המסילה תנוע בתוואי קיים ותתחבר גם למסילת השרון (כפר-סבא-רעננה-הרצלייה). המסילה מאושרת בתכנית תשתית לאומית מס' 22 ונתונה כיום בהליכי תכנון.³⁴ עם זאת, בנייתה נדחתה לעשור הבא (2020-2030) במסגרת התכנית "נתיבי ישראל".³⁵ המסילה המזרחית תאפשר להוריד חלק מהעומס על ציר איילון עקב הפניית קווי רכבת אליה (לדוגמה חיפה-ירושלים וחיפה-באר-שבע), אך היא לא תאפשר את הגדלת הקיבולת בציר איילון.

מחלף מסילתי בגנות

מרכיב נוסף שדרוש למערכת מסילות זו הוא מחלף מסילתי בצומת גנות שימנע התנגשות בין הרכבות שנוסעות דרומה לכיוון לוד, באר-שבע, בית-שמש וירושלים (מלחה) לבין הרכבות הנוסעות מזרחה לכיוון נתבי"ג, מודיעין ובעתיד גם בקו המהיר לירושלים (האומה).

ארבע מסילות בציר מסילת החוף

פרויקט נוסף, שישלים את ארבע המסילות באיילון, הוא הוספת שתי מסילות בקו תל-אביב-חיפה כדי שיהיה אפשר לבדל גם בקו זה את הרכבות הפרבריות מהרכבות הבין-עירוניות. בעבור שתי מסילות אלו שמורה רצועה תכנונית, אולם הקו אינו נמצא כרגע בתכנון העבודה של הרכבת.³⁶

4.2. הטמעת מערכת שליטה מתקדמת לניהול הרכבות (ERTMS – ETCRS)

כאמור, כדי שרכבות יוכלו לנסוע במהירות הגבוהה מ-160 קמ"ש צריך לצייד אותן ואת הפסים במערכת בקרה המבוססת על איתות בתוך תא הנהג, כפי שהדבר נעשה במערכת השליטה האירופית ברכבות (ETCS), הנעזרת בשידורי רדיו בשיטת GSM-R. שיטה זו מחייבת הקצאת תדרים מתוך טווח תדרי ה-GSM. טווח תדרי ה-GSM-R המקובל באירופה (סביב 900 מגה-הרץ) תפוס כיום בידי חברות הסלולר, בידי הרשות הפלסטינית ובידי גורמים נוספים. טווח תדרים אפשרי אחר הוא מעל 1,800 מגה-הרץ. תחום זה מוצא כיום למכרז למפעילים סלולריים נוספים. הקצאת תדרים לרכבת ישראל במטרה להטמיע GSM-R תחייב פתיחת הסכמים קיימים שלפיהם מוקצים כיום תדרים אלו.³⁷

יצוין כי בהקצאת תדרים בעבור GSM-R יש להביא בחשבון את הציוד האלקטרוני הנלווה. סוגי ציוד שונים עובדים עם תדרים שונים, ולכן מוטב להקצות תדרים שהציוד בעבורם הוא הזמין ביותר.³⁸

³⁴ התכנית אושרה בוועדה הארצית לתכנון ולבנייה של תשתיות לאומיות והועברה להערות הוועדות המחוזיות ולהשגות הציבור; ראו חוק התכנון והבנייה, התשכ"ה-1965, הוראות תכנית לתשתית לאומית: תת"ל מס' 22. שם תכנית: המסילה המזרחית.

³⁵ מזכירות הממשלה, החלטת ממשלה מס' 1421, נתיבי ישראל – תכנית תחבורה לפיתוח הנגב והגליל, 24 בפברואר 2010.

³⁶ שם.

³⁷ אפרים שביט, מנהל תחום הנדסת ספקטרום במשרד התקשורת, שיחת טלפון, 30 במרס 2011.

³⁸ שם.

