

# מבוא למערכות (BRT) Bus Rapid Transit

חיברו: אנאים גולני, נעה יואלי \*

ערכו: אינג' מרכוס סיינוק \* רותי אמיר \*\*



לרמות הביקושים, לסביבת התפעול וגורמים נוספים. בשל כך, למערכת BRT אין נוסחה אחידה ויש סוגים שונים של מערכות.

## זכות דרך

לצורת זכות הדרך השפעה משמעותית על קיבולת המערכת ורמת השירות שלה, רמת הנגישות לתחנות ועלויות ההקמה.

ה-BRT נשען לרוב על זכויות דרך קיימות על פני הקרקע, תוך שימוש באמצעי העדפה בתשתית כגון נת"צים או מת"צים. עם זאת, מערכות BRT קיימות מנצלות קשת רחבה של סוגי זכות דרך, החל מכביש נפרד ועד למערכת בתנועה מעורבת (כלומר ללא העדפה בתשתית). הגמישות של האוטובוסים מאפשרת שילוב רמות העדפה בהתאם לתנאים משתנים, כך שמערכת אחת יכולה לכלול רמות העדפה שונות. סוג ההעדפה בזכות הדרך תלוי במגוון גורמים, כגון אופי המערכת, רמת הגודש לאורכו, נפחי הנוסעים והאפשרויות הפיזיות הקיימות.

מערכות BRT פרבריות, כגון המערכות בערים אוטווה שבקנדה ובריסביין שבאוסטרליה, משתמשות בכביש נפרד לאוטובוסים, המקנה מהירות ואמינות מירבית, אולם מרחיק את התחנות משימושי הקרקע ועלותו גבוהה.

מערכות עירוניות משתמשות במגוון סוגים של העדפה בזכות הדרך: מת"צ היא אופציה נפוצה. המת"צ מקנה רמת העדפה גבוהה באמצעות הפרדה מגודש התנועה. למספר הנתבים או לקיום נתיב עקיפה בתחנות עשויה להיות השפעה דרמטית על קיבולת המערכת. ניתן למצוא דוגמאות למת"צ ימני (למשל בקוריטיבה) אך המיקום באמצע הדרך נפוץ יותר (לדוגמה בוגוטה בקולומביה, קיטו באקוודור, גיקרטה באינדונזיה, קליבלנד בארה"ב, ונקובר בקנדה וביגין שבסין). במת"צ מרכזי התחנות ממוקמות באי התנועה הממוקמים בין נתיבי הרכב הפרטי לבין המת"צ.

אופציה נפוצה נוספת היא נת"צ שמאלי, המספק רמת העדפה דומה למת"צ, אך חוסך ברוחב זכות הדרך, מאפשר עקיפה בעת הצורך ומשתלב טוב יותר במרקם העירוני ובשל כך מהווה חלופה אטרקטיבית למת"צ מרכזי. דוגמאות למערכות עם נת"צ שמאלי ניתן לראות בחלקים מהמערכות ברואן ובנט שבצרפת ובטייפי שבסין. הנת"צ הימני, הנפוץ בישראל, מחייב אכיפה קבועה והוא נתון להפרעות בשל תנועת כלי רכב הפונה ימינה והפעילות במדרכות.

## רקע

המונח BRT (Bus Rapid Transit) מייצג מגוון טכנולוגיות למערכת אוטובוסים מהירה רבת קיבולת. בספרות המקצועית, קיימות הגדרות רבות למערכת BRT, ביניהן:

"שילוב האיכות של תחבורה מסילתית עם הגמישות של מערכות אוטובוסים. מערכות BRT משלבות העדפה לאוטובוסים בתשתית, כלי רכב ידודתיים לסביבה ושקטים, אמצעי בקרה אלקטרונית (ITS), ותשלום מהיר ונוח. ניתן להפעיל אותן במסלולים בלעדיים לתחבורה ציבורית, דרכים מהירות ו/או רחובות רגילים."

