



הנעה חשמלית והיברידית לאוטובוסים (הערכה טכנו-כלכלית וקיום מנחים לתכנון הניסוי)

דו"ח מסכם

הוכן עבור "אגד" - אגודה שיתופית לתחבורה בישראל בע"מ
(על פי חוזה מיום 27.12.1995)

מאת:

פרופ' י. זבירין, ד"ר ל. טרטקובסקי ו-ד"ר מ. גוטמן

המעבדה למנועי שריפה פנימית

המרכז למחקר בהנדסת אנרגיה ושימור הסביבה

הפקולטה להנדסת מכונות

הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל

חיפה, אפריל 1997

הנעה חשמלית והיברידית לאוטובוסים

(הערכה טכנו-כלכלית וקיום מנחים לתכנון הניסוי)

דו"ח מסכם

הוכן עבור "אגד" - אגודה שיתופית לתחבורה בישראל בע"מ

(על פי חוזה מיום 27.12.1995)

מאת:

פרופ' י. זבירין, ד"ר ל. טרטקובסקי ו-ד"ר מ. גוטמן

המעבדה למנועי שריפה פנימית

המרכז למחקר בהנדסת אנרגיה ושימור הסביבה

הפקולטה להנדסת מכונות

הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל

חיפה, אפריל 1997

הנעה חשמלית והיברידית לאוטובוסים

דו"ח מסכם

פרופ' י. זבירין, ד"ר ל. טרטקובסקי, ד"ר מ. גוטמן

הדעות בפרסום זה אינן משקפות בהכרח את עמדת
מוסד ש. נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה

Copyright © 1997, The Samuel Neaman Institute

פורסם - אפריל 1997

מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע ובטכנולוגיה
קרית הטכניון
חיפה 32000
טל. 04-8292329

תוכן העניינים

עמוד

2	תקציר
3	1. מבוא
3	2. בדיקת האפשרות להסב אוטובוסים קיימים
7	3. בדיקה נוספת של מסלולי נסיעה רלוונטיים לאוטובוס חשמלי
8	4. השוואת ביצועי אוטובוסים חשמליים במסלולי נסיעה שהוגדרו
11	5. אחזקת אוטובוסים חשמליים / היברידיים
13	6. הערכה טכנו-כלכלית
17	7. תכנון ראשוני של ניסוי עם אוטובוסים חשמליים
18	8. סיכום ומסקנות
20	9. רשימת ספרות
20	הכרת תודה
21	נספח א': דוגמאות של פניות לחברות העוסקות בטכנולוגיות אוטובוסים חשמליים
	והיברידיים
27	נספח ב': תשובות מהחברות אליהן נשלחו פניות (בהתאם לנספח א')
49	נספח ג': נתוני קוים מס' 1 ו-20 של "אגד" בירושלים

תקציר

המטרה העיקרית של עבודת המחקר היתה הערכה טכנו-כלכלית של שימוש בהנעה חשמלית או היברידית לאוטובוסים. הבדיקה כללה תחומים אחדים, כמפורט להלן.

השלב הראשון של העבודה מסוכם בדו"ח הביניים [1], שכולל את התוצאות של סקר מקיף ועדכני על טכנולוגיות לרכב חשמלי והיברידי ועל ניסויים שנערכו בעולם עם אוטובוסים חשמליים והיברידיים, כולל השוואת ביצועיהם.

דו"ח מסכם זה כולל את התוצאות של בדיקת האפשרות להסב אוטובוסים קיימים המונעים בעזרת מנועי דיזל לאוטובוסים חשמליים או היברידיים, ושל השלמת בדיקות על מנת להגדיר מסלולי נסיעה הרלוונטיים לאוטובוס חשמלי. לרשימת המסלולים המומלצים נוסף מסלול נוסף - קו מס' 20 בירושלים.

בוצעה השוואת ביצועי אוטובוסים חשמליים, כולל כאלה שניתן יהיה להביא אותם לניסוי, במסלולי הנסיעה שהוגדרו.

נאסף ונותח מידע לגבי תפעול ואחזקת אוטובוסים חשמליים והשוואתם הטכנו-כלכלית עם אוטובוסים קונבנציונליים.

סוכם שביצוע ניסוי עם אוטובוסים חשמליים בארץ נראה חשוב על מנת לפתח מודעות הציבור לגבי הצורך בהורדת זיהום האויר במרכזי הערים, ועל מנת להוכיח יתרונות של התחבורה הציבורית המבוססת על אוטובוסים ואינה מזהמת כלל את האזור שבו היא מופעלת. בוצע אפיון ותכנון ראשוני של ניסוי מתאים עם אוטובוס (ים) חשמלי(ים).

Abstract

The main objective of the research work was to evaluate the life cycle cost of using electrical or hybrid propulsion for buses. The evaluation included several subjects, detailed in the following.

The first stage of the work is summarized in the Interim Report [1], which includes the results of a comprehensive study of technologies for electric and hybrid vehicles, and of experiments performed to date with electric and hybrid buses, and comparison of their performance.

The present (final) report includes the results of checking the possibility to convert available diesel buses to electric or hybride ones, and of some additional tests performed in order to define bus routes relevant for electric buses (EB) testing. The list of recommended bus routes was supplemented by an additional one - route No. 20 in Jerusalem.

A comparison of electric buses performance in the defined routes was carried out. Information about EB maintenance, needed infrastructure, manpower training and life cycle costs, was collected and analyzed in this report in comparison to those for diesel buses.

It is recommended to carry out a test with electric buses in order to stimulate public awareness and understanding of the importance of air pollution reduction in urban areas, and in order to further make clear the benefits of urban public transportation based on buses, which do not pollute the urban environment. A preliminary characterization and plan of such an experiment was developed.

1. מבוא

הגידול הבלתי רגיל במספר כלי רכב והאצתו הגוברת והולכת, שגרמו לבעיות קשות של איכות סביבה, במיוחד במרכזי ערים, והאפשרויות החדשות של טכנולוגיות מתקדמות, הובילו לקבלת החלטות היסטוריות (בראשונה - בארה"ב ובעיקר בקליפורניה) על מעבר מבקרה על פליטת מזהמים מכלי רכב למניעת פליטת המזהמים: רכב עם פליטה אולטרה-נמוכה או בעל אפס פליטה (ZEV, ULEV). בעקבות החלטה זו החל גל של פיתוחים ומחקרים שונים (טכניים, כלכליים, סוציולוגיים וכו') שמטרתם - להקים שווקים חדשים לסוג חדש של רכב: רכב חשמלי.

אוטובוס חשמלי מהווה פתרון מהיר וזול הרבה יותר לעומת אמצעים אחרים לתחבורה עירונית עליהם מדובר כיום, כמו רכבות חשמליות, רכבות קלות וכו'.

בדו"ח הביניים, [1], שפורסם על ידי המחברים באוגוסט 1996 מתוארות תוצאות של סקר מקיף על טכנולוגיות לרכב חשמלי (ר"ח) והיברידי ועל ניסויים שנערכו עד כה עם אוטובוסים חשמליים והיברידיים במקומות שונים בעולם. נאסף ונתח מידע על מצברים, תאי דלק וגלגלי תנופה המיועדים לאגירת האנרגיה בר"ח, על מערכות הנעה שונות, כולל הנעה ישירה של גלגלי הרכב, מערכות טעינה ובעיות מיזוג האוויר בר"ח. נאספו והשוו נתונים על ביצועי אוטובוסים חשמליים והיברידיים שונים.

בדו"ח הנוכחי (הדו"ח המסכם) נכללות תוצאות של בחינת האפשרות להסב אוטובוסים קיימים לחשמליים או היברידיים, של השלמת בדיקות שבוצעו עבור מסלולי הנסיעה הרלוונטיים לניסוי עם אוטובוס חשמלי, ושל השוואת ביצועי אוטובוסים חשמליים במסלולי נסיעה שהוגדרו. הדו"ח כולל גם הצגת ההיבטים העיקריים של אחזקת אוטובוסים חשמליים והערכה טכנו-כלכלית של השימוש בהם, ובכך הושלמו מטרת המחקר.

2. בדיקת האפשרות להסב אוטובוסים קיימים

כידוע, ישנן שתי דרכים לבניית אוטובוס חשמלי: תכנון ובניית אוטובוס המיועד מראש (dedicated) להיות אוטובוס חשמלי והסבת אוטובוס קונבנציונלי עם מנוע שריפה פנימית לחשמלי. כיוון שכל צי האוטובוסים ב"אגד" מורכב מאוטובוסים עם מנועי דיזל, הוחלט לבדוק את האפשרויות להסב אוטובוסים קיימים להנעה חשמלית. לשם כך נשלחו פניות ליצרני האוטובוסים שהם הספקים העיקריים של "אגד": חברות Mercedes-Benz ו-Volvo (העתק המכתב שנשלח לחברת Mercedes-Benz מופיע כדוגמה בנספח א' של הדו"ח). פניות דומות נשלחו גם ליצרני אוטובוסים חשמליים בארה"ב, למכון לחקר רכבים חשמליים (Electric Transit Vehicle Institute - ETVI) ולגופים המפעילים אוטובוסים חשמליים לשרות הציבור. דוגמאות של פניות אלה נכללות גם הן בנספח א'. את הרשימה המלאה של יצרני אוטובוסים חשמליים בארה"ב ניתן לראות בטבלה 7 של דו"ח הביניים, [1]. רשימת הגופים המשתמשים באוטובוסים חשמליים בארה"ב שנלקחה מ-[2] מוצגת בטבלה 1 של הדו"ח הנוכחי.

התשובות שנתקבלו על הפניות הנ"ל נכללות כולן בנספח ב' של הדו"ח. כפי שניתן לראות, דעתם של שני יצרני האוטובוסים, האירופאים הן Mercedes-Benz והן Volvo, לגבי כדאיות הסבת אוטובוסים קיימים לחשמליים הינה שלילית. זאת בעיקר עקב עלות גבוהה מדי של מרכיבים חדשים וההסבה עצמה, לעומת עלותו של האוטובוס הקונבנציונלי. לפי Volvo: "The value of the conventional bus will be negligible compared to the cost of conversion". בנוסף, יש להדגיש שהסבת אוטובוס קונבנציונלי לחשמלי אינה מאפשרת למטב את המבנה שלו וכתוצאה מכך - גם לשפר את ביצועיו. יחד עם זאת, חשוב לציין שישנן חברות שכן עוסקות בהסבת אוטובוסים קונבנציונליים לחשמליים. מידע לגבי החברות הללו, שנתקבל בעיקר מ-ETVI, מרוכז בטבלה 2.

טבלה 1. רשימת הגופים המשתמשים באוטובוסים חשמליים בארה"ב, [2].

User Agency	Contact Person	Fleet Composition	Manufacturer	Tel. No.	Fax No.
Santa Barbara MTD 550 E. Cota Street Santa Barbara, CA 93103	Paul Griffith	(1) 29 Ft. Transit Bus (1) 22 Ft. Transit Bus (1) 29 Ft. Transit Bus (1) 35 Ft. Transit Bus	BMI/SVMC BMI APS (conversion) APS	805-963-3364	805-962-4794
CARTA 1617 Wilcox Boulevard Chattanooga, TN 37406	Ron Sweeney	(8) 22 Ft. Transit Buses (1) 31 Ft. Transit Bus	AVS SVMC	615-629-1411	615-698-2749
UC Berkeley / City of Berkeley Parking & Transportation 1952 Oxford Street Berkeley, CA 94720-5740	Jim Lee	(4) 22 Ft. UCB Shuttles (3) 22 Ft. City of Berkeley Transit	US Electricar	510-643-7508	510-642-5451
Alternative Fuel Vehicle Program SM-ALC/EM5050 Dudley Boulevard, Suite 3 McClellan AFB, CA 95652-1389	Bill Fairbairn/ Phil Mook	(3) 22 Ft. Shuttles	US Electricar	916-643-5443	916-568-6313
Pinellas Suncoast Transit Authority 14840 49th. Street North Clearwater, FL 34622-2893	Michael Siebel	(1) 22 Ft. Park Shuttle	AVS	813-530-9921	813-535-5580
Rhode Island Public Transit Authy 265 Melrose Street, P.O. Box 2816 Providence, Rhode Island 02907	Robert Stravato	(1) 22 Ft. Transit Bus	AVS	401-784-9568	401-784-9595
Lehigh & Northampton Transit Authority 1201 W. Cumberland Allentown, PA 18103	Denis Myers	(1) 22 Ft. Transit Bus	AVS	610-435-3646	610-435-6774
City of Anderson Transit System 530 Baxter Road Anderson, IN 46001	Merle Jones/ Tim Moore	(2) 22 Ft. Transit Buses	AVS	317-646-5734	317-646-9690
Redding Area Bus Authority P.O.Box 496071 Redding, CA 96049-6071	L. Sue Hanson	(1) 22 Ft. Transit Bus	SVMC	916-225-4472	916-245-7024

User Agency	Contact Person	Fleet Composition	Manufacturer	Tel. No.	Fax No.
City of Los Angeles DWP 111 N. Hope Street Room 1141 Los Angeles, CA 90012-2694	Scott Briasco	(3) 22 Ft. Shuttles (1) 31 Ft. Airport Shuttle	SVMC	213-367-0239	213-367-0210
City of El Monte Transportation 3525 Cleminson St El Monte, CA 91731-2603	Gary Byerly	(2) 22 Ft. Shuttles	SVMC	818-580-2217	818-580-2238
University of Massachusetts One University Avenue Lowell, MA 01854	John Duffy	(1) 22 Ft. Transit	US Electricar	617-721-2532	(617-721-2532)
Torrance Transit 20500 Madrona Torrance, CA 90503	John Hall	(1) 31 Ft. Transit Bus	SVMC	310-618-6266	310-618-6229
Georgia Power Co. Atlanta, Ga.	Gary Floyd	(2) 22 Ft. Transit Buses	AVS	404-526-6364	404-526-2182
Duke Power Company Electric Vehicle Program P.O. Box 1006, EC04J Charlotte, NC 28201-1006	Tim Shawver	(4) 22 Ft. Transit Buses	AVS	704-382-4449	704-382-4338
City of Palm Desert 73-510 Fred Waring Drive Palm Desert, CA 92260-2578	John Wohlmuth	(1) 22 Ft. Shuttle	SVMC	619-346-0611	619-340-0574
National Parks Service Concession Management Division P.O. Box 577 Yosemite, CA 95389	Bill Fay	(1) 31 Ft. Transit Bus (1) 35 Ft. Transit Bus	SVMC APS	209-372-0363	209-372-0386
City of Sheboygan Parking & Transit Utility Comm. 608 S. Commerce Street Sheboygan, WI 53081	Steven A. Billings	(1) 22 Ft. Trolley	SVMC	414-459-3285	414-459-0231
CALSTART Fleet Marketing Manager 3601 Empire Avenue Burbank, CA 91505	Susan Romeo			818-565-5600	818-565-5610
Chatham Area Transit P.O. Box 9118 Savannah, GA 31412-9118	Joe Turcotte	(4) 22 Ft. Transit Buses	AVS	912-236-2111	912-944-6058
City of Laguna Beach Transit Maintenance 505 Forest Avenue Laguna Beach, CA 92651	Nancy Malone	(1) 22 Ft. Shuttle Bus	SVMC	714-497-0746	714-497-0771

טבלה 2. רשימת חברות העוסקות בהסבת אוטובוסים קונבנציונליים לחשמליים / היברידיים

מספר סידורי	שם החברה	כתובת ו/או טלפון	איש הקשר	תאור הפעילות
1	GLD Associates, Inc.	157 Hunter Drive, West Hartford, Connecticut, CT 06107 USA	Not available	Development of retrofit kits for converting diesel buses to electric hybrids
2	Columbine Bus Company	Tel.: 303-444-0569 USA	Mr. Carl E. Lourance	Development of conversion kits for diesel buses
3	APS Systems	3535 West Fifth St. Oxnard, CA 93030, USA	Mr. Uzi Cantoni, Vice-President	Conversion of diesel buses to electric ones and development of dedicated electric buses

לפי המידע שישנו ברשותנו, ב-Santa Barbara Metropolitan Transit District שבמדינת קליפורניה משתמשים באוטובוס חשמלי מוסב תוצרת APS. תמונת אוטובוס זה, שנלקחה מ-[3], ניתן לראות בציור 1, ונתונו הטכניים נכללים בטבלה 6 של הדו"ח הקודם, [1].



