

ITS 2016

תחבורה ציבורית גמישה כאמצעי מזין לתחנות רכבת

שלמה ביצ'ק, הלל בר-גרא, טל רביב, גדי רבינוביץ

בסיוע המכון לחדשנות תחבורתית

מהי תחבורה ציבורית גמישה?

Demand Responsive Transit (DRT)

מאפיינים	Dial a Ride	Competitive (CDRT)
מסלול ולוח זמנים	נקבע לכל נסיעה	
קיבולת רכב	3-15 נוסעים	
מחיר ללקוח	כמו באוטובוס	
הזמנת נסיעה	יום מראש	יום/שעה/דקה מראש
איסוף	מדלת לדלת	תחנות קיימות
רמת שירות	לא מוגדר	קרוב למונית
קהל היעד	מוגבלי ניידות	כלל הציבור

מימדי התחרות: זמן ומחיר

מחיר



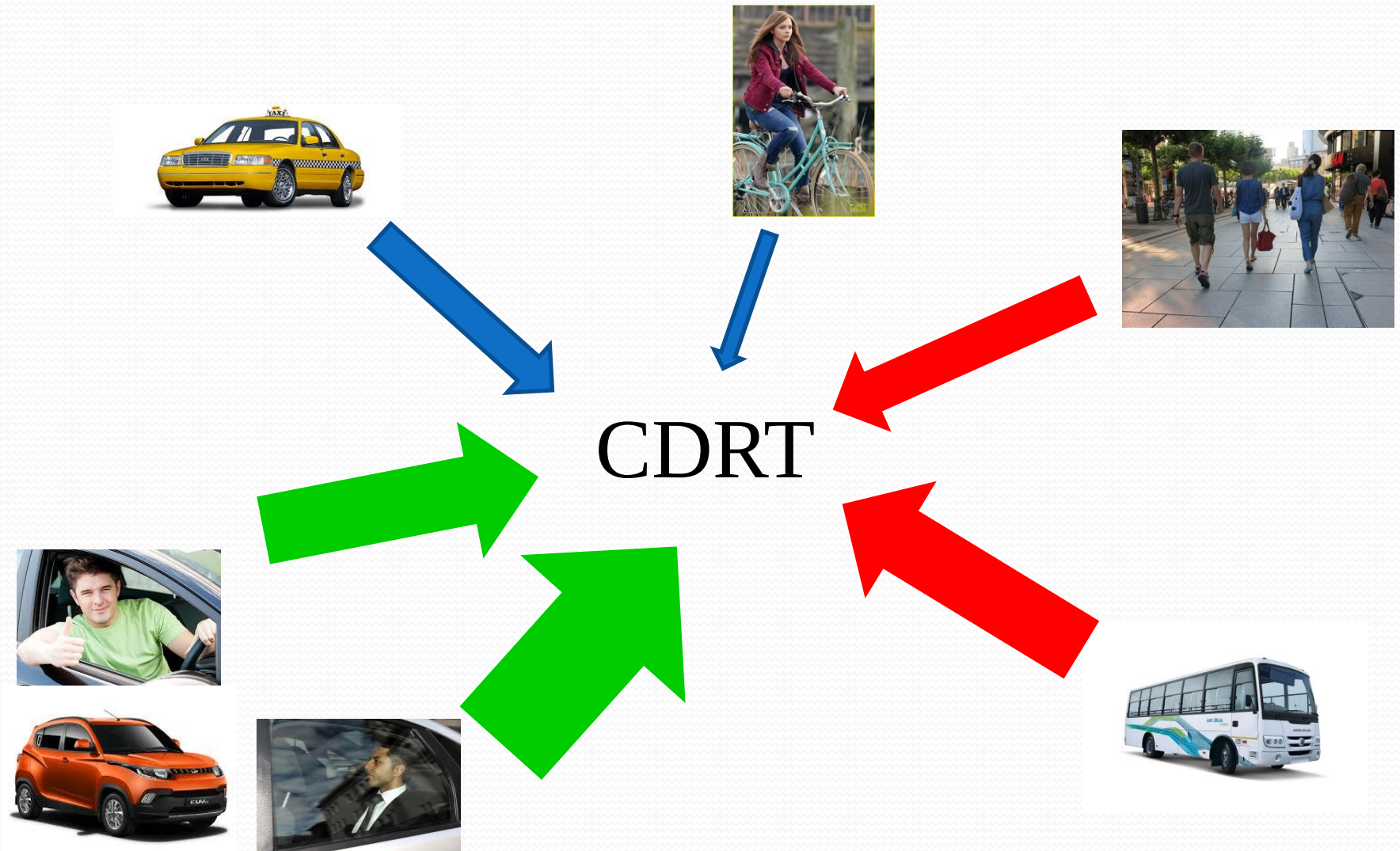
CDRT



זמן (רמת שירות)

Dial a
Ride

אלו תוצאות רצויות, ואלו פחות?