"אמצעי תחבורה ציבורית מהיר, המשלב רמת שרות גבוהה וגמישות ביישום. אמצעי המורכב ממגוון מרכיבים פיסיים ותפעוליים, המהווים חלק ממערכת אחת, בעלת תדמית איכותית וזהות ייחודית."

תהליך הגיבוש של תפיסת ה-BRT, נמשך למעלה מ-20 שנה. תהליך זה החל בשנות ה-70 בברזיל, שם פותחו שיטות חדשניות להפעלת מערכות אוטובוסים. הדוגמה המפורסמת ביותר הינה בעיר קוריטיבה. מערכת ה-BRT בקוריטיבה נחשבת לאחת המערכות שכווננו את התפיסה כי באמצעות אוטובוסים ניתן ליצור מערכת עתירת נוסעים שאינה רכבתית. במשך שנים ניסו קברניטי העיר לפתח מערכת רכבתית, אולם מגבלות תקציביות הובילו לגישה יצירתית יותר ובסוף שנות השבעים פותחה בעיר מערכת עתירת נוסעים המבוססת על אוטובוסים.

ניסיון ראשון זה לא הועתק מיידית למדינות אחרות ובשנות השמונים נראה היה כי תפיסת ה-BRT דועכת. רק בסוף שנות ה-90 החל פיתוח מערכות BRT משמעותיות נוספות, בדרום אמריקה, דרום מזרח אסיה ובאירופה. בתחילת שנות ה-2000, אימץ משרד התחבורה האמריקאי את התפיסה והחל לפתחה בערי ארה"ב. במקביל, מדינות העולם השלישי העדיפו לפתח מערכות BRT בשל עלותן הנמוכה יחסית ויעילותן הגבוהה.

## מרכיבי מערכת ה-BRT

מערכות BRT מאופיינות בשישה מרכיבים עיקריים, המייחדים מערכות אלו על-פני מערכות האוטובוסים הקיימות ומאפשרים את שיפור השירות. מרכיבים אלה כוללים: זכות דרך, תחנות, כלי רכב, הפעלה, אמצעים טכנולוגיים ותדמית. כל אחד מהמרכיבים הנ"ל ניתן ליישום ברמות שונות, בהתאם לתנאים הפיזיים,

\* חברת PGL

\*\* ראש מינהל תח"צ, "נתיבי אילון"

<sup>1</sup> "Bus Rapid Transit: An Overview", Levinson S. L. et al., Journal of Public Transportation, Vol.5 No.2., 2002

<sup>2</sup> "Bus Rapid Transit Implementation Guidelines" Transit Cooperative Research Project (TCRP) 90, 2003

איור 2 מציג עיצובים ומבנים שונים של תחנות במערכות BRT.

תחנת ה"צינור" בקוריטיבה (ברזיל) תחנה ב-Median Busway בנווטת (קולומביה)



תחנה בסיאול (דרום קוריאה)

תחנה בבוסטון (ארה"ב)



איור 2. סוגי תחנות במערכות BRT

**כלי הרכב**

במרבית מערכות ה-BRT מתבצע שימוש בכלי רכב מפרקיים, ובמערכות מסוימות אף נעשה שימוש ברכב דו-מפרקי. קיבולת ההסעה של כלי הרכב נעה בין 90 ל-120 נוסעים ויכולה לעבור את ה-200 ברכב דו-מפרקי (הכל תלוי כמוון בצפיפות הנוסעים). צד הדלתות וגובה הרצפה מותאמים

לצורת רציף התחנה, כפי שצויין לעיל בהתייחסות לתחנות. בעוד שחלק גדול ממערכות ה-BRT נשענות על כלי רכב קונבנציונאליים, הרצון לשינוי תדמית ולהתחדשות במערכות BRT הביא רשויות ויצרנים לפתח כלי רכב ייחודיים, תוך ניצול ההתקדמות הטכנולוגית במספר תחומים. ברוב מערכות ה-BRT שואפים להשתמש במונעים ידידותיים לסביבה. אמצעי ההנעה הנפוצים ביותר הינם דיזל נקי ומערכות היברידיות (משולבות) של חשמל ודיזל. במעט מערכות נעשה שימוש במנועי גז טבעי או הזנת חשמל עילית.