ציור 1. אוטובוס מוסב מדגם Villager תוצרת APS, [3].

כפי שניתן לראות מהנתונים הללו, משקלו של אוטובוס זה רב מדי לעומת אוטובוסים בגודל דומה שתוכננו מראש כחשמליים (24,000lbs לעומת 16,000-18,000 lbs), בעיקר עקב שילדה כבדה המיועדת להחזיק מנוע דיזל עם תמסורת מורכבת. חסרון נוסף אופייני של אוטובוסים מסוגים לעומת אוטובוסים חשמליים "purpose-built" הינו חוסר-האפשרות לבנות אוטובוס עם רצפה נמוכה (low floor bus). גובה הרצפה של אוטובוס Villager, למשל, הוא 35 in. [3], לעומת 12-14 in באוטובוסים חשמליים דומים. עד כה אין ברשותנו מידע קונקרטי לגבי עלות הסבת אוטובוסים לחשמליים / היברידיים.

3. בדיקה נוספת של מסלולי נסיעה רלוונטיים לאוטובוס חשמלי

בדו"ח הביניים, [1], תוארו שלושה מסלולים שנבחרו באופן ראשוני (אחד בירושלים ושניים בנתניה), העשויים להיות רלוונטיים לביצוע ניסוי עם אוטובוסים חשמליים. בהמשך העבודה בוצעו בדיקות נוספות ומדידות בשטח בירושלים, על מנת לבחון באופן יסודי יותר את התאמת המסלול שהוגדר (קו מס' 1) לביצוע ניסוי כזה. במהלך הפגישה עם אנשי "אגד" בירושלים הוצע לבדיקה מסלול נוסף - קו מס' 20 העובר ברובו באחד הרחובות המרכזיים של ירושלים - רח' יפו. גם מסלול זה נבחר בשטח. תאור מפורט של הקוים הללו, שנתקבל מ"אגד", נכלל בנספח ג' של הדו"ח. נתוני המסלולים שבחלקם נתקבלו מ"אגד" ובחלקם נמדדו בשטח מרוכזים בטבלה 3.

טבלה 3. נתוני המסלולים שנבחרו בירושלים

מס' הקו	אורך המסלול, ק"מ	משך ממוצע של הנסיעה, דקות	מהירות ממוצעת, קמ"ש	מהירות מירבית, קמ"ש	מס' תחנות (ל-ק"מ)	מס' רמזורים (ל-ק"מ)	סה"כ תחנות + רמזורים ל-ק"מ	סה"כ עצירות לק"מ *
1	11.8	57	12.4	60	36 (3.1)	15 (1.3)	4.3	4.1
20	22.8	84	16.3	60	64 (2.8)	55 (2.4)	5.2	3.6

* - מדידות בודדות.

כפי שניתן לראות מהטבלה, המהירות הממוצעת בקו מס' 1 נמוכה מזאת בקו מס' 20 (12.4 לעומת 16.3 קמ"ש), דבר התורם להגדלת שעות עבודת האוטובוס במסלול. היתרון הנוסף של קו זה הינו אורכו הנמוך כמעט פי 2 מזה של קו מס' 20, דבר המעניק יותר גמישות בהפעלת אוטובוס חשמלי בקו. החסרונות הבולטים של הקו הינם:

- חלק ניכר של המסלול עובר באזור דל בהולכי רגל, ברחובות צרים מאד עם ראות נמוכה ולכן קשה לצפות כאן לתשומת לב חזקה של הציבור ולחשיפה לקהל הרחב.

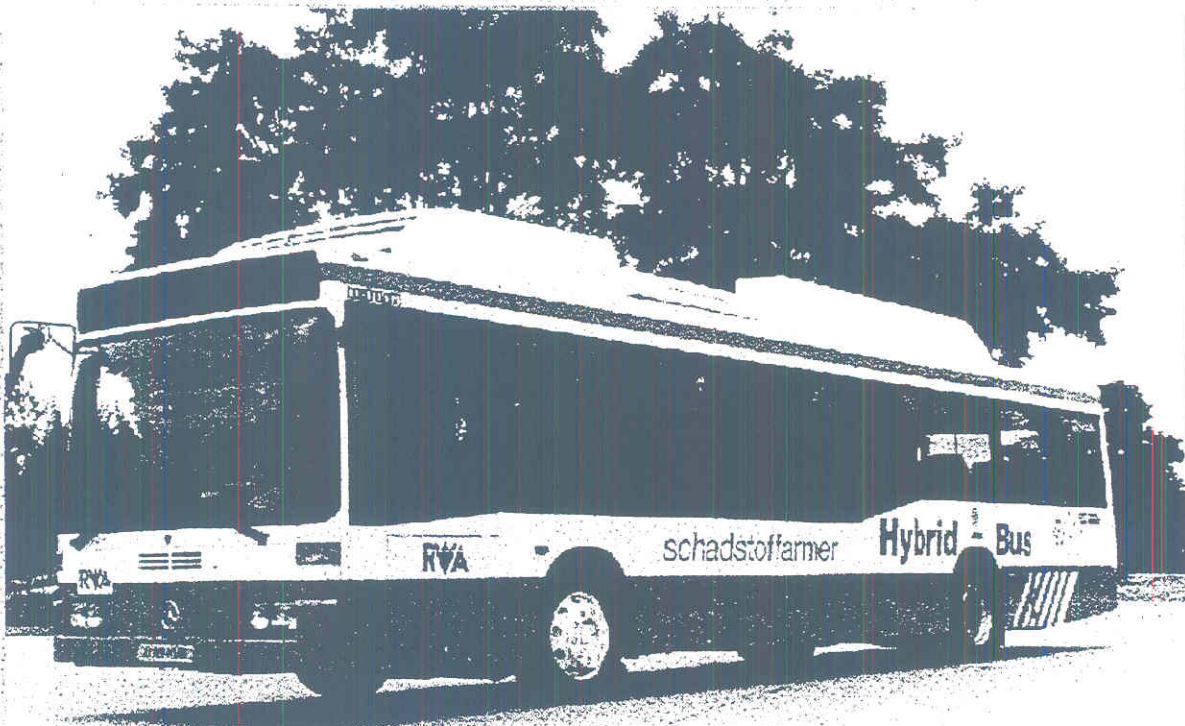
- המסלול כולל קטעים עם עליות (כ-2.5 ק"מ בסה"כ), דבר הגורם להקטנת טווח הנסיעה של אוטובוס חשמלי.

היתרונות העיקריים של קו מס' 20 הינם בסוג האזור. הקו עובר דרך מרכז העסקים התוסס של ירושלים, עם כמות גדולה של הולכי רגל ותנועה כבדה. לאורך הקו יש ראות מצוינת, המאפשרת הן לאנשים העוברים בכלי רכב והן להולכי רגל להבדיל ולהשוות בין אוטובוסים קונבנציונליים לבין אוטובוס חשמלי. סביר להניח שהפעלת אוטובוס חשמלי בקו זה בהחלט עשויה לתרום לתגובות חיוביות של הציבור וגם למשוך נוסעים נוספים בגלל האטרקטיביות של הנושא.

4. השוואת ביצועי אוטובוסים חשמליים במסלולי הנסיעה שהוגדרו

ביצועי אוטובוסים חשמליים והיברידיים המיוצרים עתה או נמצאים בשלבים מתקדמים של פיתוח (שהיו ידועים לנו בזמן כתיבת דו"ח הביניים), מרוכזים בטבלאות 6 ו-8 של הדו"ח ההוא, [1]. בתגובה לפנייתנו לספקים העיקריים של "אגד" - חברות Mercedes-Benz ו-Volvo, נתקבל מידע מעודכן לגבי הפיתוחים של החברות הללו בתחום הנדון. שתי החברות מתרכזות עתה בעיקר בפיתוח אוטובוס היברידי, כיון ש-

"Technology of batteries is not as advanced as the automotive industry wishes to" - על פי מכתב של Mercedes-Benz (ראה נספח ב'). כפי שהוזכר כבר ב-[1], חברת Mercedes משקיעה גם מאמצים רבים בפיתוח רכב המונע בתאי דלק (fuel cells). הנתונים לגבי הביצועים של אוטובוסים היברידיים של Volvo ו-Mercedes שנתקבלו לאחרונה, מתוארים בטבלה 4 וציור 2.



Der erste Hybrid Omnibus mit Radnabenantrieb, 4 Traktionsbatterien und Dieselmotor - ein weiterer Schritt für den emissionsarmen Stadt- und Überlandverkehr - der O 405 NÜH

ציור 2. אוטובוס היברידי של חברת Mercedes-Benz.

טבלה 4. ביצועי אוטובוסים היברידיים של Volvo ו-Mercedes-Benz, [5,4].

שם היצרן	Mercedes - Benz	Volvo
דגם	O 405 N2-H	ECB
אורך, מ'	כ-12	10.7
משקל כולל, ק"ג	10,520	כ-15,000
מספר נוסעים (מספר מקומות ישיבה)	96-105 (38-31)	70-80 (24-33)
מנוע	OM-447hLA דיזל 184 kW	Gas turbine with integrated high-speed generator (HSG), 110 kW
מצבר	AEG Na - NiCl ₂ ZEBRA-Z5, 70kW 568V	Varta Ni-MH, 45 kWh, 250V, 3 × 60 Ah
מערכת הנעה חשמלית	Two AC asynchronous motor, 75 kW, ZF	HSG drives an electric motor 94 kW, 85% efficiency
מהירות מירבית חשמלי / היברידי, קמ"ש	כ-75.5 / 60	-----
טווח נסיעה חשמלי / היברידי, ק"מ	-----	- / 5*

* מיועד לנסיעות קצרות בטרמינל וסביבתו.

ממידע שנתקבל משתי החברות, הן Mercedes-Benz והן Volvo, נובע ששתיהן אינן מוכנות לספק אתה אוטובוס היברידי לצורך הפעלתו הנסיונית בקו שרות של "אגד". לפי הערכתה של חברת Volvo (ראה נספח ב'), האוטובוס ההיברידי שלה לא יוצע לשוק מוקדם יותר מבעוד 4-5 שנים. מתשובות על פניותינו שנתקבלו עד כה מיצרני האוטובוסים החשמליים בארה"ב (ראה נספח ב') נובע: חברת Thomas Built Buses, Inc הפסיקה בינתיים לייצר אוטובוסים חשמליים. חברת Blue Bird Corp. (שעל שימוש באוטובוסיה החשמליים הומלץ ב-[6]) הודיעה שכעת היא מייצרת אוטובוסים חשמליים רק עבור ארה"ב וקנדה ומתכננת לייצא אותם רק אחרי בדיקות קפדניות בשוק המקומי, תהליך שעלול להמשך עוד מספר שנים. רק חברה אחת (נכון לעת כתיבת הדו"ח) הביעה את נכונותה לשיתוף פעולה בהפעלת אוטובוסים חשמליים בארץ. חברה זאת היא Specialty Vehicle Manufacturing Company (SVMC), היצרן הגדול של אוטובוסים חשמליים בארה"ב, [7]. לכן בשלב זה נמצא סביר להשוות ביצועי האוטובוסים תוצרת SVMC במסלולי הנסיעה שהוגדרו בירושלים. רשימת האוטובוסים החשמליים המיוצרים על ידי SVMC וביצועיהם העיקריים מתוארים בטבלה 6 של דו"ח הביניים [1] ומעודכנים במכתב של החברה מ-23/1/97 (ראה נספח ב'). יש לקחת בחשבון גם מוצרים של החברה

Advanced Vehicle Systems (AVS) שהיא חברת-הבת של SVMC ומייצרת אותם הדגמים שפותחו על ידי SVMC, [7]. ממשפחת האוטובוסים החשמליים של SVMC או AVS, למסלולי נסיעה שהוגדרו נראים מתאימים ביותר שני הדגמים הבאים:

- אוטובוס קטן מדגם 5122 שאורכו 6.7 מ' ומספר מקומות הישיבה בו הוא 22.
- אוטובוס בינוני מדגם 5131 שאורכו 9.4 מ' ומספר מקומות הישיבה בו הוא 28.

השוואת הביצועים של שני האוטובוסים הללו נערכה עבור שני מסלולי הנסיעה בירושלים שהוגדרו לעיל, ותוצאותיה מתוארות בטבלה 5.

טבלה 5. השוואת ביצועי אוטובוסים חשמליים במסלולי נסיעה שהוגדרו בירושלים.

דגם האוטובוס	סוג המצבר*	משקל כולל, ק"ג (lbs)	מהירות מירבית, קמ"ש (mph)	מהירות מירבית במסלול, קמ"ש		מהירות ממוצעת במסלול, קמ"ש		טווח נסיעה, ק"מ (miles)	זמן פעולה בקו, שעות	
				קו 1	קו 20	קו 1	קו 20		קו 1	קו 20
5122	עופרת-חומצה	כ-7700 (17,000)	64 (40)	60	60	12.4	16.3	64-145 (40-90)	5.2-11.7	1 קו
5131	עופרת-חומצה	כ-10,000 (22,000)	71 (44)	60	60	12.4	16.3	64-113 (40-70)	5.2-9.1	1 קו

* - נתוני היצרן.

מהנתונים המתוארים בטבלה 5 ניתן להסיק:

- טווח נסיעת האוטובוסים יכול להשתנות דרסטית ותלוי בהרבה בתנאי וסגנון הנהיגה. טווח הנסיעה המירבי הינו 145 ק"מ עבור דגם 5122 ו-113 ק"מ עבור דגם 5131. מנסיון השימוש באוטובוסים הללו בחברות התחבורה בארה"ב נובע שטווח הנסיעה האופייני בין טעינות המצבר הינו כ-105-120 ק"מ, [7].

- המהירות המירבית של האוטובוסים גדולה מזו האופיינית למסלולי הנסיעה ובהחלט מאפשרת להם להשתלב בתנועה.

- בהתאם לנתונים מטבלאות 5 ו-3, זמן פעולת האוטובוס במסלול, בין טעינות המצבר, יכול להגיע עד כ-12 שעות (12 מסלולים) בקו מס' 1 וכ-9 שעות (6 מסלולים) בקו מס' 20 עבור דגם 5122, וכ-9 שעות (9 מסלולים) בקו מס' 1 וכ-7 שעות (5 מסלולים) בקו מס' 20 עבור דגם 5131. מובן שיש לקחת מקדם בטחון של לפחות מסלול אחד. מובן שזמנים אלו הם קטנים משמעותית מאלה האופייניים עבור אוטובוסים קונבנציונליים עם מנועי דיזל בקוי השרות הללו.

5. אחזקת אוטובוסים חשמליים / היברידיים

אחזקת אוטובוסים חשמליים כרוכה בהכנת התשתית, הכשרת כוח אדם ותחזוקה שוטפת של האוטובוסים.

