



משרד התחבורה
מינהל היבשה / אגף תחבורה ציבורית

חישוב פרוגרמה כמותית למסוף אוטובוסים

הכינה: אינג' סימונה גולדנברג
ראש תחום תכנון ת"צ

דצמבר 2003

חישוב פרוגרמה כמותית למסוף אוטובוסים

תוכן עניינים

1	מבוא	1
2	הגדרות	2
3	פעילות תחבורה ציבורית במסוף	3
3	3.1 תחנת הורדה	3
3	3.2 חניה תפעולית	3
3	3.3 תחנת קליטה	3
3	3.4 חניה מנהלתית	3
3	3.5 קווים עוברים	3
4	3.6 מעבר מתוזמן	4
4	3.7 הפסקות מנוחה	4
5	4 סיווג מתח"מים וסוגי מסופים	5
5	4.1 סווג מתח"מים	5
5	4.1.1 מתח"מים באזור בנוי	5
5	4.1.2 מתח"מים בשולי אזור בנוי	5
5	4.2 סווג מסופים	5
5	4.2.1 מסוף בלי פעילות נוסעים	5
5	4.2.2 מסוף עם פעילות נוסעים	5
6	4.2.3 מסוף של "מעבר מתוזמן"	6
7	5 קיבולת עמדה	7
7	5.1 קיבולת עמדת הורדה	7
7	5.2 קיבולת עמדת קליטה	7
7	5.3 קיבולת עמדת הורדה/קליטה במסוף מתוזמן	7
8	6 חישוב פרוגרמה כמותית על סמך פעילות קווים	8
8	6.1 קלט לחישוב פרוגרמה כמותית על סמך פעילות קווים	8
8	6.2 דוגמה לחישוב פרוגרמה כמותית לפי פעילות קווים	8
8	6.2.1 מקור הנתונים	8
9	6.2.2 נתונים תפעוליים של הקווים	9
10	6.2.3 כניסה למסוף (הורדה)	10
10	6.2.4 יציאה ממסוף (קליטה)	10
11	6.2.5 חישוב מרכיבי הפרוגרמה	11
11	6.2.6 חישוב פרוגרמה כמותית לפי שעות שיא בוקר	11
12	6.2.7 חישוב פרוגרמה כמותית לפי שעות שיא אחה"צ	12

13.....	6.2.8	השוואת חישוב פרוגרמה כמותית של מסוף בן ישי בוקר ואחה"צ
13.....	6.2.9	סיכום פרוגרמה כמותית
13.....	6.2.10	שטח דרוש למסוף
14	7	יצירת "תרחיש מייצג"
14.....	7.1	קביעת אזור מקווה לשנת יעד
14.....	7.2	בדיקת רשת התחבורה הציבורית והשלמתה
15.....	7.3	אופן חישוב פרוגרמה לפי "תרחיש מייצג"
16	8	חישוב פרוגרמה כמותית על סמך "תמהיל קווים"
16.....	8.1	קווים עוברים
16.....	8.2	קווים עירוניים
17.....	8.3	קווים בינעירוניים
17.....	8.4	תמהיל קווים במסוף
18.....	8.5	דוגמת חישוב פרוגרמה כמותית על סמך "תמהיל קווים"
18.....	8.5.1	עמדות עבור קווים עוברים (תחנות אוטובוס)
19.....	8.5.2	עמדות לקווים עירוניים
19.....	8.5.3	עמדות לקווים בינעירוניים
20.....	8.5.4	סיכום פרוגרמה למסוף תחבורה ציבורית
21	9	סיכום

1. מבוא

מסוף אוטובוסים מהווה מרכיב חשוב בתפעול התחבורה הציבורית. מיקומו משפיע על רמת השרות לנוסע בהיבטים שונים כגון: תפרוסת קווים, אמינות, תזמון ועלות השרות.

מסוף אוטובוסים הינו מרכיב חשוב במרכזים תחבורתיים המרכזים אמצעי תחבורה משולבים כגון: רכבות לסוגיהן, חנה וסע, הבא וסע, מוניות, רכב דו גלגלי והולכי רגל. בנוסף, קיימים מסופים שמרכזים פעילות קצה של קווי אוטובוס וחשיבותם במערכת התחבורה הציבורית לא פחותה.

הנסיבות בהן יש לקבוע את השטח הדרוש למסוף אוטובוסים מגוונות:

- הוצאת תחנות קצה של קווים מרחובות מגורים
- תכנון מרכז תחבורתי
- תכנון מסוף המהווה חלק מפרויקט פיתוח אורבני
- תכנון מסוף בסמוך לתחנת רכבת
- תכנון מסופים כחלק ממהלך שינויים בתחבורה הציבורית

מטרת מסמך זה הינה תיאור תהליך החישוב של פרוגרמה כמותית למסוף אוטובוסים בהתאם לאופקים תכנוניים שונים. כמו כן מוצעות מספר שיטות שונות לחישוב הפרוגרמה בהתאם לזמינות הנתונים הדרושים לחישוב.

מסמך זה אינו כולל התייחסות למרכיבים אחרים של מרכז תחבורתי, כגון תחנת מוניות, הבא וסע, חנה וסע וכו'.

הסטנדרטים התפעוליים המוצגים כאן תואמו עם מתכנני חברות "אגד" ו"דן" ועל כן הננו מודים על שיתוף הפעולה.

2. הגדרות

מושגים כלליים

אזור מקווה: אזור משורת על ידי המסוף. יש חשיבות בהצגת מסופים אחרים באזור כדי להגדיר את תפקודו של המסוף.

מתח"ם: מרכז תחבורתי אליו מגיעים אמצעי תחבורה ציבורית מגוונים, כגון: אוטובוסים, רכבת בין עירונית, רכבת פרברית, רכבת קלה, חנה וסע, הבא וסע, רכב דו גלגלי והולכי רגל

מסוף אוטובוסים: מקום המיועד לפעילות אוטובוסים כחלק ממרכז תחבורתי או בנפרד.