תחום נוסף, בו מנסים לדמות טכנולוגיה רכבתית באוטובוסים, הוא הנחייה אוטומטית של הרכב. מערכות הנחייה מאפשרות נסיעה חלקה ועצירה צמודה לאבן השפה בתחנות. ההנחייה מאפשרת בחסכון ברוחב הנתב. קיימות מגוון טכנולוגיות הנחייה, חלקן בשלבי פיתוח. המערכות המונחות הראשונות השתמשו בעיקר בהנחיה מכנית, המבוססת על מסילת ברזל או מסילת בטון. כיום, המגמה היא לפתח מערכות המבוססות על טכנולוגיות מתקדמות יותר, כגון הנחיה אופטית ומגנטית. מבחינת העיצוב, רכבי BRT מאופיינים בעיצוב מיוחד וחדש אשר מדמה רכבת קלה הן בעיצוב החיצוני והן בפנימי. הרכבים מאופיינים במעברים רחבים המגדילים את הקיבולת. מערכות בקרת אקלים מודרניות מאפשרות תפעול יעיל יותר של מיזוג האוויר.

איור 3 מציג סוגי כלי רכב שונים.

אוטובוס דו-מפרקי בקוריטיבה (ברזיל) אוטובוס מפרקי בנווטת (קולומביה)



אוטובוס חדשני בלאס וגאס (ארה"ב)

אוטובוס חדשני בלוס אנג'לס (ארה"ב)



איור 3. סוגי כלי רכב BRT

בשל קיבולתו ואמינותו הנמוכה הוא יחסית נדיר במערכות BRT.

BRT בתנועה מעורבת יכול להתאים באזורים ללא בעיות חמורות של גודש תנועה. דוגמא למערכת כזו נמצאת בלוס אנג'לס בארה"ב, שם פועל ה-BRT ברחובות עורקיים ללא העדפה בזכות הדרך, אך עם העדפה ברמזורים.

מערכות רבות משלבות סוגי העדפה שונים לאורך התוואי. איור 1 מציג דוגמאות להעדפה בזכות הדרך.

Median Busway בקיטו (אקוודור)

Busway של אוטווה (קנדה)



MetroRapid בלוס אנג'לס (ארה"ב)

הנת"צ של "קו הכסף" בבוסטון (ארה"ב)



איור 1. סוגי זכות דרך טיפוסיים

**תחנות**

תכנון תחנות ה-BRT מיועד לזרז את עליית הנוסעים וירידתם כדי לצמצם את זמן עיכוב האוטובוסים בתחנות. בנוסף, התחנות מעוצבות תוך התחשבות בשיקולים של נוחות, אספקת מידע לנוסעים ועיצוב על פי התדמית המיוחדת של המערכת כולה.

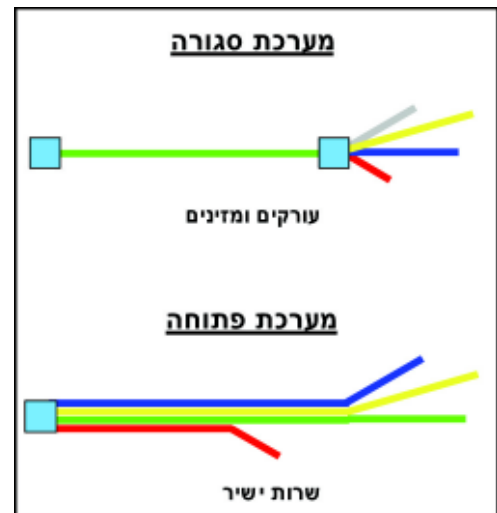
מערכת ה-BRT בקוריטיבה הייתה חלוצה בתכנון תחנת אוטובוס המזכירה במהותה מערכת רכבתית: תחנה סגורה, בעלת רציף בגובה האוטובוס, ביצוע תשלום מראש בכניסה לתחנה ועלייה לאוטובוס בכל הדלתות. באופן זה, מתבצעת קליטת נוסעים חלקה ומהירה יותר וגם מתאפשרת נגישות לאנשים בעלי מוגבלויות ללא עיכובים נוספים.