הכנת התשתית כוללת בעיקר הצטיידות נוספת במערכות טעינת המצברים וציוד סטנדרטי הנדרש לתחזוקת מרכבים חשמליים של האוטובוס. בחירת מערכת הטעינה המיטבית עבור אוטובוס חשמלי עם מצבר נתון מתוכננת, בדרך כלל, לפי מספר הפרמטרים; העיקריים בהם שנקחים בחשבון הינם, לפי [3]: אפשרות הכיוונון של פרופיל הטעינה, נצילות המרת זרם חלופי לזרם קבוע (AC to DC) וכמובן - עלות המטען. חשוב גם לדעת את רמת הסטיות (התנודות - fluctuations) של הזרם הקבוע היוצא מהמטען (DC ripple current, [3]), כיוון שהדבר עלול להשפיע על אורך החיים של המצבר. פנינו גם לקבלת מידע מיצרני מטענים - נספחים א', ב'.

טבלה 6 מתארת ביצועים עיקריים (כולל עלות) של מטענים המשמשים לטעינת אוטובוסים חשמליים ב-Santa Barbara, [3].

טבלה 6. ביצועי מטענים עבור אוטובוסים חשמליים, [3].

	Chloride Electro Networks	Chloride Spegel	LaMarche	LaMarche	Chloride Motive Power	Enerpro
Charger Type	Ferroresonant	Ferroresonant	3 SCR / 3 diode	3 SCR / 3 diode	3 SCR / 3 diode	12 SCR
Model Number	EV-05 108V0325M3D	BS3P-108/85	A70B-60-108L-B(DC)3	A70B-105-80L-C3	23S 216V40	EVBC-2
EV Station	EV 2, 3, 4, 5, 7, 8	shop, spare	EV 1, 6	Electric Villager	EV 22	EV 9, 10
Charge Profile Adjustability	none, other than at termination. Ni-Cd incompatible.	none, other than at termination. Ni-Cd incompatible.	relatively unsophisticated multi-stage profile.	relatively unsophisticated multi-stage profile.	relatively unsophisticated multi-stage profile.	programmable to any desired charge profile
Energy Efficiency (AC to DC)	0.96	0.87	0.92	(~0.92)	0.94	0.92 (incl. 6-phase xfrm)
THD (%) (AC input current)	11.9	8.6	58.5	60.5	55.9	7.9
True Power Factor	0.99	0.81	0.70	0.72	0.67	0.75
DC Ripple Current	58 A peak-to-peak @ 180 Hz	not available	60 A peak-to-peak @ 180 Hz	not available	not available	8 A peak-to-peak @ 720 Hz
Cost	\$3,350	(obsolete)	\$3,533	\$4,045	\$2,000	\$7,200 chrgr (on-brd) \$1,300 xfrm (single) \$3,344 distr. box \$11,844 total

- Notes: 1. Power Factor evaluation conducted with the assistance of Southern California Edison.
2. THD and Ripple Current analyses performed by Enerpro Corporation.
3. Energy efficiency of LaMarche A70B-105-80L charger not measured, but presumed equivalent to that of LaMarche A70B-60-108L.

יש לקחת בחשבון גם מערכות טעינה מהירה המיוצרות על ידי חברת Norvic Traction, Inc. (ראה נספח ב'), המאפשרות, לפי טענתה, טעינה מהירה של מצברים ללא כל פגיעה בביצועיהם, [8]. תחזוקת אוטובוסים חשמליים הינו נושא שלגביו הצטבר עד כה מעט ידע יחסית, עקב מספר מוגבל מאד של אוטובוסים חשמליים הנמצאים עתה בשימוש בחברות התחבורה. להלן פירוט קצר של מערך התחזוקה המקובל ב-Santa Barbara Metropolitan Transit District (MTD) (יש להזכיר שב-Santa Barbara MTD מופעל הצי הגדול בארה"ב של אוטובוסים חשמליים).

- פיקוח שוטף (בדיקות רלוונטיות לרכב חשמלי) כולל בעיקר בדיקות מנועי חשמל ומערכת המצברים. נבדקים מנועי הנעה, מנוע להפעלת מפוח הקירור ומנועים המפעילים מערכות בלמים והגה כת. במצבר נבדקת צפיפות האלקטרוליט. הבדיקות מבוצעות כל חודש או שלושה חודשים, תלוי בסוג הבדיקה וגיל המכלול.

הוספת מים (battery watering) למצברי עופרת-חומצה מבוצעת בדרך כלל פעמיים בשבוע, ולמצברי Ni-Cd בערך שלוש פעמים בחודש.

- דיאגנוזה וטיפול במקרים של הורדה חריגה בקיבולת המצבר. מבוצעת בדיקת צפיפות האלקטרוליט, ואז בהתאם לצורך - הוספת מים, טעינת המצבר, או גם החלפת התאים (cells) במצבר. חשוב לציין שבמקרים כאלה תמיד נבדק סגנון הנהיגה של נהג האוטובוס, כדי להעריך את תרומתו האפשרית לתקלה.

- פיקוח על תופעות קורוזיה בשילדת האוטובוס ומעטפת המצברים, העלולות להתרחש עקב שפיכת אלקטרוליט עליהם. טיפול בציפוי הגנה נגד קורוזיה מבוצע פעמיים בחודש וכולל בדיקה, ניקוי וצביעה במידת הצורך.

- פיקוח ותחזוקת מטענים מסתכמת בעיקר בבדיקות החיבורים פעם בחודש.

- ניקוי היצוני של סט המצברים מאבק מתבצע בערך פעם בחודשיים כדי למנוע הוצרות קצר חשמלי. כפי שהוזכר כבר בדו"ח הביניים, [1], מנסיון השימוש באוטובוסים חשמליים ב-Santa Barbara, [1], נובע ששימוש בטעינת המצברים בעת בלימה (regenerative braking) תורם משמעותית להגדלת אורך החיים של בלמי הרכב.

הכשרת כוח אדם חשובה מאוד למפעילי אוטובוסים חשמליים עקב שתי הסיבות העיקריות הבאות:
- כדי להקטין את צריכת האנרגיה של האוטובוס על ידי שיפור בסגנון הנהיגה (מניעת תאוצות ותאוצות חדות);

- כדי למנוע תאונות עבודה, הקשורות בשימוש בסוג שונה של ה"דלק" באוטובוסים הללו ושעורי מתח גבוהים במערכת ההנעה.

מנתונים שפורסמו ב-[3], נובע ששינויים בצריכת האנרגיה של אוטובוס עקב סגנון הנהיגה יכולים להגיע עד ל-50% !

6. הערכה טכנו-כלכלית

- כפי שהוזכר קודם בדו"ח הביניים, [1], וגם בדו"ח זה, השימוש באוטובוסים חשמליים תורם:
- להורדת זיהום האוויר באזורים בהם האוטובוסים מופעלים. ההערכה ההשוואתית שבוצעה ב-[3], מצביעה על כך שהפליטות הכוללות, הלוקחות בחשבון את תהליך הפקת החשמל, שנגרמו עקב הפעלתם של אוטובוסים חשמליים מהוות רק כ-5% מסך כל הפליטות של אוטובוס קונבנציונלי עם מנוע דיזל. מובן שהערכים בפועל עשויים להשתנות בהתאם לסוג תחנות הכוח המשמשות ליצור החשמל, [9].
 - להורדת הרעש מאוטובוסים.
 - להורדת בלאי הבלמים.
 - לגמישות רבה יותר במשק הדלק בגלל האפשרות להפיק חשמל, באמצעות מגוון רחב של דלקים שונים ואנרגיות חלופיות.
- ההערכה הכלכלית של עלות השימוש באוטובוסים חשמליים בהשוואה לאוטובוסים קונבנציונליים המתוארת להלן מבוססת בעיקר על מקור [2]. הניתוח הכלכלי המפורט בו מבוסס על נסיון השימוש באוטובוסים חשמליים בארה"ב והוא, למיטב ידיעתנו, המעמיק והעדכני ביותר. לצורך ביצוע הערכה זו, נתקבל מידע מגוון מרוב מפעלי האוטובוסים החשמליים בארה"ב. רשימת הגופים האלה מתוארת לעיל בטבלה 1. ההערכה הכלכלית הזו מבוססת, רובה ככולה על היבטים כלכליים בלבד, ולא לוקחת בחשבון אפקטים עקיפים, כגון השפעת הורדת הפליטות או גיווןן משק הדלק. גם לא נלקחת בחשבון בניתוח זה התערבות ממשלתית במדיניות המחירים ו/או המיסים.
- ההנחות החשובות הנוספות של מחקר זה הינן:
- כל העלויות נלקחות לפי ערך הדולר של ארה"ב ב-1995.
 - עלות כוח אדם (נהגי אוטובוסים) לא נכללה בניתוח העלויות, כיוון שהיא זהה עבור אוטובוסים מסוגים שונים.
 - רק העלות הבסיסית של אוטובוסים, הן חשמליים והן קונבנציונליים שימשה עבור הניתוח. לא נלקחו בחשבון עלויות של אופציות שונות.
 - אורך החיים של אוטובוסים חשמליים וקונבנציונליים הינו 10 שנים או 200,000 מיילים (המספר האחרון נמוך, כמובן, מהנסועה הכוללת (קילומטראז') המקובל ב"אגד", בגלל רמת האחזקה הגבוהה). תוצאות ההערכה הכלכלית, שנלקחו כאמור, מ-[2], מתוארות בטבלאות 7 ו-8.

טבלה 7. התפלגות הנתונים לגבי עלויות ההשקעה וההפעלה של אוטובוסים חשמליים, [2].

Electric Bus User Survey Major Cost Matrix

Vehicle Type	Type 'A'	Type 'B'	Type 'C'	Type 'D'	Type 'E'
Bus Capital Cost					
High	\$88,000	\$169,000	\$195,500	\$240,000	\$250,000
Low	\$78,000	\$128,000	\$140,000	\$199,050	\$140,000
Avg.	\$83,000	\$136,270	\$159,180	\$226,350	\$195,000
Battery Capital Cost					
High	\$6,800	\$15,000	\$12,000	\$13,650	\$12,400
Low	\$5,000	\$9,800	\$9,000	\$13,650	\$12,000
Avg.	\$5,150	\$12,200	\$10,850	\$13,650	\$12,200
Bus Maintenance Cost					
High	\$38,400	\$69,120	\$68,900	\$44,800	\$57,200
Low	\$12,800	\$30,000	\$35,600	\$14,590	\$57,200
Avg.	\$18,420	\$61,420	\$58,500	\$34,730	\$57,200
Battery Maintenance Cost					
High	\$51,360	\$37,600	\$39,220	\$68,250	\$28,000
Low	\$4,800	\$7,440	\$17,291	\$68,250	\$28,000
Avg.	\$44,700	\$33,330	\$20,360	\$68,250	\$28,000

כאשר כאן:

Type A - Mini-bus 22 ft, 16 Passenger.

Type B - Multi-Purpose Open Passenger Shuttle/Trolley, 22 ft, 22 Seat.

Type C - Transit Bus, 22 ft, 22 Seat.

Type D - Transit Bus, 30-35 ft, 25-30 Seat.

Type E - School Bus, 72 Seat (48 Adult Passengers)

טבלה 8. השוואה של עלות השימוש באוטובוסים חשמליים וקונבנציונליים, [2].

Life Cycle Cost Model Results

Vehicle Type	Type 'A'	Type 'B'	Type 'C'	Type 'D'	Type 'E'	Type 'F'	Type 'G'	Type 'H'	Type 'J'
Cost Category	Electric Minibus 22 Ft. 16 Seats	Electric Multi-Purpose Open Shuttle/Trolley, 22ft 22Seats	Electric Transit Bus 22 Ft. 22 Seats	Electric Transit Bus 30-35 Ft. 28-33 Seats	Electric School Bus 72Seats (48Adult Passenger Capacity)	Diesel Transit Bus 22-25 ft 22 Seats	Diesel Transit Bus 30 ft 29 Seats	Diesel Transit Bus 35 ft 34 Seats	Diesel School Bus 72 Seats (48Adult Passenger Capacity)
<u>Capital Costs</u>									
Bus	\$83,000	\$136,370	\$159,180	\$240,000	\$195,000	\$100,000	\$170,000	\$220,000	\$60,000
Battery	\$5,150	\$12,200	\$10,850	\$13,650	\$12,200	\$0	\$0	\$0	\$0
Taxes/Fees	\$6,170	\$10,400	\$11,900	\$17,750	\$14,500	\$7,000	\$11,900	\$15,400	\$4,200
Sub-total	\$94,320	\$158,970	\$181,930	\$256,800	\$221,700	\$107,000	\$181,900	\$235,400	\$64,200
<u>Recurring Costs</u>									
(Power/Fuel Consumption)	1.45 Kwh/mi	1.35 Kwh/mi	1.5 Kwh/mi	1.75 Kwh/mi	1.8 Kwh/mi	6 Mi/gal.	5 Mi/gal.	4 Mi/gai	6 Mi/gal.
Sub-total Power(fuel) Costs	\$14,500	\$13,500	\$15,000	\$17,500	\$18,000	\$23,400	\$28,000	\$31,100	\$23,400
Bus Repairs / Maintenance	\$18,420	\$61,420	\$58,500	\$34,730	\$57,200	\$75,000	\$91,000	\$94,000	\$57,200
Battery Repairs / Maintenance	\$44,700	\$33,330	\$20,360	\$68,250	\$28,000	-0-	-0-	-0-	-0-
Insurance	\$20,000	\$20,000	\$20,000	\$20,000	\$20,000	\$20,000	\$20,000	\$20,000	\$20,000
<u>Periodic Costs</u>									
Brakes	\$2,500	\$2,500	\$2,500	\$3,000	\$3,000	\$4,000	\$4,800	\$4,800	\$4,800
Tires	\$4,760	\$4,760	\$4,760	\$7,140	\$7,140	\$4,760	\$7,140	\$7,140	\$7,140
Batteries	\$13,230	\$31,330	\$27,860	\$35,050	\$31,330	-0-	-0-	-0-	-0-
Maintenance Sub-Total (less power)	\$103,610	\$153,340	\$133,980	\$168,170	\$146,670	\$103,760	\$122,940	\$125,940	\$89,140
<u>Salvage Value (10%)</u>									
Bus	\$8,300	\$13,640	\$15,920	\$22,640	\$19,500	\$10,000	\$17,000	\$22,000	\$6,000
Total Life Cycle Costs	\$204,130	\$312,170	\$314,990	\$419,830	\$366,870	\$224,160	\$315,840	\$370,440	\$170,740

Vehicle Type	Type 'A'	Type 'B'	Type 'C'	Type 'D'	Type 'E'	Type 'F'	Type 'G'	Type 'H'	Type 'J'
Capital Cost / Mile	\$0.43	\$0.73	\$0.83	\$1.17	\$1.01	\$0.49	\$0.82	\$1.07	\$0.29
Power Cost / Mile	\$0.07	\$0.07	\$0.08	\$0.09	\$0.09	\$0.12	\$0.14	\$0.16	\$0.12
Maintenance Cost / Mile	\$0.52	\$0.76	\$0.67	\$0.84	\$0.73	\$0.52	\$0.61	\$0.63	\$0.45
Total Cost / Mile	\$1.02	\$1.56	\$1.58	\$2.10	\$1.83	\$1.13	\$1.57	\$1.86	\$0.86
Total Cost / Seat Mile	\$0.06	\$0.07	\$0.07	\$0.07	\$0.04	\$0.05	\$0.05	\$0.06	\$0.02

Notes:

- 1) Total Life Cycle Cost = Capital Costs + Power Costs + Maintenance Costs - Salvage Value
- 2) Capital Cost / Mile =(Capital Costs Sub-total - Salvage Value) / Miles
- 3) All mileage based on overall life of 200,000 miles for bus (assumed)
- 4) Number of seats for school bus based on adult passenger seating capacity

מתוצאות ההערכה הכלכלית המתוארות לעיל, נובע:
 - השקעת ההון ההתחלתית עבור אוטובוסים חשמליים גבוהה יותר בצורה משמעותית לעומת אוטובוסים קונבנציונליים.
 - עלות המצבר מהווה חלק נכבד מאוד, הן בהשקעה ההתחלתית והן בעלויות התחזוקה. יש לציין ששימוש במצברים מסוגים מתקדמים, כגון: אבץ-אור, ניקל-הידריד מתכתי וכו' עשוי לגרום להורדה משמעותית של עלות השימוש באוטובוס חשמלי.
 - עלות האנרגיה (או דלק) נמוכה משמעותית עבור אוטובוסים חשמליים לעומת אוטובוסים קונבנציונליים בגלל שתי סיבות עיקריות: אפשרות השימוש בחשמל זול המסופק בשעות הלילה, וצריכת אנרגיה נמוכה יותר לאוטובוסים חשמליים. טבלה 9 להלן כוללת תוצאות השוואתיות של חישוב צריכת האנרגיה עבור אוטובוסים קונבנציונליים וחשמליים. כל הנתונים לחישוב ולהשוואה נלקחו מטבלה 8.