עמדת הורדה/קליטה: רצועה בנתיב הימני או במפרץ המיועד לכך, בה עוצר אוטובוס להורדת נוסעים וקליטתם. אורך העמדה תלוי בסוג האוטובוס: רגיל, מפרקי, מידיבוס או מיניבוס.

רציף: קטע מדרכה סמוך לעמדת הורדה/קליטה המיועד לנוסעים הממתינים לאוטובוס והיורדים ממנו.

צי אוטובוסים: מספר אוטובוסים, הדרושים לפעילות הקווים, שמגיעים למסוף. נוסחת החישוב: זמן סבב / תדירות שיא = מס' אוטובוסים.

תמהיל קווים: מגוון הקווים במסוף.

תרחיש מייצג: חלופה תכנונית לשנת היעד המשרתת את האזור ברמת שרות סבירה מבחינת כיסוי ותדירות.

סוגי קווי תחבורה ציבורית

עירוני: המסלול עובר דרך עיר אחת או שתי ערים גובלות שאינן העיר המרכזית של המטרופולין.

אזורי: המסלול עובר בין עיר אחת או רצף עירוני לישובים לא עירוניים, מוסדות וכו'.

מטרופוליני: המסלול עובר בעיר המרכזית של מטרופולין ובעיר/ערים נוספות במטרופולין.

בינעירוני: המסלול עובר דרך לפחות שתי ערים לא גובלות.

סוגי שרות

ישיר: תחנת קליטה אחת ותחנת הורדה אחת, לעתים תחנות הורדה ספורות ביעדים חשובים.

אקספרס: מעט תחנות, קליטה מוגבלת ליעדים נבחרים בלבד בתחילת הקו, הורדה בלבד בקרבת היעד.

מאסף: קליטה לכל התחנות, הורדה בכל התחנות.

3. פעילות תחבורה ציבורית במסוף

מסוף אוטובוסים מהווה תחנת קצה למספר קווי תחבורה ציבורית ומאפשר למפעיל שליטה על פעילות האוטובוסים ולנוסעים מעבר מקו לקו.

להלן פרוט הפעולות המתבצעות על ידי אוטובוסים במסוף במקומות מוגדרים.

3.1. תחנת הורדה

האוטובוס מגיע לתחנת הקצה, כל הנוסעים יורדים, הנהג רשאי לרדת להפסקה לאחר שחנה את האוטובוס כפי שמתבקש מתכנית העבודה שלו או מהגעתו בפועל.

3.2. חניה תפעולית

לאחר עצירה בתחנת ההורדה האוטובוס והנהג ממתנינים זמן קצר ליציאה לנסיעה הבאה. משך ההמתנה נע בין דקות ספורות לרבע שעה כפועל יוצא מזמני הנסיעה, תנאי גודש וכ'י. מיקום החניה התפעולית צריך להיות בסמוך לרציפי הקליטה (ראה סעיף 3.3) תחת עינו הפקוחה של הסדרן.

3.3. תחנת קליטה

אוטובוס שחונה בחניה תפעולית מתייצב בתחנת הקליטה מספר דקות לפני זמן היציאה המתוכנן. פרק הזמן בו האוטובוס קולט נוסעים מכונה "כיסוי תור" ונועד לקליטת הנוסעים הממתנינים באופן שיאפשר לאוטובוס לצאת לדרך לפי התכנון.

3.4. חניה מנהלתית

בשעות שיא בוקר מופעלים כל האוטובוסים שבצי הרכב של המפעיל, בשעת שפל כשליש מצי האוטובוסים מושבת, מחנים את האוטובוסים עד לשעת שיא אחה"צ, בהם מוחזרים האוטובוסים לביצוע נסיעות.

מיקום החניה המנהלתית לא חייב להיות סמוך לרציפי הקליטה אך אין להתעלם מהצורך להחזיר את האוטובוסים לשרות בצורה אמינה, בטוחה, לא יקרה וללא השפעות סביבתיות שליליות.

3.5. קווים עוברים

לפעמים קווים עוברים דרך מסוף לצורך מעבר נוסעים מקו לקו או לגישה לשימושי קרקע גובלים במסוף. מעבר קווים דרך מסוף מחייב הקצאת תחנות עצירה (הורדה/קליטה) בשני הכוונים, בנפרד מרציפי הקליטה.

ההפרדה מתבקשת בשל האופן האקראי של הגעת האוטובוסים העוברים למסוף העלול לשבש יציאות מתוכננות של קווי קצה. לעתים, עדיף תכנון התחנות לקווים עוברים ברחובות המשיקים למסוף. היתרון בעצירת קווים עוברים מחוץ למסוף הינו מניעת עיכוב לנוסעים ממשיכים שעלולים להיפגע מכך.

לטווח ארוך, קו עובר שרמת השרות שלו נפגמת בשל עיכובים, מאבד נוסעים. כתוצאה מכך, התדירות יורדת ורמת השרות נפגעת בגלל התדירות הנמוכה. הפגיעה ברמת השרות עלולה להביא לירידה נוספת בביקוש ו"מעגל קסמים" זה עלול להסתיים בכך שהקו מתבטל כליל. לפיכך, יש לשקול היטב כניסת קווים עוברים למסוף לעומת אפשרות עצירה בתחנות משיקות.

3.6 מעבר מתוזמן

מעבר מתוזמן בין קווים במסוף דרוש באזורים דלילי נוסעים או לתחנות רכבת בהן תדירות עצירת הרכבת נמוכה (עד 3 עצירות בשעה). במצב זה, אוטובוסים של כל הקווים עוצרים במסוף בעמדת הורדה/קליטה לפרק זמן של 5 דקות כל 15-20 דקות. בפרק זמן זה הנוסעים יורדים ומחליפים קו.

מסי רציפי הורדה/קליטה שווה למספר קווים שמגיעים למסוף.