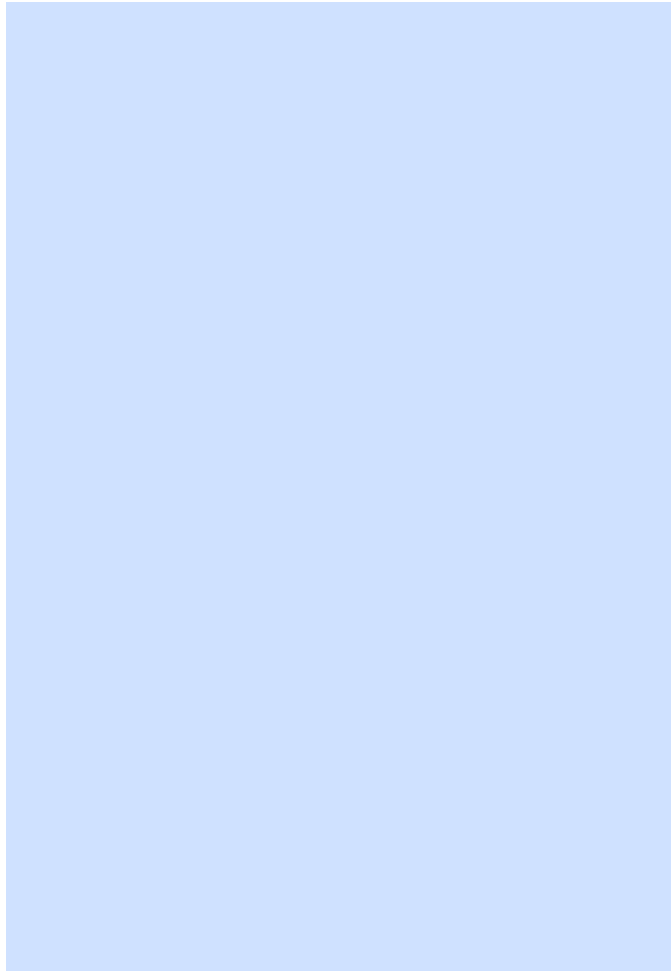


5. סיכום ומסקנות

- המהירות הממוצעת של רכבות בישראל נמוכה במידה ניכרת מזו הנהוגה באירופה. להבדלים אלה יש כמה סיבות:
 - א. המרחקים הקצרים בין התחנות בישראל אינם מאפשרים הגעה למהירויות גבוהות.
 - ב. בישראל הרכבות עדיין מונעות בדיזל, ואילו הרכבות באירופה מונעות בחשמל.
 - ג. באירופה נהוגה מערכת מתקדמת לניהול תנועת הרכבות ולשליטה עליהן, המאפשרת נסיעה במהירויות גבוהות מ-160 קמ"ש.
 - ד. במדינות אירופה יש רשת מסילות ברזל מסועפת הרבה יותר, המאפשרת בידול בין קווים פרבריים לקווים בין-עירוניים מהירים.
- מערכת הרכבות בישראל עומדת בפני גדילה ניכרת בשנים הקרובות עקב בניית קווים חדשים. הדבר יביא לעלייה גדולה במספר הרכבות, וצפוי שמספר הנוסעים יעלה גם הוא במידה ניכרת. לבניית הקווים מתווסף פרויקט חשמול המסילות, שיעביר את הרכבות להנעה חשמלית, כמקובל באירופה ובאזורים אחרים בעולם.
- כדי להעלות את מהירות הנסיעה של הרכבות בישראל כך שתשתווה למהירות המקובלת באירופה דרושים שלושה צעדים עיקריים:
 - א. מעבר להנעת הרכבות באמצעות חשמל. יישום צעד זה החל, והשלב הראשון של חשמול המסילות מתוכנן להתבצע בשנת 2014.
 - ב. הוספת מסילה רביעית באיילון. פרויקט זה מותנה במציאת פתרון לטיפול במי הגשמים בחורף ובעודפי המים שייווצרו עקב הצרת תעלת איילון.
 - ג. הטעמת מערכת שליטה ובקרה מתקדמת. צעד זה מותנה בהקצאת תדרי רדיו ייעודיים לרכבת, תדרים שתפוסים כיום על-ידי משתמשים אחרים, הקשורים בעניין זה בחוזים עם המדינה.



נספח א': סכמת מסילות רכבות הנוסעים בישראל³⁹



באדום : מסילה יחידה ; בשחור : מסילה כפולה.

