



## התכנית לחישמול התחבורה הציבורית תמונת מצב ומתווה ליישום



מהדורה שלישית – אוקטובר 2020

## תוכן ענינים

חלק א' – רקע מקדים	חלק ב' – יישום בפועל	נספחים:
תקציר מנהלים	פרק 5 - צעדים ראשונים	נספח א' – רשימת המתקנים
פרק 1 – תועלות	פרק 6 - תכנון אסטרטגי	נספח ב' – הנחיות לתכנון
פרק 2 – מגמות	פרק 7 – תהליכים מקומיים	נספח ג' – תכנית הצטיידות
פרק 3 - טכנולוגיה ותשתית	פרק 8 - מנגנוני מימון	נספח ד' – נספח טעינה למכרז
פרק 4 – אתגרים מינהליים	פרק 9 - צעדי המשך	נספח ה' – אסדרה רשות החשמל
		נספח ו' – סיכום דיון קרינה
		נספח ז' – טעינה אוניברסלית

---

## **צוות העבודה:**

ניר משה – משרד התחבורה

שי גירבי – מרכז התכנית ועורך המסמך

חני כהן-כספי – ייעוץ אסטרטגי בהכנת התכנית

---

## **תודות:**

לשותפים לדרך במשרד האנרגיה – צוות המדען הראשי, במשרד להגנת הסביבה – אגף תחבורה, במינהלת תחליפי דלקים במשרד רוה"מ, ובמשרד התחבורה – מינהל תשתיות ותיאום ומינהל תנועה.

לעמיתינו בחברת החשמל, רשות החשמל, תכנית אב לתחבורה ירושלים, נתיבי איילון, עיריית תל אביב, יפה נוף וחב' מוריה.

לצוותים המקצועיים מהחברות העוסקות במלאכה באתרים השונים: חברת אגד, חברת דן, סופרבוס, אפיקים, קווים, שלמה מוטורס, גולדן דרגון, קב' עפיפי, ABB ישראל, ספיר י.ז.ח. הנדסה, אור-הד, אפשטיין, סמו הנדסת חשמל, דן שרון מהנדסים, טופז הנדסת חשמל, ברהום מהנדסים, ת.ר.י הנדסה, רום הנדסה, heliox, אלקטריון וסימנס.

Many thanks to our colleagues from Toronto (WSP), Amsterdam (GVB), Nottigham Municipality, Luxemburg (Volvo Research center) and Paris (Systra) for the valuable discussions and mutual information exchange.

## תקציר מנהלים

התכנית לחישובול התחבורה הציבורית היא מהלך רב שנתי לשינוי בשיטת ההנעה של האוטובוסים העירוניים בישראל, על מנת להביא לתועלות סביבתיות, תפעוליות ושירותיות. התכנית מבוססת על תהליכי רכש של אוטובוסים חשמליים, שיבוצע באופן מתוזמן ומשולב עם הכנת תשתיות יעודיות לצורך אספקת החשמל הנדרשת.

משרד התחבורה מקדם את התכנית באמצעות צוות משותף לרשות לתחבורה ציבורית ולמינהל תשתיות ותיאום. הצוות מנחה צוותי עבודה ברמה המטרופולינית שעוסקים בקידום תכנון מפורט ומתואם בין הדיסציפלינות השונות, ובפרט בין עולם התשתיות לעולם התפעול. התכנון והיישום מבוצעים בתיאום הדוק עם חברת החשמל ורשות החשמל, וכן עם מפעילי התחבורה הציבורית הרלבנטיים. ברמה הבין משרדית התכנית מלווה על ידי צוות משותף של המשרד להגנת הסביבה, משרד האנרגיה ומינהלת תחליפי דלקים במשרד רוה"מ.

במטרה להגיע לתחבורה ציבורית מאופסת פליטות (Zero emission) בכל צי התחבורה הציבורית העירוני עד לשנת 2035, הוגדרו שלושה יעדי ביניים – בשלב ראשון תכנית האצה מיידית לפיה 80% מהרכש הענפי של אוטובוסים עירוניים יהיה חשמלי וזאת בטווח הזמן של 2020-2025. בשלב השני החל משנת 2025 כל אוטובוס עירוני שירכש יהיה חשמלי. ובשלב השלישי תתבצע יציאה הדרגתית של אוטובוסים מונעי דיזל עד להחלפת כלל הצי בשנת 2035. הפעלת האוטובוסים החשמליים תעשה באופן שאינו פוגע ברמת השירות מבחינת פריסת הקווים ותדירותם.

מסמך זה מציג את היעדים המפורטים ואת דרכי הפעולה להגשמתם. המסמך מפרט המלצות לצעדים אופרטיביים במגוון תחומים: הצטיידות, טכנולוגיה, תשתיות, רגולציה ועוד. הציר המרכזי של התכנית הוא תהליך מתמשך של התאמה בזמן ובמרחב בין היצע התשתיות לתהליכי הרכש של הציוד הנייד. התכנית מגדירה יעדי ביניים מקומיים על ציר הזמן וגוזרת את התיקצוב הנדרש להשלמתם. מסמך זה הינו מהדורה שניה של התכנית ועשוי להתעדכן מדי תקופה בהתאם להתקדמות.

## 1. תועלות

התכנית לחישמול התחבורה הציבורית מקודמת על בסיס קונצנזוס במשרדי הממשלה לגבי התועלות שלה. עם זאת, הן יפורטו במסגרת פרק זה, כבסיס ונקודת מוצא להמשך פיתוח התכנית.

א. **בריאות הציבור** - אמצעי התחבורה הציבורית המרכזי כיום הינו אוטובוסים המונעים במנועי בעירה פנימית ומתודלקים בסולר. אוטובוסים עירוניים, מעצם הגדרתם, נוסעים בקרבה גבוהה לאוכלוסייה ופולטים מזהמים בלב הסביבה העירונית ובגובה נמוך. חשיפה למזהמים הנפלטת מאוטובוסי דיזל מגבירה את הסיכון למגוון מחלות לב וכלי דם, מחלות בדרכי הנשימה וסוגי סרטן שונים. על פי ה-OECD בכל שנה נפטרים בישראל כ-1200 בני אדם מזיהום אוויר שמקורו בתחבורה. זהו מספר הגדול ביותר מפי שלושה ממספר ההרוגים בתאונות דרכים בישראל בשנה. לעומת זאת, האוטובוסים החשמליים אינם פולטים זיהום אוויר במישרין כלל.

ב. **התחממות גלובלית** - אוטובוסי דיזל אחראיים לפליטות מוגברות של גזי חממה, הגורמים להתחממות כדור הארץ ושינוי האקלים. אוטובוס דיזל פולט כ-765 טון פחמן דו חמצני למשך חייו כתוצאה משריפת סולר. לעומת זאת, אוטובוס חשמלי אחראי על פליטה של כ-190 טון בגין ייצור חשמל, כלומר 75% פחות (לפי תמהיל מקורות לייצור אנרגיה ל-2030 של משרד האנרגיה). במובן זה המהלך משתלב היטב עם יעדי ממשלת ישראל להקטנת פליטות גזי חממה כפי שהוגדרו בתכניות הלאומיות בנושא<sup>1</sup>. יש לציין כי ככל שמשק החשמל יתבסס יותר על מקורות אנרגיה מתחדשים, כך היתרון של האוטובוס החשמלי בהפחתת פליטות גזי חממה יגדל עוד יותר.

### ג. המחיר הכספי של זיהום האוויר

על פי הערכה עדכנית של המשרד להגנת הסביבה, עלותו החיצונית של אוטובוס דיזל גבוהה פי 3 מעלותו של אוטובוס חשמלי (כיום) ופי 5 מעלותו החיצונית של אוטובוס חשמלי בהתאם למתווה הפקת האנרגיה ב-2030, התחשיב מוצג בטבלה 1<sup>2</sup>.

טבלה 1 – השוואת עלויות חיצוניות בין סוגי אוטובוסים

עלות חיצונית שנתית (זיהום אוויר בלבד) לאוטובוס בודד	סוג אוטובוס
168 אש"ח	דיזל
57 אש"ח	חשמלי היום
25 אש"ח	חשמלי 2030 (30% סולרי והשאר גז טבעי)

<sup>1</sup> המשרד להגנת הסביבה, 2019, פעילות המשרד להגנת הסביבה למעבר לאוטובוסים חשמליים ועדכון שבועי בשיחת ראיון 10 נובמבר 2020 לאחר החלטת הממשלה לענין משק האנרגיה.

<sup>2</sup> אוטובוס חשמלי הינו אוטובוס שמקור הטעינה הבלעדי שלו מבוסס על הזנה מרשת החשמל. בהגדרה זו לא נכללים אוטובוסים היברידיים, או אוטובוסים בטכנולוגיה של תאי דלק.

ד. **גמישות תכנונית** – האתגר המרכזי כיום בתכנון ותפעול התחבורה הציבורית נובע מהקושי באיתור ושימור שטחים למתקני תחבורה ציבורית במרכזי הערים. המתקנים המתוכננים חשופים להתנגדויות בלתי מוצדקות של גורמים מקומיים, והמתקנים הקיימים חשופים ללחצי נדל"ן בלתי פוסקים. העברת מערך התחבורה הציבורית במטרופוליניים להנעה חשמלית, עשוי לאפשר קידום **חניונים תת קרקעיים שישתלבו במערך העירוני**, ואף יהוו מרכז רווח כלכלי ליוזם. מאחר וטעינת האוטובוסים מתבצעת בעיקר בשעות הלילה, קיימת אפשרות לשימוש כפול בחניונים של מבני משרדים פרטיים במרכזי הערים, כך בשעות הלילה ינוצל שטחם לחנית אוטובוסים, תוך ניצול עודף קיבולת החשמל הקיימות לצורך הטעינה.

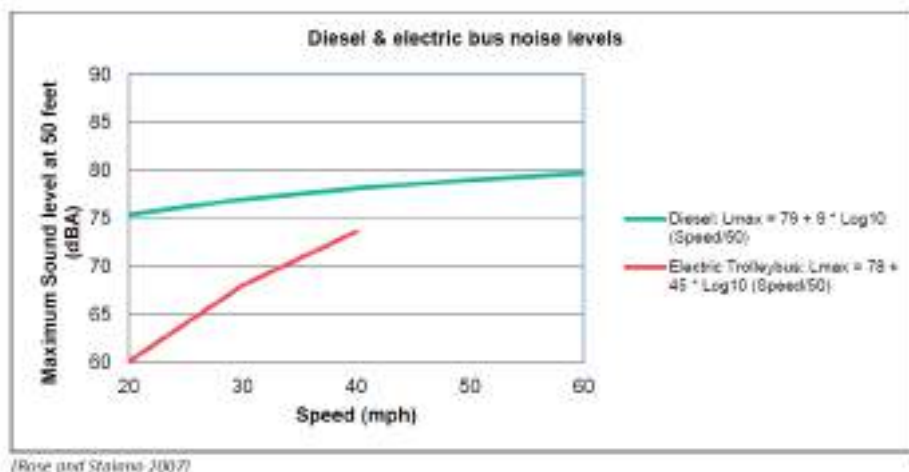
ה. **חווית נסיעה** - אוטובוס חשמלי מאפשר הפחתה משמעותית בכמות הרעידות והרעש במהלך הנסיעה ובכך מוביל לשיפור חווית הנסיעה. מסקר שנערך בחיפה בפברואר 2018 לבחינת מידת שביעות רצון בקרב נוסעים באוטובוסים החשמליים של אגד נמצא כי 82% מכלל הנוסעים ציינו שחווית הנסיעה באוטובוס חשמלי חיובית יותר לזו שבאוטובוס רגיל. מבין הסיבות שנמנו לשיפור בחווית הנסיעה ציינו 76% מהנוסעים את רמת הרעש הנמוכה. גם בקרב נהגי האוטובוסים הדעה הרווחת היא של שביעות רצון והעדפה בהשוואה לחלופת הדיזל הרגילה.

ו. **יעילות אנרגטית** - אוטובוסים עירוניים מתאפיינים במהירות נמוכה (כ 15 קמ"ש) עם תאוצות ותאטויות רבות. מנועי דיזל פחות יעילים בתנאים אלו, והדבר גורם לפליטות מזהמים מוגברות. לעומת זאת, היעילות של מנועים חשמליים גבוהה ויחסית קבועה תחת טווח רחב יותר של מצבים. כתוצאה, הביצועים של האוטובוסים החשמליים בתאוצות הינם יותר טובים, תוך שימוש בפחות אנרגיה. בנוסף, לרוב יש לאוטובוסים חשמליים מנגנון של "בלימה רגנרטיבית" (regenerative braking), המגביר את היעילות הכוללת של האוטובוס בתנאי נסיעה עירוניים.

ברמה הכלל משקית, מעבר להנעה חשמלית מהווה הזדמנות להתייעלות אנרגטית, הפחתת התלות בדלקי בעירה ואימוץ פתרונות של דלקים חלופיים תוך יצירת זיקה ושיתופי פעולה חדשים בין סקטור האנרגיה לסקטור התחבורה. מהלכים אלה יכולים להשתלב עם יעדים ממשלתיים של פיתוח משק אנרגיה עצמאי, הפחתת התלות ביצואניות הנפט, הגברת התחרות במשק האנרגיה ומעבר לייצור אנרגיה מקומי תוך אימוץ וניצול אנרגיות מתחדשות.

ז. **הפחתת מפגעי הרעש** - חשיפה ממושכת לרעש ברמות גבוהות עלולה לגרום נזק בריאותי בצורה של פגיעה בשמיעה, עליית לחץ דם, עייפות, התמוטטות עצבים, פגיעה בכושר הריכוז, הפרעות שינה ועוד. מקורות הרעש מכלי רכב ומאוטובוסים בפרט הינם: מנוע, חיכוך עם הכביש והתנגדות האוויר. אוטובוס חשמלי הינו בעל עוצמת רעש פחותה משמעותית לעומת אוטובוס דיזל, בשל רעש זניח מהמנוע וקיום רעש רק מחיכוך הצמיגים עם הכביש והתנגדות האוויר. עם זאת מעיון בתרשים 1 עולה כי עניין זה גם תלוי במהירות הנסיעה. ככל שהמהירות גדלה כך גדלה עוצמת הרעש החיצונית של חיכוך הכביש והתנגדות האוויר. כאשר מדובר בכביש רטוב עוצמת החיכוך תהיה גבוהה יותר גם במהירויות נמוכות.

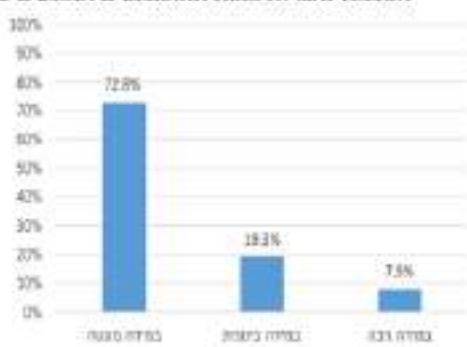
במחקר שנערך בשטוטגרט ב-2019 בוצעה השוואה בין הרעש המופק מאוטובוסי דיזל לעומת אוטובוסים חשמליים, ונמצא כי במהירויות נמוכות ישנם הפרשי רעש גבוהים (עד 14 dba) וככל שמעלים את המהירות ההפרשים קטנים כאשר בכבישים סואנים יחד עם הרעש הסביבתי כמעט ולא ניתן לזהות הבדלים. לעומת זאת, ברחובות צדדיים שקטים ישנו הבדל משמעותי של 5 dba בממוצע. לסיכום נמצא כי התועלת המשמעותית, מבחינת רעש, תהיה בהפעלה באיזורים בהם יש שיעור גבוה של אוטובוסים, בשילוב עם מהירויות נמוכות וריבוי תחנות עצירה. נזכיר כי ביחידת המידה dba כל הכפלת עוצמה פי 2 מתבטאת בהפרש של 3 יחידות.



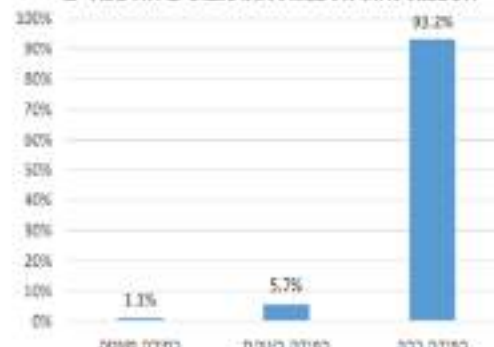
תרשים 1: השוואה בין אוטובוס דיזל לאוטובוס חשמלי מבחינת עוצמת הרעש (dBA)

מסקר שביצע המשרד להגנת הסביבה בקרב תושבים הגרים ברחובות בהם עוברים אוטובוסים חשמליים עלה כי מרבית התושבים דיווחו על שיפור ברמת הרעש ברחוב בעקבות הכניסה של אוטובוסים חשמליים וקרוב למחצית התושבים דיווחו גם על שיפור בפנים הבית. עוד עלה מהסקר כי תושבים הגרים קרוב לתחנות האוטובוסים דיווחו על שיפור ברמת הרעש ברחוב ובבית בשיעור גבוה במיוחד. תרשים 2 מציג את תוצאות הסקר.

הסכמה להגדלת כמות האוטובוסים הנמטים ע"י דיזל



הסכמה להגדלת כמות האוטובוסים החשמליים



תרשים 2: תוצאות סקר תושבים ביחס לתחבורה הציבורית (הגניס 2019)

לסיכום פרק זה ולצד היתרונות הרבים הגלומים בהנעה חשמלית, נדרש לציין שני היבטים נלווים :

- **פסולת סוללות** - עלייה בביקוש לסוללות תביא לעלייה חדשה בביקוש לחומרים ליתיום-יון, קובלט ופלטינום והרחבת פעילות הכרייה הנדרשות, על השלכותיהן הסביבתיות השליליות הרבות, עלויות חיצוניות אלה לא מושתות על ישראל בה אין כרייה של מחצבים אלה. מיחזור סוללות רכב חשמלי, המכילות גם מתכות כבדות, עדיין אינו מפותח די צרכו, אך הציפייה היא שיתפתח ככל שיגדל השימוש באמצעים אלה.
- **ייצור החשמל הנצרך** בתהליך הטעינה מביא בתורו לפליטת מזהמים (בתחנות כח סטנדרטיות). עם זאת מדובר ביחס משופר בהרבה בהשוואה לפליטה במקור. כמו כן הפקת החשמל מתרחשת באזורים מרוחקים ממרכזי הערים, והפליטה נעשית מארובה ולא מגובה הולכי הרגל בסמוך לשכונות מגורים.

## 2. מגמות

במסגרת התכנית לחישמול התחבורה הציבורית מבוצע מעקב תדיר ומוקמים קשרי עבודה שוטפים עם רשויות, מפעילים ויצרנים הפועלים בחו"ל ונמצאים גם הם בתהליכי הערכות והפקת לקחים. הכוונה היא שהקשר יביא לתועלות הדדיות וגם ימצב את המהלך הישראלי על הבמה העולמית. מטרת פרק זה הינה לסקור את המגמות, היעדים וצעדי המדיניות בעולם, בדגש על מספר שאלות מנחות:

- מהי הטכנולוגיה המובילה בתחום האוטובוסים החשמליים?
- מהם יעדי החישמול שנקבעו לשנת 2025 במדינות בעולם?
- מה אסטרטגיית התפעול והטענת האוטובוסים שנבחרה?
- איזה אמצעי מדיניות ננקטים בעולם על מנת לעודד מעבר לאוטובוסים חשמליים?

בערים רבות בעולם הוכרז על מעבר לאוטובוסים בהנעה חשמלית בתחבורה ציבורית כיעד מרכזי לעשור הקרוב. מגמה זו נתמכת בעיקר מהמודעות העולה לזיהום האוויר הנגרם ממנועי בעירה פנימיים ומהיתרונות של הרכב החשמלי בהיבט של רעש, נוחות ושיקולים כלכליים. הציפייה היא שאוטובוסים חשמליים יהיו אמצעי התחבורה הראשון שיגיע לאפס זיהום אוויר. נכון לסוף 2019 פועלים בעולם כ-400 אלף אוטובוסים חשמליים סה"כ.