בתחנות רכבת, תזמון קווי אוטובוס לעצירת הרכבת מחייב המתנה של 10-15 דקות, לקליטת עולים והורדת נוסעים מהרכבת. לפיכך, בתחנות רכבת רק קווי קצה יתוזמנו, כיוון שאין באפשרותם של הקווים העוברים להמתין זמן כה ממושך.

3.7 הפסקות מנוחה

בקווים ארוכים במיוחד נהוג לבצע הפסקות מנוחה במקומות בהם מתקיימים תנאים מתאימים עבור הנוסעים, כולל שירותי הסעדה ושירותים סניטריים. זמן ההמתנה בין 10 ל-30 דקות.

4. סיווג מתח"מים וסוגי מסופים

4.1. סיווג מתח"מים

ניתן לסווג את המרכזים התחבורתיים לפי מיקום ולפי תפקוד במערכת.

4.1.1. מתח"מים באזור בנוי

המרכזים התחבורתיים באזור בנוי מתאפיינים בנגישות הולכי רגל לשימושי קרקע מגוונים כגון: מגורים, תעסוקה, תרבות, קניות וכו'. על פי המיקום ניתן להגדיר שני סוגי מתח"מים:

- מתח"ם מטרופוליני מרכזי
- מתח"ם עירוני

4.1.2. מתח"ם בשולי אזור בנוי

המרכזים התחבורתיים בשולי אזור בנוי מתאפיינים במעבר בין אמצעי תחבורה שונים.

4.2. סיווג מסופים

מסוף אוטובוסים המהווה חלק ממרכז תחבורתי מיועד לרכז פעילות קווי אוטובוס. בנוסף, קיימים מסופים מחוץ למרכזים תחבורתיים, המיועדים לרכז פעילות קצה של קווי תחבורה ציבורית של מפעילים שונים.

חשיבות מסופי הקצה בהפעלת מערכת תחבורה ציבורית גבוהה במיוחד. העדר מסופי קצה משפיע על פריסת רשת קווים, פגיעה בשליטה ובאמינות השרות וכן מונע מנהגים תנאי עבודה בסיסיים המובנים מאליהם בענפי פעילות אחרים.

ניתן יהיה לסווג את המסופים לפי הפונקציות הדרושות:

4.2.1. מסוף בלי פעילות נוסעים

במסופים בהם אין מעבר נוסעים בין קווים או כאלה המצויים בשולי אזור בנוי אין צורך בעמדות הורדה ועמדות קליטה. המסוף ישמש לחניה תפעולית ומנהלתית.

חשיבות מסופים מסוג זה רבה. המסוף מאפשר שליטה על זמני היציאה של הנסיעות והוצאת החניה מרחובות מגורים.

4.2.2. מסוף עם פעילות נוסעים

במסופים בהם קיימת פעילות מעבר נוסעים בין קווים שונים או במסופים סמוכים לאזורים מחוללי ביקושים יש להכשיר את כל המרכיבים שהוצגו בפרק 3.

4.2.3. מסוף של "מעבר מתוזמן"

מעבר מתוזמן בין קווי תחבורה ציבורית מתאפשר כאשר האוטובוסים בכל הקווים מגיעים ביחד למסוף וממתינים כל אחד בעמדה שלו עד שהנוסעים יורדים ועולים לאוטובוס המבוקש. צורת תפעול ייחודית זו מתאימה לאזורים דלי אוכלוסייה, בהם יש לנצל תזמון קווים למתן שרות מגוון לציבור.

5. קיבולת עמדה

כל עמדה מאפשרת עצירה של אוטובוס אחד. זמן העצירה של האוטובוס בעמדה הינו פועל יוצא של סוג העמדה, סוג הקו וסוג השרות.

5.1. קיבולת עמדת הורדה

האוטובוסים שמגיעים למסוף יכולים להוריד את הנוסעים בעמדת הורדה פנויה ללא קשר לקו. מספר האוטובוסים שיכולים להוריד נוסעים בעמדה אחת הוא 30 בשעה או פחות מכך. בקווים בינעירוניים או אזוריים בהם מספר הנוסעים היורדים רב יחסית ולעיתים אף נושאים כבודה, זמן ההורדה ממושך יותר כך שקיבולת העמדה הינה 20 אוטובוסים בשעה או פחות מכך.

5.2. קיבולת עמדת קליטה

כפי שצויין בסעיף 3.3 האוטובוס נכנס לעמדת הקליטה מספר דקות לפני זמן היציאה המתוכנן לצורך קליטת נוסעים ("כיסוי תור"). בקווים בינעירוניים ישירים או בקווי אקספרס שבהם מספר העולים רב, הכרטוס מסורבל, זמן "כיסוי תור" ממושך ולכן הקיבולת של עמדת קליטה היא 6 נסיעות בשעה. קווים עירוניים או מטרופוליניים מתאפיינים בכך שמספר העולים לנסיעה בתחנת הקצה קטן בהרבה, הכרטוס פשוט וכולל מנויים חודשיים וכרטיסיות ואין מטען מסורבל. קיבולת עמדת הקליטה במקרה זה היא 12 נסיעות בשעה או פחות מכך. ניתן לצרף קווים בעלי תדירות מצרפית מתאימה לעמדה אחת. קיבולת עמדת קליטה בה עוצרים קווים שונים פחותה. לעתים, יש לדרג זמני יציאה של הנסיעות בקווים כדי לאפשר ניצול מירבי של רציפי הקליטה. כמו כן, יש להתייחס ליעדי הקווים השונים באופן תכנון מקבצי תחנות בעמדות¹.

5.3. קיבולת עמדת הורדה/קליטה במסוף מתוזמן

היות ובפרק זמן נתון נפגשים כל הקווים במסוף לצורך מעבר נוסעים, כל עמדה משרתת קו אחד.

¹ ראה דו"ח – אינג'ד"ר אליה בן-שבת, "בדיקה וניתוח של מקבצי תחנות אוטובוס סדרך בגין (ד' פתח תקווה)", נתיבי איילון, פרויקט ארגון מחדש של התחבורה הציבורית במטרופולין תל אביב.