כפי שאפשר לראות, יותר ממחצית הקווים הראשיים המשמשים לתנועה סדירה של רכבות נוסעים הם קווים של מסילה יחידה. עם זאת, רבים מהם עומדים בפני הכפלה: המסילות בין לוד לבאר-שבע, בין תל-אביב לפתח-תקווה ובין קריית-מוצקין לנהריה נתונות בעבודה, והיא אמורה להסתיים עד תחילת 2012. הכפלת הקו בין רחובות לצומת פלשת (סמוך לאשדוד) נמצאת בתכניות העבודה של הרכבת כפרויקט בהכנה לביצוע.

³⁹ רכבת ישראל, תנועה במערכות מסילתיות, מצגת, 22 במרס 2011, שקופית 19.



מקורות

מאמרים

- Per Kageson, OECD International Transport Forum, Joint Transport Research Centre, "Environmental Aspects of Inter-City Passenger Transport, Discussion Paper No. 2009-28", December 2009.
- Alex Lu and others, "The Vital Role of Metropolitan Access in Intercity Passenger Transportation: From the Traditional Limited-Stop Express to the 21st Century Ring Railroad", MIT Center for Transportation Studies, 2002.
- Chris Nash, OECD International Transport Forum, Joint Transport Research Centre, "When to Invest in High-Speed Rail Links and Networks? Discussion Paper No. 2009-16", December 2009.

מסמכים ממשלתיים

- State of Israel, Ministry of Transport and Road Safety, Israel Railways Ltd, "Request for Information: Railway to Eilat", November 2010;
- רכבת ישראל, תנועה במערכות מסילתיות, מצגת, 22 במרס 2011.
- רכבת ישראל, הצורך בארבע מסילות בקו תל-אביב-לוד, מצגת למנכ"ל משרד התחבורה, מרס 2011.
- חוק התכנון והבנייה, התשכ"ה-1965, הוראות תכנית לתשתית לאומית: תת"ל מס' 22. שם תכנית: המסילה המזרחית.
- החלטת הממשלה מס' 1421, נתיבי ישראל – תכנית תחבורה לפיתוח הנגב והגליל, 24 בפברואר 2010.
- המשרד להגנת הסביבה, פארק אריאל שרון (איילון) – הדמיות ותכניות לפיתוח הפארק, מצגת.
- הוועדה הארצית לתכנון ולבנייה של תשתיות לאומיות, פרוטוקול החלטות של ישיבת הוועדה הארצית לתכנון ולבנייה של תשתיות לאומיות מס' 10/2010, 16 בספטמבר 2010.
- רכבת ישראל, הודעה לעיתונות: היום תפקיד הוות"ל את התכנית לרכבות חשמליות של רכבת ישראל, 30 באוגוסט 2010.

מכתבים, שיחות טלפון, פגישות וסיוורים

- אבן הראל, סמנכ"ל תפעול ברכבת ישראל, ומורוזוב יורי, מנהל מחלקת תכנון תפעולי ברכבת ישראל, פגישה, 22 במרס 2011.
- חלמיש נמרוד, אינג'י, ד"ר, שיחת טלפון, 3 באפריל 2011.



הכנסת

מרכז המחקר והמידע

- לנדאו זאב, מנהל רשות הניקוז ירקון, שיחת טלפון, 4 באפריל 2011.
- שביט אפרים, מנהל תחום הנדסת ספקטרום במשרד התקשורת, שיחת טלפון, 30 במרס 2011.
- רכבת ישראל, לשכת מנכ"ל, דוא"ל, 6 בפברואר 2011.
- ביקור במרכז "משואה", 22 במרס 2011.

אתרי אינטרנט

- "טכנולוגיית רכבות", www.railway-technology.com.
- רכבת ישראל, www.rail.co.il.
- "איחוד הרכבות הבין-לאומי" (UIC), www.uic.org.
- החברה להגנת הטבע, www.teva.org.il.
- המשרד להגנת הסביבה, www.sviva.gov.il.
- "המערכת האירופית לניהול תנועת הרכבות" (ERTMS), www.ertms.com.
- אתר הרכבות האירופי, www.eurail.com/home.