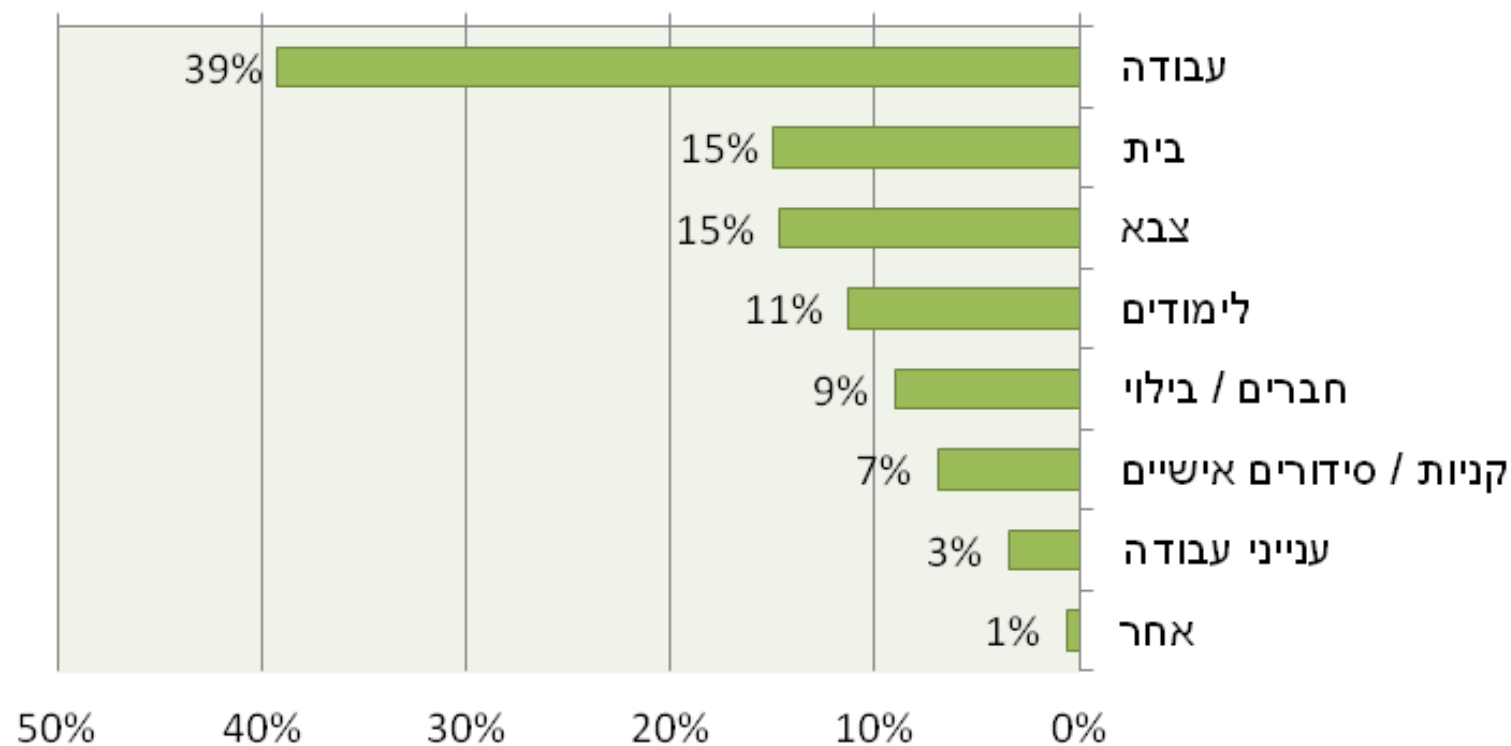
יתרונות CDRT כשירות מזין לרכבת

- מיקום וזמן משותף בקצה אחד של הנסיעה – מקל על שיתוף נסיעות
- פתרון לבעיית הקילומטר הראשון והאחרון
- מעודד נסיעה ברכבת
- חוסך חניה
- צמצום עומסי תנועה, צריכת דלק וזיהום אויר

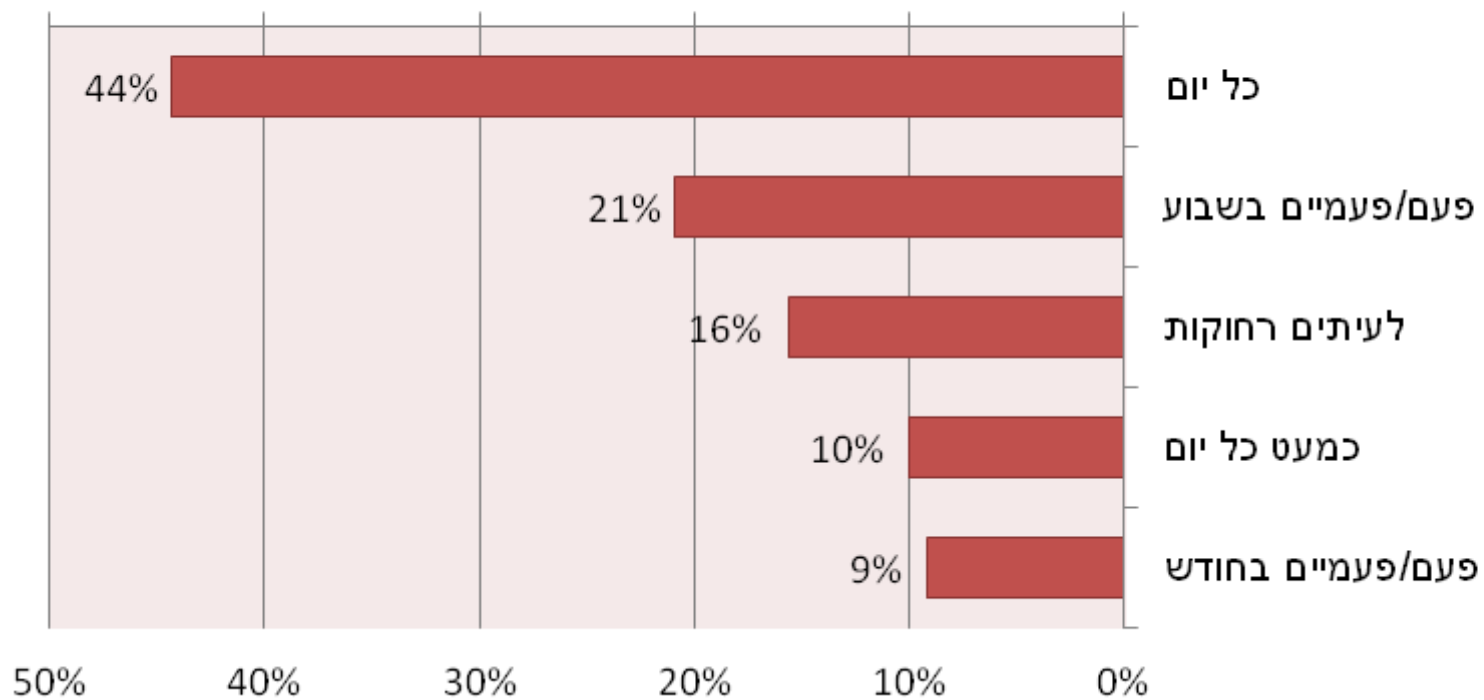
נתונים: סקרי נוסעים ברכבת

- סקרים בוצעו על ידי עדליא עבור משרד התחבורה
- נסקרו נוסעים ב-20 תחנות של רכבת ישראל
- הסקרים בוצעו ביום חול טיפוסי משעה 5:45 עד 15:00
- בזמן זה הגיעו כ-40,000 נוסעים אל תחנות הרכבת, כאשר מרבית הנוסעים הגיעו לתחנות בין שעה 6:00 לשעה 9:00
- רוב הנוסעים ירדו באחת מארבע התחנות של תל אביב