מערכות BRT ברמות ביקושים בינוניות נוטות להתבסס על תחנות פתוחות, בהן צמצום זמן הקליטה מושג באמצעות התאמת גובה רציף התחנה והאוטובוס, תשלום מראש ועלייה בכל הדלתות.

תכנון התחנה מתבצע כאמור בהתבסס על שיקולים נוספים: לעיצוב התחנות תפקיד משמעותי ביצירת תדמית אחידה ועקבית של מערכת ה-BRT, המהווה חלק מתהליך השיווק של המערכת. שיקולים אחרים מתייחסים לנוחות הנוסעים בזמן ההמתנה, לנגישות לבעלי מוגבלויות ולזרימת הולכי הרגל. המצאותם של לוחות מידע אוטומאטיים ומידע נוסף בתחנות, מביאים לצמצום בזמני ההמתנה ומשפרים את רמת השירות לנוסעים ואת יכולתם להתמצא במערכת.

**הפעלה**

מערכות BRT נחלקות לשני דפוסי תפעול הנבדלים בסוגי הקווים המשתמשים במערכת מערכת סגורה ומערכת פתוחה, לפי הפירוט:  
**מערכת סגורה:** מבוססת על עקרון בו הקווים העורקיים נוסעים באופן בלעדי בציר ה-BRT ואינם נוסעים מחוצה לו, ואילו הקווים המזינים משרתים את האזורים מחוץ לציר ה-BRT, מביאים את הנוסעים לציר, אך אינם נכנסים אליו. מערכת סגורה מבוססת על יותר מעברים, ולקווי ה-BRT פחות הפרעות לאורך הציר. רוב המערכות באמריקה הלטינית, כגון קיטו, קורטיבה ובוגוטה, מבוססות על מערכת סגורה.



**מערכת פתוחה:** מבוססת על עקרון בו הקווים העורקיים פועלים גם בתוך ציר ה-BRT וגם מחוצה לו. הקווים משרתים את האזורים שמחוץ לציר ה-BRT וממשיכים בנסיעה בתוך הציר עצמו. מערכת זו מספקת יותר נסיעות ישירות לעומת מערכת סגורה. דוגמאות למערכות מסוג זה ניתן למצוא בערים אוטווה שבקנדה, בריסבין אוסטרליה, טיפיי בסין ופורטו אלגרה שבברזיל.  
 ללא תלות בצורת ההפעלה, מערכות BRT יכולות לפעול בפרוודור יחיד או כרשת פרוודורים. מערכות BRT יכולות להשתלב ברשת מרובת אמצעים (לדוגמה בפריס מערכת הסעת ההמונים כוללת קווי מטרו, רכבת קלה ו-BRT).

העדפה ברמזורים - העדפה ברמזורים מאפשרת לצמצם את העיכוב בצמתים, לקצר את זמן הנסיעה ולתרום לשיפור האמינות ורמת השרות של מערכת BRT. העדפה ברמזורים היא אמצעי הנמצא בשימוש רב במערכות ה-BRT. תפעול המערכת תלוי בין השאר בסוג תשתית הרמזורים הקיימת ובמדיניות ניהול התנועה של הרשות, הכוללת בין השאר את רמת ההעדפה הניתנת לתחבורה הציבורית. מערכת העדפה יכולה להישען על מכשור באוטובוסים, המחולל קריאה למנגנון הרמזור באופן מקומי או על ידי שימוש במידע המתקבל ממערכת AVLS באמצעות תקשורת בין מרכז בקרת התפעול של ה-BRT ומרכז בקרת הרמזורים.