טבלה 9. השוואת צריכת האנרגיה על ידי אוטובוסים חשמליים וקונבנציונליים.

School Bus 72 Seats 48 Adult Passengers	Transit Bus 30-35 ft 28-34 Seats	Transit Bus 22 - 25 ft 22 Seats	סוג האוטובוס
חשמלי דיזל	חשמלי דיזל	חשמלי דיזל	
6.3 1.8	7.6 - 9.5 1.75	6.3 1.5	צריכת האנרגיה, kWh/mile

- עלות התחזוקה של אוטובוסים חשמליים בדרך כלל גבוהה מזאת של אוטובוסים קונבנציונליים, בעיקר עקב עלויות גבוהות של תחזוקת והחלפת מצברים. יתר המכלולים של אוטובוס חשמלי פשוטים הרבה יותר לעומת אוטובוס עם מנוע דיזל ודורשים פחות טיפול, לכן עלות תחזוקתם נמוכה יותר (ראה טבלה 8). השימוש בטעינת מצברים בעת בלימה (regenerative braking) באוטובוס חשמלי תורם גם להורדת הבלאי של בלמי הרכב.

לאור התוצאות של ההערכה הטכנו-כלכלית הנ"ל יש לציין שחדירתם של אוטובוסים חשמליים לשרות הציבור תלויה בהרבה בתמיכת המדינה, הבאה לידי ביטוי בתמיכה כספית ישירה ו/או מדיניות המיסים וחקיקה סביבתית מתאימה.

דוגמה לכך היא הפעלת מערכת תחבורה בפרברי פריס המבוססת על רכב חשמלי קטן שנע בין חניונים. השימוש ברכב זה הוא על בסיס דומה לשכירות, אבל כל המערכת משולבת ברשת התחבורה הציבורית במטרופוליטן פריס - RATP (מטרו, אוטובוסים וכו'). התוכנית, שנקראת PRAXITELE, נמצאת עתה בשלבי הקמה, עם 50 רכבים ו-6 חניונים, [10,11].

כאן כדאי להדגיש שאפקט אקולוגי מהפעלת אוטובוסים חשמליים, למשל באזור מסוים של מרכז העיר, יהיה משמעותי יותר עם סגירת אזור זה לכלי רכב קונבנציונליים.

יש לשים לב, שמנסיון השימוש באוטובוסים חשמליים בארה"ב, [7,3], נובע שהפעלתם בקוי השרות גורמת לתגובות חיוביות מאד של הציבור ועליה משמעותית במספר הנוסעים.

7. תכנון ראשוני של ניסוי עם אוטובוסים חשמליים

ביצוע ניסוי עם אוטובוסים (חשמליים) בארץ נראה חשוב על מנת לפתח את מודעות הציבור לגבי הצורך בהורדת זיהום האוויר במרכזי הערים ועל מנת להוכיח יתרונות של התחבורה הציבורית המבוססת על אוטובוסים ואינה מזהמת כלל את האזור שבו היא מופעלת. ביצוע ניסוי עם אוטובוס אחד או יותר, מאלה שהוזכרו לעיל יספק חומר מעשי ועשוי לתרום הרבה גם לפיתוח אוטובוס חדשני עם המצבר המפותח בארץ שבין המתקדמים בעולם - מצבר אבץ-אוויר של חברת "דלק חשמלי".

השלב העיקרי של ההכנה ותוכנית הניסוי, אם יוחלט על ביצוע, מפורטים להלן:

- החלטה לגבי סוג ומספר האוטובוסים שיובאו ארצה לצורך ביצוע הניסוי.
- רכישת האוטובוסים וציוד לתחזוקתם/תם, התקנת הציוד.
- הכשרת כוח אדם (נהגים וטכנאים) שיפעילו את האוטובוסים.
- ביצוע ניסויים על מנת להעריך ביצועי האוטובוסים בתנאי נסיעה האופייניים לנהיגה עירונית בארץ. בשלב זה ייבדקו:

צריכת האנרגיה של אוטובוס בתנאי נסיעה שונים בנהיגה עירונית ובמהירות קבועה, מהירות מירבית של האוטובוס וביצועים דינמיים שלו, במצבי טעינת מצבר שונים.

- בתום ניסויים אלה יוחלט סופית לגבי קו השרות שבו יופעל האוטובוס, יתוכננו שעות פעולתו בקו ויבוצע מסע הפרסום הנדרש.
- במשך הפעלתו של האוטובוס החשמלי בקו השרות ירוכזו נתונים לגבי: טווח נסיעתו בין הטעינות, השפעת תנאים אטמוספריים על ביצועיו, השפעת סגנון הנהיגה על צריכת האנרגיה, התקלות האופייניות ואופן הטיפול בהן וכו'.
- מומלץ לבצע סידרת ניסויים מיוחדת על מנת להעריך את השפעתה של מערכת מיזוג האוויר על טווח נסיעתו וביצועים אחרים של אוטובוס חשמלי.

יש לציין שהיקף הניסוי שיבוצע יהיה תלוי במספר האוטובוסים שיופעלו.

8. סיכום ומסקנות

1. דעתם של שני יצרני האוטובוסים האירופיים, הן Mercedes-Benz, והן Volvo, שהם הספקים העיקריים של "אגד", לגבי כדאיות הסבת אוטובוסים קיימים לחשמליים הינה שלילית. ישנן, אמנם, חברות שכן עוסקות בהסבת אוטובוסים קונבנציונליים לחשמליים. מידע לגבי חברות הללו מרוכז בטבלה 2 של הדו"ח. עד כה אין ברשותנו מידע קונקרטי לגבי עלות הסבת אוטובוסים לחשמליים / היברידיים.
2. בוצעו בדיקות נוספות במסלולי הנסיעה בירושלים, הרלוונטיים לאוטובוס חשמלי. נבדקו הקוים מס' 1 ומס' 20. היתרונות של המסלול בקו מס' 1 הינם בכך שאורך המסלול והמהירות הממוצעת קטנים יותר לעומת קו מס' 20. היתרונות הבולטים של קו מס' 20 הינם בסוג האזור שבו המסלול עובר: כמות גדולה של הולכי רגל, תנועה כבדה וראות מצוינת המאפשרים חשיפה, הן לאנשים העוברים בכלי רכב והן להולכי רגל, ואפשרות להבדיל ולהשוות בין אוטובוסים קונבנציונליים לבין אוטובוס חשמלי.
3. רק חברה אחת (נכון לעת כתיבת הדו"ח) הביעה את נכונותה לשיתוף פעולה בהפעלת אוטובוסים חשמליים בארץ. חברה זאת היא Specialty Vehicle Manufacturing Company (SVMC), היצרן הגדול של אוטובוסים חשמליים בארה"ב. ממשפחת האוטובוסים החשמליים של SVMC למסלולי הנסיעה שהוגדרו, נראים מתאימים ביותר שני הדגמים הבאים: אוטובוס קטן מדגם 5122 (אורך - 6.7 מ', מספר מקומות ישיבה - 22), ואוטובוס בינוני מדגם 5131 (אורך - 9.4 מ', מספר מקומות ישיבה - 28).
4. מהשוואת הביצועים של שני האוטובוסים הללו נובע שאוטובוס מדגם 5122 יכול לעבוד בקו השרות עד כ-12 שעות במסלול מס' 1 ועד כ-9 שעות במסלול מס' 20 (טווח נסיעתו בין הטעינות הינו 145 - 64 ק"מ); אוטובוס מדגם 5131 יכול לעבוד בקו השרות עד כ-9 שעות במסלול מס' 1 ועד כ-7 שעות במסלול מס' 20 (טווח נסיעתו בין הטעינות הינו 113 - 64 ק"מ). מנסיון השימוש באוטובוסים הללו בחברות התחבורה בארה"ב נובע שטווח הנסיעה האופייני בין טעינות המצבר הינו כ-120 - 105 ק"מ.
5. המהירות המירבית של האוטובוסים גדולה מזו האופיינית למסלולי הנסיעה ובהחלט מאפשרת להם להשתלב בתנועה.
6. אחזקת אוטובוסים חשמליים כרוכה בהכנת התשתית, הכשרת כוח אדם ותחזוקה שוטפת של האוטובוסים. לגבי התחזוקה הצטבר עד כה מעט ידע, יחסית, עקב מספר מוגבל מאד של אוטובוסים חשמליים הנמצאים עתה בשימוש בחברות התחבורה. הכשרת כוח אדם חשובה מאד בגלל שתי הסיבות העיקריות הבאות: כדי להקטין את צריכת האנרגיה של האוטובוס וכדי למנוע תאונות עבודה הקשורות בסוג שונה של ה"דלק" באוטובוסים הללו. מנתונים שפורסמו, נובע ששינויים בצריכת האנרגיה של אוטובוס עקב סגנון הנהיגה יכולים להגיע עד ל-50%.
7. מהערכה טכנו-כלכלית של השימוש באוטובוסים חשמליים נובע שהפעלתם תורמת ל-
 - הפחתת זיהום האוויר באזורים בהם האוטובוסים מופעלים;
 - הורדת הרעש מאוטובוסים;
 - הורדת בלאי הבלמים;
 - הפחתה משמעותית בצריכת האנרגיה של אוטובוסים.

יחד עם זאת, יש לציין שהשקעת ההון ההתחלתית ועלות התחזוקה של אוטובוסים חשמליים גבוהות בדרך כלל מאלה של אוטובוסים קונבנציונליים, בעיקר עקב עלויות גבוהות של רכישה התחלתית והחלפת מצברים. שימוש במצברים מסוגים מתקדמים, כגון: אבץ-אוויר, ניקל-הידריד מתכתי וכיו עשוי לגרום להורדה משמעותית של עלות השימוש באוטובוס חשמלי.

8. חדירתם של אוטובוסים חשמליים לשרות הציבור תלויה בהרבה בתמיכת המדינה המעוניינת לשפר איכות האוויר במרכזי הערים, שבאה לידי ביטוי בתמיכה כספית ישירה ו/או מדיניות המיסים וחקיקה סביבתית מתאימה. כאן יש להדגיש שאפקט אקולוגי מהפעלת אוטובוס חשמלי, למשל, באזור מסוים של מרכז העיר, יהיה משמעותי יותר עם סגירת אזור זה לכלי רכב קונבנציונליים.

9. מנסיון השימוש באוטובוסים חשמליים בארה"ב נובע שהפעלתם בקוי השרות גורמת לתגובות חיוביות מאוד של הציבור ועליה משמעותית במספר הנוסעים.

10. ביצוע ניסוי עם אוטובוסים חשמליים בארץ נראה חשוב על מנת לפתח את מודעות הציבור לגבי הצורך בהורדת זיהום האוויר במרכזי הערים ועל מנת להוכיח יתרונות של התחבורה הציבורית המבוססת על אוטובוסים ואינה מזהמת כלל את האזור שבו היא מופעלת.

11. ניתן, לדעתנו, לפתח קונספט של אוטובוס חשמלי "כחול-לבן" עם מצברי אבץ-אוויר של חברת "דלק חשמלי" בירושלים. בכך תושג פריצת דרך עולמית וניתן יהיה לפתח ולייצא טכנולוגיות מתקדמות בתחום זה. פיתוח זה ידרוש שיתוף פעולה (קונסורטיום) של גופים בראשות הטכניון, "אגד", חברת החשמל ועוד.

9. רשימת ספרות

- 1) ל. טרטקובסקי, מ. גוטמן, י. דיין ו-י. זבירין. הנעה חשמלית והיברידיזציה לאוטובוסים. דו"ח ביניים מס' 2, הוכן עבור 'אגד' על פי חוזה מ-27.12.1995, מוסד שמואל נאמן, הטכניון, אוגוסט 1996.
- 2) N. Advani, Life Cycle Cost Analysis for Electric Buses. Final report prepared for CALSTART Santa Barbara County Air Pollution Control District California Energy Commission, 31 July 1996.
- 3) P. Griffith, Four-Year Report on Battery-Electric Transit Vehicle Operation at the Santa-Barbara Metropolitan Transit District. Report No. FTA-CA-26-0019-95-1 prepared for Federal Transit Administration, May 1995.
- 4) ECB - Environmental Concept Bus, Volvo, 1996.
- 5) Baubeschreibung - O405 N2-H, EvoBus GmbH, Mercedes-Benz, 1996.
- 6) א.לביא, בדיקת היתכנות של קו הסעה מבוסס על רכב חשמלי. שלב ב'. דו"ח סופי, סי.טי.אי - קריאטיב טכנולוגייס ישראל בע"מ, אוקטובר 1996.
- 7) T.M. Fowler, M.A. Euritt and C.M. Walton, Electric Bus Operations: A Feasibility Study, Research Report 60057-1, Center for Transportation Research, University of Texas at Austin, USA, May 1995.
- 8) J.K. Nor and V. Pavlovic, Ultra Rapid Battery Charging: Charge Time, Efficiency, and Battery Life Considerations. Proceedings of the 13th Intern. Electric Vehicles Symposium, Osaka, Japan, October 1996.
- 9) D. Sperling, Future Drive. Electric Vehicles and Sustainable Transportation. Island Press, USA, 1995.
- 10) Y. Zvirin, Visits at INRIA, near Paris - PRAXITELE. Programme, June 1996, March 1997.
- 11) M. Parent and P.Y. Texier, A Public Transport System Based on Light Electric Cars. Proceedings of the 4th Intern. Conf. on Automated People Movers, Irving, USA, March 1993.

הכרת תודה

המחקר ממומן על ידי "אגד" - אגודה שיתופית לתחבורה בישראל ומוסד ש. נאמן למחקר מתקדם בטכניון. אנו מודים לשני הארגונים על התמיכה ושיתוף הפעולה. ברצוננו להודות לאנשי 'אגד': למר רם אשר, מנהל יחידות ההנדסה, שהיה בין יוזמי המחקר, על התמיכה, הליווי והעידוד, למר ש. דפנאי, מנהל הנדסת ייצור משק, מתאם המחקר, על העזרה ושיתוף הפעולה; למר יעקב חרוזי, מנהל המחלקה הטכנית ואיגני שמואל בן ארי, מהנדס רכב ראשי, על העזרה בהשגת ועיבוד המידע.

תודה מיוחדת לצוות עובדי 'אגד' מסניף ירושלים על העזרה הרבה בביצוע בדיקות מסלולי נסיעה בירושלים.

נספח א'

דוגמאות של פניות לחברות העוסקות בטכנולוגיות אוטובוסים חשמליים והיברידים:
יצרני האוטובוסים של "אגד" - מרצדס, וולוו.
יצרני אוטובוסים חשמליים בארה"ב.
המכון לחקר רכבים חשמליים (ETVI).
חברות תחבורה המפעילות אוטובוסים חשמליים.
יצרני ציוד לאוטובוסים חשמליים - מערכות טעינת מצברים.