המדינה המובילה את התחום ללא עוררין היא סין. בעת כתיבת מסמך זה כ-17% מכלל צי האוטובוסים בסין הם חשמליים (170,000) ואלו מהווים כ-98% מכלל האוטובוסים החשמליים הפועלים ברחבי העולם<sup>3</sup>. הסבת התחבורה הציבורית לחישמול זוכה לתמיכה משמעותית במדינות הממשלה הסינית. הממשלה מפעילה תכנית סובסידיות במטרה לגשר על הפער בין המחיר לאוטובוס חשמלי בין אוטובוס דיזל קונבנציונלי. עיקרי התכנית:

- תמיכה למפעילים בסדר גודל של כ-80 אלף דולר לאוטובוס (אם כי בהפחתה על פני זמן)
- סבסוד תעריפי החשמל וכן פיתוח רשת החשמל על ידי הממשלה.
- תמיכה ברשויות מקומיות להקמת תשתית טעינה.

ערים רבות בסין החליטו על יעדים לחישמול ציי האוטובוסים שלהן ברגולציה מחייבת. הדוגמה הבולטת הינה בעיר שזון, שבה צי של 16,000 אוטובוסים העירוניים הוחלף לאוטובוסים חשמליים. התוצאה הכוללת היא דומיננטיות מוחלטת של סין הן בהיקף החדירה של אוטובוסים חשמליים למדינה, והן בפלח השוק של יצרנים סיניים בעולם.

באירופה קיימת מחויבות ברורה ומגמה עקבית של רשויות באירופה לעבור לאוטובוסים עם אפס פליטות מזהמים. וזאת בין היתר על רקע הסכם פריז במסגרתו מדינות האיחוד האירופי מתחייבות כי עד לשנת 2050 יפעלו באירופה רק רכבים עם אפס פליטות מזהמים. בשנת 2019 פרסם הפרלמנט האירופי את הדירקטיבה (EU) 2019/1161 (עוסקת בקידום כלי רכב נקיים (Clean Vehicle Directive)). בין היתר, קובעת הדירקטיבה לכל מדינה באיחוד האירופי יעדי רכש מינימליים

<sup>3</sup> <https://www.sustainable-bus.com/electric-bus/electric-bus-public-transport-main-fleets-projects-around-world/>



לאוטובוסים נקיים עד שנות היעד 2025 ו-2030. היעדים נעים בין 24% ל 45% עד 2025 ובין 33% ל 65% עד 2030. מדובר ביעדים מינימליים כאשר ישנן מדינות שקבעו יעדים שאפתניים יותר. להלן מספר דוגמאות:

- לונדון: מעבר של 50% מהאוטובוסים לאוטובוסים נקיים עד 2025, לאחר מכן 90% עד 2030 ולאחר מכן 100% עד 2037. צי האוטובוס הציבוריים בלונדון עומד על 9,150.
- פריז: החלפת 80% מכלל צי האוטובוסים להנעה חשמלית עד שנת 2025. צי האוטובוסים הציבוריים בפריז עומד על 4,000.
- הולנד: החל מ-2025 כל אוטובוס חדש יהיה ללא פליטות.
- קופנהגן: של החלפת כל צי האוטובוסים להנעה נקיה עד שנת 2031.
- הלסינקי: החלפת 30% מתוך 1,400 האוטובוסים בעיר להנעה חשמלית עד שנת 2025.<sup>4</sup>
- המבורג: החל מ-2020 כל אוטובוס חדש יהיה חשמלי, וכל הצי יחושמל עד 2030.<sup>5</sup>

במקביל ליוזמת האיחוד חתמו כעשרים ושמונה ערים על מסמך "C40 Fossil Fuel Free Streets Declaration" והתחייבו לרכישת אוטובוסים חשמליים בלבד החל מ-2025. תרשים 3 מציג תאריכי יעד ל-100% אוטובוסים חשמליים בערים שונות באירופה וארה"ב.



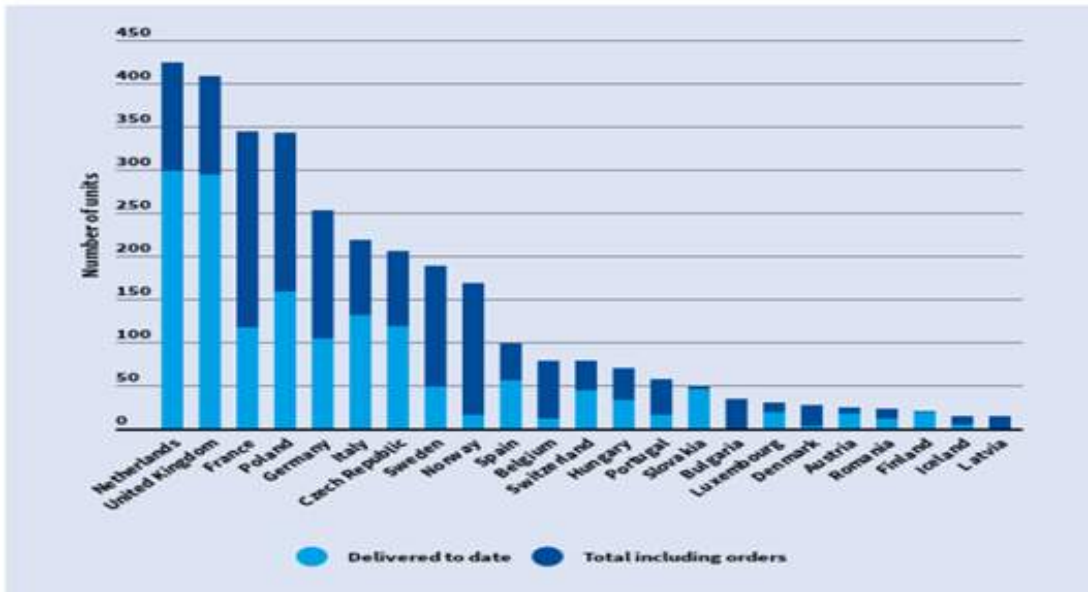
תרשים 3 - תאריכי יעד ל-100% אוטובוסים חשמליים (בכחול היקף צי נוכחי).

בסה"כ נכון למועד כתיבת המסמך מספר האוטובוסים החשמליים הפעילים באירופה הינו כ-2,200 כלים<sup>6</sup> והצפי לשנת 2025 הוא כ-25000 כלים. תרשים 4 מציג חלוקה לפי מדינות, תוך אבחנה בין כלים פעילים לכלים שהוזמנו. ראוי לציין כי המדינות המובילות בתרשים הן גם כאלה שבהן יש חברות ויצרני אוטובוסים הפעילים בתחום התחבורה הציבורית החשמלית.

<sup>4</sup> <https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/Electric%20buses%20arrive%20on%20time.pdf>

<sup>5</sup> <https://www.sustainable-bus.com/news/germany-electric-bus-biggest-cities-3000-berlin-hamburg-cologne-frankfurt-munich>

<sup>6</sup> Increasingly more electric buses, busworld,2019



תרשים 4 – מגמות ברכש אוטובוסים חשמליים לפי מדינה (מקור: [transportenvironment.org](http://transportenvironment.org))

בהולנד ובפולין יש כבר כמה וכמה מוקדים בהם יש פעילות משמעותית של אוטובוסים חשמליים על בסיס התעשייה המקומית. בפריס מתוכנן רכש משמעותי לקראת המשחקים האולימפיים הקרובים, ובבריטניה מהווה העיר לונדון את אחד המוקדים הגדולים בעולם המערבי בתחום התחבורה הציבורית החשמלית. לעיריית לונדון יש תכנית סדורה ומגובה הן תקציבית והן פוליטית אשר קובעת יעד של אפס פליטות מזהמים מאוטובוסים עד לשנת 2037. מניתוח התכנית עולה כי הקדימות ניתנה ראשית למעגל הפנימי של המטרופולין, ולאחר מכן לחיצוני (טבלה 2).

טבלה 2 - תכנית העבודה של עיריית לונדון לחישמול צי האוטובוסים<sup>7</sup>

	NOW	2020	2025	2030	2035	2037
רשימת אוטובוסים	התכנון של אוטובוסים קומודיים למעמדו של אוטובוסים קומודיים	תחילת רכש אוטובוסים קומודיים או מסוג חדש דלק מים	תחילת רכש אוטובוסים קומודיים מסוג חדש דלק מים			
צי אוטובוסים להקדמת		כל אוטובוסים קומודיים או מסוג חדש דלק מים			80% אוטובוסים קומודיים או מסוג חדש דלק מים	100% אוטובוסים קומודיים או מסוג חדש דלק מים
צי אוטובוסים במעגל הפנימי (לונדון)			50% אוטובוסים קומודיים או מסוג חדש דלק מים	75% אוטובוסים קומודיים או מסוג חדש דלק מים	100% אוטובוסים קומודיים או מסוג חדש דלק מים	
		100% אוטובוסים קומודיים או מסוג חדש דלק מים	100% אוטובוסים קומודיים או מסוג חדש דלק מים	100% אוטובוסים קומודיים או מסוג חדש דלק מים	100% אוטובוסים קומודיים או מסוג חדש דלק מים	

<sup>7</sup> Mayor's Transport Strategy, Greater London Authority, March 2018

בארה"ב קיימים נכון לספטמבר 2020 רק 650 אוטובוסים חשמליים בסה"כ מתוך כ- 65,000 אוטובוסים ציבוריים פעילים. החסם המרכזי שם הוא הפער במחיר הרכישה - 700 אלף דולר לאוטובוס חשמלי לעומת כ- 435 אלף דולר לאוטובוס מקביל מונע דיזל. פער זה נתפס כלא שווה ערך להוזלת עלויות התפעול והאחזקה. עם זאת הולכים ומתרבים הפרסומים לפיהם עלות כלל מחזור החיים (12 שנה) של אוטובוס חשמלי נמוכה יותר בחישוב סך כל עלויות התפעול והאחזקה<sup>8</sup>

לסיכום פרק זה יש לציין מהלך משמעותי של 5 שנים של תכנית ZeEUS (Zero Emission Urban Bus System), המורכבת מרגולטורים, מפעילי תחבורה ציבורית, יצרני כלי רכב, ספקי חשמל אקדמיה וחברות הנדסה שחברו יחד לקידום תכניות פיילוט עם אוטובוסים חשמליים. התכנית סוכמה בסדרת מסמכים המקיפים מגוון רחב של תכניות פיילוט בערים שונות. מניתוח שכיחות הטכנולוגיות לאוטובוסים חשמליים שיושמו ב- 532 האוטובוסים שנבחנו בתכנית ZeEUS עולה כי:

- במרבית המדינות אוטובוסים נקיים מוגדרים כאוטובוסים עם אפס פליטות מזהמים. כלומר הנעה בגז אינה נחשבת "נקיה".
- ב- 94% מהאוטובוסים נעשה שימוש בסוללות ורק ב- 6% נעשה שימוש בקבלי על (הסבר על שתי הטכנולוגיות יובא בפרק הבא)
- בכל הפרויקטים, הוקמה תשתית טעינה איטית בחניון הלילה. ב- 68% מהמקרים תשתית זו הייתה תשתית הטעינה היחידה.
- רבים מהתהליכים הובלו על ידי הרשויות המקומיות
- נעשים נסיונות "להתלבש" על תשתיות אספקת החשמל של מערכות תחבורה אחרות כגון מטרו ורכבת קלה.
- מערכות בקרה וניהול מהוות תשתית משלימה הכרחית לייעול אנרגטי.

<sup>8</sup> Costs and Benefits of Electrifying and Automating Bus Transit Fleets, MPDI (2020)

<sup>9</sup> <https://www.plugincanada.ca/wp-content/uploads/2019/03/Electric-Bus-Analysis-for-NYC-Transit-by-J-Aber-Columbia-University-May-2016.pdf>

### 3. טכנולוגיה ותשתיות

פרק זה מציג בקצרה את תחומי הליבה המקצועיים עליהם מתבסס נושא התחבורה הציבורית החשמלית. באופן כללי ניתן לומר כי הנושא מבוסס על שילוב בין תחומי ידע בהנדסת חשמל, ניהול ומערכות מידע, והנדסה אזרחית.

#### 3.1 חשמל

מתח (מסומן ב-V, ערכי וולט) – הינו הפרש האנרגיה הפוטנציאלית בין שני מוליכים. על מנת ליצור מתח לאורך זמן נדרש כח אלקטרו מניע כלשהוא, כגון סוללה. על כן בעולם התחבורה החשמלית נתון זה משויך לרכב.

זרם (מסומן ב-A, ערכי אמפר) – הינו כמות המטענים החשמליים הנעים בין המוליכים ביחידת זמן. אמפר אחד שקול ליחידת מטען אחת (קולון) בשניה. נתון זה משויך למטען אשר מוזן מרשת החשמל. רוב המטענים בתחבורה ציבורית מספקים לרכב זרם ישר (DC) ולא זרם חילופין (AC).

הספק – הינו כמות האנרגיה במעגל חשמלי ביחידת זמן. ההספק הוא מכפלה בין המתח לבין המטען החשמלי. ככל שהמתח גבוה כך ניתן לטעון את הרכב בזרם נמוך יותר (או בזמן קצר יותר) עבור אותו הספק. בהתאם לכך הספק מסומן ביחידות של VA (וולט אמפר)<sup>11</sup>

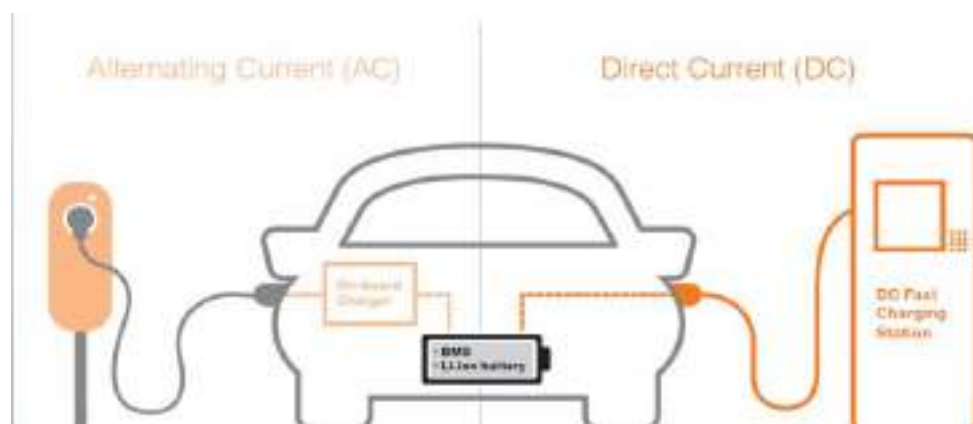
טבלה 3 מציגה נתוני מטענים בצירופים שונים של הספק וזרם.

טבלה 3 – נתוני מטענים<sup>12</sup>

	50	125	200	300	400	600	800
Nominal Input Voltage	3 phases + PEN, 400 VAC ±10%						
Current at nominal voltage per phase	79 A	198 A	117 A	87 A	613 A	950 A	1267 A
Frequency	50/60 Hz						
Power Factor (cos phi)	= 0.98						
<b>DC Output</b>							
Power, max	50 kW	125 kW	200 kW	300 kW	400 kW	600 kW	800 kW
Power, rated@750Vdc	38 kW	94 kW	150 kW	225 kW	300 kW	450 kW	600 kW
Current, max	50 A	125 A	200 A	300 A	400 A	600 A	800 A
Voltage Range	10 Vdc to 1000 Vdc						
Efficiency Factor η (at 100% load)	96 % – 97 %						
<b>Environmental Conditions</b>							
Operating Temperature (w/o de-rating)	-30 °C – 150 °C						
Cooling	Forced Air Ventilation						
<b>Mechanical Specifications</b>							
Operation environments	Indoor and outdoor						
Protection enclosure	IP55, IKT3						
Material	Steel, galvanized, painted, CE						
RAL	9023						
Overall Dimensions*	2000 x 800 x 1800		3115 x 1100 x 2000		3830 x 1100 x 2000		
Approx. Weight	700 kg	1000 kg	1400 kg	2500 kg	3000 kg	5400 kg	5600 kg

<sup>10</sup> בפועל בתחבורה ציבורית מדובר על ערכים של kVA (קילו וולט אמפר) או mVA (מגה וולט אמפר).  
<sup>11</sup> הספק מסומן גם ביחידות W ואט ויתכן הבדל קל בערכים לעומת VA, הרחבה בנושא בספרות המקצועית.  
<sup>12</sup> במקרה הזה הדוגמה היא של חברת סימנס

תרשים 5 מציג המחשה להבדל בין מטען DC למטען AC. כפי שניתן לראות, מבחינה תפעולית ההבדל הוא במשקל המטען לעומת משקל הרכב. מסיבה זו ואחרות כל מטעני התחבורה הציבורית בישראל צפויים לפעול בשיטת DC.



תרשים 5<sup>13</sup> – המחשת ההבדל בין מטען AC ל-DC

בתחבורה ציבורית חשמלית מטבע הדברים ישנה חשיבות רבה לקצב הטעינה. בנוסף יש להבחין בין סוגי מטענים גם מהבחינה המכנית – טעינה צידית באמצעות אקדח טעינה (plug-in) וטעינה עילית באמצעות התקן עילי (pantograph)<sup>14</sup>. טבלה 4 מציגה את סיווג האוטובוסים החשמליים בהתאם לטכנולוגיית הטעינה ולסוג המטען.

טבלה 4 – סיווג טכנולוגיות טעינה

סוג המטען	קצב הטעינה	טכנולוגיית הטעינה
Plug-in	מהירה	מצברית
Pantograph	מהירה	מצברית
Plug-in	איטית	מצברית
Pantograph	איטית	מצברית
Pantograph	מהירה	קבלי על

אוטובוסים בטעינה מצברית מצויידים בסוללות גדולות המאפשרות נסיעה לטווחים ארוכים (לעיתים יום עבודה שלם) בין ארוע טעינה אחד למשנהו. ארועי הטעינה יכולים להיות ממושכים או קצרים בהתאם להספק הטעינה האפשרי.

טווח הנסיעה של הרכב מושפע הן ממצב הסוללה אך גם מגורמים נוספים כגון סוג הרכב, דפוס הנהיגה, מזג האוויר, שיפועים, תאטות ותאוצות ועוד. אוטובוס במצב עמידה אינו צורך חשמל. בדגמי אוטובוסים של הנעה מצברית טווח הנסיעה עומד על בין 180-300 ק"מ. בשל נתונים אלה והשונויות הגבוהה לא ניתן עדיין לוותר לחלוטין על הצורך באיתור פתרונות גם לטעינה במהלך היום.

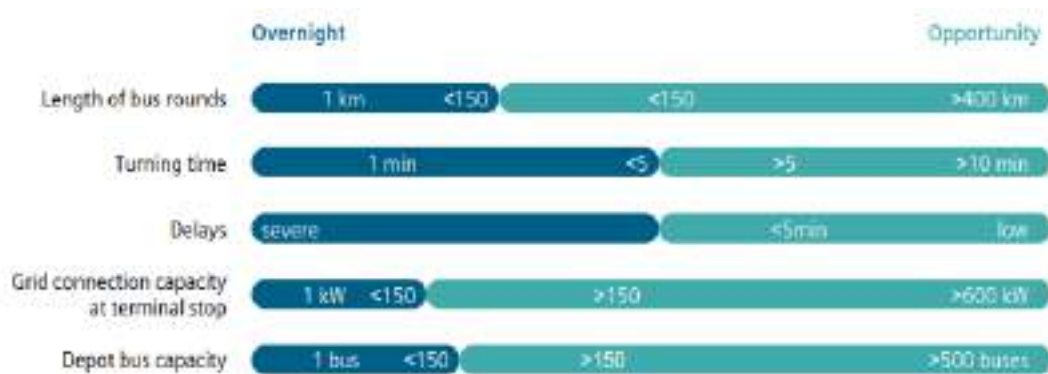
<sup>13</sup> התרשים לקוח ממצגת של חברת אפקון, המקור לא ידוע.