**תדמית**

תדמית מערכת ה-BRT הינה גורם משמעותי במשיכת נוסעים, במיוחד אלה שאינם "שבויי" תחבורה ציבורית. לפיכך, יזמי BRT בעולם משקיעים רבות במיתוג ומיצוב המערכות. יצירת זהות מבוססת, בין השאר, על הבלטת מרכיבי התשתית של המערכת. מרכיבים נוספים לבניית הזהות כוללים: מתן שם למערכת, לוגו וצבע מאפיין לאוטובוס ועיצוב מיוחד של התחנות. מערכת שיווקית תורמת להפנמת התדמית בקרב הנוסעים, על ידי הבלטת השיפורים בשרות תוך כדי שימוש במרכיבי הזהות של המערכת. דוגמאות למותגים של מערכות BRT בעולם מובאות באיור 4.



איור 4. שיווק מערכות BRT באמצעות לוגו

**מאפייני מערכות BRT**

כפי שניתן לראות בתאור לעיל, מגוון השילובים הקיים במערכות BRT הוא גדול. להלן פירוט חלק מהמאפיינים העיקריים של מערכות BRT:

**קיבולת**

קיבולת המערכת בקטע שיא תלויה, בין השאר, בגודל הרכב, בתדירות הקווים ובמאפייני זכות הדרך. בשל השונות בין המערכות, קיים טווח ערכים רחב של קיבולות, שיכול לנוע בין 5,000 נוסעים לכיוון לשעה ועד ל-40,000. ערכים אלה הינם ברי השוואה למערכות רכבתיות שונות (החל מרכבת קלה ועד לרכבת תחתית).

**זמני נסיעה**

מערכת BRT יכולה לספק מהירויות מסחריות גבוהות יחסית ולהביא לחסכון משמעותי בזמן נסיעה ביחס לקווי אוטובוס רגילים. סקירה של מערכות BRT ב-15 ערים בעולם מציגה מהירות מסחרית בין 17 ל-30 קמ"ש, לעומת מהירויות של 12-15 קמ"ש באוטובוסים רגילים (ראה איור 5). חסכון הזמן לעומת נסיעה בקו אוטובוס רגיל יכול להגיע ל-30% ויותר, תלוי במרכיבי המערכת.

**אמצעים טכנולוגיים**

מערכות ה-BRT משלבות מערכות תחבורה חכמות (ITS), המגבירות את יעילות המערכת. קיימות מספר טכנולוגיות ITS המשתלבות במערכות BRT:

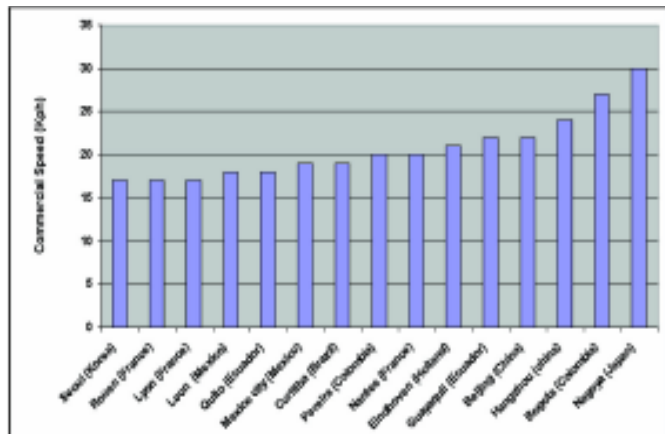
מערכות מידע בזמן אמת בתחנות - מספקות מידע לנוסע אודות מועד הגעת הקווים השונים, מאפשרות צמצום משמעותי של זמני המתנה ושיפור אמינות השרות. המידע מסופק באמצעות שילוט אלקטרוני בתחנות.

ניהול ובקרה - מערכת ממוחשבת לניטור ובקרה בזמן אמת על פעילות האוטובוסים, מאפשרת לשפר את ביצועי המערכת על ידי בקרת מועדי היציאות ושמידה על מרווח בין רכבים, הפצת מידע בזמן אמת וטיפול באירועים מיוחדים. מרכז הבקרה מבוסס לרוב על מערכת AVLS (Automatic Vehicle Location System), העוקבת אחרי מיקום האוטובוסים באמצעות שילוב טכנולוגיות תקשורת ו-GPS.