Fax 0049 - 621 - 393 2935

January 2, 1997

Mr. Reinhold Licht
Sales Department, Mercedes-Benz
Manheim, Germany

Dear Mr.Licht

The problem of air pollution due to emissions from vehicle engines is becoming more and more severe in Israel. Therefore, there has been increasing interest, and initiation of some activities, related to the possible use of public transportation which does not pollute the urban environment. As you know, the public transportation in Israel is almost entirely based on vehicles with diesel engines, the bulk being diesel buses.

We at the Technion are carrying out a comprehensive study, supported by the Egged Israel Transportation Cooperative, to investigate the state-of-the-art and the main worldwide tendencies in the area of electric and hybrid propulsion for buses. This study includes accumulation of up-to-date technical and economical information and data on other related aspects and on world experience about use, fleet tests, etc. of electric and hybrid buses. Another part of the work is a preliminary design of a field/fleet test with electric bus(es).

Mercedes-Benz is the main and largest supplier of buses to Egged. It is therefore natural that we, working together with Egged, ask you for the following information. In particular, it is very important for us to obtain information about availability of electric or hybrid bus prototypes (with technical data) and the possibilities of their participation in such field/fleet tests in selected Egged routes.

We are about to begin the stage of a techno-economic evaluation of using electric and hybrid buses. It would greatly help us if you could send us, as soon as possible, the following information on:

- 1) Cost estimates of electric and hybrid buses (compared to conventional equipment).
- 2) Possibility of modifying conventional buses to electric or hybrid, and cost estimates, if applicable.
- 3) Technical data and cost estimates of recharging equipment.
- 4) Data and/or forecasts about introducing and operating of maintenance systems for electric and hybrid buses, including investment and operation costs.
- 5) Data and cost estimates about required training of manpower.

Any other relevant information that you would send will be appreciated.

We look forward to here from you soon. Your help and cooperation will be very much appreciated by us and by Egged.

With best wishes to a happy new year,

Yours Sincerely,

Professor Yoram Zvirin
Head, Internal Combustion
Engines Laboratory

cc.: Prof. A. Bentur, Technion Vice President for Research
Prof. A. Seginer, Director, Neeman Inst. for Research, Technion
Mr. S. Ben Ari, Chief Vehicles Engineer, Egged



January 5, 1997

Mr. John Powell
Executive Director
Electric Transit Vehicle Institute
1617 -B Wilcox Boulevard
Chattanooga, TN 37406, USA

⁴²³
Fax 001 615 622 0744

Dear Mr. Powell

The problem of air pollution due to emissions from vehicle engines is becoming more and more severe in Israel. Therefore, there has been increasing interest, and initiation of some activities, related to the possible use of public transportation which does not pollute the urban environment. As you may know, the public transportation in Israel is almost entirely based on vehicles with diesel engines, the bulk being diesel buses.

We at the Technion are carrying out a comprehensive study, supported by the Egged, the biggest Israeli public transportation company (about 5,000 buses), to investigate the state-of-the-art and the main worldwide tendencies in the area of electric and hybrid propulsion for buses. This study includes accumulation of up-to-date technical and economical information and data on other related aspects and on world experience about use, fleet tests, etc. of electric and hybrid buses. Another part of the work is a preliminary design of a field/fleet test with electric bus(es).

Your organization is well known as playing a key role in the development of electric bus technology and in the creation of markets for it. The experience of your "living laboratory" is unique and deserves thorough learning. It is therefore natural that we, working together with Egged, ask you for the following information:

- 1) Costs of electric and hybrid buses.
- 2) Possibility of modifying conventional buses to electric or hybrid, and cost estimates, if applicable.
- 3) Technical data and cost estimates of recharging equipment.
- 4) Data about introduction and operation of maintenance systems for electric and hybrid buses, including investment and operation costs.
- 5) Data and cost estimates about required training of manpower.
- 6) Safety requirements for personnel working with electric buses.

Any other relevant information that you would send will be appreciated.

We look forward to here from you as soon as possible. Your help and cooperation will be very much appreciated by us and by Egged.

With best wishes to a happy new year,

Yours Sincerely,

Professor Yoram Zvirin
Head, Internal Combustion
Engines Laboratory

cc.: Mr. S. Ben Ari, Chief Vehicles Engineer, Egged



January 5, 1997

Fax: 001-310-904-3439

Mr. Don Duffy, President
Specialty Vehicle Manufacturing Corp.,
9250 Washburn Road, Downey, CA 90241

Dear Mr. Duffy,

The problem of air pollution due to emissions from vehicle engines is becoming more and more severe in Israel. Therefore, there has been increasing interest, and initiation of some activities, related to the possible use of public transportation which does not pollute the urban environment. As you know, the public transportation in Israel is almost entirely based on vehicles with diesel engines, the bulk being diesel buses.

We at the Technion are carrying out a comprehensive study, supported by the Egged, the biggest Israeli public transportation company (about 5,000 buses), to investigate the state-of-the-art and the main worldwide tendencies in the area of electric and hybrid propulsion for buses. This study includes accumulation of up-to-date technical and economical information and data on other related aspects and on world experience about use, fleet tests, etc. of electric and hybrid buses. Another part of the work is a preliminary design of a field/fleet test with electric bus(es).

Your company is well known as an established electric buses manufacturer. It is therefore natural that we, working together with Egged, ask you for the following information. In particular, it is very important for us to obtain information about availability of electric or hybrid buses and their technical data.

We are about to begin the stage of a techno-economic evaluation of using electric and hybrid buses. It would greatly help us if you could send us, as soon as possible, the following information on:

- 1) Costs of electric and hybrid buses.
 - 2) Possibility of modifying conventional buses to electric or hybrid, and cost estimates, if applicable.
 - 3) Technical data and cost estimates of recharging equipment.
 - 4) Data and/or forecasts about introducing and operating of maintenance systems for electric and hybrid buses, including investment and operation costs.
 - 5) Data and cost estimates about required training of manpower.
- and hybrid buses, including investment and operation costs.

Any other relevant information that you would send will be appreciated.

We look forward to here from you soon. Your help and cooperation will be very much appreciated by us and by Egged.

With best wishes to a happy new year,

Yours Sincerely,

Professor Yoram Zvirin
Head, Internal Combustion
Engines Laboratory

cc.: Mr. S. Ben Ari, Chief Vehicles Engineer, Egged



January 5, 1997

FAX 001-205-882-4871

SCI Systems, P.O.Box 14460,
Huntsville, AL 35807

Dear Ladies/ Sirs,

The problem of air pollution due to emissions from vehicle engines is becoming more and more severe in Israel. Therefore, there has been increasing interest, and initiation of some activities, related to the possible use of public transportation which does not pollute the urban environment. As you know, the public transportation in Israel is almost entirely based on vehicles with diesel engines, the bulk being diesel buses.

We at the Technion are carrying out a comprehensive study, supported by the Egged, the biggest Israeli public transportation company (about 5,000 buses), to investigate the state-of-the-art and the main worldwide tendencies in the area of electric and hybrid propulsion for buses. This study includes accumulation of up-to-date technical and economical information and data on other related aspects and on world experience about use, fleet tests, etc. of electric and hybrid buses. Another part of the work is a preliminary design of a field/fleet test with electric bus(es).

Your company is well known as an established manufacturer of charging equipment, obviously needed for electric buses both in regular service and in field tests. It is therefore natural that we, working together with Egged, ask you for the following information. In particular, it is very important for us to obtain information about availability of such equipment intended for charging batteries of electric buses, its technical data and cost.

We are about to begin the stage of a techno-economic evaluation of using electric and hybrid buses. It would greatly help us if you could also send us information (in case you have it) on:

- 1) Costs of electric and hybrid buses.
 - 2) Possibility of modifying conventional buses to electric or hybrid, and cost estimates, if applicable.
 - 3) Technical data and cost estimates of recharging equipment.
 - 4) Data and/or forecasts about introducing and operating of maintenance systems for electric and hybrid buses, including investment and operation costs.
 - 5) Data and cost estimates about required training of manpower.
- and hybrid buses, including investment and operation costs.

Any other relevant information that you would send will be appreciated.

We look forward to here from you soon. Your help and cooperation will be very much appreciated by us and by Egged.

With best wishes to a happy new year,

Yours Sincerely,

Professor Yoram Zvirin
Head, Internal Combustion
Engines Laboratory

cc.: Mr. S. Ben Ari, Chief Vehicles Engineer, Egged

CC: GGG



Technion - Israel Institute of Technology
Faculty of Mechanical Engineering

February 14, 1997

Mr. Paul Griffith
President,
Electric Transit Vehicle Institute
Santa Babara, California

Fax 001 805 962 4794

Dear Mr.Griffith

The problem of air pollution due to emissions from vehicle engines is becoming more and more severe in Israel. Therefore, there has been increasing interest, and initiation of some activities, related to the possible use of public transportation which does not pollute the urban environment. As you may know, the public transportation in Israel is almost entirely based on vehicles with diesel engines, the bulk being diesel buses.

We at the Technion are carrying out a comprehensive study, supported by the Egged, the biggest Israeli public transportation company (about 5,000 buses), to investigate the state-of-the-art and the main worldwide tendencies in the area of electric and hybrid propulsion for buses. This study includes accumulation of up-to-date technical and economical information and data on other related aspects and on world experience about use, fleet tests, etc. of electric and hybrid buses. Another part of the work is a preliminary design of a field/fleet test with electric bus(es).

Your organization is well known as playing a key role in the development of electric bus technology and in the creation of markets for it. Your experience is unique and deserves thorough learning. It is therefore natural that we, working together with Egged, ask you for the following information:

- 1) Costs of electric and hybrid buses.
- 2) Possibility of modifying conventional buses to electric or hybrid, and cost estimates, if applicable.
- 3) Technical data and cost estimates of recharging equipment.
- 4) Data and about introduction and operation of maintenance systems for electric and hybrid buses, including investment and operation costs.
- 5) Data and cost estimates about required training of manpower.
- 6) Safety requirements for personnel working with electric buses and hybrid buses, including investment and operation costs.

Any other relevant information that you would send will be appreciated.

We look forward to here from you as soon as possible. Your help and cooperation will be very much appreciated by us and by Egged.

With best wishes to a happy new year,

Yours Sincerely,

Yoram Zvirin
Professor Yoram Zvirin
Head, Internal Combustion
Engines Laboratory

cc.: Mr. S. Ben Ari, Chief Vehicles Engineer, Egged

נספח ב'

תשובות מכל החברות אליהן נשלחו פניות (בהתאם לנספח א').



Mercedes-Benz
Omnibusse

EvoBus GmbH, 68301 Mannheim

Technion - Israel Institute of Technology
Attn. Prof. Yoram Zvirin
Head, Internal Combustion
Engines Laboratory
Technion City
Haifa 32000

Telefon
(06 21) 740- 29 01

Telefax
(06 21) 740- 29 35

ISRAEL

Ihr Zeichen, Ihre Nachricht vom

Unser Zeichen, unsere Nachricht vom

Bearbeiter

Datum

M/VE3

Licht-te/16

06.03.97

Alternative Propulsion Systems

Dear Professor Zvirin,

First of all we would like to apologize for our late answering of your inquiry for information.

Please find attached hereto a wide range of basic material, which should cover the technical aspects of environmental friendly technologies in brief.

- Electrical drive regular service buses
- O-Bahn in theory and practice
- Regular-service buses, wheelhub drive
- **Alternative propulsion concepts**
(showing all technologies available at least on prototype basis including the „Fuel Cell“)
- Natural gas low-floor buses
- Baubeschreibung O 405 N2-H, **Hybrid Bus** (in German language available only)
- Blockschaltbild Hybrid-Bus
- Spezifischer Energieinhalt von Traktionsbatterien im Vergleich zu Dieselmotoren
- Photo of prototype O 405 NÜH

We strongly hope that this literature/leaflets can give you an overview about the future developments in this field of alternative concepts.

1. As far as costs are concerned, we are very hesitant to pass such factors to the public as most of the technologies are more or less in a prototype stage. The future acceptance of the market might lead to real commercial prices depending on production and sales.

Examples to demonstrate factors could be:

- City-bus with compressed natural gasdrive (CNG) additional DM 90.000,-/unit.
 - City-bus (2 axle) with wheel hub drive additional DM 130.000,-/unit.
 - For hybrid technology no prices have been published yet.
 - A „standard“ 0 405 GTD articulated trolley duo bus should cost approx. 120 % on top of the regular complete built up German unit in diesel execution. Obviously this system needs electric overhead lines with its own cost factors.
2. The practical possibilities to convert conventional Diesel buses into ones with electric or hybrid drive is not feasible nor recommendable. In other words, if new systems should be introduced one should start with new vehicles.
 3. Recharging equipment for hybrid buses is not needed as the batteries are getting recharged by the generator integrated into the system.
 4. To maintain electric drive or hybrid buses generally the same standard equipment can be used as for any other electric motors plus specific items for the bus technology.

Batteries, after they passed their life, span have to be replaced by new sets which can be considered as very expensive. Technology of batteries is not as advanced as the automotive industry wishes to.

Training and man power needed always depend on what kind of know-how is available in the beginning of the introduction of such systems.

You may allow us coming to an end with our comments regarding your appreciated inquiry, we repeat that the technologies are available in our house but not so far advanced that we can deal on commercial basis due to the absence of quantities to be absorbable in the world wide markets. However, Mercedes-Benz is convinced that alternative concepts have to be worked out for the future in order to solve specific or even global environmental problems.

We herewith shall announce to you that in the exhibition of the 1997 UITP-congress held in Stuttgart, Germany, between 2nd and 6th of June our company shall have the pleasure to present a big portion of our actual research know-how including the first demonstrator bus working on basis of a fuel-cell. You should not miss to participate in this event.

We hope having been of assistance to you so far and that our attached material will give you the right impression of our efforts to assist in saving our environment.

Yours faithfully

EvoBus GmbH
Mercedes-Benz Omnibusse



Licht



Pawletzki

Encl.

cc: Mr. Ben Ari, Egged
Mr. Stockman, Colmobil

VOLVO

Volvo Bus Corporation

Göteborg, Sweden

Professor Yoram Zvirin
Technion City
HAIFA 32000
ISRAEL

Your reference	Our reference	Telephone indialling	Date
	80300-rf7006be	+46 31667100	1997-01-20

Dear Professor Zvirin

Thank you for your letter regarding hybrid-buses.

The ECB-concept is a very advanced driveline which may be available to the market earliest within 4-5 years. The main reason for this late availability is the turbogenerator, which is a new product not yet fully developed for automotive use.

Following your specific questions my answers are as follows:

1. Cost estimation of electric and hybrid buses. Pure electrical buses driven of batteries will not be a realistic alternative, as the capacity of today's batteries are still too low. Pure electric buses can than only be sc. trolley buses, which are available today at a very high premium price. Volvo are not supplying these types of vehicles, even if we together with certain body builders can supply a chassis which can be used as a base for a trolley bus.

We believe that hybrid buses will be attractive for the future but there are still a big amount of work to be done to find and develop the best energy storage system. If this will be batteries, flywheels or supercondensator is too early to tell today.

The additional cost for a hybrid vehicle consists of the cost for:

- generator
- electrical motors
- electrical management system
- energy storage
- auxiliary equipment like power for:
 - air compressors
 - power steering
 - A/C, if specified

At this early stage there is no cost estimate available for these components in a production volume.

Postal address	Telephone	Telex	Telefax	Reg. No.	Reg. office
S-405 08 Göteborg Sweden	Switchboard Nat. 031- 66 80 00 Switchboard Int. +46 31 66 80 00	27000 volvo s	+46 31 53 68 08	556197-3826	Göteborg, Sweden

For prototype quantities the cost is approximately 700.000 USD for the system Volvo has selected.