<sup>14</sup> התקני טעינה עיליים נחלקים בפני עצמם לשני סוגים כפי שיתואר בהמשך

קביעת מועד הביצוע של טעינה במהלך היום, ככל ונדרשת כזו, נתונה לשיקול תפעולי המבוסס על מגוון פרמטרים, החל מהשיבוץ הנדרש מבחינה תפעולית לכל אוטובוס, ועד לעלות תעריפי החשמל הנהוגים בשעות שונות. בנוסף לשיקול התפעולי יש לקחת בחשבון את ההשפעה על חיי הסוללה. כך למשל בסוללת ליתיום, מהבחינה הטכנולוגית נטו, ישנה העדפה לביצוע טעינות תכופות מטווח 80% ל-100% במקום לרוקן את הסוללה מדי יום. כמו כן ההעדפה מבחינה זו היא לטעינה איטית ולא מהירה. מכאן שיש קונפליקט בין השיקול הטכנולוגי לשיקול תפעולי ויש לנהל אותו באופן מיטבי.

אוטובוסים שתוכננו למשטר הפעלה של טעינות מהירות הינם בעלי נפח סוללה קטן יותר וקיבולת נוסעים גבוהה יותר בהשוואה לאוטובוסים המיועדים למשטר של טעינת לילה. יחד עם זאת צורת תפעול זו רגישה מאוד לבעיות תנועה ואינה מתאימה לרשת עירונית צפופה. משטר הטעינה בשעות היום מחייב סידורי עבודה מתאימים, וכן גילום של עלויות החשמל הגבוהות יותר בשעות אלה.

תרשים 6 מציג ניתוח סכמטי שנערך ע"י חברת סימנס בשנת 2020<sup>15</sup> במטרה להכוין לקוחות פוטנציאליים לטכנולוגיה המתאימה עבורם. התרשים מציג בצורה אפקטיבית את הפרמטרים השונים לקבלת החלטה, יש לציין כי הערך הנוגע לזמן הסבב הינו מעט מחמיר.



תרשים 6 – התאמת משטר הטעינה לדפוס ההפעלה ולמצאי התשתיות

לצד הטכנולוגיה המצברית הנפוצה, קיימות שתי טכנולוגיות נוספות הראויות לציון. טכנולוגית קבלי על מבוססת על קבלים יחודיים בעלי צפיפות אנרגיה גבוהה המותקנים באוטובוסים ונטענים באופן מהיר על ידי מתקן טעינה יעודי. קצב הטעינה הינו דקות ספורות, ומרחק הנסיעה הינו סביב 30 ק"מ. בשיטה זו האוטובוסים עוברים טעינה בכל קצה קו, והדבר צריך להלקח בחשבון בתכנית התפעולית. האוטובוסים עצמם קלים יותר וזולים יותר, אך עלות המטען גבוהה יותר.

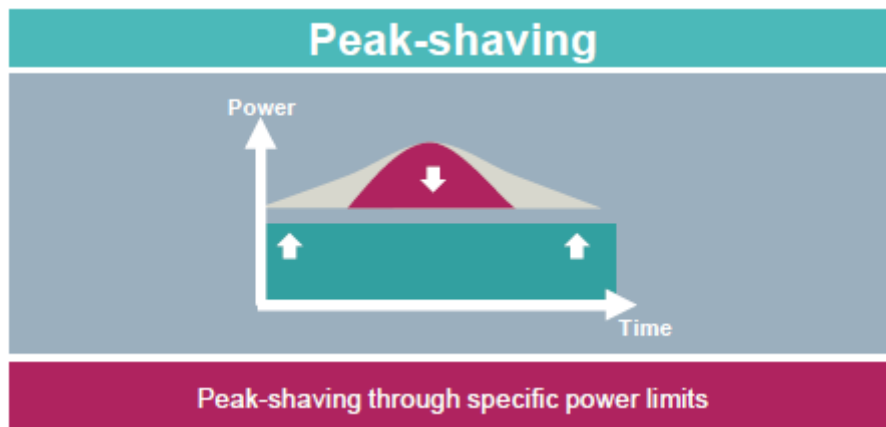
טכנולוגית טעינה אינדוקטיבית מבוססת על הטמנת תשתית כבילה פסיבית במיסעה (באמצעות חריצה וחיבור לארונות סעף) ואז טעינה באמצעות אינדוקציה למטען סליל הממוקם בתחתית שלדת הרכב. הטכנולוגיה לא הופעלה מבצעית בעולם אך נמצאת בניסויים ומחקר יישומי. נכון למועד כתיבת המסמך מקודם ניסוי במקטע כביש בצפון תל אביב כשלב נוסף במטרה להוכיח ישימות מבצעית. ככל ויצלח תידרש הגדרה וסיכום של מודל עסקי להפעלה נרחבת יותר.

<sup>15</sup> Accelerating bus fleet electrification, Key aspects for overnight and opportunity charging

לצורך תפעול אפקטיבי של תחבורה ציבורית חשמלית נדרשים מערכי מיחשוב נוספים על אלו שכבר קיימים אצל המפעיל. בהפעלה חשמלית נדרש תכנון יעודי של סידורי העבודה של הרכבים מול תשתית הטעינה וכן אלמנטים חדשים של בקרה וניהול צי הרכב בזמן אמת. פתרונות של ניהול בזמן אמת עשויים לכלול שינויי הקצאת אוטובוסים למסלולים בהתאם לארועים בשטח המשפיעים על מצב הסוללה, כגון עומס תנועה, עומס נוסעים או דפוס נהיגה חריג. בנוסף יש להערך עם תסריטי פעולה למקרה של אי זמינות עמדת טעינה במועד המתוכנן או איחור אוטובוס אליה.

בעת בניית סידורי העבודה יש לקחת בחשבון פרמטרים כמו: טווח נסיעה, משכי המתנה, משך טעינה, שיפועים, פרופיל עומס, מיקומי עמדות טעינה מהירה ועוד. כאשר מזינים נתונים אלה לכלי סימולציה יעודי, עשוי להתקבל סידור עבודה אחר מזה שהיה מתוכנן לאוטובוסי דיזל. האתגר הוא להריץ כמה חלופות מיטביות ולחשב את הסידור החדש באופן בו רמת הפגיעה הכלכלית תהיה הנמוכה ביותר. במסגרת זו יש להתחשב בו זמנית הן בנצילות האוטובוסים והנהגים, הן בתעריפי החשמל לאורך שעות היום והן במשמעויות של הקמת עמדות טעינה במקומות שונים ברשת.

בעת שהות האוטובוסים בחניון הלילה, יש להפעיל אלגוריתם ניהול טעינה שיוסרת את הטעינה על ציר הזמן לאורך הלילה כך שההספק המקסימלי הנדרש לחניון לא יעלה על סף קיבולת הרשת. הויסות רלבנטי, לדוגמה, במצב בו זמן חנית הלילה של אוטובוס הינו 8 שעות, בעוד שלצורך טעינתו המלאה מספיקות 4 שעות (במצב זה האוטובוס מחובר למערכת מיד עם הגעתו ולמשך 8 שעות). מערכות ניהול טעינה יכולות לכלול גם שיקולים נוספים כגון תעריפים, או תיעדוף הטעינה בין האוטובוסים לפי מצב הסוללות או התכנית התפעולית של כל אוטובוס, וכדומה.



תרשים 7 – ויסות מועדי טעינת לילה באמצעות מערכת ניהול

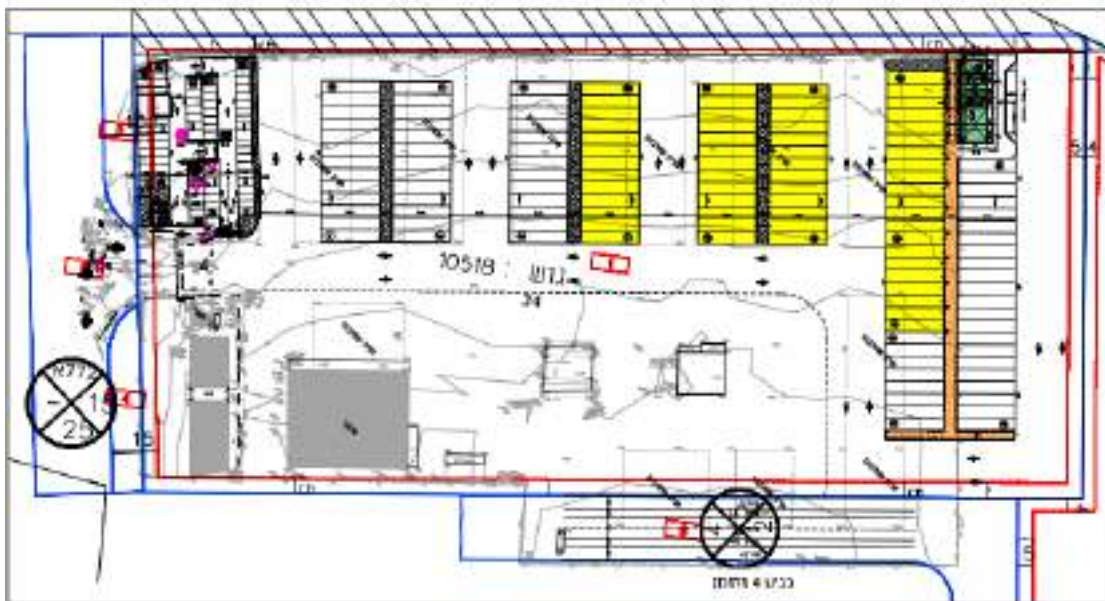
<sup>16</sup> במסגרת פעילות התכנית נסקרו מערכות של DPK הפולנית, WSP הקנדית, אופטיבוס הישראלית, systra הצרפתית ו- viriciti ההולנדית.

### 3.3 הנדסה ומבנים

הקמת מערך טעינה במתקן תחבורה ציבורית הינה פרויקט הנדסי בפני עצמו. המרכיבים הקבועים בפרויקט כזה הינם:

- א. הקמת מבנה חדר שנאים
- ב. התקנת תשתית החישמול (שנאים, לוחות מתח גבוה ומתח נמוך) וחיבורה לרשת
- ג. ביסוס עמדות הטעינה ולעתים גם אספקתן
- ד. פריסת כבילה מהמבנה לעמדות, בין אם בתשתית תת קרקעית או בדרך אחרת.

לרוב מתווספים לתכולת הפרויקט רכיבים נוספים של הנדסה אזרחית כגון תנועה, אבני שפה וכדומה. תרשים 8 מציג דוגמה לסכמה כללית של מתקן שתוכנן לאחרונה במטרופולין חיפה.



תרשים 8 – סכמה כללית של חניון לילה מחושמל (מימין מבנה האנרגיה ועמדות הטעינה)

במסגרת התכנון יש לקבוע את מיקומי העמדות וכאן יש חשיבות לסוג העמדה הנבחרת. בעוד שמטענים מסוג plugin דומים במבנה הפעולה לזה של משאבת דלק. מטענים מסוג pantograph הם מתקנים מורכבים יותר בהם הטעינה מתבצעת באמצעות מתקן הנדסי וזרוע המתחברת לגג האוטובוס. הזרוע יכולה להיות מותקנת על האוטובוס, או על המתקן, כמוצג בחלופות בתרשים 9.



תרשים 9 – זרוע יורדת (משמאל) וזרוע עולה (מימין)



### 3.4 דוגמה מסכמת – חניון ווטרלו<sup>17</sup>

רשות התחבורה בלונדון (TfL) הגדירה יעד של אספקת תשתיות טעינה לכל 79 מתקני התחבורה הציבורית הנמצאים תחת אחריותה. החניון הראשון שעבר את התהליך הינו חניון ווטרלו, שהוסב כולו לחישמול בשנת 2016. החניון נבחר בשל מיקומו המרכזי בהתאם למדיניות של שיפור איכות האוויר במרכז העיר תחילה. החניון מכיל 51 אוטובוסים חשמליים ונחשב בעת הקמתו לחניון האוטובוסים החשמליים הגדול ביותר באירופה (לפחות עד להקמת חניון 4/9 בירושלים שיתואר כאן בהמשך). זמן הסבת החניון לחשמלי ארך כשנה.

בעלי העניין בפרויקט היו :

- TfL – רשות התחבורה בלונדון
- Go-Ahead – מפעיל אוטובוסים אשר זכה במכרז לחמש שנים+שנתיים הארכה. המכרז כלל גם את עלות האוטובוס וגם את עלות תשתית הטעינה.
- BYD יצרנית האוטובוסים הסינית (שבמקרה זה סיפקה גם את המטענים) בשותפות עם יצרן האוטובוסים המקומי ADL
- SSE – ספק תשתית החשמל במתקן.
- UK power networks – ספק תשתית רשת החשמל.

מבחינת מבנה החניון, הוא כולל שתי תחנות משנה של 11,000 וולט ושני שנאים להפחתה ל-400 וולט. כל שנאי מזין לוח חלוקה המחובר לכ-22 עמדות כ"א. סה"כ במתקן 39 עמדות מסוג 40kw (לשמונה שעות) וארבע עמדות מסוג 80kw. יחס עמדות ההטענה למספר האוטובוסים עומד כמעט על יחס של עמדה לאוטובוס. תרשים 10 מציג את מבנה החניון, שהינו צפוף מאוד ושטחו כ-3 דונם.



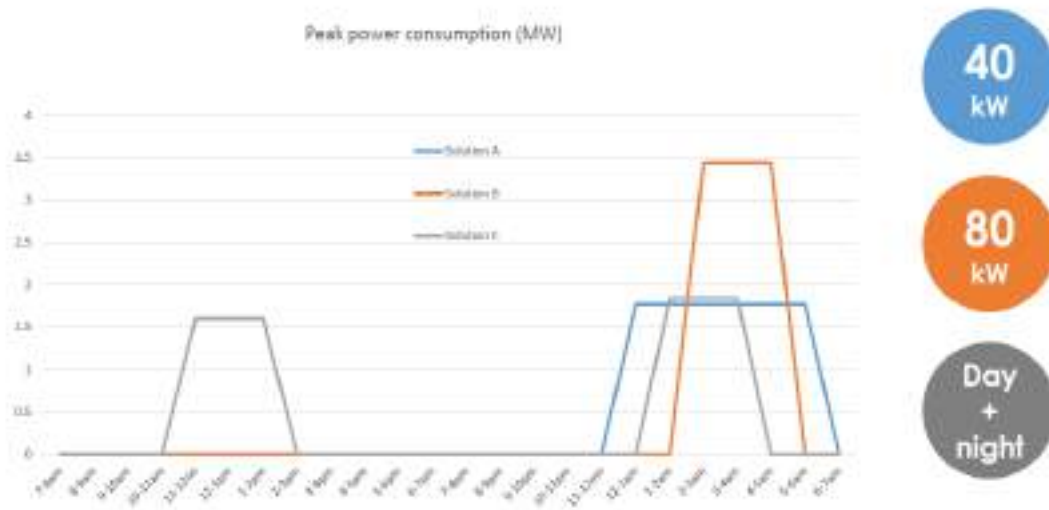
תרשים 10 – סקיצת חניון ווטרלו לונדון

<sup>17</sup> <http://www.transportengineer.org.uk/transport-engineer-features/londons-low-carbon-electric-bus-garage/173547>

מהחניון יוצאים שני קווים ליעדים מרכזיים בעיר (521 לגשר לונדון ו-507 לתחנת ויקטוריה). אלו הם קווי יוממות מבוססי שעת שיא. מרחק הנסיעה לאוטובוס למשמרת הינו בין 70 ל-210 ק"מ.

עם תכנון החניון נבחנו שלושה פתרונות טעינה כמפורט בתרשים 11 :

- פתרון A : טעינת לילה ב – 40 kw בכל שעות הלילה.
- פתרון B : טעינת לילה ב – 80 kw בין השעות 05:00-01:00.
- פתרון C : שילוב של טעינה ביום וטעינה בלילה



תרשים 11 – חלופות טעינה בחניון ווטרו, לונדון

בסופו של דבר נבחר פתרון של טעינה ממושכת בכל שעות הלילה, בשילוב מערכת ניהול טעינה אשר מקצה עדיפות בטעינה לרכבים שמתוכננים בסידור לצאת ראשונים.

## 4. אתגרים מינהליים

הקמת מתקני תחבורה ציבורית חשמליים מצריכה התמודדות עם כמה אתגרים מינהליים במקביל: אתגר סטטוטורי, אתגר נכסי ואתגר החיבור לרשת החשמל. פרק זה סוקר את המשמעויות והתובנות שנצברו בנושאים אלה.

מטבע הדברים, ככל שהדרישה החשמלית למתקן התחבורה הציבורית גדולה יותר, אזי יש לכך מחיר הן בעלות הכספית והן במשך ההקמה. מצד שני, קיבולת חשמל גבוהה למתקני התחבורה הציבורית תקטין את האילוצים התפעוליים בניהול צי הרכבים במהלך היום, כפי שהוצגו בפרק 3.

פרק זה מתייחס למקרה הנפוץ של הקמת חניון לילה בסדר גודל של כמה עשרות אוטובוסים חשמליים. יצויין כי על סמך המידע שהצטבר עד כה, בכוונת משרד התחבורה לכוון את הפרויקטים לסדרי גודל אלה, שמשמעותם חיבורי מתח גבוה מבלי להכנס לעולמות של חיבורי מתח עליון והקמת תחמ"שים.

### 4.1 עבודות החשמל

עם קבלת הגדרה פרוגרמטית על מספר האוטובוסים החשמליים שיופעלו מהמתקן, יש להגדיר למתקן גרף טעינה סכמטי ראשוני, אשר מגדיר את הצריכה הנדרשת לפי מועדים, ובפרט את הצריכה המקסימלית – שהיא אשר תוזמן מחברת חשמל. מתוך הצריכה המקסימלית גם נגזר התכנון והביצוע של עבודות תשתית החשמל במקום.

ככלל יש להבחין בין עבודות באחריות חברת חשמל, המתבצעות הן ברמת הרשת והן באתר עצמו עד לחיבור מ"ג, לבין עבודות באחריות יזם הפרויקט הכוללות את הבינוי הפיזי ואת עבודות החשמל בתחום מתקן החשמל הפרטי.

#### 4.1.1 ברמת כלל הרשת

חברת החשמל מקבלת מהיזם את דרישת הצריכה המקסימלית ומבצעת בדיקות קיבולת ברשת החשמל האיזורית, בהתאם למצב הרשת קובעת חברת החשמל האם נדרשות עבודות הגדלה בצד הרשת ואם כן – מה משכן הצפוי. כדוגמה מצורפת בתרשים 12 תוצאת בדיקה שבוצעה עבור חניון מסוים באיזור המרכז. הבדיקה בוצעה כחלק מבדיקה כלל ארצית על 100 מתקנים במסגרת פעילות התכנית הארצית לחישמול התחבורה הציבורית. הבדיקה בוצעה ע"י חברת החשמל בהמשך לפניה מרוכזת של משרד התחבורה אשר תואמה עם מנהל המערכת, רשות החשמל ומשרד האנרגיה. מדובר באותם מתקנים שהוצגו בנספח א'.

היות וההספק מהווה חלק מתוך ההספק העתידי שתוכנן למתחם "חנה וסע", להלן התייחסותנו:  
1. נדרש חדר מיתוג עם 2 פ"צ, הראשון יזון מקו העובר בסמוך למתחם ואילו השני יחובר לאחד משני הקווים העתידיים, שהוקצו למתחם.  
2. משלב א': ניתן לאשר את בקשת הלקוח לחיבור בהספק של 2,000 קו"א לצורך טעינה בשעות היום.  
עבור טעינת לילה, ניתן לאשר עומס חלקי של 5000 קו"א (כ-130 אמפר), עד לתוספת השנאה בתחמ"ש קניונים.  
משלב ב': לאחר הכנסה לניצול של שנאי 3 בתחמ"ש קניונים, ניתן לאשר את מלוא החיבור שהחמ"ן.