תשלום אוטומטי - שיטות כרטוס אוטומטיות, המאיצות את זמן הקליטה לאוטובוס ומגדילות את נוחות הנוסעים. קיימות מספר דרכים לביצוע גביה אוטומטית כגון: כרטיס חכם, מכונות לרכישת כרטיסים טרם העליה לאוטובוס ועוד.



הדוגמא הבולטת ביותר של גישה זו היא מערכת ה-BRT בבוגוטה (קולומביה). לאחר נסיונות כושלים לפיתוח רכבת תחתית בעיר המונה 7 מיליון נפש, נבחר ראש עיר אשר הציע לפתח מערכת נוסח קורטיבה. כדי ליישם את הרעיון, הוקמה בשנת 1999 רשות מיוחדת, אשר תכננה את המערכת ופיקחה על תפקודה. השלב הראשון הושלם בשנת 2002, 3 שנים בלבד מאז הקמת הרשות, וכלל 41 ק"מ של מת"צים בעלי 2 נתיבים לכל כיוון. לאורך המסלולים נפרסו תחנות סגורות עם פלטפורמה מוגבהת, במרווח ממוצע של כ-750 מ'. התחנות הממוקמות במרכז הכביש והגישה אליהן נעשית באמצעות מעברי חציה או גשרים להולכי רגל. התחנות כוללות עד חמישה רציפים. במערכת הפועלים שני סוגי קווים: קווים העוצרים בכל התחנות וקווי אקספרס, העוצרים בתחנות ראשיות בלבד. התשלום מתבצע מראש בכניסה לתחנה והוא מאפשר מעבר חופשי בין קווי ה-BRT. במערכת פועלים אוטובוסים מפרקים באורך 18 מ' עם 4 דלתות כפולות הממוקמות בצד שמאל. האוטובוסים הם אוטובוסים קונוונציונאליים המבוססים על מנוע דיזל. כולם צבועים באדום ומתוחזקים ברמה גבוהה. במערכת ה-BRT בבוגוטה אין העדפה ברמזורים ואין מידע בזמן אמת לנוסעים בתחנות. השילוב של זכות הדרך הרחבה, השהיה הקצרה בתחנות והשימוש בקווי אקספרס, מאפשר זרימת אוטובוסים מהירה בנפחים גבוהים. כיום, המערכת מסיעה כ-35,000 נוסעים ואף יותר, לכוון בקטע השיא. בנוסף, המערכת מתפקדת במהירות מסחרית של כ-26 קמ"ש בממוצע (21 קמ"ש בקווים שעוצרים בכל התחנות ו-32 קמ"ש בקווי אקספרס). ביצועים אלה הם טובים יותר מהמקובל במערכות המבוססות על רכבת קלה וברי השוואה למערכת המבוססת על רכבות תחתיות.



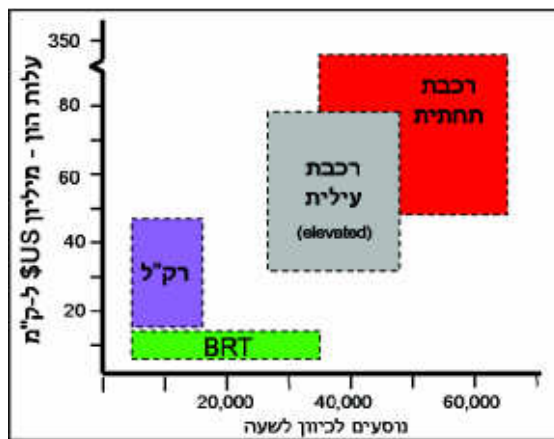
איור 5. מהירות מסחרית של מערכות BRT

**תדירות ואמינות המערכת**

מערכות BRT פועלות לרוב בתדירויות גבוהות, בין 2 ל-10 דקות. העדיפות בזכות הדרך, צמצום זמני הקליטה ומערכות הבקרה תורמים להגדלת אמינות השרות וצמצום זמן הנסיעה והעכובים בתחנות.