- 2. To convert existing buses to hybrids is not recommended. Most likely it will be more cost effective to build new buses. The value of the conventional bus will be negligible compared to the cost of conversion.
- 3. Recharging equipment will be of minor cost. Specially as pure electrical battery buses not are realistic.
- 4. Maintenance systems for hybrid buses will most likely not be too demanding. The electrical components are estimated to have a long life and low maintenance requirement.
- 5. Training of workshop personal is very important as the electrical systems will have high voltage, up to 600V. Also the electronic management systems will demand high skills in electronic controls.


The drivers we expect will only require minimal training.

As you probably understand from this letter we are just in the beginning of a new era of bus-design, in which Volvo spends substantial amount of resources. There is however a big number of uncertainties which still remains to be resolved until we have products ready for the market.

Thank you for your interest in these futuristic concepts.

Best regards

VOLVO BUS CORPORATION
Quality Development and Advanced Engineering



Ragnar Fast
Vice President



SPECIALTY VEHICLE MANUFACTURING CORPORATION

9210 WASHBURN ROAD, DOWNEY, CALIFORNIA 90241 (310) 904-3434 FAX (310) 904-3439

FAX TRANSMITTAL

DATE: 1-23-97

ATTENTION: Professor Yoram Zvirin
Technion

FAX #: 011-972-4832-4533

FROM: Don Duffy

SVMC FAX #: (310) 904-3439

NUMBER OF PAGES INCLUDING THIS SHEET: 5

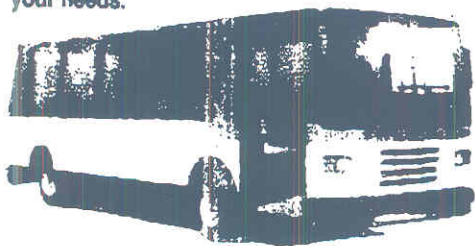
Thank you for your letter requesting information about our urban route type vehicles, particularly buses. We are including with this fax some basic information about our activities. We've included a spec sheet on several of our buses for your perusal. One of our key shareholders and founders, Mr. Al Sweet, has been an active supporter of Technion over the years. I was pleased to be able to forward a copy of your letter to Mr. Sweet. We look forward to working with you and HGGED as you evaluate the possible use of electric buses in your communities.

ENERGY EFFICIENT ENVIRONMENTALLY FRIENDLY

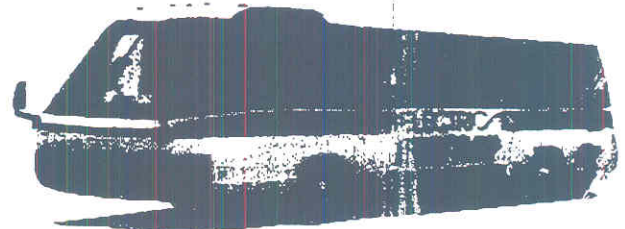
BUSES ■ TROLLEYS ■ VANS ■ TRAMS

**THE WORLD'S LARGEST
PRODUCT LINE OF
ELECTRIC BUSES,
TROLLEYS, SHUTTLES,
TRUCKS AND TRAMS!**

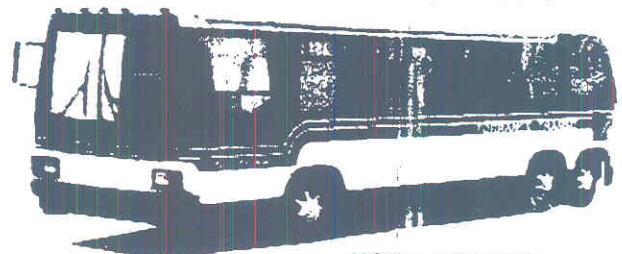
Specialty Vehicle Manufacturing Corporation has developed the most extensive product line of Electric Buses, Trolleys, Shuttles, trams, and Delivery Vehicles of any company in the world. SVMC/AVS have in operation on the nation's streets more buses and trolleys than all other manufacturers combined. Should you be considering adding these energy efficient, environmentally responsible vehicles to your fleet, turn to the experts... SVMC/AVS! We have the experience and the product line to meet your needs.



**MODEL 5122
SHUTTLE
22 SEATED
PASSENGERS**



MODEL 5131 BUS 28 SEATED PASSENGERS

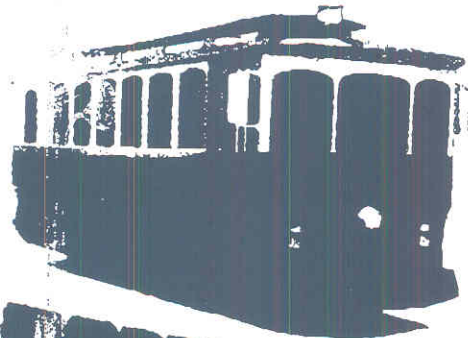


**MODEL 5129 BUS
28 SEATED PASSENGERS**

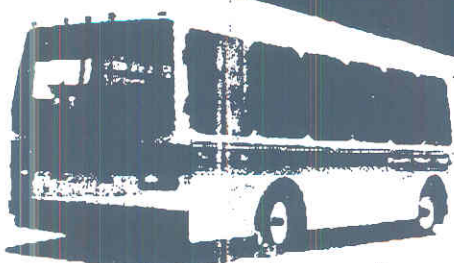


**MODEL 5132
SCHOOL BUS 54 PASSENGERS**

**MODEL 3122
TROLLEY
21 SEATED
PASSENGERS**



**MODEL 5122
BUS
22 SEATED
PASSENGERS**

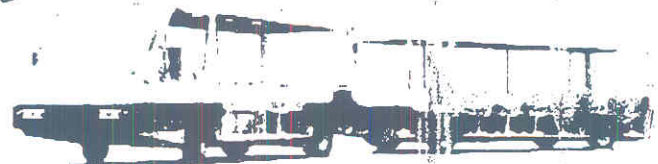


**MODEL 8118
DELIVERY
VAN**

**PURPOSE BUILT
LIGHT WEIGHT
STEP VAN**



**MODEL 4122
SHUTTLE
18 SEATED
PASSENGERS**



MODEL 4146 TRAM 46 PASSENGERS

SPECIALTY VEHICLE MFG. CORP.

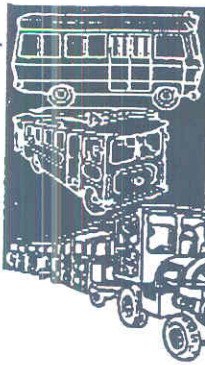
9250 Washburn Rd., Downey, CA 90241

TEL. (310) 904-3434

FAX (310) 904-3439

SVMC@worldnet.att.net

**THE VEHICLES TO TRANSPORT THE WORLD INTO AN
ENERGY AND ENVIRONMENTALLY RESPONSIBLE 21ST CENTURY**



SPECIALTY VEHICLE MANUFACTURING CORPORATION

9250 WASHBURN ROAD, DOWNEY, CALIFORNIA 90241 (310) 904-3434 FAX (310) 904-3439

LETTER FROM THE PRESIDENT

Greetings,

The urban route type vehicle of the 21st century will be powered by an electric motor! Six years ago when SVMC first began its commitment to and investment in electric vehicles, it did so for one reason, and one reason only...**MERIT!**

At that time, no one was talking about legislation, mandates or incentives to bolster the development of marketable electric vehicles. In fact, SVMC knew of no entity either interested in, or promoting electric route type vehicles. SVMC set its course in pursuit of route type vehicles that are competitive with traditional diesel buses because the technology was ripe for the application. Why should urban transit fleets continue to pollute the air we breathe when the technology exists today to provide economically feasible zero emission vehicles!

For us, the reasons for pursuing this mission were many:

- o The electric motor is 90+% energy efficient, according to recent ARPA studies. The internal combustion engine is approximately 20% energy efficient.
- o The torque curve of an electric motor is ideal for propelling an urban vehicle. So ideal that it does not require an expensive and complex, energy consuming transmission like an internal combustion engine.
- o The electric motor uses a renewable energy, electricity, which can be generated by hydro-electric, wind and solar. In the 21st century it can significantly decrease our dependence on imported oil - an issue of considerable importance in terms of national security.
- o According to Boston Edison, the electric utility industry tells us that without spending one dollar on an additional power plants, they can charge the batteries of approximately 30,000,000 electric vehicles if the vehicles are charged in the off-peak hours when power plants have considerable excess capacity.
- o The electric vehicle uses no energy when the vehicle is not moving. Urban buses, trolleys, and delivery vehicles may be in a static condition as much as 50% of the

time, in traffic, stopped at traffic lights, embarking and disembarking passengers and cargo. All the time they are consuming precious fossil fuel, even though they are not moving their "payloads" forward. This is a bizarre concept, not to mention a criminal waste of energy.

- o The process of accelerating a vehicle from a standing start, over coming the inertia of the vehicles mass, consumes considerable energy. In urban driving you must stop every block or two, the bulk of the energy to accelerate the vehicle is squandered and burned up by the breaking mechanism and released as heat into the atmosphere. With an electric propulsion system, the motor is converted into a generator; when slowing the electric vehicle down, some of the energy is recaptured and put back into the batteries. This is known as regenerative braking.
- o The electric vehicles quiet operation can greatly reduce noise pollution in our congested cities, improving the quality of life for all.
- o The substitution of the internal combustion engine with the electric motor can eliminate millions of pounds of pollution from our cities air. This will lead not only to better quality of life but also additional savings in health care costs for ailments and diseases caused by internal combustion engine exhaust.
- o Over five years of experience of SVMC electric buses in service demonstrates energy cost savings in excess of 60%, and maintenance cost savings of almost 50%.
- o Finally, electric bus operations have resulted in attracting ridership to city transit bus operations that was not there when internal combustion buses were in service. For example, the City of Santa Barbara has reported a 10-fold increase in ridership on their 'mainstreet' bus routes since SVMC's electric powered buses were introduced in 1992. We know that people like to ride in SVMC's electric buses. The residents of cities such as Santa Barbara (CA), Chattanooga (TN), and Phoenix (AZ) have demonstrated that they will support a bus or shuttle that is environmentally responsible and energy efficient because it is an enjoyable experience. They feel good about riding an electric bus.

Take all of these factors into consideration and electric route type vehicles make sense now! Certainly, as the demand for these vehicles continues to grow we can expect new technologies to make these vehicles even more appealing.

SVMC made the decision to move forward on electric route type vehicles because it makes sense. We truly believe that zero emission vehicles are the future of urban transportation.

S.V.M.C.

9250 WASHBURN RD
 DOWNEY, CA, 90242
 Ph.: 310-904-3434
 Fax 310-904-3439
 e-mail: SVMC@worldnet.att.net

General Specifications of Electric "Route Type" Vehicles Designed and Manufactured by Specialty Vehicle Manufacturing Corporation

MODELS

	5122	5131	3122	4146	8122	5134
Vehicle Type	Medium Bus	Bus	Trolley	Open Tram	Delivery Van	Transit Bus
Reference Dwg	2556	2649	2443	2526	2551	2547
Range (miles) *	40 to 90	40 to 70	40 to 90	35 to 60	40 to 70	40 to 60
Max Speed (miles/hr)	40	44	40	15	55	55
Dimension: Length (ft)	22	31	22	PC: 22Tr:23 / Tot:46	19.5	34
Width (in)	92	96	81	80	90	85
Height (in)	99	102	110	99	109	117
Seated Passengers	22	28	21	PC:18 / Tr:28	n/a	44
Storage Capacity (K3)	n/a	n/a	n/a	n/a	454	n/a
Turning Radius (ft.)	31	41	30	27	30	42
GVWR (lbs)	17,000	22,000	17,000	PC:12,000 / Tr:9,000	12,500	24,500
Recharging Time (hr)	6 to 8	6 to 8	6 to 8	8 to 8	6 to 8	6 to 8
Power of Charger (kW)	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
Charger Max. Input at 208 V (A)	50	50	50	50	50	50
Charger Type	Ferromagnetic	Ferromagnetic	Ferromagnetic	Ferromagnetic	Ferromagnetic	Ferromagnetic
Battery Type	Lead Acid	Lead Acid	Lead Acid	Lead Acid	Lead Acid	Lead Acid
Battery Capacity (Amp.hr) **	325 / 200	260	325	122	90 x 2	122 x 2
Battery Power (kWh) **	70.2	83.2	70.2	40	57.6	78
Batt. Power Available (kWh) **	56.2	66.5	56.2	32	46	62
Number of Batteries	4	1	4	1	1	5
Number of Cells	108 / 160	160	108	40 modules of 8 V	54 modules of 12 V	80 modules of 8 V
System Voltage (Vdc)	216 / 320	320	216	320	324	320
Inverter Type	AC	AC	DC	AC	AC	AC
Vehicle Efficiency (kWh/mi) *	1.2 to 0.6	1.4 to 0.9	1.2 to 0.6	0.9 to 0.55	1.2 to 0.55	1.6 to 1
Air Conditioner	Optional	Optional	Optional	no	Optional	Optional
Hybrid Propulsion System	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional	Optional

* Efficiency and Range are heavily affected by operating conditions and driver behavior
 ** At a Discharge Rate of 6 hours

January 27, 1997

Professor Yoram Zvirin
Head, Internal Combustion Engines Laboratory
Technion
Israel Institute of Technology
Technion City
Haifa 32000, Israel

Dear Professor Zvirin:

I received your fax several weeks ago and apologize for not responding sooner. The Electric Transit Vehicle Institute spent the better part of the month working on project proposals for the Defense Department on electric vehicle technology.

Please accept the following answers to your questions, with attachments as appropriate.

1. Cost of electric and hybrid buses

Presently there is very little detail available on the cost of electric buses due to the fact that, the industry is still quite young. Additionally, the only two agencies that have any real experience with electric buses are continuing to operate those purchased four years ago and, therefore, the "lifecycle" has not yet been determined.

The few studies that have been completed indicate that, at this time, the cost of maintaining an electric vehicle is more or less comparable to that of an internal combustion vehicle. However, a great deal of that is a result of "technology cost" and even as we speak, operating costs for electric vehicles are lowering.

We continue to believe that, within a few years, fleet operators will be able to maintain electric buses for one half the cost of an internal combustion engine.

We have not, at this time, received any data on the cost of electric hybrids.

January 27, 1997

2. Possibility of modifying convention buses to electric or hybrid, and cost estimates, if applicable.

There is a company in Connecticut , GLD Associates, Inc., 157 Hunter Drive, West Hartford, CT 06107, who has developed a retrofit kit to convert a conventional diesel bus to an electric hybrid. You may wish to contact them for cost estimates and performance data.

Another company, Columbine Bus Company, is also beginning to develop conversion kits for a diesel bus. For information regarding their kits, please contact Mr. Carl E. Lourance at 303-444-0569.

3. Technical data and cost estimates of recharging equipment

Again, we do not have any technical data on charging equipment, other than general specifications from different types of charging units. Chargers can cost anywhere from \$3,000 - \$10,000 for buses. Attached please find a list of a couple of the charger manufacturers and the contact/address for obtaining further information.

4. Data about Introduction and Operation of Maintenance Systems for Electric and Hybrid Buses, Including Investment and Operation Cost

There is no other empirical data about introduction and operation of maintenance systems.

5. Data and Cost Estimates About Required Training of Manpower

This has been an area of tremendous disappointment in the transit community for a number of reasons, not all of it the responsibility of the manufacturer. Very little training is currently received by fleet operators of heavy duty electric vehicles which, coincidentally, is one of the projects that we just developed for submission to the government.

Training currently is provided by the vehicle manufacturers after the buses are received by the transit system and the cost for such training are included in the purchase price of the vehicles.

6. Safety Requirements for Personnel Working With Electric Buses

The manual provided to the transit operators from the vehicle manufacturer outlines a number of safety steps that need to be taken while working on an electric bus. The most important involve wearing safety goggles, rubber gloves and an acid proof apron. There are also safety signs on the buses and, naturally, all transit maintenance employees are consistently reminded that the "fuel" on an electric bus is much different than that of a diesel.