ב.1

במידה ושני הקווים העתידיים מתחמ"ש קניונים, יגיעו לאותו חדר מיתוג נדרש ל-3 פ"צ  
להזכירך מועד חזוי להכנסה לניצול של שנאי 3 בתחמ"ש קניונים עפ"י (RE-1774) הינו 6/2023

לשירותך תמיד



#### תרשים 12 – צילום מענה חברת חשמל לבדיקה ראשונית עבור טעינה לאוטובוסים במתקן באיזור המרכז

במקרה המתואר לעיל, ההערכה של צוות התחבורה הציבורית היא כי הצריכה הנדרשת תהיה 5000kva בשעות הלילה ו-2000kva בשעות היום. דפוס דומה, בערכים שונים, צפוי להיות בכל חניון לילה עם טעינה חשמלית.

ניתן לראות שדפוס הצריכה של תחבורה ציבורית חשמלית הינו הופכי לדפוס הצריכה הממוצע איתו חברת חשמל נדרשת להתמודד בדרך כלל. המשמעות היא שיתכן וניתן במקרים מסוימים לבצע איגום משאבים וניצול תשתיות קיימות ברשת החשמל ועדיין לספק את כל הביקושים. באופן זה יתכן וניתן יהיה לקצר את לוחות הזמנים להקמה ולהקטין את העלויות<sup>18</sup>.

נכון להיום, פתיחת הזמנה מחברת החשמל מחייבת אותה לספק את הצריכה המקסימלית שהוגדרה (אין חלוקה לשעות שיא ושפל) וכך כל גודל החיבור נשמר למזמין בכל שעות היממה שלא לצורך. לפיכך, לאחר דיונים שהתקיימו בין חברת החשמל, רשות החשמל, משרד האנרגיה ומשרד התחבורה, הוחלט לקדם אפשרות של חיבורים גמישים (דינאמיים). אסדרת הנושא צפויה להיות מטופלת ע"י רשות החשמל במהלך 2021, והרחבה בנושא מפורטת בנספח ה' למסמך זה.

#### **4.1.2 ברמת המתקן**

עבודות החשמל היעודיות במתקן עצמו כוללות בין היתר:

- הקמת חדר שנאים בהיתר
- התקנת שנאים, המעבירים ממתח גבוה למתח הנדרש לטעינה.
- התקנת לוחות מתח גבוה ונמוך

<sup>18</sup> בהמשך לתובנה זו החל צוות התכנית בתיאום עם חברת נתייע לאתר מתחמים משותפים שבהם ניתן לבסס את טעינת האוטובוסים על תשתיות השנאה שמקימה נתייע. מאחר ודפוס צריכת החשמל של הרכבת הקלה הינו הפוך לדפוס טעינת הלילה של האוטובוסים.

- התקנת מכשירי טעינה (DC) בעמדות החניה
- העברת כבילה באופן תקני מהעמדות אל מתקן האנרגיה.

שנאי סטנדרטי הינו בגודל 630kVA ובמקרה של טעינה בו זמנית ניתן להפעיל באמצעותו בין 6 ל-10 עמדות טעינה. ישנם גם שנאים גדולים יותר. מספר השנאים הכולל וגודל השנאים נקבעים בהתאם למשטר הטעינה המבוקש בחניון, וקובעים את גודל מבנה חדר השנאים.

חדר השנאים בחניון תחבורה ציבורית מהווה בדרך כלל מבנה עצמאי בתחומי המגרש. במקרה כזה ניתן עקרונית להזמין חדר שנאים מתועש מחברה לבניה טרומית המאושרת ע"י חח"י. ניתן גם להוציא את כל הטיפול בהקמת החדרים במתקנים השונים, כולל ההיתרים בגינם, למיקור חוץ המתמחה בכך. במקרה כזה יש להקפיד על התפר בין הגורם המבצע לשאר המעורבים בפרויקט, משלב התכנון עד שלב המסירה.

בסיום הקמת חדר השנאים יש לבצע מסירה של המתקן הרלבנטי לידי חח"י. לשם כך יש לעמוד בסדרת תנאים מוקדמים שנקבעו על ידם. בתחומי קונסטרוקציה, דרכי גישה, הארקות, איטום, בטיחות אש, קרינה<sup>19</sup> ועוד. בשלב המסירה גם נסגרים ההסכמים המסחריים בין היזם לחח"י. לאחר העברת החדר לחח"י מתבצע שלב של עבודות זיווד התקנה וכבילה על ידי גורמי חח"י ולאחריו שלב סופי של אישורים וחיבור מונים. בעת תכנון הפרויקט יש להקצות את משך הזמן המתאים לכל השלבים הללו.

## 4.2 סטטוטוריקה

הצורך באסדרה סטטוטורית הינו מאפיין מרכזי בהקמה ושדרוג של מתקני תחבורה ציבורית בכלל, ועל אחת כמה וכמה מתקנים הכוללים חימום. במסגרת זו יש להסדיר את הנושאים הבאים:

- ייעוד קרקע התואם לשימוש שלה כמרכז תחבורה, עם אלמנטים של חימום.
- זכויות בניה זמינות למבנים השונים ובכלל זה מבני החימום.
- הוראות תכנית המאפשרות את כלל השימושים ובכלל זה החימום.

במתקנים בהם הבדיקה החשמלית מעלה צורך בהקמת חדרי שנאים, המורכבות הסטטוטורית גדלה בהתאם. נכון להיום מספר המתקנים העומדים בשלושת התנאים לעיל בכלל, ועבור תכולת החימום בפרט – אינו גדול. במתקנים שאינם עומדים בתנאים נדרשת על פניו הכנת תב"ע, על כל המשתמע מבחינת לוחות זמנים, או לחלופין – פתרון אחר של הסדר זמני, ככל ומושגת לכך הסכמה של הגורמים הרלבנטיים. לפיכך מדובר כאן למעשה באתגר המרכזי, לצד השגת התקציב, בקידום התכנית כולה במסגרת לוחות הזמנים.

אחד הפתרונות הוא שימוש בסעיף 261ה' לחוק התכנון והבניה, המאפשר ל-"גוף הפועל מטעם המדינה על פי דין" לקבל הרשאה למבנה דרך בהליך מהיר ובלבד שייעוד הקרקע הינו "דרך". פתרון זה מקודם כיום ליישום במספר פרויקטים.

<sup>19</sup> בסוגית הקרינה התקיים דיון מיוחד ברמה הארצית בין משרדי התחבורה והגנת הסביבה. סיכום הדיון מצורף בנספח ו'.

פתרונות נוספים שהועלו בשנה האחרונה ע"י חטיבת הנדסה בנתיבי איילון כוללים שימוש במתקנים ניידים שאינם מחייבים היתר בניה ותואמים להגדרות של חיבור זמני, שימוש בתחנות טרנספורמציה זעירות כחדרי מיתוג או תחנות השנאה פרטיות וכן שימוש בארונות במקום חדרי מונים. עם זאת יצויין כי בשלב זה לא התקבלה הסכמת חברת החשמל להצעות אלה.

#### 4.3 בעלויות

בתחבורה הציבורית קיימת בעיה מהותית של הסדרי בעלות על חניונים ומסופים והיא משפיעה בין היתר גם על יוזמות החישמול. עקב כך חלק ניכר מהמתקנים הפוטנציאליים הינם זמניים בהגדרה או בעלי אופק לא ברור בשל תכניות עתידיות של בעל הקרקע. אמנם כשמדובר בתחבורה חשמלית יתכן וניתן לייצר עם בעל הקרקע מודלים של win win, אך נושא זה טרם נבחן באופן יסודי ומחייב המשך בירור.

בהתייחס לעבודות החשמל שתוארו לעיל, יצויין כי חברת החשמל לא מבצעת עבודות על קרקע בבעלות פרטית ונדרש הסדר כתנאי מקדים להתקנת האמצעים (למשל ע"י מיקום חדר חח"י בגבול המגרש). סוגיה נוספת לתשומת לב היא העובדה שחיבור במתח גבוה מחייב לוודא כי אין פיצול בעלויות בנכס.

#### 4.4 הגדרת גבולות גיזרה

התחבורה הציבורית החשמלית תמיד תפעל באמצעות חברת הפעלה שזכתה במכרז של משרד התחבורה (מפעיל). לעומת זאת, רוב המתקנים (לא כולם) צפויים להיות מקודמים ומבוצעים על ידי המדינה. מצב זה מחייב הגדרה ברורה של קווי התפר ברמה ההנדסית וברמה העסקית. טבלה 5 מציגה את רכיבי העבודה העיקריים ואת חלוקת העבודה המקובלת נכון למועד כתיבת המסמך.

טבלה 5 – גבולות גיזרה בין המפעיל למדינה

פעילות 168	אחראי
הזמנות חח"י	קבלן מדינה
חדרי שנאים	קבלן מדינה
תשתיות	קבלן מדינה
צנרת	קבלן מדינה
כבילה	קבלן מדינה או המפעיל
עמדות טעינה	קבלן מדינה או המפעיל
ניהול טעינה	קבלן מדינה או המפעיל
אוטובוסים	המפעיל

כפי שניתן לראות, ישנו איזור שטרם הוגדר באופן חד, וכרגע הוא מוגדר פרטנית בכל פרויקט לגופו. גם בעולם המצב דומה בעניין זה. יחד עם זאת ברור באופן מובהק כי אין כל חובה לספק מטען מסוים בצמידות לאוטובוס מסוים. הרחבה טכנית בנושא התקינה והתאימות הטכנית מפורטת בנספח ז'.

## חלק ב' - תכנית פעולה לישראל

בפרקים הבאים מוצגת סדרה של שלבי עבודה המתלכדים יחדיו לתכנית פעולה ממשית לטווח היישום של 2025. במסגרת זו תובא סקירה של כל המהלכים שננקטו עד כה ואלו שנמצאים בהכנה, תוך אבחנה בין צעדים כלל ארציים לבין פרויקטים המקודמים באתרים ספציפיים. לסיכום יוצגו המשמעויות התקציביות של המהלך וכן הצעדים הנדרשים לבקרה ומעקב שוטף בהמשך.

### פרק 5 – צעדים ראשוניים

בתהליך התפתחות התחבורה הציבורית החשמלית בישראל ניתן לזהות שלוש תקופות נבדלות על ציר הזמן. התקופה הראשונה, בין השנים 2013-2018, החלה ביוזמות מקומיות של יצרנים ומפעילים. כאשר זמן קצר לאחר מכן החלו משרדי הממשלה בסדרה של צעדי מדיניות אפקטיביים, בדמות החלטות ממשלה לעידוד רכש במכרזים וכן מהלכי תמיכה כספית לקידום רכש בפועל. פרק זה סוקר את המהלכים שנעשו במהלך תקופה זו, שבסיומה נסעו בכבישי הארץ כ-70 אוטובוסים חשמליים בפריסה גאוגרפית יחסית רחבה.

#### 5.1 מיזמים מסחריים

האוטובוס החשמלי הראשון בישראל הותנע בשנת 2013 כפרויקט חלוץ ומאז בוצעו עוד מספר מיזמי בדיקה מקומיים. במסגרת זו נבדקו טכנולוגיות הנעה שונות בתנאים שונים ונצבר ניסיון תפעולי בהיקפי הפעלה של קווים בודדים. סיכום הממצאים הטכנולוגיים הוצג על ידי המפעילים אגד ודן, בשיתוף החברות BYD, גולדן דרגון ו-"פנדן" בכנסים מקצועיים שונים בשנים האחרונות. תרשים 12 מציג את אחת מאבני הדרך המרכזיות לתקופה זו, נסיעה מינהלית רציפה, ללא טעינת ביניים, לטווח של יותר מ-300 ק"מ באוטובוס מצברי במסגרת ניסוי.



*תרשים 12 - אוטובוס חשמלי של BYD ודן בסיום נסיעה מתל אביב לחיפה (אוקטובר 2014)*

## 5.2 תמיכת המשרד להגנת הסביבה

זמן קצר לאחר הפעלת המיזמים הראשונים החלה להתגבש מתכונת תמיכה ממשלתית בדמות סדרה של הליכי "קול קורא" בהובלת אגף תחבורה במשרד להגנת הסביבה. במסגרת זו הוצעה למפעילי התחבורה הציבורית תמיכה כספית לרכישת אוטובוסים חשמליים בהיקפים של מאות אלפי שקלים לאוטובוס. מאז 2016 ועד היום נרכשו במסגרת זו 78 אוטובוסים חשמליים בתקציב כולל של 26 מיליון ₪. החברות שזכו עד כה בתמיכה הן:

- אגד - עבור 25 אוטובוסים במפרץ חיפה ועוד 10 אוטובוסים בירושלים.
- דן - עבור 27 אוטובוסים בגוש דן.
- קווים - עבור 6 אוטובוסים במרחב חשמונאים.
- מטרופולין - עבור 5 אוטובוסים באזור השרון.
- סופרבוס - עבור 5 אוטובוסים באזור יקנעם

בחודש אוגוסט 2020 פירסם המשרד להגנת הסביבה את הקול הקורא הרביעי, בהיקף תמיכה כולל של 47 מיליון ₪. המפעילים מתבקשים להגיש בקשות לתמיכת המשרד ברכש אוטובוסים חשמליים בהיקף של עד 250,000 ₪ לאוטובוס (עלות תוספתית לחישמול המבוססת רכש קיים).

## 5.3 פעילות המפעילים

בנקודת הזמן הנוכחית יכולים מפעילי התחבורה הציבורית לדווח על נסיון מצטבר בהפעלת האוטובוסים. לאור הפריסה שתוארה לעיל, התאור במסמך זה יתמקד בחברות אגד ודן.

חברת אגד מפעילה נכון למועד כתיבת המסמך שני אתרי טעינה – בקריות ובירושלים. בערים אלה משולבים האוטובוסים החשמליים במסגרת התחבורה הציבורית הרגילה, בקווים כגון קו 11 בקריות וקו 15 בירושלים. החברה מצהירה על פעילות זו כתחום אסטרטגי לשנים הקרובות ומבצעת כל העת תהליכים של בקרה טכנית, הדרכות נהגים, ותהליכי רכש המבוססים על ריבוי ספקים ועל בחינה מתמשכת שלהם. בימים אלה מבוצע במסגרתה גם פילוט להפעלת אוטובוס חשמלי מפרקי.

חברת דן התמקדה בשנים האחרונות באוטובוסים הפועלים בטכנולוגיית קבלי על. רכבים אלה מוזנים מכמה מתקני טעינה עילית בודדים אשר מוקמו באתרים שונים במרכז המטרופולין. פרויקט זה קודם בהדרגה בשנים האחרונות על ידי חברת דן, בשיתוף נתיבי איילון, חברת החשמל, משרד התחבורה והמשרד להגנת הסביבה. עם השלמת סבב ההצטיידות הראשון פועלים כיום ברחבי העיר כ-25 אוטובוסים בטכנולוגיה זו.

במהלך 2020 הודיעה חברת דן למשרד התחבורה כי על פי נסיונה המצטבר, טעינה בקבלי על<sup>20</sup> אינה מתאימה למטרופולין ת"א בעת הזו. החברה מונה את הסיבות לכך:

א. השונות הרבה בזמני הנסיעות, הן במצב שגרה והן על רקע עבודות התשתית להקמת הרק"ל

<sup>20</sup> למעשה הכוונה לטעינה מהירה בקצה קו, ללא קשר באם קבלי על או מצברי



- ב. זמן הטעינה בקצה קו והשפעתו על זמני הגדרה, סידור נהגים ותשומות ישירות במהלך היום.
- ג. קושי בניוד אוטובוסים בין איזורי הפעילות בשל התלות במתקן טעינה בקצה קו.

החברה מדגישה בהודעתה כי טעינה מהירה בקצה קו יכולה בהחלט להבחן באיזורי פריפריה בהם המאפיינים התפעוליים הינם שונים. בסיכום מודיעה החברה כי בכוונתה להתבסס על הרכבים חשמליים מבוססי טעינת לילה בזכות היתרונות התנועתיים, כאשר רכבי הטעינה המהירה יהיו משלימים.



תרשים 13 – פעילות חברת אגד בקריות<sup>21</sup>

#### 5.4 החלטות ממשלה

ממשלת ישראל קיבלה בשנים האחרונות סדרת החלטות להתוויית כיוון הפעולה הן לרגולציה והן לשוק. בין החלטות ניתן למנות את:

- החלטה 1354 - למאמץ לאומי להפחתת התלות העולמית בנפט בתחבורה.
- החלטה 2790 - תכנית לאומית לתחליפי דלקים.
- החלטה 5327 - להפחתת התלות הישראלית בנפט בתחבורה.

<sup>21</sup> מקור: מצגת ניר לנדאו בכנס תחבורה היום ומחר 2019

- החלטה 2452 - להפחתת זיהום אוויר מכלי רכב.
- החלטה 1837 – שהיא ההחלטה המשמעותית ביותר, וכוללת בין היתר:
  - ביטול ההישבון לבלו על סולר לצרכי תחבורה במתווה הדרגתי עד לסוף שנת המס 2025 (לכל המאוחר בהתאם לסוג הרכב) ובכך להקטין את הכדאיות בשימוש בו.
  - הענקת פחת מואץ בשיעור של 33% לאוטובוס חשמלי למשך 4 שנים מתחילת היבוא לארץ.
  - פטור ממכס יבוא על אוטובוסים חשמליים.
  - הגדרה כי 50% מהאוטובוסים במכרזי ההפעלה של תחבורה ציבורית יהיו בעלי הנעה חלופית.
- החלטה 2592 - הכוללת דרישה ל- 90% הנעות חלופיות בנתיבים המהירים.

### 5.5 מכרזים והסכמים של משרד התחבורה מול המפעילים

בהמשך להחלטה 1837 שבה נקבע כי 50% אחוז מהאוטובוסים העירוניים במכרזים חדשים יופעלו בהנעה חלופית, פרסם משרד התחבורה שני מכרזי הצטיידות גדולים שהביאו לתוצאות הבאות:

- מכרז שרון-חולון מרחבי – 84 אוטובוסים להפעלה בגז
  - מכרז ביתר עילית ועמק האלה - 45 אוטובוסים להפעלה בגז
- מבלי להרחיב כאן על הממצאים והמסקנות כתוצאה מהקמת הפרויקטים של הנעה בגז, נציין כי בעקבות התנסות זו התקבלה החלטה במשרד התחבורה לחדד את הדרישה מ- "הנעה חלופית" לכדי דרישה טכנולוגית ספציפית – אוטובוסים חשמליים. ואכן במכרזים ובהסכמים שנכתבו לאחר מכן התעדכנה הדרישה בהתאם:
- מכרז בית שמש - דרישה ל- 58 אוטובוסים חשמליים לפחות.
  - מכרזי ירושלים צפוני וירושלים מרכזי – דרישה ל- 200 אוטובוסים חשמליים לפחות.
  - מטרונית – דרישה ל- 50 אוטובוסים חשמליים **מפריקים** לפחות
  - המכרז להפעלת חניוני התיב המהיר (כמה עשרות אוטובוסים)
  - הסכם התחרות עם חברת דן – רכישה של 100 אוטובוסים חשמליים נוספים עד שנת 2021
  - הסכם התחרות עם חברת אגד - רכישה של 150 אוטובוסים חשמליים עד שנת 2024.

### 5.6 אכיפה

המשרד להגנת הסביבה הוציא הוראות, לפי חוק אוויר נקי, לצמצום זיהום אוויר לכל ציי הרכב הכבד הגדולים בארץ המחזיקים כ-100 כלי רכב ומעלה. רוב מפעילי התחבורה הציבורית נמצאים תחת הוראות אלו. במסגרת ההוראות מפעילי התחבורה הציבורית נדרשים לעמוד ביעד של 3% לפחות מכלל צי האוטובוסים בהנעה חלופית עד שנת 2020.