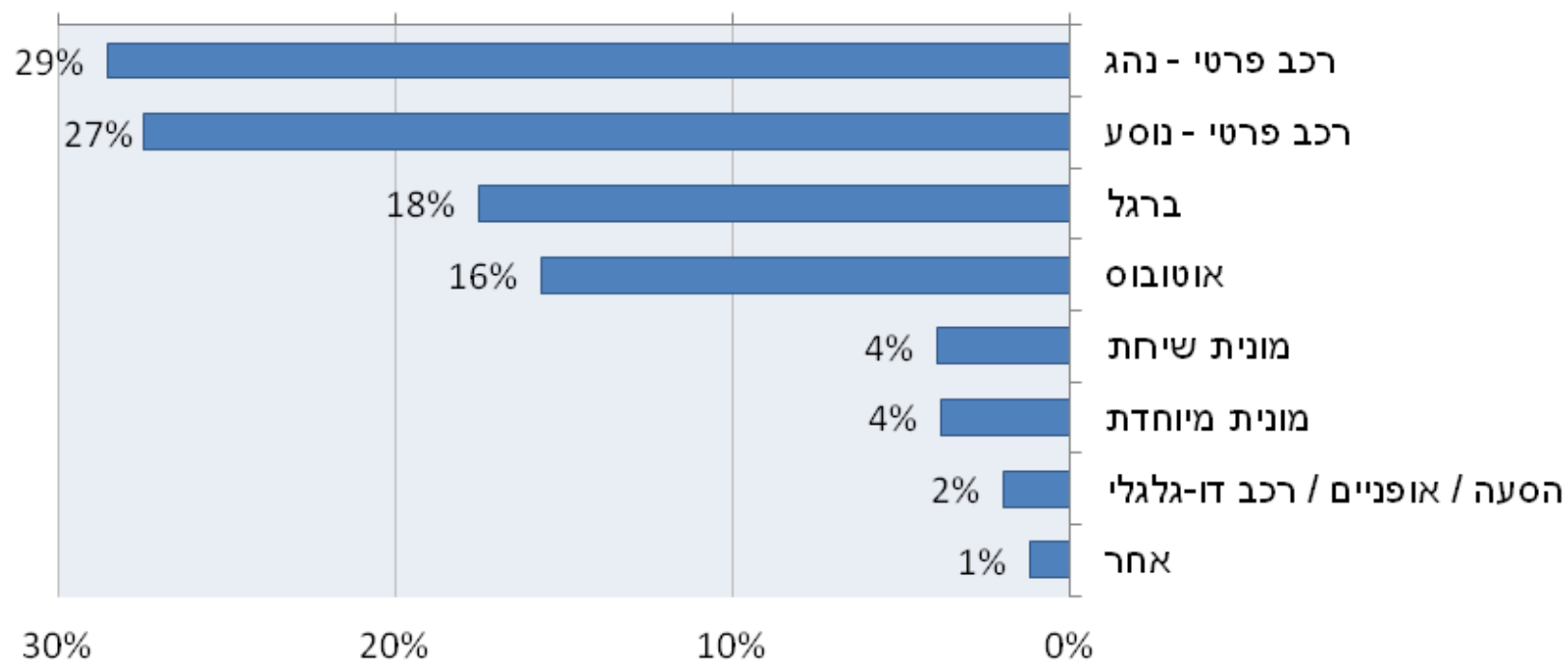
סיבת הנסיעה



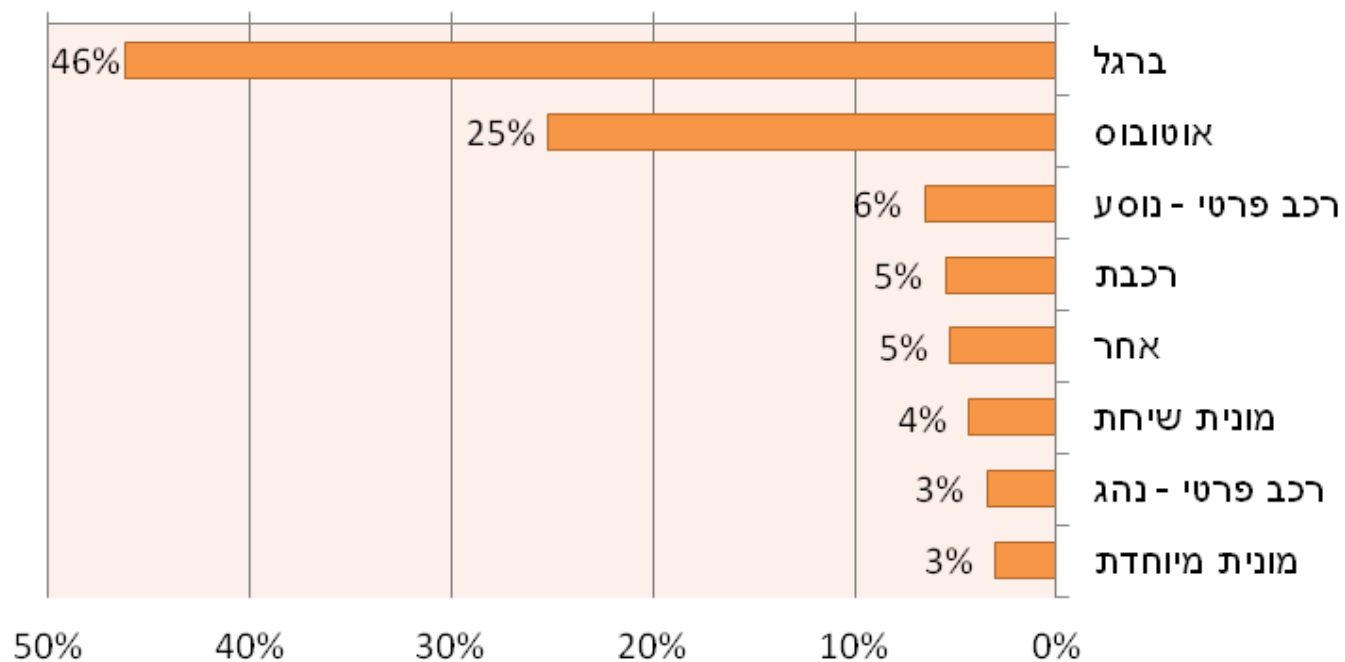
תדירות הנסיעה



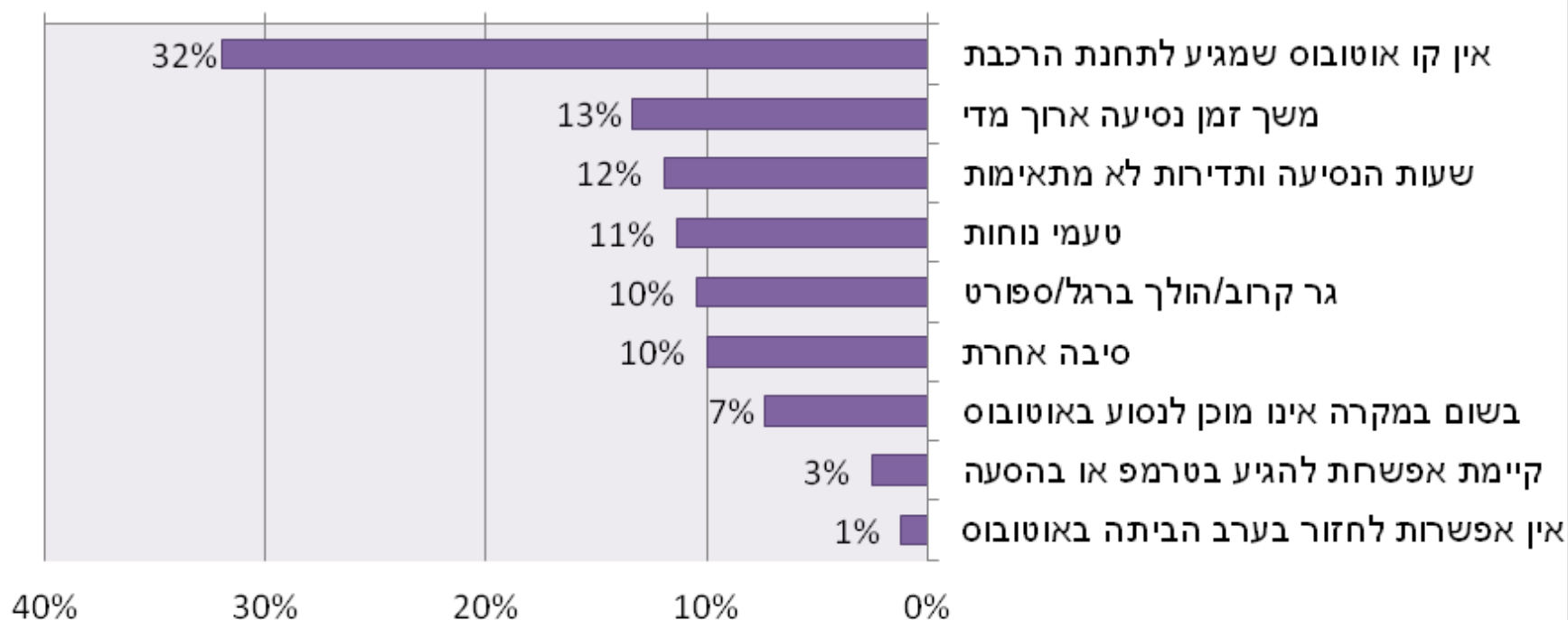
אופן הגעה לתחנה



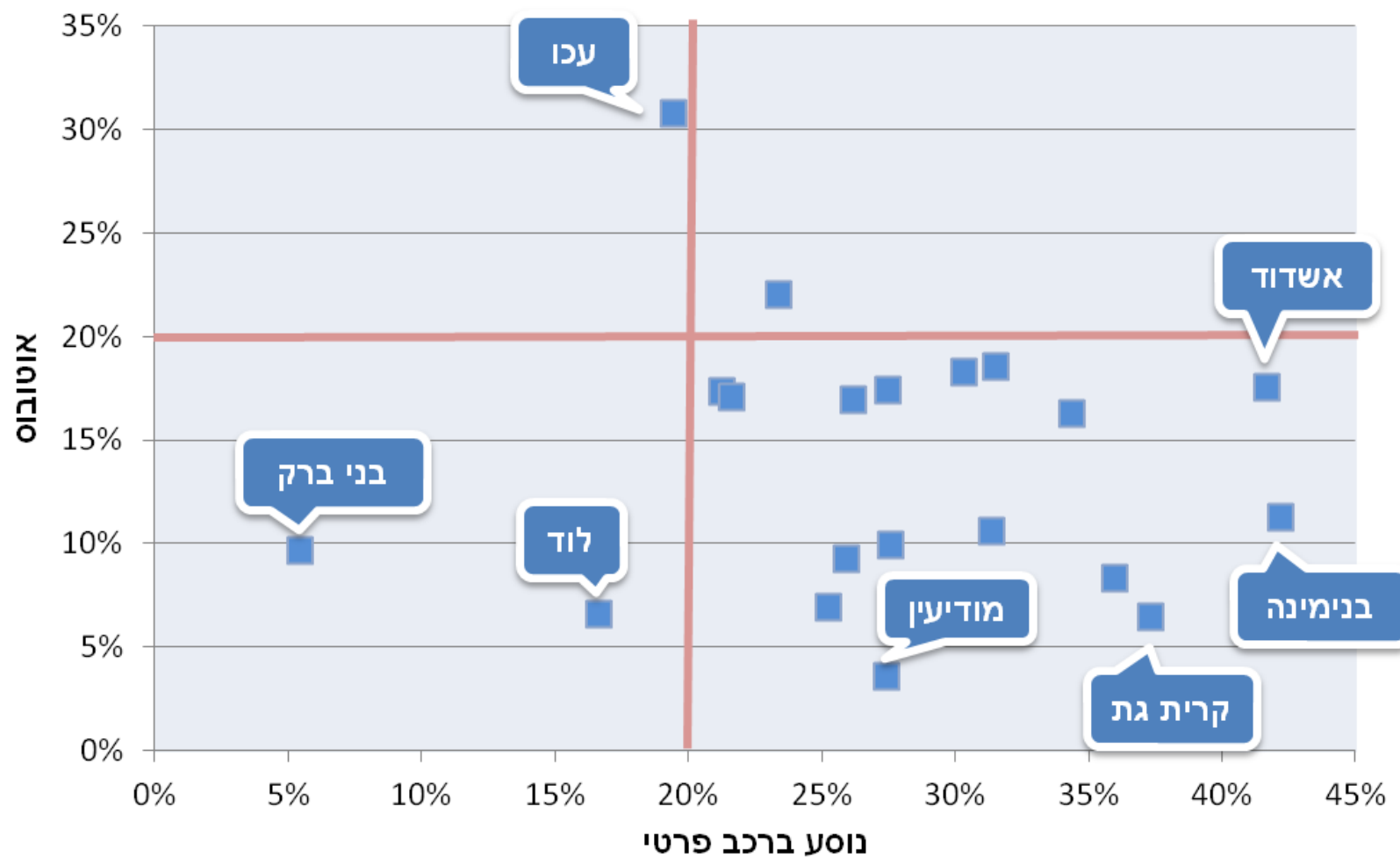
אופן המשך מתחנת היעד



מדוע לא נסעת באוטובוס?



אחוז נוסעים באוטובוס / כנוסע ברכב פרטי



מסקנות סקרים

- הפוטנציאל המרכזי – נוסעים ברכב פרטי (שאינם נהגים)
- שירות DRT איכותי עשוי להיות אטרקטיבי גם לנהגים
- יש מעט נוסעים באוטובוס לתחנת רכבת
- אתגר להמשך : הערכת פוטנציאל הגידול במספר הנוסעים ברכבת

מטרת המחקר