6. חישוב פרוגרמה כמותית על סמך פעילות קווים

6.1. קלט לחישוב פרוגרמה כמותית על סמך פעילות קווים

חישוב פרוגרמה כמותית מבוסס על פעילות הקווים הפועלים במסוף בשעת שיא ומחייבת מידע אמין על פעילותם. בשל חוסר איזון בין שני כיווני הנסיעה, יש לחשב פרוגרמה לשעת שיא בוקר ולשעת שיא אחה"צ.

הנתונים החיוניים לחישוב כוללים:

- סוג הקו - לקביעת קיבולת עמדות הורדה וקליטה וחניה תפעולית
 - מספר נסיעות לפי כיוון בשעת שיא בוקר ושעת שיא אחה"צ - לחישוב מספר עמדות הורדה וקליטה
 - זמן סבב בשעת שיא בוקר - לקביעת מספר אוטובוסים לחישוב חניה מנהלתית
- לנוחות החישוב רצוי לקבץ קווים לפי סוגים. חישוב הפרוגרמה יוסבר באמצעות הדוגמא להלן.

6.2. דוגמה לחישוב פרוגרמה כמותית לפי פעילות קווים

מסוף בן ישי (אוניברסיטת תל אביב)

להלן חישוב פרוגרמה כמותית למסוף לביצוע, המדגימה את השיקולים המורכבים לחישוב. קצה הקווים יוארך למסוף אחר בסביבה ובהתאם יש לעדכן את זמן הסבב של הקווים. חשוב לשמור על מתכונת החישוב המוצעת, כיוון שזה מקל על התהליך כולו ומבטיח שקיפות.

6.2.1. מקור הנתונים

המסוף מתוכנן בקרבת אוניברסיטת תל אביב ומושפע מפעילות הסטודנטים בקמפוס. לצורך התכנון שימשו כבסיס נתוני קווי "אגד" ו"סופרבוס" לפי לוי"ז ינואר 2003. עבור חברת "דן" היו זמינים נתוני אוגוסט 2003.

נתוני זמן נסיעה הותאמו לפעילות של שעת שיא הקובעת את צי האוטובוסים. במקרה וזמני הנסיעה הזמינים היו עבור ממוצע יומי, הזמנים עודכנו לזמני שעת שיא. לצורך זה בכניסה לאזור מטרופוליני נוספו כ-15 דקות לזמן נסיעה ממוצע, בכיוון היציאה מאזור מטרופולין נוספו כ-5 דקות. במקרה שהקו פועל בשעות שיא בלבד (כגון קווים 270, 454, 464) הזמן הממוצע הוא גם זמן שעת שיא.

הקווים בהם פועלים אוטובוסים מפרקיים הם 25, 74 ו-274.

6.2.2. נתונים תפעוליים של הקווים

הנתונים התפעוליים מוצגים בטבלה 1. הצגת הנתונים התפעוליים, מספר נסיעות בשעות שיא וזמני נסיעה בשעת שיא בוקר מספקת תמונה אודות פעילות המסוף.

ניתן לראות שקווים 464 ו 454 פועלים "בפיצול", בבוקר נסיעות רבות יוצאות מהפריפריה למרכז, אחה"צ החזרה מתונה יותר, נסיעה בשעה.

המסקנה המתבקשת מהצגת פעילות אותם קווים, היא כי החניה המנהלתית של אותם קווים מותאמת לפעילותם אחה"צ. קו 270 הוא קו ישיר שפועל בבוקר בלבד, כהשלמה לקו 274. אין צורך לשריין עבור קו 270 חניה מנהלתית.

בולט חוסר האיזון בין שני הכיוונים במסוף, כניסה אליו בשעות הבוקר ויציאה אחה"צ. בגלל חוסר האיזון חייבים לחשב פרוגרמה כמותית נפרדת לשעות שיא בוקר ושעות שיא אחה"צ.

נושא הגעת האוטובוסים למסופים טעון תשומת לב. בטבלה רשומים נתונים על פי רישוי, כולל זמן יציאה בתחנת המוצא.

היות וההגעה תלויה בזמן הנסיעה מתקבלת תמונה מעוותת במקצת. כאשר מגיעים למסוף קווים מאזורים מרוחקים במיוחד, רצוי "לתקן" את העיוות באופן חלקי על ידי "הזזת" לוי"ז בשעה או שעתיים.

לדוגמה: למסוף באזור תל אביב מזיזים את שעת היציאה של הקווים בין נתניה לחיפה בשעה, ואת של הקווים צפונה מחיפה בשעתיים. לנוחות החישוב רצוי לפצל את הנסיעות לפי כניסה למסוף ולפי יציאה ממנו.

טבלה 1. קווים במסוף בן ישי

מס' נסיעות בשעה לפי תכנון 2003						זמן נסיעה שיא בוקר דקות	מוצא	קו
18-17	17-16	16-15	9-8	8-7	7-6			
7	8	7	9	12	8	80	בת ים	25 דן *
8	9	8	7	10	6	80	בן ישי	
4	4	4	5	12	8	85	חולון	74 אגד *
5	5	5	3	3	3	80	בן ישי	
3	3	3	4	6	6	90	בת ים	86 אגד
5	3	4	3	3	3	80	בן ישי	
				2	6	60	ראשלי"צ	270 אגד
3	3	2	4	8	10	95	רחובות	274 * אגד
7	8	6	2	2	2	100	בן ישי	
				3	8	85	לוד	464 אגד
1	1	1				70	בן ישי	
			1	3	3	75	רמלה	454 סופרבוס
1	1	1				80	בו ישי	

* מפרקי

6.2.3. כניסה למסוף (הורדה)

טבלה 2. קווים נכנסים למסוף בן ישי

מס' נסיעות בשעה לפי תכנון 2003						זמן נסיעה שיא בוקר דקות	מוצא	קו
18-17	17-16	16-15	9-8	8-7	7-6			
7	8	7	9	12	8	80	בת ים	25* דן
4	4	4	5	12	8	85	חולון	74* אגד
3	3	3	4	6	6	90	בת ים	86 אגד
				2	6	60	ראשלי"צ	270 אגד
3	3	2	4	8	10	95	רחובות	274* אגד
				3	8	85	לוד	464 אגד
			1	3	3	75	רמלה	454 סופרבוס
17	8	16	23	46	49	סה"כ נסיעות נכנסות לפי שעה		

* מפרקי.