Please also find enclosed a copy of the Santa Barbara four year report which will give you some technical information regarding the operation of electric vehicles in Santa Barbara. We caution against interpreting too much of the report as the topography and climate of Santa Barbara, along with the fact that these vehicles represented the very first ones operated, suggest that the report is more interesting than informative.

I have also included a few other items which may assist your efforts.

I hope we have been able to answer some of your questions. Please do not hesitate to contact us if we can be of any further assistance.

Good luck and Happy New Year to you also.

Sincerely,



John W. Powell
Executive Director

JWP/cyt
enclosures

FAX COVER SHEET



SOLECTRIA

Solectria Corporation

33 Industrial Way • Wilmington, MA 01887-3434 • USA

DATE: 1-28 19 97

PHONE:

TO: Prof. Yoram Zvirin

FAX: 011-972-4-832-4533

FROM: Karl Thidemann

PHONE: (508) 658-2231

FAX: (508) 658-3224

FOR PROBLEM WITH TRANSMISSION CALL (508) 658-2231

Number of pages including cover sheet: 2

STATEMENT OF CONFIDENTIALITY

The information contained in this fax is intended for the exclusive use of the addressee and may contain confidential or privileged information. If you are not the intended recipient, you are hereby notified that any form of dissemination of this communication is strictly prohibited. If this fax was sent to you in error, please immediately notify us by phone.

<http://www.solectria.com>

Dear Prof. Zvirin,

P.S. See also

Thank you for your letter of January 2nd.

I have referred your letter to Joe Ferguson, president of the electric bus manufacturer AVS.

You may also wish to contact the California Air Resources Board.

Solectria produces electric drive systems and other components for electric busses, but we do not manufacture electric busses, only electric sedans and electric pick-up trucks. Best wishes,

Karl T.

CARB

State of California



Air Resources Board
Office of Air Quality and
Transportation Planning
Executive Office
2020 L Street, Sacramento, CA 95816

P.O. Box 2815, Sacramento, CA 95812

James I. Lerner, Ph.D.

Associate Air Pollution Specialist
Strategic Analysis and Assessment
Group

Voice (916) 322-6007
FAX (916) 322-3646

AVS

AVS

Advanced Vehicle Systems, Inc.

3101 Parker Lane
Chattanooga, Tennessee 37419

423
(615) 821-3146
FAX (615) 821-0042

L. JOE FERGUSON
PRESIDENT

423

Advanced and Industrial Battery Group

**ISRAEL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
Technion City
Professor Yoram Zvirin
HAIFA 32000 ISRAEL**

EVD/098 /97

Romainville, February 14th 1997.

Attention : Mr Yoram Zvirin

Dear Sir,

Our colleague, G. Gould from SAFT America send us your letter dated January 5, regarding an inquiry for various cost and data on electric or hybrid buses.

The US market have been more receptive to E-bus or hybrid buses and Saft have participate in most of the project. Although we are in contact with all bus manufacturers, our knowledge is limited to the battery system we supply to the OEM.

You have to be aware that all sample conversions or prototypes of the buses that have been made were of a unique design and quantity were very limited.

The name in the US are :

- * APS**
- * BlueBird**
- * Orion**
- * Nova**

I suppose you can contact them directly and get the necessary details from they past or existing experience.

If you come across a battery need for your project, I have enclosed an EV brochure for your information.

Best Regards,


**Philippe ULRICH
Marketing Director**



January 28, 1997

Technion Israel Institute of Technology
Faculty of Mechanical Engineering
Technion City
Haifa 32000
Israel

Transmitted via facsimile
011-972-4-832-4533

ATT: Professor Yoram Zvirin

REF: Electric Bus Inquiry--Your Letter of January 5

Dear Professor Zvirin,

Thank you for your letter to Mr. Roland Gray requesting information regarding the Blue Bird electric bus program.

Under separate cover we are sending you product literature describing Blue Bird's electric bus program. Please note that we are currently building electric busses only for the U.S. and Canada. We do plan to offer electric units overseas but only after thorough testing in our domestic markets. This process may take several years.

We suggest you contact Professor Arie Lavie for additional information. Professor Lavie has visited Blue Bird twice and is very familiar with our electric bus program. He can be contacted at the following:

Professor Arie Lavie
Creative Technologies Israel Ltd.
Jerusalem
Israel
Telephone 972-2-867-473
Facsimile 972-2-861-788

Thank you for your interest in the Blue Bird electric bus program.

Best regards,

Mark J. Welden
Manager, International Business
Development

BLUE BIRD CORPORATION

3920 Arkwright Road • P. O. Box 7839 • Macon, Georgia 31210
(912) 757-7100 • Finance Fax: (912) 474-9137 • Sales Fax: (912) 474-9138

January 14, 1997

TECHNION
Israel Institute of Technology
Faculty of Mechanical Engineering
Technion City
Haifa 32000
ISRAEL

Attention: Professor Yoram Zvirin

Dear Professor Yoram Zvirin:


Thank you for your letter of January 5, 1997 inquiring about Norvik's charging technology and its products.

As requested, we enclose an informational package on Norvik and some of our technical papers that may be of interest to you.

After reviewing same, please do not hesitate to call so that we may answer any questions you may have.

Yours truly,

NORVIK TRACTION INC.
Per:



Janet Vogt
Vice-President, Sales & Marketing

JV/ig

Encl.

SCI SYSTEMS

8600 South Memorial Parkway • P.O. Box 1000 • Huntsville, AL 35807 • (205) 882-4800 • FAX (205) 882-4652

January 31, 1997

Professor Yoram Zvirin
Head, Internal Combustion Engines Laboratory
Technion - Israel Institute of Technology
Technion City
Haifa 32000
Israel

Subject: EV Charge Equipment
Ref: Your 5 Jan 97 letter.

Dear Professor Zvirin:

I am pleased to have the opportunity to discuss SCI's electric vehicle (EV) charge supply equipment with you in response to the referenced letter. Please accept my apology for the delay in response. Apparently, your initial fax was not forwarded to the right person. Your letter then went through many hands until it reached me for response.

As a lead-in statement, I would like to clarify the perception that SCI makes chargers for electric vehicles. SCI's products are conductive charge supply stations which provide electric power to EV on-board chargers. The main purpose of our supply stations is to provide electric power safely to the vehicle. We have a Level 1 portable station that operates on 115 volt, 12 amp maximum system. Application of a Level 1 device is to carry in the car as a personal backup supply device. Our Level 2 station is a 220 volt, 32 amp maximum unit that is intended for private wall mount or pedestal stations for individual EV charging. Both of these devices are built to the electrical, Underwriters Laboratories (UL), automotive, and Federal Trade Commission codes of North America. At this point, we do not have a Level 3 fast charge, commercial deployment station because the infrastructure for such a device does not exist at this time in North America.

As stated, our supply stations provide power safely as described in the following Level 2 device write up. The device has a UL listed connector which has no power when it sits on the charge station, and is covered with a positive locking cover plate. In addition, the cable is UL listed. When the connector is plugged into the vehicle, an internal pilot signal makes a hand shake from the vehicle on board charger and our charge station before power can be applied. When in operation, our system meets



exceeds the system requirements and the personnel protection equipment requirements of UL codes. Highlights of our Level 2 supply, Gen II safety features include:

- * A flexible cord with double insulation and shielded cable.
- * A charging circuit interrupting device that continuously monitors the differential current among all of the current-carrying conductors and rapidly interrupts the charge circuit should a predetermined fault level occur.
- * A ground fault monitor that rapidly interrupts the charge circuit should it detect fault in the ground lines.
- * An isolation monitor that monitors the electrical insulation for a fault event and rapidly interrupts the charge circuit should an event occur.
- * A self check monitor that periodically checks the operation of the isolation monitor and stops the charging process should a problem be detected.

As you can see, safety is the main purpose of the station. The station is more complicated and significantly safer than just plugging an electric dryer into the house receptacle. I have also included a write-up on our Level 1 and Level 2 device.

Status of our stations is as follows: The UL testing on a production Level 1 device is approximately four months away. UL testing of a Level 2 device should be completed by early March 1997. The Level 2 station is considered an "indoor" site because some of the internal components are not rated for thermal build-up caused by exposure to direct sunlight. SCI plans to make a Level 2 station for an outdoor site, but in the Generation II configuration. The Gen 2 unit will automatically start charging when the connector is plugged into the car. We are finalizing the details of the product's operation based on our marketing data. Planned time frame of availability is projected to be in late third quarter 1997. We also have a prototype of an outdoor device in a pedestal mount configuration in development. Our plan is to demonstrate the outdoor pedestal unit in February. Assuming all goes as planned, we will start work with at least two automotive manufacturers to make evaluation units and initiate UL testing. The pedestal outdoor unit could be available as early as third quarter 1997.

SCI marketing strategy on these devices is relatively simple. We will provide a very user friendly station that is the most cost effective when in production.

In reference to your letter, I can provide the following answers:

1. Costs of electric and hybrid buses - SCI does not participate in the bus business so we cannot offer any information.
2. Possibility of modifying conventional buses - same answer as 1.
3. Technical data and cost estimates of recharging equipment - The actual on-board chargers are not our business so we cannot offer any information. Our Level 2 supply station is in the range of \$1800.00 today in small quantities. Projections on production volumes expect to reduce this price by a factor of approximately three.
4. Data and/or forecasts --- maintenance systems on buses - same answer as 1.

5. Data and cost estimates --- training & manpower on buses - same answer as 1.

I hope that this information is of use to your studies. Should you have further need of information, please contact me at 205-882-4583 or Fax 205-882-4652. If I am not available, please contact Chuck Tomajczyk (Marketing Manager, International) at 205-882-4822.

Sincerely,

A handwritten signature in cursive script that reads "David V. Oltman".

David V. Oltman
Marketing Manager
Industrial Programs

cc: C. Tomajczyk



1408 Courtesy Road High Point, North Carolina USA
☎ 910-841-5750 * fx 910-889-2589

Date : 15 January, 1997

To : Professor Yoram Zvirin, Head, Internal Combustion Engines Laboratory

From : Ed Miranda

Copies : Larry Bannon

Subject : Yr. Letter/fax of the 5th January 1997

Re: Letter addressed to Mr John Thomas III, President
Electric Bus

Dear Professor Zvirin,

Thank you very much for your communication requesting additional information on our electric bus .

We are sorry to inform you that we are unable to provide you details regarding our electric powered bus. This project has been postponed given the performance .

We do offer a natural compressed powered engine bus which is extremely efficient in clearing up the pollution problem.

Please review and communicate directly if you have any further interest .

Thank you for your interest in Thomas Built Buses, Inc.

Sincerely,

A handwritten signature in cursive script that reads "Ed Miranda".

Ed Miranda
International Sales Manager

נספח ג'

נתוני קוים מס, 1 ו-20 של "אגד" בירושלים.

קו 101

15/01/97

מ"ש. / נמק: 5 מאס תקינות: תקין סט. פ. ע.: 9 פ. ב. "אגד" - אגף התנועה
 מ"ז"ן: 027 דקות מסלול: ירושלים כתל-מערבי מערכת הגדרות
 אורך: 0057 מ.מטרים מאה-שערים ירושלים מוצא: ב.האומה ק.מש יעד: ירושלים

שם	סוג נמ"ד	סד. במהלך	מס.	עדכ.
ת.ק.משה	תחנה **	0010000	0001	
ירושלים	צמת	0020000	0002	
רח.העליה	תחנה **	0020000	0003	
שד.שזר/הרצל	זכות קד	0030000	0004	
בניני-האומה	תחנה **	0030003	0005	
ירושלים	רמזור	0040000	0006	
שד.שזר/נורדאו	רמזור	0050000	0007	
ירושלים	רמזור	0060000	0008	
שרי-ישראל	תחנה **	0060001	0009	
שרי-ישראל 7	תחנה **	0070000	0010	
שרי ישראל/שמגר	זכות קד	0080000	0011	
מלכי-ישראל מול 44	תחנה **	0080001	0012	
מלכי-ישראל 57	תחנה **	0110000	0013	
מלכי-ישראל 43	תחנה **	0120001	0014	

להמשך הקס סדורי: 0015

15/01/97

מ"ש. / נמק: 5 מאס תקינות: תקין סט. פ. ע.: 9 פ. ב. "אגד" - אגף התנועה
 מ"ז"ן: 027 דקות מסלול: ירושלים כתל-מערבי מערכת הגדרות
 אורך: 0057 מ.מטרים מאה-שערים ירושלים מוצא: ב.האומה ק.מש יעד: ירושלים

שם	סוג נמ"ד	סד. במהלך	מס.	עדכ.
מלכי-ישראל 7	תחנה **	0120003	0015	
ירושלים	רמזור	0130000	0016	
מלכי ישראל/יחזקאל	תחנה **	0140001	0017	
מאה-שערים 4	תחנה **	0150002	0018	
מאה-שערים 40	תחנה **	0160001	0019	
מאה שערים 90	תחנה **	0170000	0020	
ירושלים	זכות קד	0170000	0020	
מאה שערים/שבטי ישראל	תחנה **	0170001	0021	
שבטי-ישראל 34	תחנה **	0180000	0022	
ירושלים	רמזור	0200000	0023	
הנביאים/הנדסה	תחנה **	0200000	0023	
ירושלים	רמזור	0210000	0024	
כביש מס 1/הצנחנים	תחנה **	0210000	0025	
שער שכס	תחנה **	0220000	0026	
ירושלים	רמזור	0220000	0026	
תחנה שער שכס	תחנה **	0220001	0027	
מערת-צדקיהו	תחנה **	0230001	0028	
מ.מוזיאון רוקפלר	תחנה **	0230001	0028	

להמשך הקס סדורי: 0029

15/01/97

מ"ש. / נמק: 5 מאס תקינות: תקין סט. פ. ע.: 9 פ. ב. "אגד" - אגף התנועה
 מ"ז"ן: 027 דקות מסלול: ירושלים כתל-מערבי מערכת הגדרות
 אורך: 0057 מ.מטרים מאה-שערים ירושלים מוצא: ב.האומה ק.מש יעד: ירושלים

שם	סוג נמ"ד	סד. במהלך	מס.	עדכ.
ירושלים	זכות קד	0240000	0029	
ירושלים	תחנה **	0240004	0030	
שער האריות	תחנה **	0250004	0031	
עיר דוד	תחנה **	0260000	0032	
שער האשפות	זכות קד	0260000	0032	
הכתל-המערבי	תחנה **	0260002	0033	

אחרון

** סוף נתונים **

להמשך הקש סדורי: 0001

15/01/97

מהלך קו 494012 שלוט: 1

"אגד" - אגף התנועה

מערכת הגדרות

ס.ש./נמק: 5 מאס

תקינות: תקין

סט.פע.: 9 פ.ב.

תוקף: 02/04/93

מז"ן: 030 דקות

יעד: ב.האומה ק.מש מסלול: ירושלים

מוצא: כתל-מערבי

אורך: 0061 מ.מטרים

מלכי-ישראל

ירושלים

עדכ. מס.	סד. במהלך	סוג נמ"ד	שם	נ מ " ד
0001	0010000	** תחנה	הכתל-המערבי	
0002	0020000	זכות קד	ירושלים	שער האשפות
0003	0020001	** תחנה	מ.שער אשפות	
0004	0030001	** תחנה	הר-ציון	
0005	0040000	זכות קד	ירושלים	חט.ירושלים/ד.חברון
0006	0050000	רמזור	ירושלים	שער-יפו
0007	0050002	** תחנה	שער-יפו	
0008	0060000	רמזור	ירושלים	יפו/שלמה המלך
0009	0060003	** תחנה	שבטי-ישראל	
0010	0110000	רמזור	ירושלים	שבטי ישראל/הנביאים
0011	0110000	** תחנה	הנביאים 34	
0012	0140000	** תחנה	הנביאים 56	
0013	0150000	זכות קד	ירושלים	שטראוס/הנביאים
0014	0150000	** תחנה	שטראוס 14	

להמשך הקש סדורי: 0015

15/01/97

מהלך קו 494012 שלוט: 1

"אגד" - אגף התנועה

מערכת הגדרות

ס.ש./נמק: 5 מאס

תקינות: תקין

סט.פע.: 9 פ.ב.