פיתוח כלים שיסייעו בקבלת החלטות ובבדיקת תרחישים
שונים של תחבורה ציבורית גמישה כשירות מזין לרכבת

שאלות לדוגמא:

- האם עדיף זכיין יחיד, שירות מפוקח או תחרות חופשית?
- מהם מאפייני צי הרכב הנחוץ מבחינת גודל וקיבולת?
- באיזה תחנות כדאי לפעול?
- מהי רמת השירות שניתן/כדאי להבטיח לנוסע?
- כיצד לקבוע את המחיר לנוסע (סובסידיה)?

התשתית הטכנולוגית - מודל אופטימיזציה

- פונצקית המטרה הינה למזער את משך הנסיעה הכולל

- קלט:

- אוסף בקשות לאיסוף: מיקום, כמות נוסעים, חלונות זמן

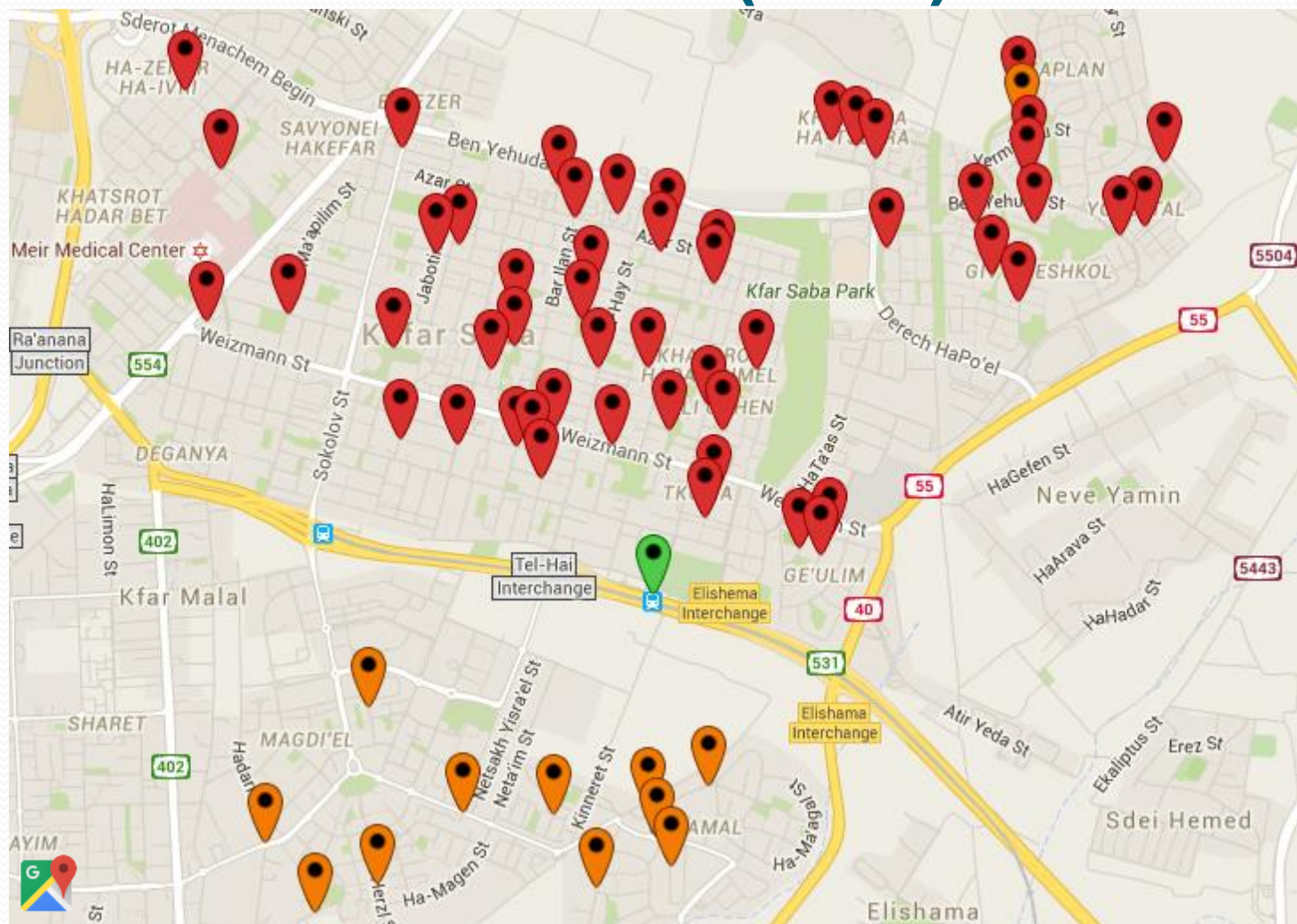
- אוסף תחנות רכבת: מיקום, שעת הגעה נדרשת