**עלות וזמן הקמה**

עלות הקמה של מערכות BRT נמוכה באופן משמעותי ביחס לחלופות אחרות של מערכת עתירת נוסעים (ראה איור 6). טווח היישום של מערכות BRT קצר משמעותית לעומת טכנולוגיות רכבתיות. מערכות BRT מורכבות ברחבי העולם תוכננו ונבנו בפרק זמן של 3 שנים ואף פחות מכך. הדבר נובע בדרך כלל מהתבססות על זכויות דרך קיימות והעדר צורך באישורים סטטוטוריים.



איור 6. קיבולת ועלויות הון של אמצעים שונים

**גישות לפיתוח מערכות BRT**

- בשל הגמישות בשילוב מרכיבי ה-BRT, התפתחו בעולם גישות שונות. בדרום אמריקה פותחה גישה המתבססת על המרכיבים הבאים:
- מסלול מרכזי, מופרד פיזית משאר התנועה.
  - מערכת סגורה הכוללת קווי אקספרס.
  - תחנות סגורות, רציף גבוה.
  - תשלום מראש, תעריפים אחידים.
  - רכב מפרקי דיזל, רצפה בגובה הרציף, עלייה בכל הדלתות.
  - שימוש מועט בטכנולוגיות מתקדמות, כגון מידע בזמן אמת והעדפה לאוטובוסים ברמזורים.
  - יישום מהיר, עלות נמוכה יחסית, תדמית של רכבת תחתית.



איור 7. ה-BRT בבוגוטה

לעומת הגישה לעיל, התפתחו באירופה מערכות BRT בעלות אופי שונה. מערכות אלו נבנו בערים קיימות עם רחובות צרים יחסית לרחובות בערי דרום אמריקה. הגישה האירופאית מבוססת על:

ופיצול הנסיעות כבר הגיע לשפל של פחות מ-20% מכלל הנסיעות המוטוריות. מאמצים פיתוח מערכות עתירות נוסעים במרכזים עירוניים בישראל התמקדו בשנים האחרונות בשני סוגים של פתרונות: תשתיות העדפה לאוטובוסים (מת"צים או נת"צים) ופיתוח קווי רכבת קלה. שני הפתרונות הללו לוקים בחסר: מצד אחד, שיפור התשתית בלבד אינו מספיק כדי להפוך את התחבורה הציבורית לאטרקטיבית, ומצד שני, ההשקעה הגדולה הכרוכה בפיתוח רכבת קלה ומשך הזמן הארוך הנדרש לקידום מערכות מסוג זה לא יאפשרו בניית רשת רחבה של קווי רכבת בטווח הנראה לעין.

נראה כי מערכת ה-BRT משלימה את סל הפתרונות לפיתוח מערכות עתירות נוסעים. שדרוג משמעותי ברמת השירות מצד אחד ותג מחיר נמוך יחסית עם יכולת יישום מהירה מצד שני, יאפשרו הקמת רשתות קווים, לעומת קווים בודדים בלבד של רכבת קלה. גם רמות הביקושים מתאימות במרבית הצירים למערכות אלו (במרבית הצירים המרכזיים במטרופולין תל אביב, נפח הנוסעים בתחבורה הציבורית אינו עולה על 3000-2000 נוסעים לכיוון בשעת שיא).

בחלק מהאזורים העירוניים, רמת השימוש בתחבורה הציבורית ירדה עד שהיא מטילה צל על הכדאיות להפעלת מערכת עתירת נוסעים בהם. מצב של אי עשייה רק יעמיק את החלשות התחבורה הציבורית ויגביר את התלות ברכב הפרטי. כאן המקום לשקול שינוי במדיניות לגבי סף הכניסה למתן ההעדפה לתחבורה ציבורית ולמערכות BRT. כך לדוגמה, באירופה מקימים מערכות BRT גם בצירים בהם יש ביקושים נמוכים יחסית (מתחת ל-2,000 נוסעים לשעה לכיוון בשעת השיא) במטרה לעודד את השימוש בתחבורה הציבורית.