תוקף: 02/04/93

מז"ן: 030 דקות

יעד: ב.האומה ק.מש מסלול: ירושלים

מוצא: כתל-מערבי

אורך: 0061 מ.מטרים

מלכי-ישראל

ירושלים

עדכ. מס.	סד. במהלך	סוג נמ"ד	שם	נ מ " ד
0015	0150005	** תחנה	שטראוס 28	
0016	0160000	רמזור	ירושלים	מלכי ישראל/יחזקאל
0017	0160001	** תחנה	מלכי-ישראל 14	
0018	0160003	** תחנה	מלכי-ישראל 30	
0019	0190002	** תחנה	מלכי-ישראל	
0020	0210000	רמזור	ירושלים	שרי ישראל/שמגר
0021	0220000	** תחנה	שרי-ישראל 12	
0022	0230000	רמזור	ירושלים	שרי ישראל/יפו
0023	0240001	** תחנה	ת.מ. מפרץ	
0024	0250000	רמזור	ירושלים	ויצמן/יפו
0025	0260000	רמזור	ירושלים	שד.שזר/הרצל
0026	0260000	** תחנה	ר.ה.העליה	
0027	0270000	צמת	ירושלים	ככר לוטן
0028	0270001	** תחנה	ח.ק.משה	

** סוף נתונים **

להמשך הקש סדורי: 0001

אחרון

קו מס' 20

15/01/97

מהלך קו 488201 שלוט: 20

"אגד" - אגף התנועה
מערכת הגדרות

ט.ש./נמק: 5 מאס

תקינות: תקין

ט.פ.ע.: 9 פ.ב. 01/06/88

מז"ן: 044 דקות

יעד: שכ.עיר-גנים מסלול: ירושלים

מוצא: שער-יפו

אורך: 0115 מ.מטרים

יפו

ירושלים

ירושלים

	שם	סוג נמ"ד	סד. במהלך	מס.	עדכ.
שער-יפו העמק	ירושלים	תחנה **	0010000	0001	.
שער-יפו	ירושלים	רמזור	0030000	0002	.
שלמה המלך/יפו	ירושלים	תחנה **	0030002	0003	.
יפו/שלומציון המלכה	ירושלים	רמזור	0040000	0004	.
יפו/הלני המלכה	ירושלים	תחנה **	0050002	0005	.
כבר ציון	ירושלים	רמזור	0060000	0006	.
יפו/הרב קוק	ירושלים	רמזור	0070000	0007	.
יפו/יעבץ	ירושלים	תחנה **	0070000	0008	.
המלך גורג/יפו	ירושלים	רמזור	0080000	0009	.
יפו/וולנברג	ירושלים	רמזור	0090000	0010	.
	ירושלים	רמזור	0100000	0011	.
	ירושלים	רמזור	0110000	0012	.
	ירושלים	רמזור	0120000	0013	.
	ירושלים	תחנה **	0120001	0014	.

להמשך הקט סדורי: 0015

15/01/97

מהלך קו 488201 שלוט: 20

"אגד" - אגף התנועה
מערכת הגדרות

ט.ש./נמק: 5 מאס

תקינות: תקין

ט.פ.ע.: 9 פ.ב. 01/06/88

מז"ן: 044 דקות

יעד: שכ.עיר-גנים מסלול: ירושלים

מוצא: שער-יפו

אורך: 0115 מ.מטרים

יפו

ירושלים

ירושלים

	שם	סוג נמ"ד	סד. במהלך	מס.	עדכ.
יפו/הנביאים	ירושלים	רמזור	0140000	0015	.
(מ.וולוו)	מ.יהודה	תחנה **	0150002	0016	.
יפו/ולירו	ירושלים	זכות קד	0160000	0017	.
יפו/הטורים	ירושלים	0170000	0018	.
תח.מר/יפו	ירושלים	0180000	0019	.
	ירושלים	תחנה **	0180001	0020	.
יפו/שרי ישראל	ירושלים	רמזור	0190000	0021	.
	ת.מ. מפרץ	תחנה **	0190002	0022	.
ויצמן/יפו	ירושלים	רמזור	0210000	0023	.
הרצל/שד.שזר	ירושלים	רמזור	0220000	0024	.
	שד.הרצל	תחנה **	0220001	0025	.
הרצל/בן דור	ירושלים	רמזור	0230000	0026	.
הרצל/ק.משה	ירושלים	רמזור	0240000	0027	.
	שד.הרצל	תחנה **	0240002	0028	.

להמשך הקש סדורי: 0029
 15/01/97 מהלך קו 488201 שלוט: 20
 "אגד" - אגף התנועה מערכת הגדרות
 תוקף: 01/06/88 סט.פ.ע.: 9 פ.ב. תקינות: תקין
 מוצא: שער-יפו יעד: שכ.עיר-גנים מסלול: ירושלים
 ירושלים יפו ירושלים
 ס.ש./נמק: 5 מאס מז"ן: 044 דקות אורך: 0115 מ.מטרים

עדכ. מס.	סד. במהלך	סוג נמ"ד	שם	נ מ " ד
0029	0250000	רמזור	ירושלים	שד.הרצל/הברון הירש
0030	0260000	רמזור	ירושלים	שד.הרצל/נ.ת.צ
0031	0270000	רמזור	ירושלים	הרצל/פרבשטיין
0032	0270001	תחנה **		ב.הכרם שד.הרצל 72
0033	0270005	תחנה **		ככר-דניה שד.הרצל 96
0034	0280000	רמזור	ירושלים	הרצל/הארזים
0035	0290000	רמזור	ירושלים	הרצל/המיסדים
0036	0300000	רמזור	ירושלים	הרצל/תרצה
0037	0300000	תחנה **		שד.הרצל-סנוול
0038	0310000	רמזור	ירושלים	הרצל/יפה נוף
0039	0320000	רמזור	ירושלים	הרצל/בייט
0040	0320001	תחנה **		ב.הקברות-הצבאי
0041	0330000	רמזור	ירושלים	ב.ו.גן/שד.הרצל
0042	0340000	רמזור	ירושלים	הר הרצל

להמשך הקש סדורי: 0043
 15/01/97 מהלך קו 488201 שלוט: 20
 "אגד" - אגף התנועה מערכת הגדרות
 תוקף: 01/06/88 סט.פ.ע.: 9 פ.ב. תקינות: תקין
 מוצא: שער-יפו יעד: שכ.עיר-גנים מסלול: ירושלים
 ירושלים יפו ירושלים
 ס.ש./נמק: 5 מאס מז"ן: 044 דקות אורך: 0115 מ.מטרים

עדכ. מס.	סד. במהלך	סוג נמ"ד	שם	נ מ " ד
0043	0340001	תחנה **		הר-הרצל האנדרטה
0044	0360000	רמזור	ירושלים	הנטקה/ק.יובל
0045	0360001	תחנה **		הנטקה 4
0046	0360005	תחנה **		הנטקה 50
0047	0360008	תחנה **		הנטקה 66
0048	0360010	תחנה **		ק.יובל-הנטקה 82
0049	0370000	רמזור	ירושלים	הנטקה/טהון
0050	0370000	תחנה **		ק.יובל סאלד/נופים
0051	0390000	זכות קד	ירושלים	מכסיקו/הנריטה סולד
0052	0390001	תחנה **		מכסיקו 4
0053	0390002	תחנה **		מכסיקו/החלמית
0054	0400002	תחנה **		ק.מנחם מכסיקו 18
0055	0410001	תחנה **		קולומביה 6
0056	0410003	תחנה **		קולומביה 16

15/01/97

0057 להמשך הקש סדורי: 0057

מהלך קו 488201 שלוט: 20

"אגד" - אגף התנועה
מערכת הגדרות

ס.ש./נמק: 5 מאס
מז"ן: 044 דקות
אורך: 0115 מ.מטרים

תקינות: תקין
מסלול: ירושלים
יפן

ט.פ.ע.: 9 פ.ב.
יעד: שכ.עיר-גנים
ירושלים

ע.דכ.	מס.	סד. במהלך	סוג נמ"ד	שם	נ מ " ד
.	0057	0420001	** תחנה	ניקרואה 18	
.	0058	0420003	** תחנה	ניקרואה/דהומי	
.	0059	0430000	זכות קד	ירושלים פנמה/דהומי	
.	0060	0430001	** תחנה	דהומי מול 20	
.	0061	0440001	** תחנה	הסיפן 4	
.	0062	0450000	** תחנה	הרקפת 17	
.	0063	0450002	** תחנה	הרקפת 9	
.	0064	0450004	** תחנה	הרקפת 3	
.	0065	0460000	זכות קד	ירושלים הרקפת/הרפוב. הדומינק	
.	0066	0470002	** תחנה	הנורית 6	
.	0067	0470004	** תחנה	ק.מנחם הנורית 14	אחרון

34 277

** סוף נתונים **

להמשך הקש סדורי: 0001

15/01/97

מהלך קו 488202 שלוט: 20

"אגד" - אגף התנועה
מערכת הגדרות

ס.ש./נמק: 5 מאס
מז"ן: 040 דקות
אורך: 0113 מ.מטרים

תקינות: תקין
מסלול: ירושלים
יפן

ט.פ.ע.: 9 פ.ב.
יעד: שכ.עיר-גנים
ירושלים

ע.דכ.	מס.	סד. במהלך	סוג נמ"ד	שם	נ מ " ד
.	0001	0010000	** תחנה	ק.מנחם הנורית 14	
.	0002	0030000	** תחנה	ק.מנחם-קופח	
.	0003	0050000	זכות קד	ירושלים דהומי/הרפוב הדומינק	
.	0004	0050001	** תחנה	דהומי 6	
.	0005	0060001	** תחנה	דהומי 10	
.	0006	0080001	** תחנה	ניקרואה מול 18	
.	0007	0080004	** תחנה	קולומביה 7	
.	0008	0090000	זכות קד	ירושלים דהומי/מכסיקו	
.	0009	0090001	** תחנה	ק.מנחם מכסיקו 25	
.	0010	0100001	** תחנה	מכסיקו/החלמית	
.	0011	0100002	** תחנה	מכסיקו מול ב.ב.	
.	0012	0110000	זכות קד	ירושלים מקסיקו/הנריטה סולד	
.	0013	0120001	** תחנה	סולד/הברונז	
.	0014	0130000	רמזור	ירושלים הנטקה/טהון	

להמשך הקש סדורי: 0015

15/01/97

מהלך קו 488202 שלוט: 20

"אגד" - אגף התנועה
מערכת הגדרות

ס.ש./נמק: 5 מאס
מז"ן: 040 דקות
אורך: 0113 מ.מטרים

תקינות: תקין
מסלול: ירושלים
יפן

ט.פ.ע.: 9 פ.ב.
יעד: שכ.עיר-גנים
ירושלים

ע.דכ.	מס.	סד. במהלך	סוג נמ"ד	שם	נ מ " ד
.	0015	0130000	** תחנה	ק.יובל הנטקה/טהון	
.	0016	0130004	** תחנה	הנטקה 51	
.	0017	0130007	** תחנה	הנטקה 31	
.	0018	0140000	רמזור	ירושלים הנטקה/ק.יובל	
.	0019	0150000	** תחנה	ק.יובל תח.דלק	
.	0020	0160000	רמזור	ירושלים הר הרצל	
.	0021	0160001	** תחנה	הר-הרצל	
.	0022	0170000	רמזור	ירושלים ב.רגן/שד.הרצל	
.	0023	0170002	** תחנה	ב.הקברות-הצבאי	
.	0024	0180000	רמזור	ירושלים הרצל/בייט	

הרצל/יפה נוף	ירושלים	רמזור	0190000	0025
מ.סונול	יפה-נוף	תחנה **	0190002	0026
הרצל/תרצה	ירושלים	רמזור	0200000	0027
הרצל/המיסדים	ירושלים	רמזור	0210000	0028

להמשך הקש סדוריי: 0029
 15/01/97 מהלך קו 488202 שלוט: 20
 "אגד" - אגף התנועה
 מערכת הגדרות
 תוקף: 25/02/90 סט.פ.ע.: 9 פ.ב.
 מוצא: שכ.עיר-גנים יעד: שער-יפו ירושלים
 ירושלים

ע"כ	מס.	סד. במהלך	סוג נמ"ד	שם	נ"מ"ד
	0029	0210002	** תחנה	ככר-דניה הרצל מול 102	
	0030	0220000	רמזור	ירושלים הרצל/הארזים	
	0031	0220004	** תחנה	ב.הכרם הרצל 83	
	0032	0230000	רמזור	ירושלים הרצל/פרבשטיין	
	0033	0240000	רמזור	ירושלים שד.הרצל/נ.ת.צ	
	0034	0240000	** תחנה	שד.הרצל מול 52	
	0035	0250000	רמזור	ירושלים שד.הרצל/הברון הירש	
	0036	0250003	** תחנה	שד.הרצל 22	
	0037	0260000	רמזור	ירושלים הרצל/ק.משה	
	0038	0270000	רמזור	ירושלים הרצל/בן דור	
	0039	0280000	רמזור	ירושלים הרצל/שד.שזר	
	0040	0280001	** תחנה	שד.הרצל/ויצמן	
	0041	0290000	רמזור	ירושלים ויצמן/יפו	
	0042	0290003	** תחנה	תמ. מול המפרץ	

להמשך הקש סדוריי: 0043
 15/01/97 מהלך קו 488202 שלוט: 20
 "אגד" - אגף התנועה
 מערכת הגדרות
 תוקף: 25/02/90 סט.פ.ע.: 9 פ.ב.
 מוצא: שכ.עיר-גנים יעד: שער-יפו ירושלים
 ירושלים

ע"כ	מס.	סד. במהלך	סוג נמ"ד	שם	נ"מ"ד
	0043	0310000	רמזור	ירושלים יפו/שרי ישראל	
	0044	0320000	ירושלים תח.מר/יפו	
	0045	0320001	** תחנה	יפו מול 202	
	0046	0340001	** תחנה	מתנה-יהודה	
	0047	0360000	רמזור	ירושלים יפו/הנביאים	
	0048	0360000	** תחנה	מרכז-כלל	
	0049	0380000	רמזור	ירושלים יפו/וולנברג	
	0050	0390000	רמזור	ירושלים יפו/המלך גורג	
	0051	0400000	רמזור	ירושלים יפו/יעבץ	
	0052	0410000	רמזור	ירושלים יפו/הרב קוק	
	0053	0410000	** תחנה	יפו 43	
	0054	0420000	רמזור	ירושלים ככר ציון	
	0055	0430000	רמזור	ירושלים יפו/הלני המלכה	
	0056	0440000	רמזור	ירושלים יפו/שלומציון המלכה	

להמשך הקש סדוריי: 0057
 15/01/97 מהלך קו 488202 שלוט: 20
 "אגד" - אגף התנועה
 מערכת הגדרות
 תוקף: 25/02/90 סט.פ.ע.: 9 פ.ב.
 מוצא: שכ.עיר-גנים יעד: שער-יפו ירושלים
 ירושלים

ע"כ	מס.	סד. במהלך	סוג נמ"ד	שם	נ"מ"ד
	0057	0440002	** תחנה	דואר	
	0058	0460000	רמזור	ירושלים שלמה המלך/יפו	
	0059	0460001	** תחנה	שער-יפו חטיבת ירושלים	
	0060	0470000	רמזור	ירושלים שער-יפו	
	0061	0480003	** תחנה	שער-יפו	

אחרון