- אוסף כלי רכב: קיבולת

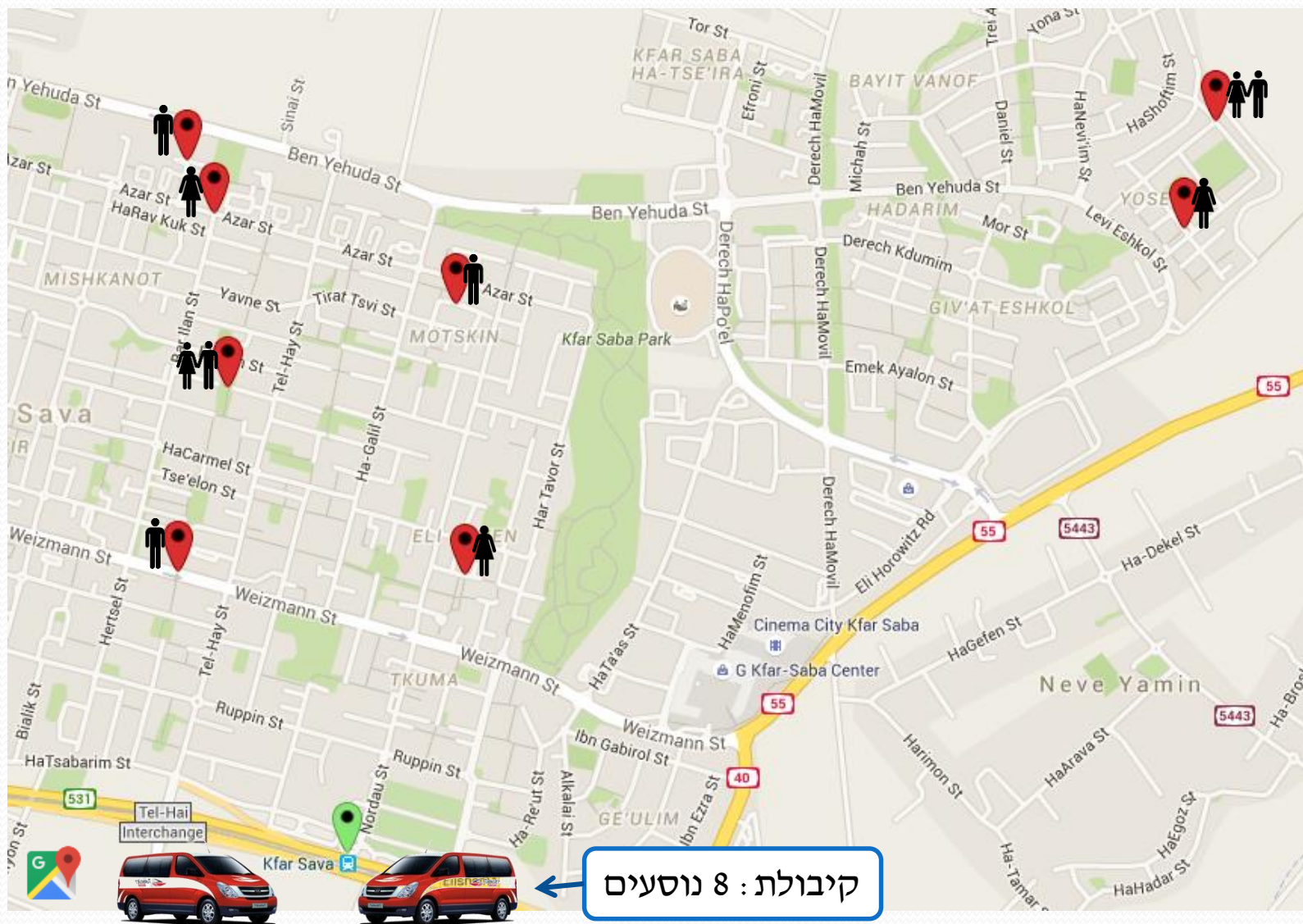
- הפלט הינו מסלול ולוח זמנים לכל רכב

דוגמא: תחנת נורדאו (כפר סבא)