הקמת מערכות BRT בארץ, ביזכויות הדרך הקיימות, תאלץ גמישות בסוגי ההעדפה. לכן, על מנת לצמצם זמני נסיעה, יש להשקיע באמצעים אחרים, כגון העדפה ברמזורים, מידע בזמן אמת בתחנות, בקרה תפעולית וכרטוס אוטומטי.

בחירה בתמהיל גמיש של מרכיבים עשויה לאפשר בישראל יישום מהיר, בדומה לנסיון המצטבר בפיתוח מערכות BRT בעולם.

## למכון לחקר התחבורה בטכניון

דרושים חוקרים למחקרים בין-תחומיים בנושא בטיחות בדרכים

השכלה נדרשת: הנדסה; כלכלה; הנדסת אנוש; סטטיסטיקה; חקר ביצועים; מדעי המחשב.

אפשרות המשך לימודים לתואר גבוה.

עדיפות תינתן לבעלי ניסיון קודם בתחום התחבורה

ובשיטות מחקר כמותיות.

נא לשלוח פנייה בצרוף קורות חיים למזכירות המכון לתחבורה, קריית הטכניון, חיפה 32000, עבור: חוקרים בבטיחות בדרכים.

סודיות מובטחת

מערכת "תנועה ותחבורה"

מברכת את פרופ' דוד מהלאל

לבחירתו כיו"ר ארגון תחבורה היום ומחר

ומודה לד"ר קרל מרטנס היו"ר היוצא

על שיתוף הפעולה הפורה

- הפרדה משתנה בזכות הדרך, בהתאם לתנאי המקום.
- מערכות פתוחות עם שילוב קווים מסוגים שונים.
- תחנות פתוחות, רציף נמוך.
- כרטוס אוטומטי, שילוב תעריפים.
- רכב חדשני, רצפה בגובה הרציף, עלייה בכל הדלתות.
- שילוב טכנולוגיות מתקדמות כגון מידע בזמן אמת בתחנות והעדפה ברמזורים.
- יישום מהיר, עלות נמוכה, תדמית של רכבת קלה.

דוגמה למערכת מסוג זה נמצאת בעיר רואן שבצרפת, בעלת כ-400,000 תושבים. בשנת 1998 כבר פעלו בעיר 2 קווי רכבת קלה. התכנית להקמת קו נוסף של הרכבת הקלה נזנחה לטובת מערכת BRT, בעלות נמוכה יותר. היישום היה מהיר יחסית: הקו הראשון החל לפעול ב-2001 ובשנת 2003 הושלמה בניית המערכת כולה (כ-25.6 ק"מ).

תכנון המערכת הותאם לרמת ביקושים בינונית, של כ-3,000-4,000 נוסעים לשעה לכיוון. המערכת מבוססת על שילוב סוגים שונים של זכות דרך: מסלול מופרד (9.4 ק"מ), נת"צ (4.5 ק"מ) ונסיעה בתנועה מעורבת (11.7 ק"מ). במערכת פועלים שלושה קווי BRT בשלוש זרועות, המתנקזות למסלול משותף במרכז העיר. האוטובוסים הם אוטובוסים מפרקיים בעלי רצפה נמוכה ומערכת הנחיה אופטית. במערכת שולבו אמצעים טכנולוגיים הכוללים העדפה ברמזורים, מידע בזמן אמת בתחנות, מרכז בקרה ותשלום אלקטרוני. נעשה נסיון לבסס את המערכת על אוטובוסים היברידיים חדשניים, אולם בשל בעיות בכלי הרכב, הותאמה מערכת ההנחיה האופטית לאוטובוסים קונבנציונאליים. עיצוב האוטובוסים והתחנות מיוחד ומשווה למערכת תדמית דומה לקווי הרכבת הקלה הפועלים בעיר.



איור 8. ה-BRT ברואן

## סיכום

מערכות BRT מציעות חלופה לשיפור משמעותי ברמת השרות, בעלות השקעה נמוכה יחסית וטווח יישום מהיר.

השימוש בתחבורה ציבורית בישראל נמצא במגמת ירידה נמשכת