הערה: סה"כ נסיעות נכנסות בשעה שונה במציאות בגלל זמן נסיעה שונה לפי קו

6.2.4. יציאה ממסוף (קליטה)

טבלה 3. קווים יוצאים ממסוף בן ישי

מס' נסיעות בשעה לפי תכנון 2003						זמן נסיעה שיא בוקר דקות	מוצא	קו
18-17	17-16	16-15	9-8	8-7	7-6			
8	9	8	7	10	6	80	בן ישי	25* דן
5	5	5	3	3	3	80	בן ישי	74* אגד
5	3	4	3	3	3	80	בן ישי	86 אגד
							בן ישי	270 אגד
7	8	6	2	2	2	100	בן ישי	274* אגד
1	1	1				70	בן ישי	464 אגד
1	1	1				80	בו ישי	454 סופרבוס
27	27	25	15	18	14	סה"כ נסיעות יוצאות לפי שעה		

* מפרקי

ראה בהמשך חישוב פרוגרמה לפי שעת שיא בוקר ולפי שעת שיא אחה"צ.

6.2.5. חישוב מרכיבי הפרוגרמה

לצורך חישוב הפרוגרמה משמשים המרכיבים הבאים :

- עמדות הורדה : ראה סעיפים 3.1 , 6.1
- עמדות קליטה : ראה סעיפים 3.3 , 6.2
- עמדות חניה תפעולית : ראה סעיפים 3.2 , 7.2 , 7.3
- עמדות חניה מנהלתית : ראה סעיף 3.4

6.2.6. חישוב פרוגרמה כמותית לפי שעות שיא בוקר

טבלה 4. חישוב פרוגרמה - בוקר

מס' חניה מנהלית	מס' אוטו' בקו	זמן סבב דקות	חניה תפעולית	עמדות קליטה	עמדות הורדה	תדירות שעת שיא		מוצא/דרך	קו	מס'
						מס' נסיעות				
						קליטה	הורדה			
**11	32	160				10		בן ישי	*25	1
							12	בת ים		
**11	33	165				3		בן ישי	*74	2
							12	חולון		
5	17	170		1		3		בן ישי	86	3
							6	בת ים		
0	8 חד כווני	120						בן ישי	270	4
							6	ראשלי"צ		
**13	39	195				2		בן ישי	274	5
							10	רחובות		
3	11 חד כווני	155						בן ישי	464	6
							8	לוד		
3	7 חד כווני	155						בן ישי	454	7
							3	רמלה		
						57		סה"כ נסיעות		
11			3	1		רגיל			סה"כ עמדות דרושות	
35			6	2	3	מפרקי				
46			9	3	3	סה"כ עמדות				

**מפרקי

6.2.7. חישוב פרוגרמה כמותית לפי שעות שיא אחה"צ

חישוב צי אוטובוסים מתבצע לפי שעת שיא בוקר.

טבלה 5. חישוב פרוגרמה אחה"צ

מנהלית חניה	מס' אוטו' בקו	זמן סבב דקות	חניה תפעולית	עמדות קליטה	עמדות הורדה	תדירות שעת שיא		מוצא/דרך	קו	מס'	
						מס' נסיעות					
						קליטה	הורדה				
11	החניה התפעולית חושבה לפי נתוני שעת שיא בוקר			1		9		בן ישי	**25	1	
							8	בת ים			
**11				**1		5		בן ישי	**74	2	
							4	חולון			
5				1/2		3		בן ישי	86	3	
							3	בת ים			
0								בן ישי	270	4	
								ראשלי"צ			
13					1		8	3	בן ישי	**274	5
									רחובות		
3					1/4		1		בן ישי	464	6
									לוד		
3				1/4		1		בן ישי	454	7	
								רמלה			
						18		סה"כ נסיעות			
11			3	1		רגיל		סה"כ עמדות דרושות			
35			9	3	1	מפרקי					
46			12	4	1			סה"כ עמדות			

**מפרקי

6.2.8. השוואת חישוב פרוגרמה כמותית של מסוף בן ישי בוקר ואחה"צ

חוסר האיזון בפעילות הקווים משפיע על מספר העמדות הדרושות בשעות הבוקר ושעות אחה"צ.

טבלה 6. מס' עמדות לפי פעילות בוקר ואחה"צ

לפי שעת שיא אחה"צ		לפי שעת שיא בוקר		סוג עמדה
מפרקי	רגיל	מפרקי	רגיל	
1		3		הורדה
3	1	2	1	קליטה
9	3	6	3	חניה תפעולית
35	11	35	11	חניה מנהלתית
48	15	46	15	סה"כ עמדות

6.2.9. סיכום פרוגרמה כמותית

טבלה 7. עמדות לכוון

מפרקי	רגיל	סוג עמדה
3		הורדה
3	1	קליטה
9	3	חניה תפעולית
15	4	הורדה, קליטה וחניה תפעולית
35	11	חניה מנהלתית
65	19	סה"כ

6.2.10. שטח דרוש למסוף

עמדות הורדה, קליטה, חניה תפעולית: $2200 \text{ מ"ר} = 120 * 15 + 100 * 4 = 2.2 \text{ דונם}$

חניה מנהלתית: $5300 \text{ מ"ר} = 120 * 35 + 100 * 11 = 5.3 \text{ דונם}$

סה"כ שטח דרוש למסוף: **7.5 דונם**

כפי שצויין בסעיף 3.4, החניה המנהלתית לא חייבת להיות ממוקמת בקרבת רציפי הורדה/קליטה. לעומת זאת, לפי פעילות הקווים חיוני להבטיח חניה מנהלתית במסוף כיוון שבשעות אחה"צ הפעילות מוגברת.