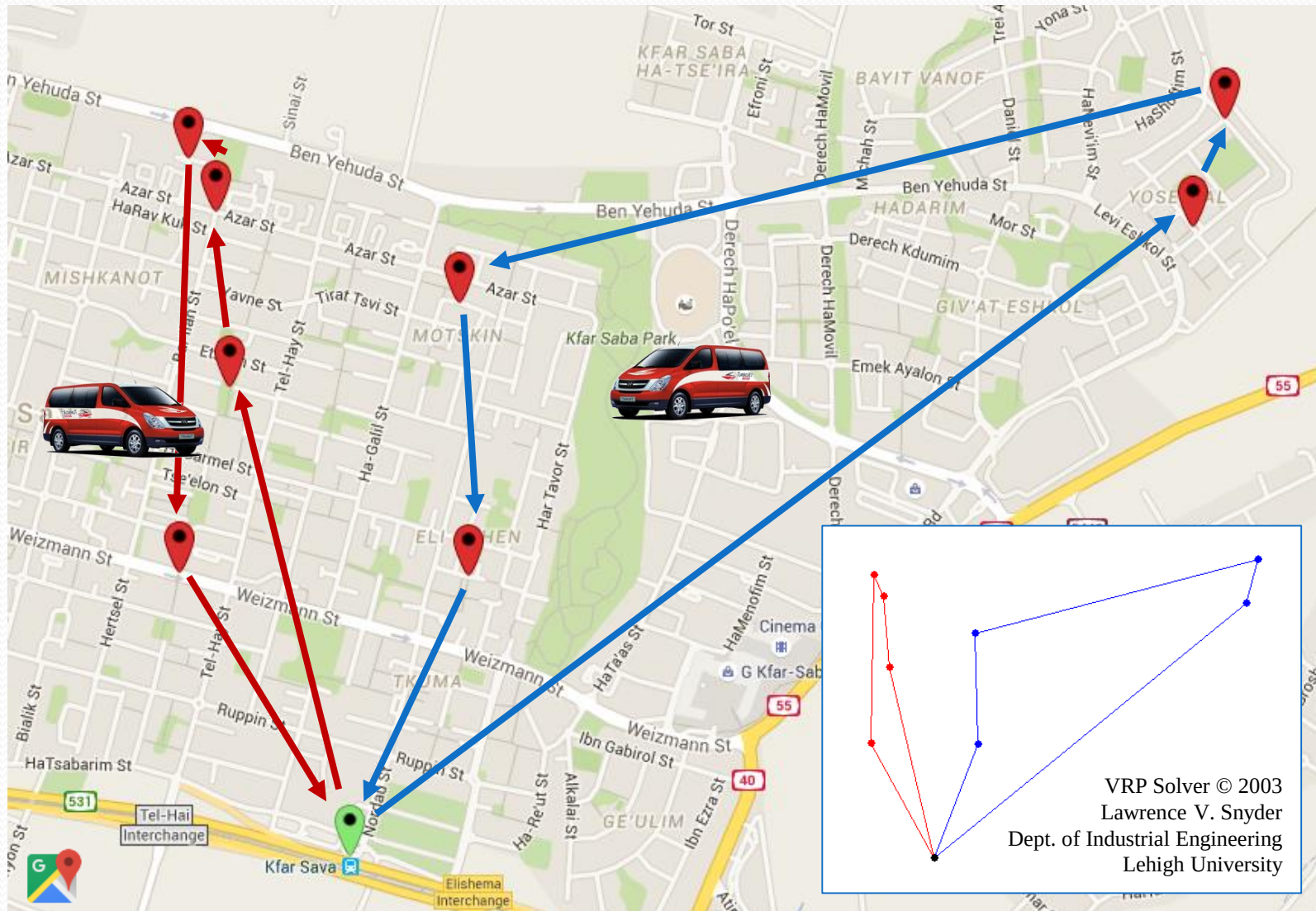
מיקום המוצא (רחוב) של כלל הנוסעים לתחנה



איסוף נוסעים לרכבת של 7:26



פתרון מקורב ע"י Solver

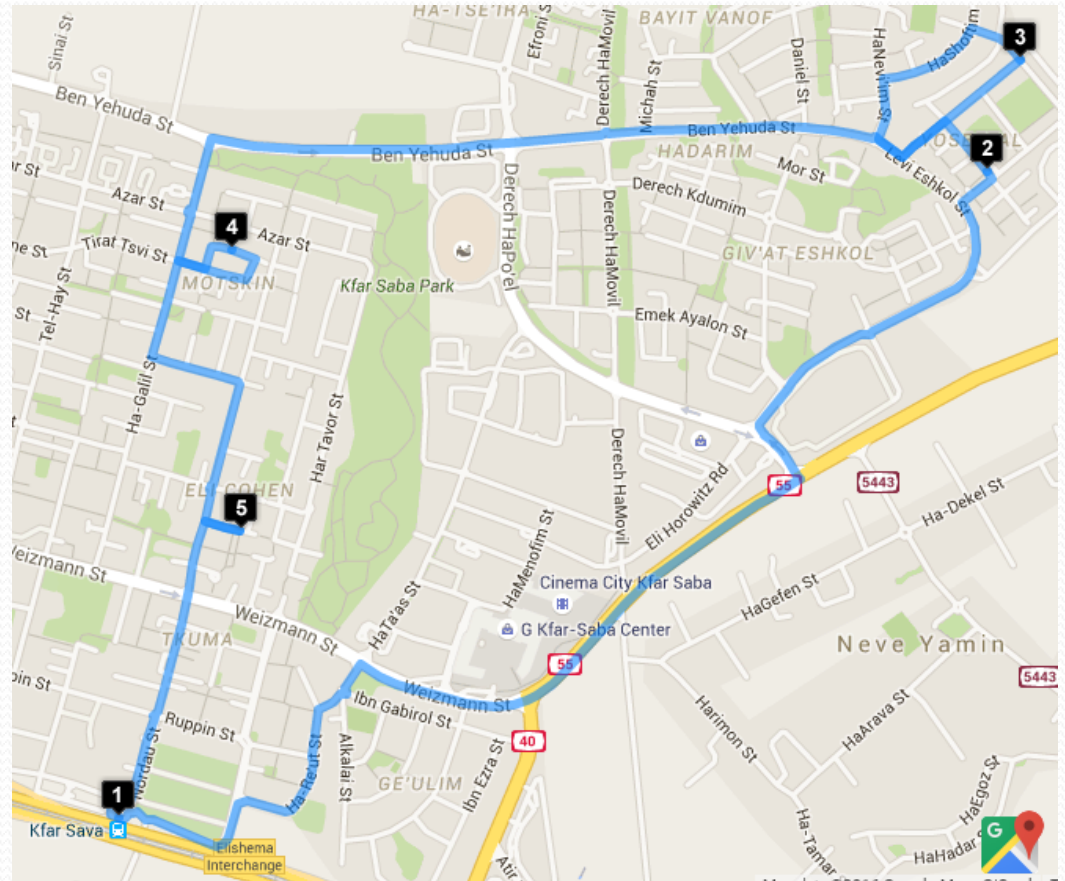


מיפוי הפתרון

רכב א'

משך הנסיעה: 28:49 דקות

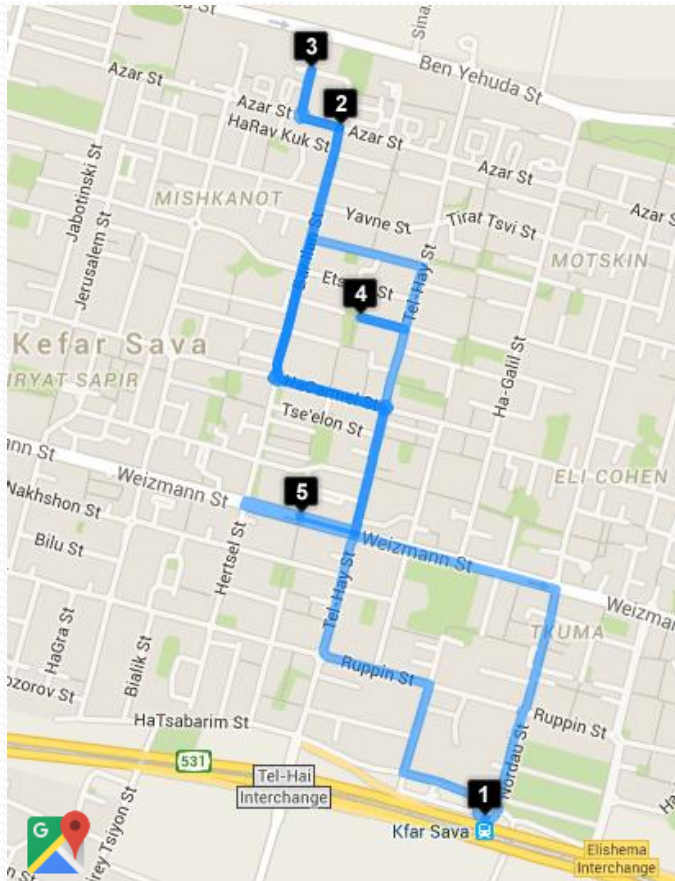
מרחק: 9.48 ק"מ



רכב ב'

משך הנסיעה: 23:44 דקות

מרחק: 7.33 ק"מ



משך נסיעה כולל: 52:33 דקות

שלבים להמשך

- איתור שותפים
- בחינת אפשרויות למודל האופטימיזציה
- פיתוח היוריסטיקות פתרון יעילות
- ניתוח תרחישים והשוואת חלופות



שאלות?