## פרק 6 – תכנון אסטרטגי

בסיום התקופה הראשונה, שתוארה בפרק 5, פעלו בישראל כ-70 אוטובוסים חשמליים. בנקודת זמן זו החלה התקופה השנייה שארכה כשנתיים (עד אמצע 2020) במהלכן הוקפאו כלל תהליכי הרכש בענף התחבורה הציבורית<sup>22</sup>. תקופה זו נוצלה לצורך תכנון אסטרטגי והידוק התיאום ברמות המקרו והמיקרו בין בעלי העניין הפועלים בנושא – מפעילים, יצרנים, חברות ביצוע וחברת החשמל. תוצרי של תהליך מוצגים בפרק זה. נקדים ונאמר כי עם חידוש תהליכי הרכש באמצע 2020 החלה למעשה התקופה השלישית – תקופת ההאצה. התקופה השלישית תארך חמש שנים ובסופה צפויים לפעול בכבישי ישראל מעל 2000 אוטובוסים חשמליים בקווי שירות.

הצורך בביצוע הליך תכנון אסטרטגי כלל ארצי לענף התחבורה הציבורית בעידן של אוטובוסים חשמליים נובע משילוב של כמה גורמים המתלכדים יחדיו:

- ההבנה כי טכנולוגיות ההנעה החשמלית חצתה את שלב האל חזור (לא אם, אלא מת).
  - ההכרה בחשיבות ההערכות המקדימה של תשתיות טעינה, בודאי עבור היקפי רכש גדולים.
  - העובדה שקבוצה משמעותית של מכרזים והליכי רכש צפויה להתפרסם בו זמנית בתוך זמן קצר, כאשר כל אוטובוס שירכש בהליכים אלה צפוי לפעול עד 2030 לפחות.
  - הבשלת שיתופי פעולה רוחביים בממשלה תוך זיהוי היתרונות היחסיים של כל גורם.
- הרעיון המסדר המרכזי בתכנון הארצי הינו סינכרון בין הצטיידות לתשתיות, כמוצג בתרשים 14.



תרשים 14 – סכמת תכנית החישמול

### 6.1 תשתיות

בהנחיית אגף בכיר לתכנון ומדידה ברשות הארצית לתחבורה ציבורית, הוחל בשילוב הדרגתי של התייחסות לחישמול בתהליכי התכנון וההקמה של מתקני תחבורה ציבורית. פעולה זו משולבת כחלק מהתכנית האסטרטגית למתקני תשתית לתפעול תחבורה ציבורית באוטובוסים, ובזיקה לתכנית האסטרטגית לרשת קווי התחבורה הציבורית באוטובוסים. המהלך מבוצע בצוות משותף

<sup>22</sup> ההקפאה ארעה מסיבות חיצוניות בלתי תלויות שהן מחוץ לתחום הטיפול של מסמך זה

של אגף תכנון ומדידה ברשות לתחבורה ציבורית עם חטיבת תכנית אב בנתיבי איילון. מטרת המהלך היא לשלב את הגדרת צרכי החישמול באופטימיזציה רב שלבית בין מיקומי המתקנים, מסלולי הקווים ויעדי ההצטיידות בכל מרחב.

תהליך העבודה כולל:

- גיבוש רשימת מתקנים קיימים ועתידים.
- תעדוף מתקנים בהם צפויה פעילות של אוטובוסים חשמליים, לפי קריטריונים של:
  - ישימות - סטטוטורית, נכסית וחשמלית.
  - השפעה - התמקדות בקווים עירוניים, תדירים ומרכזיים, אשר פועלים ברצף עירוני בו מעל 100,000 איש. וכן לפי צפיפות האוכלוסייה באזורים שבהם פועל האשכול, ככל שהאשכול פועל באזורים צפופים יותר התעדוף הוא גבוה יותר.
- ניסוח הנחיות לתכנון תשתית החישמול במסופים בדגש על השפעת התשתית הנבחרת על התכן הגאומטרי.
- גיבוש קו מנחה לפיו עצם הקמת מתקן התח"צ הוא מטרת על ואין לעכבה בגלל חישמול.
- עבודה פרטנית מול צוותי תכנון פעילים על בסיס ההנחיות תוך קבלת היזון חוזר.

תוצרי התהליך הם:

- מיפוי המתקנים המיועדים לחשמול – קיימים ומתוכננים.
  - כמות עמדות הטעינה הנדרשת בכל מתקן, לפי טכנולוגיות הטעינה השונות.
  - גרף צריכה הקובע את ההספק הנדרש לחשמול בכל מתקן בשעות היממה השונות.
- נספח א' למסמך זה מציג בטבלה את רשימת המתקנים המיועדים לחישמול בטווח הזמן שעד 2025.
- נספח ב' למסמך זה מציג את מסמך ההנחיות שהופץ לצוותי התכנון לאחר הערות.
- בהתאם להנחית אגף תכנון ומדידה, התהליך מבוצע בראיה מרחבית לפיה כל פעילות במתקן מסוים משפיעה ומושפעת ממצאי התשתיות במרחב שסביבו. גישה זו גם משתלבת עם תפיסת העבודה של חברת החשמל, בבואה להעריך את דרישות הטעינה מול קיבולת הרשת.
- תרשים 15 מציג מקרה בוחן מרחב נתניה כדוגמה. במרחב זה פזורים מספר מתקני תחבורה מסוגים שונים, שכל אחד מהם מייצג אתגר אחד או יותר מהרשימה שהוצגה בפרק 4. במקביל ישנה מפת נתונה של רשת המסלולים והתדירויות. לפיכך מרחב זה צפוי לעבור תהליך תכנוני מסודר שיתחשב בכל האילוצים והמטרות שהוגדרו בפרקים הקודמים.



תרשים 15 – מתקני תח"צ במרחב נתניה

בכוונת חטיבת תכנית אב בחברת נתיבי איילון לקדם עבור משרד התחבורה תוכנית תקנונית במסלול מהיר ובסמכות הוועדה לתשתיות לאומיות (הות"ל), על מנת לאפשר חשמול של מתקני התחבורה הציבורית הקיימים הממוקמים בייעוד קרקע תחבורתי. לטווח הרחוק הכוונה היא לקדם הסדרה סטטוטורית של כל המתקנים המיועדים לחשמול, באמצעות תוכנית לתשתית לאומית (תת"ל). תכנית זו תסדיר את המתקנים מבחינת ייעוד קרקע, הוראות, שימושים, זכויות בניה וכד', ותעגן אותם מבחינה סטטוטורית בהיררכיה הגבוהה ביותר.

## 6.2 הצטיידות

רכש האוטובוסים בענף התחבורה הציבורית מתבצע על ידי מפעילי התחבורה הציבורית והוא לרוב ממומן על ידי המדינה באופן עקיף בדרך זו או אחרת. ישנם כמה ערוצי פעולה בענין זה:

- מכרזי הפעלה לקווי שירות.
- הסכמים מיוחדים עם המפעילים ההסטוריים – אגד ודן.
- חידוש צי עקב התיישנות, עם הגעת גיל הרכב לערך סף הקבוע בהסכמים.
- סיכומים על תוספות שירות

הצטיידות באוטובוסים חשמליים מתבצעת רק במסגרת תהליכי הצטיידות אלה. במלים אחרות, משרד התחבורה לא מתכנן, וגם לא ערוך מבחינה תקציבית, לקדם תהליכי הצטיידות יעודיים לחישמול מעבר לאלו המתוכננים ממילא במסגרת תהליכי הרכש השוטפים. משמעות הדבר היא כי היכולת לקבוע איזורי עדיפות לאומית בנושא זה הינה מוגבלת ומאולצת לתוך התהליכים הקיימים.

במסגרת תכנית החישמול הוכנה טבלת חיזוי של תהליכי הרכש הצפויים בחמש השנים הקרובות. הטבלה, המוצגת בנספח ג', הוכנה במתכוון בגישה שמרנית ומצומצמת ולא כללה כל התייחסות

לתוספות שירות, מאחר ואין כיום אפשרות להניח הנחות כלשהן בנושא זה. הטבלה נערכה על בסיס איזורי פעילות ושנות יעד, והנתונים נקבעו תוך הסתכלות גם על התכנית להקמת תשתיות שבנספח א'. טבלה 6 מהווה סיכום תמציתי של יעדי הרכש בכל מטרופולין, על סמך הנתונים המפורטים שבנספח ג'.

טבלה 6 – יעדי גודל צי חשמלי בחלוקה למטרופולינים

יעדי חישוב ל-2026	מטרופולין
282	באר שבע והדרום
515	חיפה והצפון
381	ירושלים והסביבה
1266	מטרופולין תל אביב המורחב
2444	סה"כ ארצי

בהערה משלימה יצויין כי מערך הקולות הקוראים של המשרד להגנת הסביבה, שהיווה עד עכשיו כלי עבודה משמעותי בקידום הרכש החשמלי, צפוי להיות כזה גם בהמשך. עם זאת, כלי זה מיועד למתן מימון ה-"דלתא" של העדפת אוטובוס חשמלי על דיזל, במסגרת הליך רכש קיים שמבצע המפעיל ממילא. על מנת להבטיח כי הקולות הקוראים אכן יגדילו את שיעור האוטובוסים החשמליים, הוגדר בסיכום בין המשרדים כי לא יהיה מנגנון של כפל מימון עבור אותו אוטובוס. כלומר מפעיל הרוכש אוטובוסים חשמליים במסגרת מכסה המוגדרת בהסכם, יוכל רק להסיט את מימון הגנ"ס עבור רכש נוסף, המתוכנן בלאו הכי, מחוץ להסכם.

### 6.2.1 נספח החישוב

משרד התחבורה מצרף לכל מכרז הפעלה נספח הגדרות לענין חישוב. להלן חלק מעקרונותיו<sup>23</sup>:

- המפעיל נדרש ליישם מספר נתון של אוטובוסים חשמליים תוך שמירה על מפת הקווים והתדירויות שהוגדרה במכרז.
- המפעיל אחראי לרכש, התקנה, הפעלה ואחזקה של האוטובוסים והסוללות. באותו אופן הוא אחראי גם לעמדות הטעינה והשחלת הכבילה אלא אם הודיעה ועדת המכרזים אחרת.
- במתקני תחבורה אשר תשתית החישוב בהם מקודמת ע"י המדינה, תספק המדינה תשתית חישוב (צנרת) עד למיקומי העמדות, וללא כבילה.
- המפעיל יגדיר לעצמו את טכנולוגיית הטעינה ואת כמות העמדות הנדרש לביצוע התכנית התפעולית שלו ותוך התאמה למציאות בשטח.
- המפעיל יישם טכנולוגיות טעינה סטנדרטיות המאפשרות ריבוי דגמי אוטובוסים באותה עמדה ובין היתר תקע ופרוטוקול טעינה CCS2 ו-OCPP גירסה 1.6.

<sup>23</sup> סעיף זה משקף את תמונת המצב נכון למועד כתיבת המסמך. תמונה זו עשויה להשתנות בעתיד. כמו כן בכל מקרה של סתירה בין נוסח מכרז מסוים לנוסח סעיף זה, קובע נוסח המכרז.

- המפעיל יגלם בהצעתו את כלל עלויות ההפעלה ועלויות צריכת החשמל בכלל זה.

בנוסף מוצג במכרז היצע תשתיות הטעינה המקודם על ידי המדינה באשכול הספציפי, תוך פירוט האינטגרציה ההנדסית הנדרשת עד לרמת סוג כבל ומידות מטען. הדבר נעשה תוך הקפדה על פתיחות מקסימלית למגוון ספקים.

## פרק 7 - תהליכים מקומיים

### 7.1 תהליכים במרחב ירושלים

במהלך 2020 פורסמו מחדש 4 מכרזים משמעותיים במרחב ירושלים כאשר 3 מתוכם כוללים שירות עירוני - מכרז בית שמש, מכרז ירושלים מרכז וירושלים צפון. בהתאם להחלטת הממשלה, הוגדר במכרזים הללו היקף משמעותי של 50% אוטובוסים חשמליים מכלל הצי העירוני. במקביל גם הוחלט לקדם על ידי המדינה חניוני לילה מרכזיים שיכללו תשתית טעינה. החניונים מקודמים בימים אלה במקביל להליך המרכזי, תוך הסתייגות וקביעת מנגנוני התאמה במידה והקמתם לא תסתיים בלוח הזמנים.

במקרה של איזור בית שמש, מדובר בחניון פתוח במתחם "מנועי בית שמש" שמתוכנן להיות בעל יכולת לטעינה של עד 100 אוטובוסים חשמליים במצב סופי. מפרט התשתיות נמסר למתמודדים במסגרת מכרז ההפעלה, והפרויקט צפוי לשמש אבן בוחן ליכולת לבצע אינטגרציה בין עמדת טעינה המותקנת על ידי המפעיל הזוכה במכרז, לבין תשתית פיזית וכבילה המסופקת ע"י קבלן המדינה.

במקרה של מכרזי ההפעלה המרכזי והצפוני בירושלים, מתוכנן מספר חסר תקדים של 200 אוטובוסים חשמליים בסה"כ (לפני תוספות שירות). אוטובוסים אלה מתוכננים רובם ככולם להיטען בחניון המרכזי בהר חוצבים, חניון 4/9. כאשר במקביל מקודם תהליך בירור וזיהוי אתרים נוספים לטעינה מהירה משלימה ברחבי העיר, שנראה שתידרש.

תהליך העבודה בחניון 4/9, שתוכנן במקור לאיכלוס אוטובוסי דיזל רגילים, הציב מספר אתגרי תכנון. בשל אילוצי קונסטרוקציה בקומה השניה במתקן, היה צורך לבצע התאמות בהגדרות של מטעני ה-DC הדרושים וזאת תוך שמירה על שוק פתוח באופן סביר בפני מגוון של ספקים. בנוסף, ההספק הנדרש למתקן כולו העלה צורך בסיכום נפרד עם חברת החשמל המתבסס על גרף צריכה לשעות שונות. אתגר נוסף שצפוי לאפיין את המשך תהליך ההקמה הוא העובדה שהחניון צפוי לאכלס שני מפעילים שונים שיעשו שניהם שימוש בו זמנית באותה תשתית טעינה. אתגר זה חייב הגדרות ברורות במכרזי ההפעלה (נספח ד'), ויצריך בהמשך קביעת גורם ניהולי ברור למערך התשתיות החישמול במתקן.

## 7.2 מטרופולין חיפה

תכנית החישמול במטרופולין חיפה מבוססת על שילוב מהלכים בין המפעיל המרכזי באיזור, חברת אגד, לבין חברת התשתיות מטעם המדינה (עד ל-2020 חב' יפה נוף). בדיונים משותפים שהתקיימו ב-2019 הוצגה המפה המתוארת בתרשים 16. האתרים המסומנים בירוק מקודמים על ידי חברת אגד, כאשר באתר קריות מדובר על הרחבה של מערך טעינה קיים, ובאתר חוף הכרמל – על הקמה של מערך חדש, שניהם ביחד בהיקף של כ-100 עמדות טעינה.

האתרים המסומנים בכתום הינם אתרים קיימים אך ללא מערך חישמול כיום. עבור אתרים אלה בוצע הליך של תכנון מוקדם ומפורט והכנת אומדן. בסיכום תהליך זה הוחלט כי פעילות המדינה תתמקד בעיקר בדיפו קרית אתא, כאשר המסוף בבת גלים נשאר על שולחן התכנון כאתר חלופי.



תרשים 16 – מתקנים לחישמול במרחב חיפה

אתר הדיפו (LAT32.81LON35.10) נמצא תחת תכנית מפורטת בתוקף מס' 391-0497099 מיום 30/05/2018 בייעוד תעשייה. האתר משמש כחניון לילה לרכבי המטרונית, והוא מיועד לשמש גם את המפעיל הבא, שצפוי להכנס לפעולה בסוף שנת 2021.

במסגרת התכנון בוצעה בדיקה ראשונית של המשמעות התפעולית של הפעלת אוטובוסים מפרקיים חשמליים מהמתקן. תוצאות הבדיקה תומכות בהחלטה להפעיל עד 60 מטרוניות על בסיס טעינות לילה המתבצעות במתקן, בשתי משמרות. במסגרת מכרז ההפעלה של המטרונית יהיה על המפעיל הנבחר להעריך האם נדרשת הקמה של תשתיות נוספות על ידו ואם כן – היכן.



בדיקת תאימות המעגל בהישמול למערך קווי המטרונית								
(גרסה 1.1)								
מס'מס' / מס' קו	קו 1	קו 2	קו 3	קו 4	קו 5	קו 6	קו 7	אופן חישוב הנתון
זמן סבב	150	108	98	124	67	148	104	מרחק נסיעה הלק"מ+נסיעה חוזר+10 דקות הפסקה
צ"ר רכב	25	18	25	21	9	20	14	זמן סבב לחלק בתדירות שעת שיא
סך נסיעות	236	204	270	254	240	240	240	סך יציאות מבקשות לרכב חשמלי לתקופת יום (ר' הערה)
נסיעות יפוי לרכב אחד	9.44	11.3	11	12.3	26.9	12.2	17.3	סך נסיעות לחלק לצ"ר רכב
ס"כ ק"מ לתקופת יום A	242	203	176	252	271	304	294	נסיעות לתקופה במול אויך מסלול בביון
סך ק"מ לתקופת יום A+B	315.4	261	200	280	303	340	329	נסיעות לתקופה במול אויך מסלול בביון

הנתח מצא: טעינת לילה מספקת 200 ק"מ (יש לחבר שמחבר במסרק)  
 הערה: הביטוי "תקופת יום" הוא נתון קלט להחלטה:  
 במקרה זה תקופה A היא בין השעות 6:00 ל-18:00 כולל.  
 ותקופה B היא ימות השבת (מחבר בקו 24 שעות)

### 7.3 מטרופולין ת"א המורחב

תכנית החישמול במטרופולין תל אביב מתבססת על זיהוי וקידום של כמה "חניוני עוגן" בהם תתבצע טעינת לילה, בשילוב עם טעינה מהירה במסופים כפתרון משלים היכן שניתן או הכרחי. תהליך זה מתבצע במקביל ועל רקע התכנית האסטרטגית לתשתיות תחבורה ציבורית שתוארה לעיל, ובהלימה עם תכנית ההצטיידות המתוארת בנספח ג'.

נכון לסוף שנת 2020 צפי ההצטיידות העיקרי במטרופולין מרוכז כמעט כולו אצל החברות דן ואגד, במסגרת המרחבים בהם הן פועלות. לאור זאת המיקוד העיקרי בטווח הקצר הינו לישובים ראשון לציון, רחובות, פתח תקווה ותל אביב. בהעדר תשתית זמינה לטעינת לילה בתל אביב, מורחב איזור האיתור למעגל החיצוני של איזורי התעשייה של חולון, אזור, רמת גן ובני ברק.

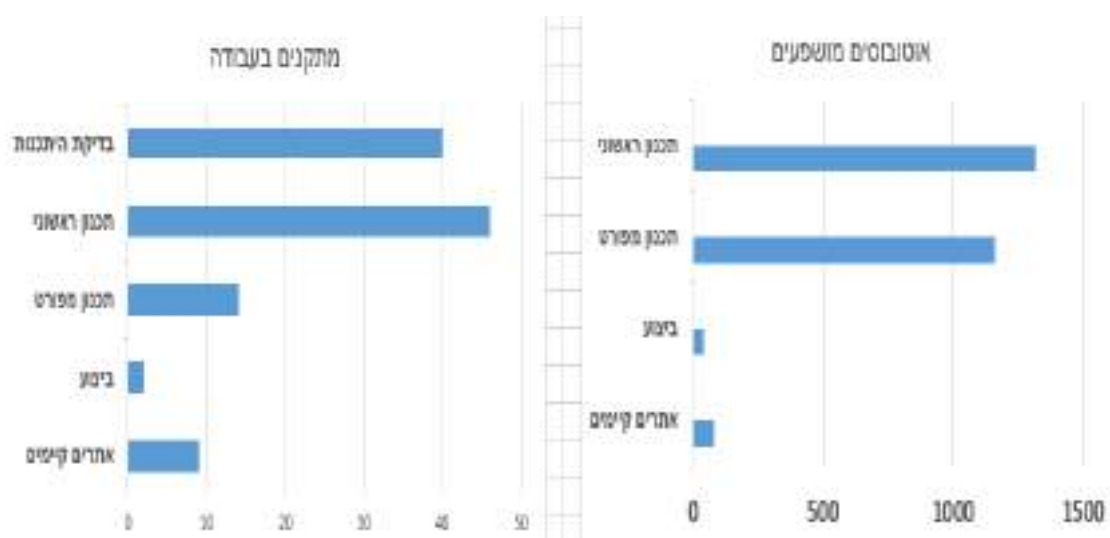
בכל אחת מהערים שהוזכרו הוגדר לפחות חניון אחד הנמצא כעת בשלבים של דיון תיקצוב או דיון תכנון מתקדם.