בתנאי גודש במטרופולין לא רצוי להסתמך על הגעת אוטובוסים ריקים מרחוק. מצב זה אינו אמין ובנוסף גורם לעומס על רשת הדרכים, זיהום אוויר ועלויות למפעיל.

7. יצירת "תרחיש מייצג" לחישוב פרוגרמה למסוף

בפרק הקודם הוצג אופן חישוב פרוגרמה בהתאם לפעילות הקווים. בפרק זה יפורט אופן הצגת הקווים למסוף בהתאם למאפייני המסוף וסביבתו.

לעתים, מתבקשים לחשב פרוגרמה כמותית למסוף עתידי לטווח תכנון בו יש ברשותנו מידע מפורט דיו על שימושי קרקע, אכלוס, רמת מנוע וכו' לשנת היעד. במקרה זה מערכת התחבורה הציבורית הקיימת תעבור שינויים הכרחיים בשל פתוח אורבני ושינויים טכנולוגיים כגון הכנסת מערכת מסילתית. ניתן לייצג את המצב הצפוי באמצעות חלופות רבות, אך קיימת אי וודאות לגבי החלופה המומלצת.

במקום יצירת מספר חלופות לצורך חישוב פרוגרמה למסוף, ניתן להציג "תרחיש מייצג" הכולל קווי התחבורה הציבורית המסוגלים לשרת את האזור בשנת היעד.

בתהליך פיתוח רשת התחבורה הציבורית ייתכנו שינויים ביחס ל"תרחיש המייצג" אבל לקווים שיופעלו יהיה מקום במסוף המתוכנן. יצירת "תרחיש מייצג" מבוססת על עקרונות בסיסיים של תכנון תחבורה ציבורית, כפי שיפורטו להלן. החישוב מבוסס על פעילות קווים בהם מוגדרים לוי'ז וזמן סבב.

יש לציין שסוג תפעול של "מעבר מתוזמן" ניתן לייצוג כ"תרחיש מייצג" (ראה סעיף 3.6).

7.1 קביעת אזור מקווה לשנת יעד

מסוף אוטובוסים, כחלק של מתח"ם או כמסוף קצה, משרת אזור מוגדר המושפע מהימצאות מתח"מים ומסופים באזור. כרקע לתכנון יש לברר האם צפויים שינויים ברשת הדרכים (דרכים חדשות, ביטול דרכים, רמזור, הגבלות תנועה, מחלוף וכו'). כמו כן, יש לברר האם צפויים שינויים בשימושי קרקע (שכונה חדשה, מוסד ציבורי, מרכז מסחרי וכו').

פתיחת תחנת רכבת מהווה שינוי מהותי בהרגלי הנסיעה בתחבורה הציבורית וטעונה טיפול ייחודי, הזנה על ידי קווי אוטובוסים רב תכליתיים או ייחודיים.

7.2 בדיקת רשת התחבורה הציבורית והשלמתה

על בסיס רשת תחבורה ציבורית קיימת יש להציג את הקווים באזור המסוף, קווים עוברים משיקים למסוף וקווי קצה בקרבת המסוף אשר יוארכו אליו.

אם חסר שרות תחבורה ציבורית לשימושי הקרקע הקיימים או המתוכננים יש להוסיף קווים לפי כמה עקרונות:

- בהעדר נתון אחר מהירות מסחרית של :

15 קמ"ש	קו עירוני או מטרופוליני
40 קמ"ש	קו אזורי
60 קמ"ש	קו בינעירוני

- קו המשרת שטח ברוחב של כ-400 מטר משני צידי ציר התנועה בו הוא עובר. נתון זה קובע מספר קווים במסוף.
- עבור קווי הזנה לתחנות רכבת - זמן סביר לנסיעה בתחבורה הציבורית עד לתחנת הרכבת הוא כ-25 דקות. נתון זה משפיע על אורך הקו ו/או מספר קווים.
- בקווים מאספים יש להשאיר מקום לנוסעים העולים בתחנות בהמשך הדרך.
- קווים ישירים יוצאים בדרך כלל מלאים מתחנת הקצה במסוף.
- באזורי בניה צמודת קרקע התדירות המינימלית בשעת שיא בכוון שיא היא 1-2 נסיעות. באזורים צפופים התדירות גבוהה יותר 4-8 נסיעות. בשעות שיא אחה"צ מתקבלת תמונת ראי.

7.3. אופן חישוב פרוגרמה לפי "תרחיש מייצג"

החישוב מבוסס על פעילות אותם קווים המרכיבים את ה"תרחיש המייצג". מומלץ לחשב פרוגרמה לפי שעת שיא בוקר ושיא אחה"צ.

רצוי לשריין עתודת קרקע לפיתוח עתידי, ניתן להסב בעתיד שטח עודף לחניית רכב פרטי או גינה.

8. חישוב פרוגרמה כמותית על סמך "תמהיל קווים"

בשלב התכנון המוקדם אין ברשותנו מידע מספיק מפורט על שימושי קרקע, אכלוס, רמת מנוע וכו' לשנת היעד. מערכת התחבורה הציבורית הקיימת תעבור שינויים ותהפוכות רבות באותם שנים. צפוי גם פיתוח של מערכות מסילתיות. תכנון קווי תחבורה ציבורית במצב של אי וודאות קיצונית מחייב הנחות רבות לגבי אכלוס ורשת הדרכים, בדיקת חלופות פיתוח שימושי קרקע, בחירת חלופות וכו'. ניתן להתגבר על מכשול זה על ידי שימוש בתמהיל קווים המשרתים את הנוסעים במסוף.

בדרך כלל, עומדים לרשות המתכנן מספר נוסעים עולים/יורדים לאוטובוסים במסוף.