תודה רבה!

רשימת התחנות

- נהריה
- עכו
- בנימינה
- חדרה - מערב
- נתניה
- בית יהושע
- הרצליה
- הוד השרון - סוקולוב
- כפר סבא - נורדאו
- ראש העין
- פתח תקווה - סגולה
- פתח תקווה - קרית אריה
- בני ברק
- מודיעין מרכז
- לוד - גני אביב
- ירושלים - מלחה
- רחובות
- אשדוד - עד הלום
- אשקלון
- קרית גת

סקירת ספרות

- Cayford & Yim (2004) סקרו את הביקוש ויישמו שירות DRT מזין בעיר מילבריי, קליפורניה
- Li (2009) התייחס למציאת מספר האזורים בתחום השירות, ופיתח שיטה להפעלה של תחבורה קשיחה ושירות DRT לסירוגין
- Edwards (2014) השתמש בסימולטור מונחה-נתונים כדי להשוות DRT עם שיטות מסורתיות, בהסתמך על נתונים הזמינים לכלל

סקירת ספרות

- Carotenuto & Paradisi (2014) הוכיחו שמציאת פיתרון אופטימלי לבעיית DRT דינמית ומקיפה הינה פעולה מורכבת, וסיבוכיות החישוב שלה הינה NP-hard
- Lee & Savelsbergh (2014) הציגו מודל אופטימיזציה עבור שירות DRT מזין לתחנות רכבת

- Carotenuto, P., & Paradisi, L. (2014). Testing a heuristic for a flexible transport system. *Computer-Based Modeling and Optimization in Transportation*, 335-345.
- Cayford, R., Yim, Y. B. (2004). Personalized demand-responsive transit service. *California PATH Research Report UCB-PRR-2004-12, Berkeley, California*.
- Edwards, D. L. (2014). Designing optimal demand-responsive transportation feeder systems and comparing performance in heterogeneous environments.
- Lee, A., & Savelsbergh, M. (2014). An extended demand responsive connector. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 1-26
- Li, X. (2009). Optimal design of demand-responsive feeder transit services.

מודל מוצע

- מספר הרכבים מוגבל, קנס עבור דחיית בקשה
- הרכבים אינם נדרשים להתחיל ולסיים את הנסיעה בנקודה קבועה
- לאחר הורדת הנוסעים בתחנה, איסוף נוסעים שזה עתה הגיעו
- המסלולים ניתנים לשינוי עד גבול מסוים כדי לשרת בקשות חדשות

בקשות

משך נסיעה (דקות)