### 7.4 מרחב בין עירוני

בחודש אוגוסט 2020 פירסם המשרד להגנת הסביבה את הקול הקורא הרביעי, בהיקף תמיכה כולל של 47 מליון ₪. המפעילים מתבקשים להגיש בקשות לתמיכת המשרד ברכש אוטובוסים חשמליים בהיקף של עד 250,000 ₪ לאוטובוס. בשל מבנה התימרוץ שהוגדר ע"י המשרד להגני"ס, ההערכה היא כי מרבית הרכש בהליך זה צפוי להתרכז מחוץ למרחבים המטרופוליניים. לאור זאת הוחלט לפרסם לציבור את רשימת המתקנים המלאה על מנת לעודד יוזמות לקידום טעינה במתקנים נוספים.

<sup>24</sup> מקור: יפה נוף וד"ר רוברט אסחאק

תרשים 17 מסכם את תמונת המצב הכללית נכון למועד כתיבת המסמך.



תרשים 17 תמונת המצב של תכנית החישול נכון ל-2020

## 8. מנגנוני מימון

### 8.1 מימון הצטיידות

בעולם התחבורה הציבורית החשמלית קיים קונצנזוס גלובלי סביב הנקודות הבאות:

- עלות המדף של אוטובוס חשמלי הינה גבוהה משמעותית מאוטובוס דיזל.
- עלות המדף של אוטובוס חשמלי והסוללות שלו נמצאת במגמת ירידה.
- עלות האנרגיה של הפעלת אוטובוס חשמלי הינה זולה יותר בחישוב שנתי.
- לתמריצים ממשלתיים יכולה להיות השפעה משמעותית על הכדאיות.
- בתחשיב כלל מחזור החיים, קיימת נקודת איזון שהחל ממנה אוטובוס חשמלי הינו משתלם יותר. נקודת האיזון יכולה להיות מועד רכישה (למשל 2021 בהשוואה ל-2020), או משך חיים כולל (למשל 12 שנה בהשוואה ל-10 שנים).

בנוסף לכך, השוק הישראלי מתאפיין בתחשיבים לא אחידים לגבי עלות האחזקה של אוטובוס חשמלי. לגורמים המקצועיים ברור כי היקף המכלולים באוטובוס דיזל הינו גדול יותר וכך גם עלויות הטיפול הישירות. מצד שני, העלות מושפעת גם מהיצע חלפים מצומצם וזמינות נמוכה של ציוד תמיכה באוטובוס החשמלי, כמו גם מהיעדר נסיון אחזקתי מספק. דבר זה מביא לגילום סיכונים בעלויות האחזקה ע"י הספקים והנהלות המפעילים. בהמשך ציר הזמן צפוי שהמגמה תתיישר לעלויות אחזקה אחידות.

השילוב של כל הנקודות הללו מביא לשתי תופעות במקביל:

- ענין גובר של הנהלות המפעילים ברכש אוטובוסים חשמליים.
- ציפיה של המפעילים לסבסוד ממשלתי, גם בשנים 2020-2021.



## אתגרים כלכליים בהסבת הצי לחשמלי – עלויות תחזוקה



תרשים 18 – השוואה בין דגמים מבחינה אחזקתית (מקור: מצגת אגד)

משרד התחבורה גיבש מודל כלכלי להערכת היקף הסבסוד הנדרש בתלות במועד רכישת האוטובוס. המודל מתחשב בכל מרכיבי העלות הישירה והעקיפה ובכלל זה עלות הרכב, עלות האנרגיה כתלות בנסועה ובמיסוי לאורך זמן ועוד. המודל הוכן בשיתוף משרד רוה"מ, משרד האנרגיה והמשרד להגנת הסביבה ומשמש את המשרד בדיונים הן מול המפעילים והן מול הגורם המתקצב.

### 8.2 מימון תשתיות

תכנית החישמול הארצית מתבססת במידה רבה מאוד על פרויקטי תשתית מקומיים המבוצעים ע"י גורמים שונים על פי דרישות המשרד. גורמי הביצוע הינם חברות הניהול של המשרד, מפעילי תחבורה ציבורית, חברות כלכליות מקומיות, או גורמים אחרים. במהלך העבודה נערכו מספר אומדנים, שתורגמו לשפה אחידה ונורמלו לערכים דומים. היעד הוא להגיע למחירון ברור שיאפשר הערכה מושכלת ומהירה האם אומדן פרויקט החישמול המוצע ראוי לקידום או שיוחזר לשולח. ואכן במהלך 2020 התקיימו מספר דיוני תקצוב על פרויקטים ספציפיים במסגרתם נקבע, על סמך מאגר הידע שהצטבר, שהצעות המחיר דורשות חשיבה מחדש.

במקביל, מתבצע בחברת נתיבי איילון תהליך חשיבה מחדש על שיטת המימון למתקני התשתית, באופן שיאפשר הקמה ומימון על ידי זכיינים. בסיכום עם משרד התחבורה נקבע כי התהליך לא יעכב הקמת מתקנים קונקרטיים שנמצאים בעבודה. בסיכום התהליך יפורסמו תוצאותיו בנפרד.

## 9. סיכום וצעדי המשך

התכנית לחישובול התחבורה הציבורית היא תהליך מתמשך המחייב תיאום הדוק בין מספר רב של גורמים, ומתבצע סביב רעיון מסדר מרכזי – תאימות בזמן ובמרחב בין תהליכי הצטיידות לתהליכי הקמת תשתיות טעינה.

מדד ההצלחה של התכנית הוא מספר האוטובוסים החשמליים הפעילים בכל נקודת זמן. בשנתיים הקרובות צפויה קפיצה משמעותית במספר האוטובוסים החשמליים הפעילים. אך יעדי התכנית לשנים שלאחר מכן הינם שאפתניים ביותר בקנה מידה עולמי. יעדים אלה הינם ברי השגה אם יבוצעו לפי המתווים שהוגדרו במסמך זה, ובכפוף לדרישה התקציבית שהוצגה בפורומים הרלבנטיים.

יישום התכנית מחייב תהליכי בקרה על בסיס קבוע, הן ברמת היומיום על ידי מנהל תכנית, והן ברמה תקופתית על ידי צוותי היגוי מחוזיים וארציים. צוותי העבודה צריכים לכלול גורמים מדיסציפלינות שונות, ובעיקר תחום תפעול התחבורה הציבורית, תחום הסטטוטוריקה ותחום הנדסת החשמל.

התכנית מחייבת המשך שיתוף פעולה בין נציגי משרד התחבורה לבין כמה מוסדות ממשלתיים. ובהם מוסדות התכנון (לקידום פתרונות סטטוטוריים למתקנים), גורמי האנרגיה (חברת החשמל ורשות החשמל), ומשרדי הממשלה הנוגעים בדבר (בעיקר אנרגיה והגנת הסביבה). במקביל על צוות התכנית להמשיך בקידום חילופי הידע בין מפעילי התחבורה הציבורית, חברות הביצוע והתשתית, וספקי הפתרונות הטכנולוגיים.

מסמך זה משקף תמונת מצב נכון לסוף שנת 2020 ועל סף זינוק בהיקפי הרכש בשנת העבודה הקרובה. מומלץ לעדכן את המסמך מדי שנה כאמצעי בקרה עד לשנת היעד של 2026.

## נספח א' – רשימת המתקנים לחישמול

רשימת המתקנים לחישמול מבוססת על עקרונות התיעדוף שהוגדרו בסעיף 6.1. זהו תהליך מתמשך המבוסס על מעקב שוטף ומשולב בין תכנית ההצטיידות, מצאי המתקנים (מהבחינה התכנונית, התקציבית והפיזית), ומצאי רשת החשמל.

הרשימה הועלתה לאינטרנט לראשונה במסגרת מידע אינפורמטיבי שנמסר למשרד להגנת הסביבה, גירסה עדכנית נכון למועד כתיבת המסמך מופיעה [בקישור המצ"ב](#).

## הנחיות לתכנון תשתיות יעודיות

### עבור אוטובוסים חשמליים

#### גרסה 4.2

גירסה	תאריך	שינויים (ניתן לבקש ממשרד התחבורה גירסאות בסימני שינוי)
2.0	ינואר 2019	עדכון ופירמול טיוטות קודמות
3.0	מרץ 2019	גמישות רבה יותר למתכנן הגאומטריה עבור קבלי על
3.1	יוני 2019	התאמת סעיף 1 בהתאם ללקחים מחציון ראשון 2019.
3.9	ספטמבר 2019	כתיבת המסמך מחדש בהתאם ללקחים שעד רבעון 3/2019 שינוי סעיף 3 לגישת top-down. ועדכון דרישות ההספקים.
3.9.1	ספטמבר 2019	הערות מת"ח
3.9.2	ספטמבר 2019	הערות עת"א
3.9.5	אוקטובר 2019	לאחר הערות יועצי חשמל – טיוטה פתוחה להערות נוספות
3.96	פברואר 2020	גירסה להתייחסות תכנית אב ירושלים ונתיבי איילון
3.98	מרץ 2020	גירסה להערות מת"ח
4.0	אפריל 2020	גירסה מיוצבת ומאושרת לשנת העבודה 2020
4.2	יולי 2020	גירסה מוסכמת לאחר הערות חברת החשמל

## 1. רקע ומטרות

משרד התחבורה מקדם תכנית רב שנתית לחישמול התחבורה הציבורית במרחבים העירוניים. תנאי מקדים מרכזי לרכש והפעלה של אוטובוסים חשמליים הוא הכנת תשתיות טעינה בהיקף נדרש. השיטה הנפוצה ביותר (אם כי לא היחידה) היא למקם את תשתיות הטעינה בחניונים או מסופי קצה. לצורך כך נדרשת קביעה של מספר פרמטרים ובהם סוג הטכנולוגיה, ההספק הנדרש, משך זמן הטעינה, מבנה המתקן, כמו גם כמות האוטובוסים ומיקומם במרחב החניון.

ההנחיות המוצגות בגירסה זו מהוות מסגרת מנחה לשימוש מתכנני החניון או המסוף. המסמך מציע עקרונות בסיסיים לקבלת ההחלטה מהו סוג התשתית הנדרשת על בסיס השימושים המוצעים/הקיימים/האפשריים במתקן, ומציג את ההשלכות מבחינת גאומטריה ותשתיות.

המסמך מתעדכן מספר פעמים בשנה בהתאם לטבלת ניהול הגירסאות. העדכונים מבוססים בין היתר על הערות והצעות של צוותי התכנון. במידת הצורך ניתן לעקוב אחר ההבדלים בין הגירסאות כפי שמוצגים בספרית הידע של משרד התחבורה. ערכי ההספק המוצגים במסמך הינם בהתאם לעדכניות הטכנולוגיה במועד הוצאת הגירסה.

מטרת המסמך היא להתוות הנחיות בהקשר התחבורתי. פעילות מתכנן החשמל תהיה בהתאם לחוקים ולתקנות הרלבנטיות לתחום עיסוקו ובכלל זה בין היתר המסמך הממשלתי (של מינהל החשמל) לעניין "הנחיות להתקנת מערכת טעינה לרכב חשמלי". במקרה של סתירה בין הנחיות יש לעדכן את המזמין.

## 2. מונחים והגדרות

**2.1 נציג המזמין** – מנהל אגף בכיר תכנון ומדידה תחבורה ציבורית במשרד התחבורה או נציגו.

### 2.2 מתקן

מסוף תפעולי או חניון מינהלתי או חניון לילה.

### 2.3 טעינת לילה

טעינה בהספק של 75 – 150 KW המתבצעת במשך מספר שעות, בדרך כלל בשעות הלילה ובטכנולוגית מצברים כהגדרתה להלן.

### 2.4 טעינה מהירה

טעינה בהספק גבוה (סדר גודל 350 – 600 KW) במשך מספר דקות. מבוצעת בד"כ בסיום נסיעה, ובטכנולוגית מצברים או טכנולוגית קבלי על, כהגדרתן להלן.

### 2.5 טכנולוגית מצברים

הטכנולוגיה השכיחה בעולם בעת כתיבת המסמך, מתבססת על מארזי סוללות ליתיום המותקנים על האוטובוסים ומתבצעת בהספק שיכול לנוע בין 50 ל-400 קילוואט. ברוב המקרים באמצעות

אקדח טעינה אך לעתים גם באמצעות התקן עילי. מודל ההפעלה השכיח מתבסס על זמן טעינה של מספר שעות ומתבצע בלילה. טווח הנסיעה המתקבל הינו 160-220 ק"מ נסיעה לטעינה.

### **2.6 טכנולוגית קבלי על**

סופר קבלים (Supercapacitor) הינו כינוי לרכיב חשמלי המסוגל לאגור ולפרוק מטען חשמלי במהירות גבוהה. הקבלים נטענים על ידי מטען המתחבר אליהם ומטעינם בזמן קצר שעשוי להיות מתאים לטעינת יום. טווח הנסיעה של אוטובוסים מסוג זה הינו הינה כ 16-22 ק"מ נסיעה לטעינה. הטכנולוגיה השכיחה לטעינת אוטובוסים מסוג זה הינה באמצעות מתקן עילי (פנטוגרף) בהספק של מאות קילוואט.

### **2.7 טכנולוגית טעינה אינדוקטיבית**

מבוססת על הטמנת תשתית כבילה פסיבית במיסעה (באמצעות חריצה וחיבור לארונות סעף) ואז טעינה באמצעות אינדוקציה למטען סליל הממוקם בתחתית שלדת הרכב. הטכנולוגיה לא הופעלה מבצעית בעולם אך נמצאת בניסויים ומחקר יישומי.



### 3. קביעת היקף וסוג התשתית בכל מתקן

מתכנן המתקן יגדיר את כמות האוטובוסים החשמליים שיאכלס המתקן בהתאם להנחיות נציג המזמין (להלן "המזמין"). הנחית המזמין הינה החלטת מדיניות הנגזרת מההנחיות הבאות:

- א. התכנית האסטרטגית לחישמול. תכנית זו מגדירה יעדים כמותיים ברמת מטרופולין.
- ב. תכנון תחבורה ציבורית ברמת המרחב, הכולל בין היתר את הקצאת הקווים למתקן, מספר היציאות ומשכי הנסיעה.
- ג. התמקדות בקידום חישמול לאוטובוסים עירוניים בלבד, בשלב זה.

בהתאם לכך, המזמין יגדיר למתכנן המתקן את מספר האוטובוסים החשמליים לטעינת יום ולטעינת לילה במתקן. המתכנן נדרש להקצות רף מינימלי של עמדות טעינה בהתאם לחלוקה שבטבלה 1, וזאת כל עוד לא ניתנה הנחיה אחרת על ידי המזמין.

טבלה מס' 1 – סוג התשתית הנדרשת בהתאם למתקן התחבורה הציבורית

סוג המתקן <sup>25</sup>	מספר עמדות לאוטובוס עירוני	דרישות מינימום
מסוף תפעולי (שהות קצרה)	בין 3-5	עמדת טעינה מהירה
	בין 6-8	שתי עמדות טעינה מהירה, אחת מכל סוג טכנולוגיה.
	9 ומעלה	שלוש עמדות טעינה מהירה, לפחות אחת מכל סוג טכנולוגיה.
חניה מנהלתית (שהות ממושכת)	3 ומעלה	עמדת טעינת לילה אחת לכל 3 עמדות חניה
חניון לילה	כמוגדר בפרוגרמה	עמדת טעינת לילה אחת לכל שתי עמדות חניה
<b>הערה: יש לעיין בטבלה זו ביחד עם ההסבר הנלווה בסעיפים 3 ו-4 למסמך זה</b>		

בהמשך לכך נדרש המתכנן לבצע את תכנון החשמל ואת תכנון הגאומטריה.

<sup>25</sup> בהתאם להגדרות המצויות ב"הנחיות לתכנון ותפעול שירות תחבורה ציבורית", משרד התחבורה, 2016.

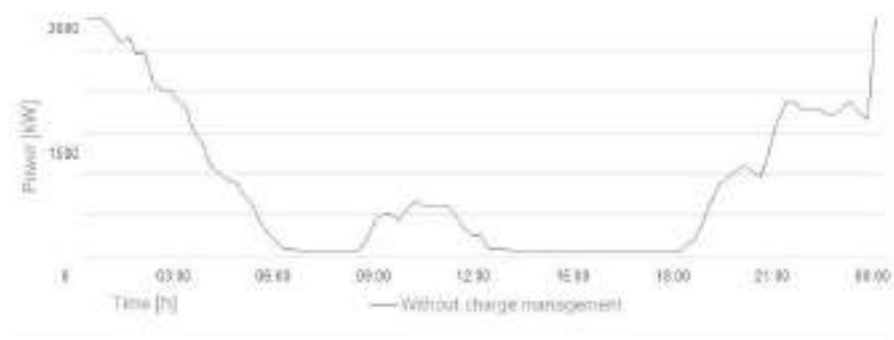
#### 4. תכנון החשמל

במסגרת תכנון החשמל נדרש לתכנן תשתית חישמול כוללת ברמת המתחם (לרבות מערכת ניהול טעינה מקומית), בהתאם למבנה שלו, לפיזור עמדות הטעינה ולתנאי רשת החשמל הסמוכה לאתר, ובהתאם להנחיות הרגולטור לענין בטיחות וקרינה (לענין קרינה ישנו סיכום דיון המוצג בספרית הידע, בהמשך סעיף זה).

מתכנן החשמל נדרש לתכנן את תשתיות החשמל התומכות בעמדה, כולל הצנרת עד אליה, כאשר תשתית הכבילה תוצג כאופציה. מתכנן החשמל של המתקן אינו נדרש לתכנן את עמדת הטעינה עצמה (אלא אם ניתנה הנחיה אחרת ע"י משרד התחבורה), אך באחריותו להבטיח שהיכולת של חברת האוטובוסים לבצע חיבור בפועל תהיה גנרית ופשוטה. באחריות מנהל פרויקט הקמת המתקן להנגיש לנציג המזמין את כל מסמכי התכנון המפורט, כך שאלה יוכלו יהיו זמינים לחברת האוטובוסים כבר בשלב ההתמודדות על מכרז ההפעלה.

לצורך הנחת תכנון ראשוני והערכות מול חח"י יש להניח רף מינימום של 75 קילוואט לעמדת טעינת לילה, ו-400 קילוואט לעמדת טעינה מהירה.

במסגרת הפרויקט, יציג מתכנן החשמל חלופות של הספקי טעינה מוצעים ומשמעותם מבחינת זמני טעינה, וזאת בהתאם למקדם טעינה בו זמנית שיוגדר לו ובהתאם לסוגי האוטובוסים החשמליים הזמינים בשוק. מידע על סוגי האוטובוסים מצוי בספרית המידע המשותפת של הרשות הארצית לתחבורה ציבורית. בנוסף, יציג מתכנן החשמל, או חבר אחר בצוות התכנון, הערכה לגבי גרף הצריכה היומי של המתקן, בדומה למוצג בתרשים ב1. יובהר כי תרשים זה הינו רק בגדר דוגמה לצורך המחשה.