מקור הנתון הוא תוצאה של הצבת נסיעות תחבורה ציבורית או יצירת נסיעות לפי שימושי קרקע באזור המקווה. לנוחות החישוב ניתן לסווג את הקווים במסוף לכמה סוגים בעלי מאפיינים מוגדרים, כמתואר להלן.

8.1 קווים עוברים

הקווים העוברים הם חלק מרשת תחבורה ציבורית לא ידועה. מעורבותם של הקווים העוברים בפעילות המסוף הינה במסגרת שימוש חלק מהנוסעים עולים/יורדים באותם קווים. מבחינת הפרוגרמה, יש לשריין תחנות אוטובוס עבורם במסוף או ברחובות המשיקים, לתכנן מעברי חציה, גשרים, מדרכות ושבילים להולכי רגל וזאת, כדי להבטיח חציה ונגישות למסוף ולשימושי הקרקע הגובלים.

לפי ההנחה שמספר עולים/יורדים בכל נסיעה הוא 10, ניתן לחשב מספר נסיעות עוצרות בתחנות בגלל פעילות המסוף. 10 עולים/יורדים לנסיעה תואם מרכזים תחבורתיים גדולים. במקומות בהם פעילות התחבורה הציבורית מצומצמת יותר, רצוי לצמצם את מספר העולים/יורדים.

תחזית זו היא תחזית חסר. ייתכנו מצבים בהם מספר הנסיעות בקווים עוברים גדול יותר, כפי שנקבע על ידי הרשת כולה.

כיוון שהמרכיב המחושב לפי קווים עוברים הוא תחנות לאורך המדרכות המשיקות למסוף, ניתן "לתקן" את הטעות על ידי הוספת עמדות לתחנות מתוכננות.

8.2 קווים עירוניים

קבוצת הקווים העירוניים מייצגת קווים מטרופוליניים וקווים עירוניים המתאפיינים בריבוי תחנות, במהירות מסחרית נמוכה ובתחלופת נוסעים. מאפייני קווים אלו כוללים:

זמן הסבב בשעת שיא	100 דקות
מס' עולים/יורדים בתחנת קצה	10-20 נוסעים
קיבולת תחנת הורדה	20 נסיעות
קיבולת תחנת קליטה	10 נסיעות
לעמדת קליטה אחת	3 עמדות חניה תפעולית

8.3. קווים בינעירוניים

הקווים הבינעירוניים מייצגים את הקווים הארוכים, זמן הסבב שלהם ארוך והתפוסה בתחנת הקצה שלהם גבוהה. אלה קווים בינעירוניים, ישירים, אקספרס, מאספים וקווים אזוריים. מאפייני קווים אלו כוללים:

זמן הסבב בשעת שיא	180 דקות
מס' עולים/יורדים בתחנת שיא	40-20 נוסעים
קיבולת תחנת הורדה	15 נסיעות
קיבולת תחנת קליטה	6 נסיעות
לעמדת קליטה אחת	2 עמדות חניה תפעולית

8.4. תמהיל קווים במסוף

מגוון הקווים במסוף מושפע מגורמים רבים. השיקולים כוללים:

- מסוף כחלק של מתח"ם או מסוף קצה
- פריסת שימושי קרקע באזור המקווה
- נגישות - מיקום על רשת דרכים
- תצורת רשת התחבורה הציבורית
- שימושי קרקע בסמוך למסוף
- סוגי אמצעי תחבורה ציבורית (רכבת פרברית, רכבת קלה)

חישוב פרוגרמה כמותית מחייב הנחות לגבי אחוז השימוש בסוגי הקווים השונים.

נשאלת השאלה: כמה נוסעים משתמשים בסוג מסוים של קווים על סמך השיקולים שצויין לעיל?

הדוגמאות שבטבלה 8 להלן מהווים המחשה לשיקולים לעיל. חיוני לבחון עבור כל מסוף את הנחות הבסיס על סמך הידע הזמין.

טבלה 8. אחוז נוסעים עולים/יורדים במסוף לפי סוגי קווים וסוג המסוף

מס'	סוג מסוף	רשת תח"צ גובלת	% נוסעים עולים/יורדים לפי סוג הקווים		
			קווים עוברים	קווים עירוניים	קווים בינעירוניים
1	מתח"ם מטרופוליני מרכזי	על ציר תח"צ	30%	50%	20%
2		ציר דליל תח"צ עוברת	10%	70%	20%
3	מתח"ם עירוני	על ציר תח"צ	30%	60%	10%
4		ציר דליל תח"צ עוברת	10%	80%	10%
5	מתח"ם בשולי אזור בנוי	על ציר תח"צ	40%	0%	60%
6		ציר דליל תח"צ עוברת	10%	0%	90%
7		על רשת עירונית	20%	70%	10%
8	מסוף קצה	על ציר תח"צ	30%	70%	0%
9		ציר דליל תח"צ עוברת	10%	90%	0%
10		קצה הרשת	0%	100%	0%

הדוגמאות המופיעות בטבלה 8 נועדו להמחיש את השיקולים שצויינו לעיל. יש לבחון עבור כל מסוף את הנחות הבסיס על סמך הידע הזמין.

8.5. דוגמת חישוב פרוגרמה כמותית על סמך "תמהיל קווים"

הדוגמה להלן נועדה להדגים את אופן חישוב הפרוגרמה על סמך מס' עולים/יורדים ל/מ אוטובוס במסוף.

הגדרת המסוף: המסוף הוא חלק ממתח"ם מטרופוליני מרכזי על ציר דליל בקווים עוברים.

טבלה 9. פיצול נסיעות לפי סוגי קווים

נוסעים	קווים עוברים		קווים עירוניים		קווים בינעירוניים		סה"כ
עולים	10%	1000	70%	7000	20%	2000	10000
יורדים	10%	700	70%	4900	20%	1400	7000

8.5.1. עמדות עבור קווים עוברים (תחנות אוטובוס)

בשעת שיא בוקר עולים 1000, ויורדים 700 נוסעים ל/מ קווים עוברים.