זמן איסוף
מוקדם
ביותר

קיבולת הרכב:
4 נוסעים

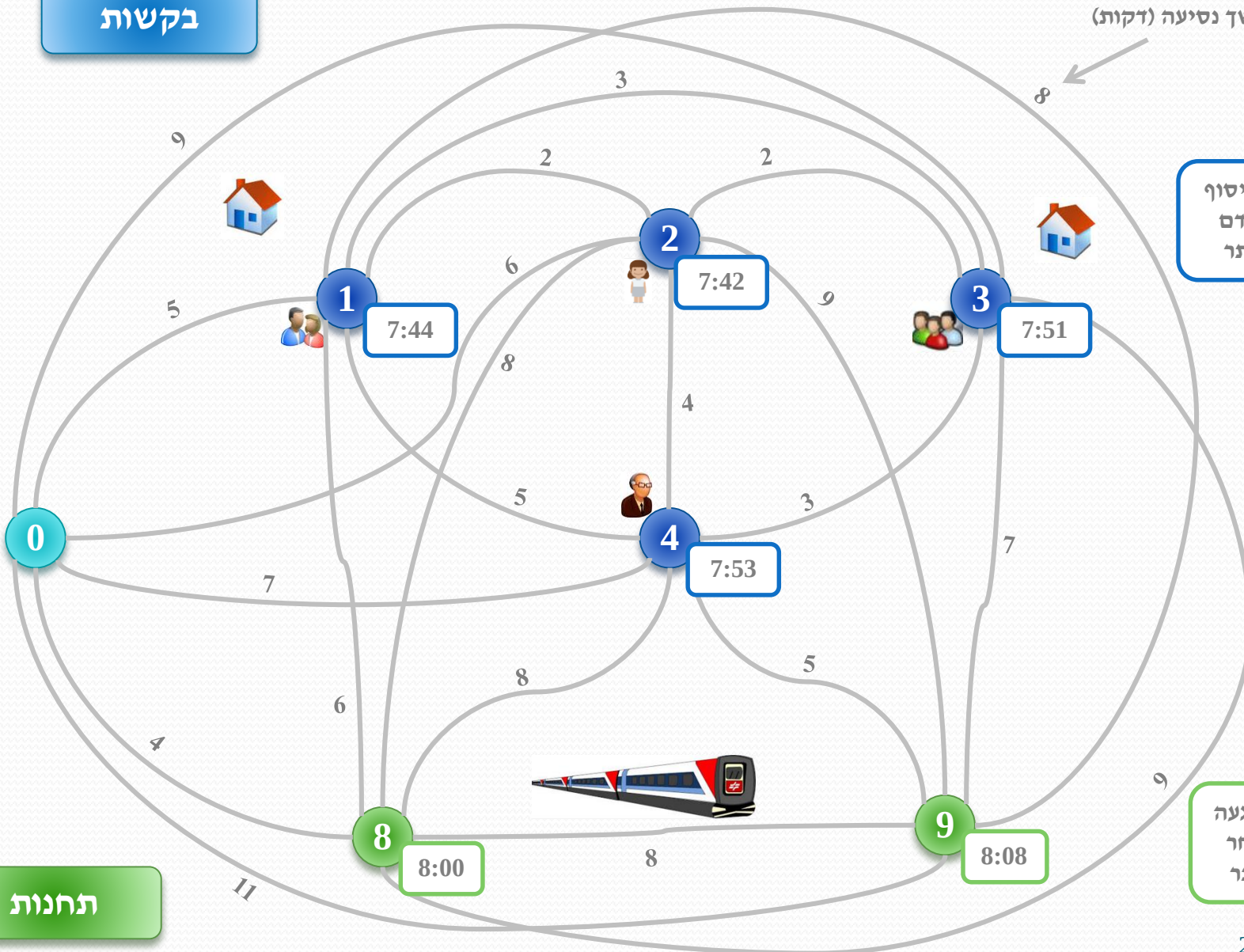


דיפוזי



תחנות

זמן הגעה
מאוחר
ביותר



בקשות

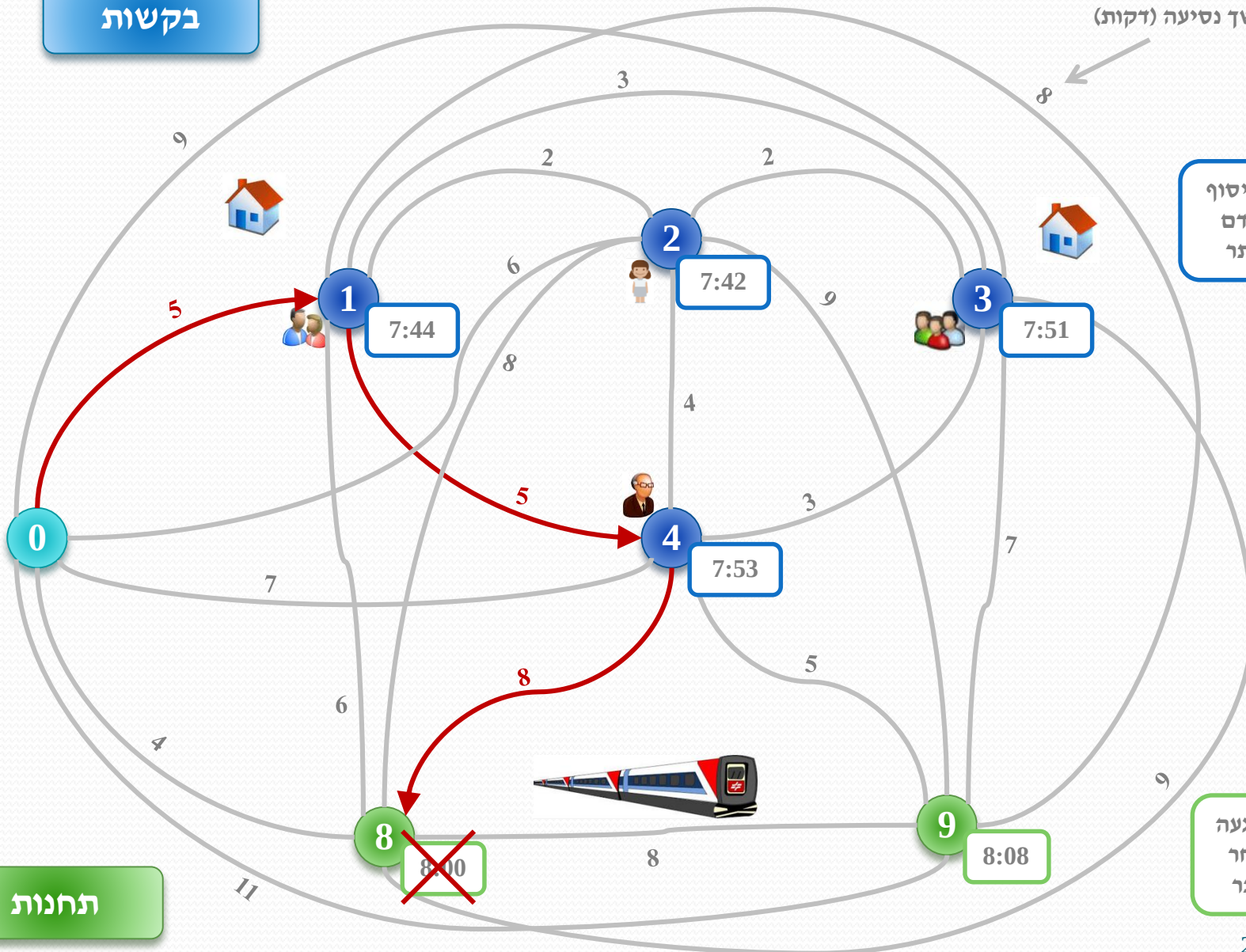
משך נסיעה (דקות)

זמן איסוף
מוקדם
ביותר

7:43



דיפוז



תחנות

זמן הגעה
מאוחר
ביותר

בקשות

משך כולל (דקות):

47

7:39

7:45



דיפו



7:46

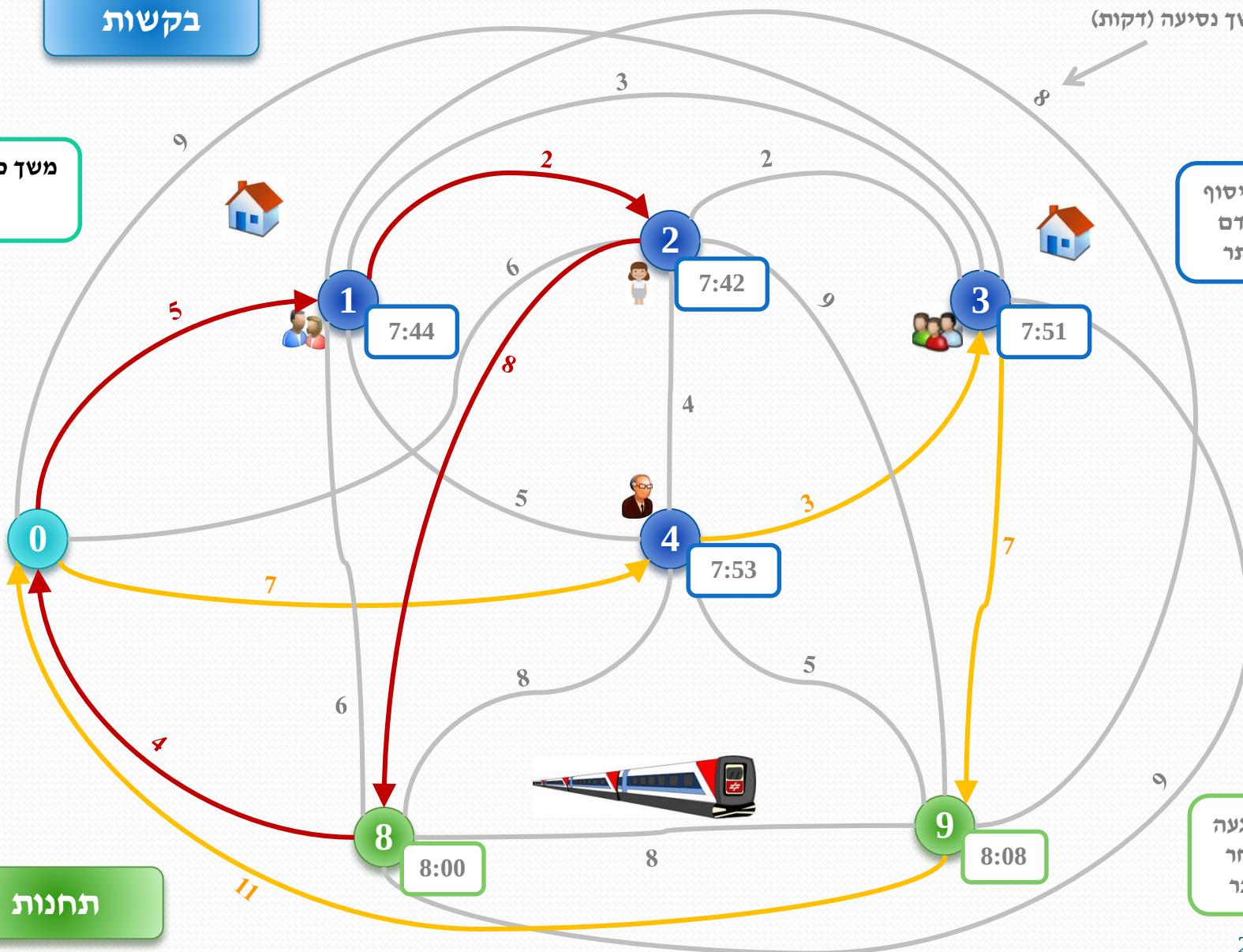
7:51

תחנות

משך נסיעה (דקות)

זמן איסוף
מוקדם
ביותר

זמן הגעה
מאוחר
ביותר



בקשות

משך נסיעה (דקות)

משך כולל (דקות):

46

זמן איסוף
מוקדם
ביותר

7:36
7:46



דיפו



7:46
7:51

תחנות

זמן הגעה
מאוחר
ביותר