תרשים ב1 – דוגמה לגרף צריכה יומי של מתקן תחבורה ציבורית

לאחר שילקחו בחשבון הדרישות התפעוליות של התחבורה הציבורית מחד, אל מול משמעותיות תשתיתיות ופיננסיות מאידך, יקבל המזמין החלטה האם וכיצד לחרוג, לכאן או לכאן, מרף המינימום שהוגדר לעיל.

בנקודה זו יצויין כי לגישת חברת החשמל, במתקן בו הספק הטעינה המצרפי עולה על 400kW, נדרשת מערכת ניהול טעינה מקומית הכוללת, בין היתר, יכולת לשינוי הספק הטעינה המרבי באופן דינאמי ובאמצעות שליטה מרחוק. ענין זה נמצא בדיונים נכון למועד גירסה זו. פתרון נוסף, אשר הנמצא בבחינה מקדמית ביחד עם רשות החשמל, הינו אופציה של "חיבור גמיש" המאפשר קידום מהיר של חיבורים למתקנים על בסיס הסכמה להגבלת צריכה בשעות היום.

## 5. משמעויות לתכנון גאומטרי

### 4.1 עבור טכנולוגיה מצברית

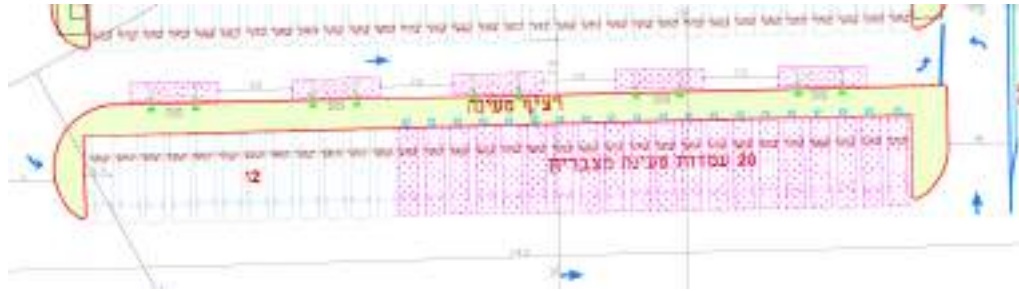
- סעיף זה מתייחס למצב של טעינה ידנית בדופן הצד של האוטובוס ובחלקו האחורי.
- המבנה הגיאומטרי הנפוץ הינו עמדות ניצבות, אליהן האוטובוסים נכנסים בנסיעה לאחור.
- מוצע להוסיף לעמדת החניה הרגילה הנדרשת לאוטובוס (כפי שמצוין בהנחיות לתכנון גיאומטרי של מסופי תחבורה משולבים 2005, עמוד 86, סעיף 5.1.3.6 או בגירסה עדכנית מאוחרת יותר). אורך של 1.5 מטר בין הדפנות האחוריים של האוטובוסים החונים לבין קצה העמדה, אין צורך להוסיף לרוחב עמדת החניה שטח נוסף לעומת המצוין בהנחיות.

לשם הנוחות מצורפת טבלה מעודכנת המתייחסת למסופים בשטח פתוח (ללא עמודים). במקרה של מסוף רב מפלסי או תת קרקעי יש לתקן את רוחב העמדה בהתאם לאמור בהנחיות הנ"ל בהקשר של רוחב עמדה (טבלה 5.7 בעמוד 86).

**טבלה מס' 2: שטח דרוש במ"ר לעמדות עם הכנה לתשתית חשמלית – אוטובוס מצברי**

סוג האוטובוס	אורך אוטובוס לתכנון	אורך חניה (מ) (אורך אוטובוס + אורך שטח תמרון + אורך התאמה לחשמל)	רוחב חניה (מ)	שטח במ"ר	דרוש
מידיבוס	9	$28.5 = 9 + 18 + 1.5$	3.5	100	
אוטובוס רגיל	12	$31.5 = 12 + 18 + 1.5$	3.5	111	
אוטובוס 15 מ'	15	$34.5 = 15 + 18 + 1.5$	3.5	121	
אוטובוס מפרקי רגיל	18	$37.5 = 18 + 18 + 1.5$	4	150	
אוטובוס מפרקי אורך (4-5 דלתות)	19	$39.5 = 19 + 19 + 1.5$	4	158	

במקרה שבו הטעינה המצברית נעשית בחיבור עילי, יש להתאים את גובה התקרה המינימלי המצוין בהנחיות לתכנון מסופי תחבורה משולבים באופן מותאם לדרישות החיבור.



תכנון עמדות טעינה לאוטובוסים חשמליים המונעים במצברים "וקבלי על" במתחם אחד - מסוף כפר סבא מזרח. 1

#### 4.2 עבור טכנולוגית קבלי על

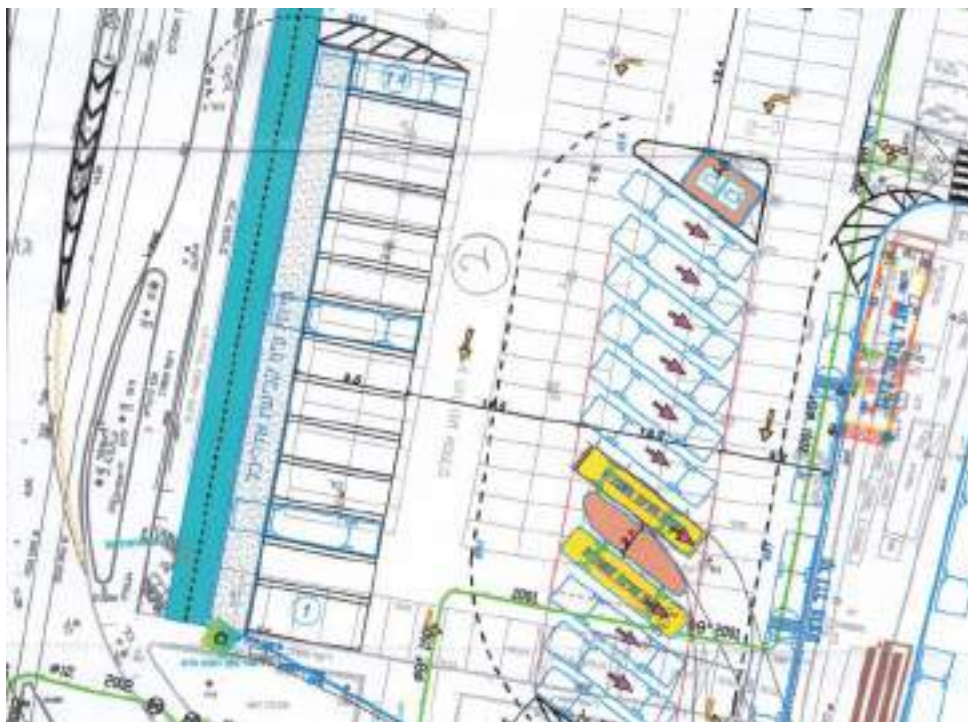
- עמדות הטעינה השכיחות לאוטובוס "קבלי על" הינה עמדות טעינה עילית באמצעות הוצאת זרוע חשמלית מהאוטובוס כלפי מעלה (פנטוגרף).
- הגיאומטריה השכיחה במקרה זה הינה במקביל לאבן השפה, תוך שמירה על גאומטריה ישרה המאפשרת כניסה ויציאה של האוטובוס ללא צורך בנסיעות לאחור ותמרונים.
- על העמדה להיות ממוקמת בנפרד מעמדות ההעלאה או ההורדה של נוסעים במסוף ומומלץ שתהיה מהעמדה גישה נוחה (גלישה) אל תחנת העלאת הנוסעים של הקו.
- עבור מתקני הטעינה יש לשריין לאוטובוס שטח עמדה הכולל את שטח האוטובוס עצמו ולצידו מדרכה באורך האוטובוס וברוחב שלא ירד מ-1.5 מ' (גודל המתקן ומרווח הליכה).
- נדרש גובה פנוי של כ-5 מטר.
- לצורך חישוב פרוגרמה (טרם תכנון הנדסי) יש להשתמש בהנחיות לתכנון גיאומטרי של מתח"מים מ-2005, בסעיף 5.1.3.3.1 בעמוד 69 – "רציפי קליטה עם מרווח יציאה". וזאת על אף שמדובר בחניה תפעולית ולא ברציף קליטה. זאת מכיוון שמדובר בגיאומטריה זהה לרציף קליטה.
- לצורך הנוחות מובאת טבלה 5.5 מההנחיות הנ"ל – "שטחי עמדת קליטה עם מרחב יציאה" עם התאמה לשטח הנדרש לצורך עמדות החישמול.

טבלה מס' 3: שטח דרוש במ"ר לעמדות עם הכנה לתשתית חשמלית – אוטובוס קבלי על

סוג האוטובוס	אורך אוטובוס לתכנון	אורך חניה (מ')	רוחב דרוש (מ')	שטח במ"ר	דרוש
מידיבוס	9	12 = 9+3	רוחב נתיב חניה+רוחב נתיב נסיעה+רוחב מדרכת מילוט (בצידו השני של נתיב הנסיעה) + רוחב נדרש לעמדת החישמול	114	$9.5 = 3+3.5+1+2$
אוטובוס רגיל	12	15 = 12+3		143	9.5
אוטובוס 15 מ'	15	18 = 15+3		171	9.5
אוטובוס מפרקי רגיל	18	21 = 18+3		200	9.5

209	9.5	22 = 19+3	19	אוטובוס מפרקי ארוך (4- 5 דלתות)
-----	-----	-----------	----	---------------------------------------

בעת התכנון המפורט, ניתן לבחון שיטות גיאומטריות שונות הנותנות מענה לצורך הנדרש תוך חסכון במקום. אפשרות אחת היא שימוש ברציפי אי באורך של אוטובוס אחד המאפשרים כניסה ויציאה מהירה מרציף הטעינה ומאפשרים לייצר רוחב נתיב עצירה בלבד (ללא רוחב נתיב נסיעה צמוד ורוחב מדרכת מילוט). ניתן להשיג שיפור נוסף בדרישות הקרקע על ידי הפיכת רציף האי לרציף דו כיווני, בו עמדת טעינה אחת משרתת שני אוטובוסים במקביל, הן מימין והן משמאל לרציף האי. דוגמה למבנה זה מיושמת במסוף סבידור בתל אביב בהתאם לתרשים 33 להלן.



תרשים 33 – מיקום עמדת טעינה בין שני רציפי חניה

## נספח ג' – תכנית ההצטיידות

תכנית ההצטיידות הוכנה בהתאם לעקרונות שבסעיף 6.2 למסמך זה והיא מסתכמת לארבע טבלאות לכל אחד מארבעת איזורי הארץ.

מועדי החידוש בטבלאות הינם בהתאם לגילאי צי הרכב באשכולות. מועדי המכרז בטבלאות הינם שנת ההפעלה (בדרך כלל שנה לאחר מועד פרסום המכרז).

בתחילת תקופת היישום של אשכול חדש, נכנסים לפעילות כמות אוטובוסים חשמליים כמוגדר במסמכי המכרז. כל האוטובוסים הם או חדשים, או שנרכשו מהמפעיל הקודם. יתרת האוטובוסים של המפעיל הקודם שלא נמכרו למפעיל החדש מועברת לאשכול אחר ולא נספרת באשכול זה. ולכן מונה האוטובוסים החשמליים מתאפס מחדש בהתאם לכמות שרשומה במכרז.

המסמך אינו כולל קבלני משנה.

### טבלה ג1 – תכנית ההצטיידות תח"צ חשמלי לאיזור באר שבע והדרום

סה"כ	מועד הפעלה לאוטובוסים חשמליים חדשים								מנגנון הצטיידות	מפעיל	אשכול
	26	25	24	23	22	21	20	19			
<b>באר שבע ואיזור הדרום</b>											
90	90	-	-	-	-	-	-	-	מכרז	דן באר שבע	באר שבע עירוני
									תוספות		
	-	-	-	-	6	-	-	-	חידוש		
0	-	-	-	-	-	-	-	-	מכרז	דן בדרום	צפון הנגב
									תוספות		
	-	-	-	-	-	-	-	-	חידוש		
32	-	-	-	-	-	32	-	-	מכרז	מכרז	רהט
									תוספות		
	-	-	-	-	-	-	-	-	חידוש		
80		80	-	-	-	-	-	-	מכרז	אפיקים	אשדוד-יבנה-תא
						4	-		תוספות		
	-	-	-	-	-	10	-	-	חידוש		
20	-	-	20	-	-	-	-	-	מכרז	מטרופולין	הנגב
									תוספות		
	-	-	-	-	-	-	-	-	חידוש		
60	-	-	-	-	-	-	-	-	הסכם	אגד	אגד דרומי
		20	10						תוספות		
				10	10	10			חידוש		
282	סה"כ מחושמלים באיזור ב-2026										

**טבלה ג2 – תכנית הצטיידות תח"צ חשמלי לאיזור חיפה והצפון**

סה"כ	מועד הפעלה לאוטובוסים חשמליים חדשים								מנגנון הצטיידות	מפעיל	אשכול
	26	25	24	23	22	21	20	19			
<b>חיפה ואיזור הצפון</b>											
70		70							מכרז	סופרבוס	אשכול העמקים
					5				תוספות		
				15		7			חידוש		
90									הסכם	אגד	חיפה עירוני
									תוספות		
			30	30	30				חידוש		
80		80							הסכם	אגד	חדרה פרברי
									תוספות		
									חידוש		
0									הסכם	אגד	זיאל עירוני, ברמיאל - חי
									תוספות		
									חידוש		
50	-	-	-	-	-	50	-	-	מכרז	דן צפון	מטרונית חיפה
	-	-	-	10	-	-	-	-	תוספות		
	-	-	-	-	-	-	-	-	חידוש		
90									הסכם	אגד	מתמ"ז - קריות
									תוספות		
	-	-	30	30	30	-	-	-	חידוש		
50				40					מכרז	נסיעות ותיירות	קווי נצרת
		10							תוספות		
									חידוש		
45									מכרז	שאמ	קווי נצרת-שאמ
									תוספות		
				15	15	15			חידוש		
40	-	-	-	-	35	-	-	-	מכרז	נתיב אקספרס	הגליל
		5							תוספות		
	-	-	-	-	-	-	-	-	חידוש		
515	סה"כ מחושמלים באיזור ב-2026									סה"כ מטרופולין חיפה והצפון	

**טבלה ג3 – תכנית הצטיידות תח"צ חשמלי לאיזור ירושלים והסביבה**

מחוז מצי	מועד הפעלה לאוטובוסים חשמליים חדשים									מנגנון הצטיידות	מפעיל	אשכול	
	סה"כ	26	25	24	23	22	21	20	19				
<b>איזור ירושלים ויו"ש</b>													
	30			30						מכר	קווים	ביתר עלית ועמק האלה	
		תוספות											
		חידוש					10						
	40									הסכם	אגד	ירושלים עירוני (אגד)	
		תוספות								10			
		חידוש				30							
	118		18						100	מכר	חדש	אשכול ירושלים צפון	
		תוספות											
		חידוש											
	118			18					100	מכר	חדש	אשכול ירושלים מרכז	
		תוספות											
		חידוש											
	0									מכר	אפעילי מז'ירושלי	מזרח ירושלים	
		תוספות											
		חידוש											
	0									מכר	אגד תעבורה	עוטף ירושלים	
		תוספות											
		חידוש				0							
	0									מכר	סופרבוס	פרוזדור ירושלים	
		תוספות											
		חידוש											
	0									הסכם	אגד	ירושלים בית שמש אשדוד אשקלון	
		תוספות											
		חידוש											
	75							69		מכר	חדש	בית שמש	
		תוספות											
		חידוש											
	0									מכר	אפיקים/חדש	שומרון	
		תוספות											
		חידוש											
	381	סה"כ מחושמלים באיזור ב-2026										סה"כ מטרופולין ירושלים	



**טבלה ג4 – תכנית הצטיידות תח"צ חשמלי לאיזור מטרופולין ת"א המורחב**

מועד הפעלה לאוטובוסים חשמליים חדשים										מנגנון הצטיידות	מפעיל	אשכול
סה"כ	26	25	24	23	22	21	20	19				
<b>מטרופולין תל אביב</b>												
56	56	-	0	0	-	-	-	-	-	מכרז	קווים	אונז - אלעד
										תוספות		
				15	18	3	-	-	-	חידוש		
40										מכרז	אפיקים	אשדוד עירוני
		4				30	4			תוספות		
							2			חידוש		
80				80	-	-	-	-	-	מכרז	קווים	החשמונאים
										תוספות		
					11	16				חידוש		
30						20	10			מכרז	מטרופולין	השרון
										תוספות		
										חידוש		
18										מכרז	קווים	חדרה - נתניה
			6	6	6					תוספות		
										חידוש		
10										מכרז	מטרופולין	שרון חולון מרחבי
				5	5					תוספות		
										חידוש		
80						80	-	-	-	מכרז	מכרז	נתניה עירוני
		8								תוספות		
										חידוש		
12					4	4	4			מכרז	אפיקים	פתח תקוה - ראש העין
										תוספות		
										חידוש		
70										הסכם	אגד	חולון עירוני
										תוספות		
					60	10				חידוש		
70										הסכם	אגד	ראשל"צ עירוני
										תוספות		
					60	10				חידוש		
90										הסכם	אגד	ראשל"צ פרברי
										תוספות		
					30	60				חידוש		
70										הסכם	אגד	רחובות עירוני
										תוספות		
				40	30					חידוש		
60										הסכם	אגד	רחובות פרברי
										תוספות		
				30	30					חידוש		
90										הסכם	אגד	רחובות-ראשלצ
										תוספות		
				30	60					חידוש		
290										הסכם	דן	תל אביב אשכול דן
										תוספות		
			70	60	60	100				חידוש		
200				100	100					מכרז	חדש	תל אביב מפעיל חדש
										תוספות		
										חידוש		
1,266	סה"כ מחושמלים באיזור ב-2026									סה"כ מטרופולין תא והמרכז		

## נספח ד' – דוגמה לנספח חי שמול במכרז הפעלת תח"צ קווי שירות

### א. כללי

- מסמך זה משולב כחלק בלתי נפרד ממסמכי הליך תחרותי לקבלת רשיון להפעלת קווי שירות באוטובוסים בישראל.
- המפעיל נדרש להפעלת אוטובוסים חשמליים באשכול בהיקפים שהוגדרו במסמכי ההליך התחרותי.
- האוטובוסים החשמליים יבחרו ויופעלו באופן שיבטיח עמידה בתכנית התפעולית שהציג המפעיל בהצעתו להליך התחרותי.
- דגמי האוטובוסים החשמליים שיופעלו באשכול יעמדו בכל ההגדרות וההנחיות מבחינת קיבולת ומבחינת רמת שירות לנוסע.
- המפעיל אחראי לרכש ותחזוקה של האוטובוסים על כלל מערכותיהם ובכלל זה הסוללות הנטענות.
- המפעיל אחראי לרכש, התקנה, הפעלה ואחזקה של עמדות הטעינה, כמפורט במסמך זה, אלא אם כן ניתנה הנחיה אחרת ע"י ועדת המכרזים במסגרת ההליך.
- המפעיל יישם טכנולוגיות טעינה סטנדרטיות המאפשרות ריבוי דגמי אוטובוסים על אותה עמדה.
- המפעיל יבחר את סוג טכנולוגית הטעינה, בהלימה הדדית עם התכנית התפעולית שלו ובהתאמה למצאי התשתיות שיזוהו באשכול, ולדרישה לסטנדרטיזציה כאמור לעיל.
- המפעיל יגלם בהצעתו את כלל עלויות ההפעלה ועלויות צריכת החשמל בכלל זה.
- מענקים ומימון – מענקים מטעם המשרד להגנת הסביבה, גופים ממשלתיים אחרים, או ארגונים מקומיים או בינלאומיים, לא יוכלו לשמש עבור האוטובוסים הנרכשים במסגרת הליך זה.