הנחה: מספר עולים/יורדים לנסיעה 10 נוסעים

מספר נסיעות בקווים עוברים (בשני כוונים) $1000/10=100$ נסיעות

הנחה: מקדם מספר נסיעות בכוון העמוס 0.6 (60% מסה"כ הנסיעות בציר)

מספר נסיעות לחישוב מס' עמדות $60 = 0.6 * 100$ נסיעות

מספר עמדות בכוון לפי 20 נסיעות בשעה לעמדה $3 = 60/20$ עמדות לכוון

8.5.2. עמדות לקווים עירוניים

בשעת שיא בוקר עולים 7000, יורדים 4900 נוסעים ל/מ קווים עירוניים.
הנחה: מספר עולים/יורדים בנסיעה 20 נוסעים

מספר עמדות הורדה

מספר נסיעות בשעה להורדת נוסעים
מספר עמדות הורדה לפי 20 נסיעות בשעה לעמדה
 $4900/20 = 245$ נסיעות
 $245/20 = 12$ עמדות

מספר עמדות קליטה

מספר נסיעות בשעה לקליטת נוסעים
מספר עמדות קליטה לפי 10 נסיעות בשעה לעמדה
 $7000/20 = 350$ נסיעות
 $350/10 = 35$ עמדות

מספר עמדות חניה תפעולית

הנחה: 3 עמדות לחניה תפעולית לעמדת קליטה אחת
עמדות חניה תפעולית
 $3 * 35 = 105$ עמדות

מספר עמדות חניה מנהלתית

הנחה: זמן סבב לקו עירוני 100 דקות
תדירות קווים בינעירוניים
מספר אוטובוסים מופעלים בקווים עירוניים
מספר עמדות חניה מנהלתית לפי 30%
60/350 דקות
 $100/60/350 = 583$ אוטובוסים
 $0.3 * 583 = 175$ עמדות

8.5.3. עמדות לקווים בינעירוניים

בשעת שיא בוקר עולים 2000, יורדים 1400 נוסעים ל/מ קווים עירוניים.
הנחה: מספר עולים/יורדים בנסיעה 40 נוסעים

מס' עמדות הורדה

מס נסיעות בשעה להורדת נוסעים
מספר עמדות הורדה לפי 40 נסיעות בשעה לעמדה
 $1400/40 = 35$
 $35/15 = 3$ עמדות

מספר עמדות קליטה

מספר נסיעות בשעה לקליטת נוסעים
מספר עמדות קליטה לפי 5 נסיעות בשעה לעמדה
 $2000/40 = 50$
 $50/5 = 10$ עמדות

מספר עמדות חניה תפעולית

הנחה: 2 עמדות לחניה תפעולית לעמדת קליטה אחת
עמדות חניה תפעולית
 $2 * 10 = 20$ עמדות

מספר עמדות חניה מנהלתית

הנחה: זמן סבב לקו עירוני 180 דקות
תדירות קווים בינעירוניים
מס' אוטובוסים מופעלים בקווים עירוניים
מספר עמדות חניה מנהלתית לפי 30%
60/50 דקות
 $180/60/50 = 150$ אוטובוסים
 $0.3 * 150 = 45$ עמדות

8.5.4. סיכום פרוגרמה למסוף תחבורה ציבורית

8.5.4.1 תחנות לקווים עוברים: 3 עמדות לכל כיוון.

8.5.4.2 עמדות אוטובוסים במסוף

טבלה 10. עמדות לתכנון

עמדות				קווים
מנהלתית	תפעולית	קליטה	הורדה	
175	105	35	12	עירוניים
45	20	10	3	בינעירוניים
220	125	45	15	סה"כ
$40,500 = 100 * 405 = 40.5$ דונם				סה"כ לפי 100 מ"ר לעמדה

400 נסיעות יוצאות (ראה קליטה)

280 נסיעות נכנסות (ראה הורדה)

120 נסיעות נכנסות (אוטובוס ריק)

460 נסיעות בכיוון העמוס

440 נסיעות בכיוון השני

לחישובי קיבולת גישה מס' נסיעות אוטובוס

אם הקווים העוברים יעברו דרך המתח"ם סה"כ

9. סיכום

מסמך זה הציג שתי שיטות לחישוב פרוגרמה כמותית למסוף אוטובוסים. השטח הדרוש למסוף מוכתב על ידי פעילות הקווים בו. כאשר הפעילות מוגדרת, ניתן לחשב בקלות את המרכיבים השונים: מספר עמדות לפי תפקוד. ניתן לשקול היבטים תפעוליים של העדר שטח במקום המוצע, הגדלת השטח או העברת קווים למקום אחר.

לעתים, צריך לתכנן מסופים לאזורים בתהליכי פיתוח או באזורים בהם צפויים שינויים ברשת תחבורה ציבורית. שיטת ה"תרחיש מייצג" מתאימה לחישוב פרוגרמה, כאשר ביכולתנו לתאר אוסף קווים המהווים אותו "תרחיש מייצג" המכסה שרות תחבורה ציבורית לתושבים ולמועסקים באזור המקווה.

שיטת "תמהיל הקווים", נועדה לתכנון לטווח ארוך ומאפשרת להתגבר על העדר נתונים לחישוב לפי פעילות קווים ולהתבסס על תחזיות פעילות נוסעים עולים/יורדים ל/מ אוטובוס.

אם ברשותנו תחזיות נוסעים ותמונה מספיק מגובשת של רשת דרכים ושימושי קרקע, מומלץ לחשב פרוגרמה בשתי השיטות. אם יש הבדלים בלתי סבירים בין התוצאות יש לחזור להנחות התחזית או לתקן את ה"תרחיש המייצג". לחישוב הפרוגרמה אין צורך בהכללת כל המצבים האפשריים. המציאות תמיד מורכבת יותר ולכן יש להתמודד עם כל מצב בעזרת ניתוח והבנת הפעילות הצפויה ולא להסתמך על נוסחאות בלבד.