### ב. מסמכים מחייבים:

- "הוראות ותקנות להתקנת עמדת טעינה לרכב חשמלי" של רשות החשמל בגירסתן העדכנית.

### ג. תשתית פיזית במתקני התחבורה, חלוקת אחריות:

במתקני תחבורה אשר תשתית החישמול בהם מקודמת ע"י המדינה, כמפורט בסעיף ד', תספק המדינה תשתית חישמול (צנרת) עד למיקומי העמדות, בעוד שהמפעיל מספק ומתקין את עמדות הטעינה ואת הכבילה כמפורט בהמשך.

במתקנים אלה, המדינה שומרת על זכותה לקבוע כי רכש והתקנת עמדות הטעינה יעשו באחריותה, בהתאם למפרט שיפורסם, ולהודיע על כך למפעיל עד למועד חתימת הסכם ההפעלה.

באפשרות המפעיל ליישם במתקנים נוספים שבאחריותו תשתיות טעינה מלאות מקצה לקצה וזאת על חשבוננו וככל והן עומדות בהיתרים הנדרשים ובדרישות הטכניות במסמך זה.

### ד. היצע מתקנים ותשתיות באחריות המדינה

בחניון הדיפו בקרית אתא תוקם תשתית חשמלית בהתאם לתאור להלן:

- מרכז אנרגיה הכולל חדר מיתוג מתח גבוה, 4 חדרי שנאים וחדר חשמל מתח נמוך ראשי.
- כל אחד מהשנאים הינו בהספק KVA2000.
- לכל שנאי מתוכנן לוח חשמל חלוקה במתח נמוך שמזין 16 עמדות טעינה.
- ממרכז האנרגיה מתוכננת תשתית תת קרקעית להזנות חשמל ותקשורת/בקרה לכל אחד מהמיקומים המתוכננים עבור עמדות הטעינה.
- על המפעיל להערך לאפשרות של קיום מנגנון של "חיבור דינאמי" מול חברת החשמל, ולפיו הצריכה בדיפו בשעות הלילה תהיה עד 7000 קו"א, ובשעות היום עד 2000 קו"א.

### ה. דרישות טכנולוגיות מהמפעיל

- המפעיל יתקין עמדות טעינה DC הכוללים ארון מיישרים ומטען בכמות הניתנת על פי מצאי התשתיות בכל מתקן.
- באחריות המפעיל לוודא כי תשתית החישמול מספיקה להבטחת ביצוע התוכנית התפעולית שלו בכלל האשכול.
- על המפעיל להביא בחשבון אפשרות שהתשתית שתסופק תהיה לעמדת טעינה כפולה. כלומר, לכל צמד אוטובוסים יותקן מערך טעינה אחד הכולל ארון מיישרים ומטען כפול.
- עמדות הטעינה יכללו תקע CCS2 ופרוטוקול טעינה OCPP גירסה 1.6 או לחלופין התקן עילי (פנטוגרף) בממשק oppcharge.
- המפעיל ישחיל כבלי הזנה מעמדות הטעינה אל לוחות החלוקה (מתח נמוך). לדוגמה עבור עמדות בהספק 150 KW זרם 200 אמפר, הכבלים יהיו מסוג כבל אלומיניום NA2XY בחתך 4 X240 ממ"ר עגול מסוג FR1 + גיד נחושת שזור מבודד בחתך 120 ממ"ר עבור הארקה.
- מערך הטעינה יהיה בעל המאפינים הבאים:
  - יכולת ניהול טעינה מלא מרחוק כולל שליטה פרטנית על כל עמדת טעינה.
  - תכנות תרחישי טעינה קבועים, כולל אפשרות למתן תיעדוף לעמדות מסוימות.

- ממשק משתמש המציג את פריסת המטענים בחניון, מצב כל מטען, וסטטוס לוחות החשמל הראשיים והמשניים.
- יכולת קריאת צריכת חשמל בהתאם ל-ID של כל אוטובוס והפקת חשבון לתשלום ברמת קבוצת עמדות או קבוצת אוטובוסים מוגדרת.  
(במידת האפשר בתקן ISO/IEC15118 ותקן DIN70121)

1. מידע נדרש מהמפעיל במענה לנספח זה

לצורך הצגת אסמכתאות כמפורט במסמכי ההליך על המציעים להמציא את הנדרש להלן ולמלא את הנדרש בטבלה מטה.

- תכנית תפעולית מלאה וישימה לטכנולוגית החישמול.
- גרף צריכה יומי ברמה שעתית לכל מתקן תחבורה הכולל עמדות טעינה עבור יום חול מייצג.
- מפרטים טכניים של הציוד הנרכש
- מענה לטבלה הבאה :

נושא	פירוט
הספק המטען	
תחומי מתח טעינה	
זרם טעינה לכבל	
משקלים ומידות	
שטח נדרש לתחזוקה	
צורת ביסוס של העמדה	
אופן כניסת צנרת לעמדה	
אורך מקסימלי אפשרי לכבל טעינה	
C-rate טעינה.	
סף תחתון לפריקה של הסוללה ב- %.	
משך טעינה מסף תחתון ל- 80% טעינה.	
משך טעינה מ- 80% ל- 100%.	
ק"מ נסיעה לאחר טעינה מלאה.	
אורך חיי סוללות.	
מיקום חיבור כבל הטעינה באוטובוס (אחורי/קדמי/צידי)	
דגמי האוטובוסים הנתמכים ע"י המטען.	
אישורי הסמכה לפרוטוקולים המבוקשים בנספח זה.	
אישור כי המציע קרא הבין ומקובלים עליו הדרישות וההנחיות בנספח זה	

## נספח ה' – סיכום עם רשות החשמל לבחינה של חיבור גמיש

מסמכים	תפוצה:	<b>התכנית לחישוב התחבורה הציבורית</b>
מת"ח – עידו רוזנבלום, ניר משה חח"י – יהודה גוטויליג		
תאריך:	13 יולי 2020	
נושא הדיון:	תיאום מקצועי בנושא חיבור גמיש	
משתתפים:	רשות החשמל: נועם פרלסון משרד התחבורה: מוטי צדיק, שי גרבי (יועץ)	

**רקע:** רשימת המתקנים לחישוב הועברה לחברת חשמל, והיא כוללת גם דרישה לצריכה בשעות היום במתקנים השונים, אם כי ההספק הנדרש הינו מופחת בהשוואה לשעות הלילה. על פי נוהלי העבודה הקיימים, על חברת החשמל להערך במצב כזה למקסימום הטעינה הנדרשת, לאורך כל שעות היממה. הערכות זו עלולה להביא לבינוי של תשתיות בהיקף גדול יותר וזמני ביצוע ארוכים יותר.

לצורך הדוגמה נתייחס למתקן "תמנע" שם ביקש משרד התחבורה 6mVa בשעות הלילה –2 mVa בשעות היום (להלן 6 ו-2).

### מהלך הדיון:

- א. נדונה קונספציה חדשה של "חיבור גמיש".
- ב. בחיבור כזה, המערכת הפיזית (כבל, מפסקים) תומכת בהספק של 6, אך בתכנון העומסים לשעות השיא, חברת החשמל תיקח בחשבון עומס של 2.
- ג. הציפיה במקרה כזה תהיה שהמתקן יקיים אמצעי שמגביל את הצריכה להיות 2.
- ד. האמצעי יכול להיות אמצעי הנדסי, על חשבון בעל המתקן, או הסכם תעריפי.
- ה. החסכון הצפוי לא יהיה בהכרח בציר העלויות אבל כן בציר לוחות הזמנים להקמה (כי העומס על הרשת, ועימו הצורך בשנאים, יפחת)
- ו. הכוונה בצד רשות החשמל היא להציע אפשרות של חיבור גמיש באופן וולנטרי לצרכן שמעוניין בכך.
- ז. יישום המודל מחייב חקיקת משנה שהיא בסמכות רשות החשמל בכפוף לשימוע במליאת הרשות ופרסום ברשומות (משרד המשפטים). משך הזמן הצפוי הינו 6 חודשים.
- ח. ככל וישנם מתקנים דחופים באופן מהותי, ניתן לנסח מכתב רשמי ליו"ר הרשות ולהעלות בקשה מנומקת להסדר זמני/הוראת שעה.
- ט. רשות החשמל תשמח לקבל מידע ממשרד התחבורה לגבי איך הנושא מיושם בחו"ל בישומי התחבורה הציבורית.

עמדת משרד התחבורה באשר ל-3 הסעיפים האחרונים תועבר עד סוף שבוע זה

## נספח ו' – סיכום בין משרדי בנושא בטיחות קרינה

משתתפים, ניר משה, גופי ביצוע 8 דצמבר 2019		תפוצה: תאריך:	<b>התכנית לחישובול התחבורה הציבורית</b>
<b>נושא הדיון:</b>		<b>היתרי קרינה למתקני חישובול אוטובוסים לסוגיהם – דיון רוחב ארצי</b>	
<b>משתתפים:</b>		אמיר זלצברג – מנהל אגף תחבורה, המשרד להגנת הסביבה רפאל פליישמן – אגף תחבורה, המשרד להגנת הסביבה גיל כהן – ראש תחום קרינה בלתי מייננת, המשרד להגנת הסביבה ארטור קולנגייב – ממונה קרינה בלתי מייננת ממתקני חשמל, המשרד להגנת הסביבה שי ג'רבי – מרכז התכנית לחישובול התחבורה הציבורית, יועץ למשרד התחבורה	
<b>מכותבים</b>		ניר משה – מנהל אגף בכיר תכנון תחבורה ציבורית, משרד התחבורה איילה גלדמן – מנהלת אגף תכנון, המשרד להגנת הסביבה	

### א. רקע

משרד התחבורה, בשיתוף המשרד להגנת הסביבה ומשרדי ממשלה אחרים, מקדם תכנית רב שנתית לחישובול התחבורה הציבורית (אוטובוסים). במסגרת זו מקודמות במקביל עשרות תכניות להקמת מתקני חישובול בחניוני ומסופי תחבורה ציבורית ברחבי הארץ, בדגש על המטרופולינים. כמו כן מתוכננים מהלכי רכש של מאות אוטובוסים חשמליים בתקופה הקרובה.

בהתאם לחוק הקרינה הבלתי מייננת, המשרד להגנת הסביבה הוא האחראי למתן היתרים לחדרי שנאים ולמטענים בכל הקשור להיבטי השפעות הקרינה והנושא מוסדר בין היתר באמצעות [הנחיות](#).

מטרת הדיון היא להסדיר הגדרות ותהליכי עבודה לטובת המהלך המשותף.

### ב. מסגרת הדיון

הדיון התמקד במתקני השנאה פרטיים, קרי כאלה המוקמים על ידי מינהלת הפרויקט באמצעות מפעיל תח"צ או חברת ניהול. הדיון לא עסק במתקנים המוקמים על ידי חח"י. הדיון גם לא עסק בקרינה בתוך אוטובוסים ככל שקיימת. באשר למתקנים תת קרקעיים או בחללים סגורים, הבהיר מר גיל כהן כי אין הבדל בינם לבין מתקנים רגילים, מאחר וקירות ובטון הינם שקופים לשדה המגנטי.

## **ג. תהליך קבלת היתר**

- היתר ניתן לבעלי המתקן, עבור ציוד מסוים.
- אם מתוכנן חדר שנאים חדש (או משודרג חדר קיים) יש לפעול להוצאת היתר פרטני ברמת האתר, אשר יכלול גם את השנאים וגם את עמדות הטעינה.
- אם לא מתוכנן חדר שנאים בפרויקט, ניתן לפעול להוצאת "היתר סוג" אשר יכלול את כל המטענים מאותו הסוג של אותם בעלים בכל מקום בארץ.
- לקבלת היתר הקמה יש לפעול בהתאם להנחיות שהוזכרו ובכלל זה הגשת דוח הערכת רמות חשיפה.
- לקבלת היתר הפעלה יש לפעול בהתאם להנחיות שהוזכרו ובכלל זה הגשת דוח מדידות.
- משך הזמן לקבלת היתר ככל והבקשה תקינה - שבוע ימי עבודה.
- אגף קרינה ממליץ להיעזר ביועץ קרינה בשלב תכנון מתקני החשמל.

## **ד. תהליכי פטור**

- האגף ישקול פטור מהיתר בהתאם לסעיף 31ב לחוק הקרינה הבלתי מייננת במקום עבודה שבו אין גישה לציבור ואין חשיפה משמעותית לעובדים, וזאת בכפוף לשליחת דוח הערכת רמות חשיפה. משמעות הפטור, בין היתר, היא שאין צורך בחידוש תקופתי של ההיתר.
- אגף תחבורה (הגנ"ס) מקדם תיקון בחוק ההסדרים שמחריג עמדות טעינה כולל חדרי שנאים (פרטיים) מהצורך בקבלת היתר.

## **ה. לסיכום**

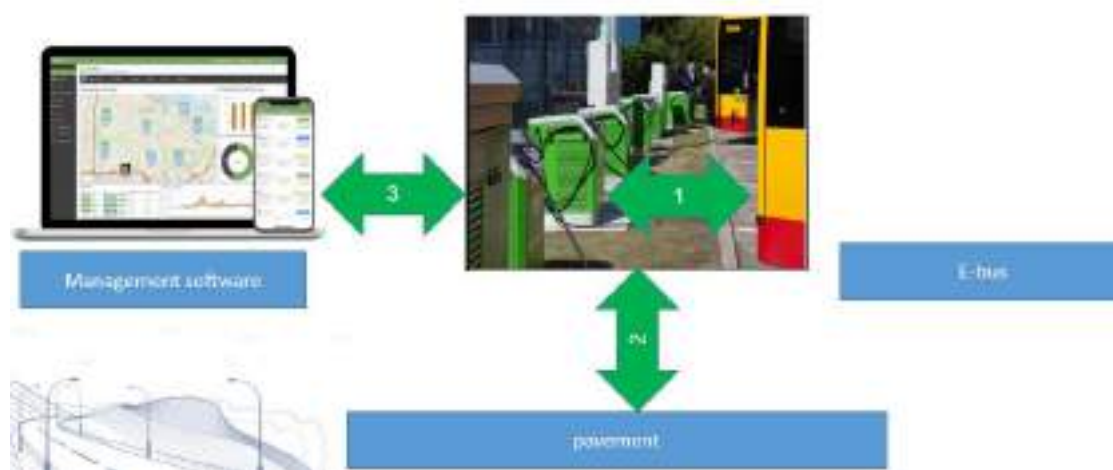
- הוגדר מתווה עבודה ברור לקידום תכנית החישמול תוך שמירה על הנחיות המשרד להגנ"ס.
- שני המשרדים יציגו עמדה אחידה בועדות התכנון בנושא שבנדון.

## נספח ו' – טעינה אוניברסלית

במיזמי הטעינה הראשונים שבוצעו בארץ, בין השנים 2014 ל-2019, בוצעה לרוב ההתקשרות באופן כזה שמתקני הטעינה סופקו ביחד עם האוטובוסים באותו סעיף תקציבי. מצב זה יצר רושם מוטעה כאילו לכל דגם אוטובוס יש מטען משלו ("המטען בא עם האוטובוס") ויצר הטיה בקבלת החלטות לכדי מצב שבו האחריות להבאת המטענים הוטלה על מפעיל התחבורה הציבורית.

אלא שלמעשה יצרן המטענים ויצרן האוטובוסים הם שתי חברות שונות לחלוטין, המשתלבות בפרויקט תחת אינטגרטור אחד. לרוב היצרנים יש כיום אינטרס להתיישר לפי תקינה מוסכמת. מטרת נספח זה היא להבהיר את תמונת המצב הטכנולוגית בנושא לצורך קבלת החלטות מושכלות בהמשך.

### א. עבור טעינה באמצעות Plug-in



תרשים 1 – נקודות התפר סביב המטען

תרשים 1 מציג שלוש נקודות תפר בביצוע טעינת לילה מצברית: בין המטען לבין האוטובוס (1), בין המטען לבין הרצפה (2) ובין המטען למערכת הניהול (3). הנקודה הראשונה מחייבת אחידות בסוג התקע ובפרוטוקול התקשורת, זו מושגת באמצעות סיכום מוקדם על שימוש בסטנדרט CCS2 (combined charging system) שהוא הסטנדרט הבלעדי עבור טעינת DC מצברית לדגמים הנמכרים מחוץ לארה"ב ולסין. בהתאם לכך הוכנס השימוש ב-CCS2 כדרישה במכרזי התח"צ.

Current Type	Region			
	Japan	America	Europe, rest of world	China
AC				
Plug name	J1772 (or Type 1)	J1772 (or Type 1)	Mercedes (or Type 2)	GB/T
DC				
Plug name	CHAdeMO	CCS	CCS2	GB/T

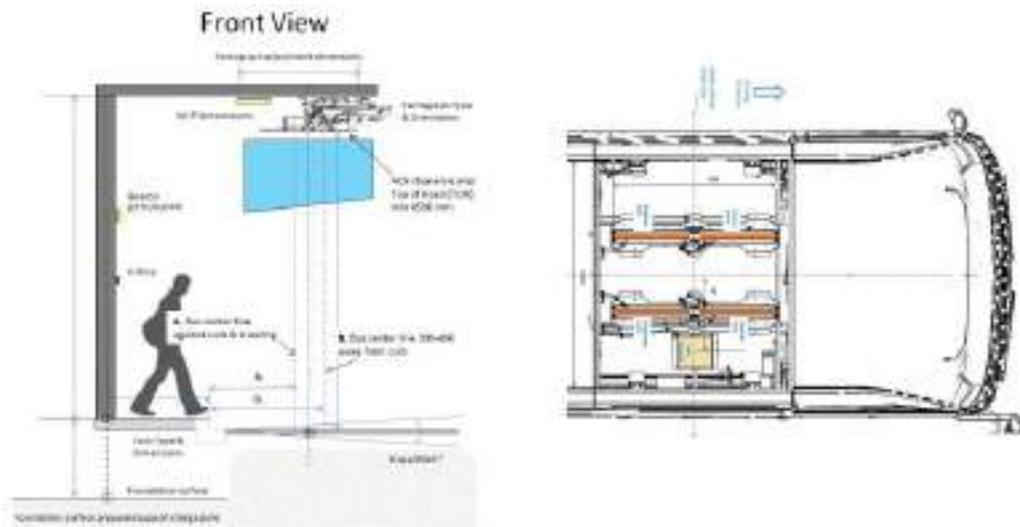


הנקודה השנייה קשורה לתיאום הנדסי ספציפי של הרכבה וביסוס של מטען על תשתית צנרת ושרוולים. לפיכך כאשר מפעיל התחבורה הציבורית מספק את המטען נדרש להגדיר מראש ולוודא כי בתשתית החניון (שלעתים הוכנה ע"י אחרים) בוצעו כל ההכנות הנדרשות. נספח ד' מציג דוגמה להגדרה כזו. זו אינה פעילות של plug and play ועובדה זו מחזקת את התפיסה לפיה מתקני טעינה צריכים להיות מסופקים כחלק מתשתית החניון.

הנקודה השלישית קשורה לתיאום בין המטען לבין מערכת הניהול. בערוץ הזה מקובל כיום יישום של פרוטוקול OCPP (Open Charge Point Protocol) שגם הוא הוכנס כדרישה למרכזי התח"צ. דבר זה מאפשר למפעיל החניון חופש פעולה בבחירת סוגי מטענים שונים באותו חניון.

### ב. עבור טעינה באמצעות פנטוגרף top-down

עבור טעינה המתבצעת באמצעות פנטוגרף top-down הוגדר תקן בשם oppCharge שהוא כיום סטנדרט מקובל. התקן מרכז במסמך טכני מפורט את כל ההגדרות הרלבנטיות לצורך תמיכה בריבוי מפעילים. ובכלל זה: המבנה המכני המדויק של מסילות המוליכים על גג האוטובוס, פרוטוקול התקשורת, הגדרות אלקטרומגנטיות, בידוד, כבילה, ניהול מצבי טעינה ועוד.



תרשים 31 - תרשימים אופייניים מתוך פרוטוקול oppCharge