



דף מידע בנושא רכבים חשמליים¹

ספטמבר 2017

הוכן עבור פורום אנרגיה בנושא רכב היברידי וחשמלי ע"י צוות סביבה ואנרגיה במוסד שמואל נאמן: פרופ' אופירה אילון, עידן ליבס, נעמה שפירא

הקדמה

סקטור התחבורה מהווה גורם משמעותי בפליטות מזהמים וגזי חממה (גז"ח) בכל העולם, במיוחד באזורים עירוניים צפופים [1]. חשיפה לזיהום אוויר² מקושרת למחלות לב, ריאה וסרטן ומוות מוקדם בבני אדם, פגיעה בבריאות בע"ח, צמחייה ומערכות אקולוגיות גדולות, פגיעה בתפוקה חקלאית ועוד [1-3]. לצד זאת, פליטות גז"ח הינן גורם מכריע בתהליך של שינויי האקלים [4].

הסכם פריז³ אשר נחתם בשלהי 2016 מחזק את המגמה העולמית לעבור לכלכלה דלת-פחמן, בשאיפה לייעל את השימוש במשאבים טבעיים ולאמץ פתרונות להפחתת פליטות גז"ח. עם זאת, כיום עדיין 94% מצריכת האנרגיה של סקטור התחבורה מבוססת על נפט [5].

כלי מדיניות שונים בתחום התחבורה יכולים לסייע הן לשימור אנרגיה והן להפחתת פליטות. כלים אלו כוללים אסטרטגיות "רכב נקי" (רכבים ודלקים אלטרנטיביים) אשר מקטינות את שיעורי הפליטות לכל ק"מ נסועה, ואמצעים לניהול ניידות אשר אמורים להוביל להפחתת סך הנסיעה ברכב וגודש התנועה. **רכבים חשמליים יכולים להשתלב היטב ולתת פתרונות טובים בשתי הקטגוריות.**

לכלי רכב חשמליים יש יתרון מובהק בנושא של צריכת אנרגיה בשל היעילות הגבוהה של המנוע החשמלי (ביחס למנוע בעירה פנימית). בנושא של הפחתת פליטות, יתרונם הגדול הינו מניעה של זיהום אוויר בתוך הערים ("בגובה האף"), עם זאת, היתרון הסביבתי הכולל תלוי באופן שבו מיוצר החשמל. ככל שייצור החשמל מתבצע בדרכים נקיות יותר, כמו על ידי שריפה של גז טבעי, אנרגיות מתחדשות או אנרגיה גרעינית, התוצאה תהיה טובה יותר [6,7]. בנוסף, ניתוח "מחזור חיים" השוואתי מעלה כי תהליך הייצור של רכבים חשמליים (ובעיקר בהתייחס לסוללות) כולל השלכות סביבתיות שליליות יותר מאלו של מכוניות מונעות בדלק, כמו, רעילות שמסכנת את האדם, דלדול מצבורים טבעיים של מתכות וזיהום מקורות מים [8].

הטמעה של הנעה חשמלית לשם השגת יעדים מקומיים וגלובליים הינה סוגיה המקבלת תשומת לב רבה המתבטאת ביישום של מגוון אמצעי מדיניות בכל העולם. החסמים המרכזיים להטמעה נרחבת כיום, הינם: מחיר גבוה, טווח נסיעה מוגבל/זמן טעינה ארוך וזמינות של תשתיות טעינה. בישראל, קיימת אי וודאות רגולטורית באשר למדיניות המיסוי על רכישה ותפעול של רכבים חשמליים.

¹ המסמך משקף את מקורות המידע המצויינים בו.
² חלקיקים (PM), תחמוצות חנקן (NOx), תרכובות אורגניות נדיפות (VOCs), פחמן חד חמצני (CO), אוזון (O₃) ומזהמים רעילים, כגון: בנזן ופורמלדהידים.

³ The Paris Agreement: http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php



מידע כללי

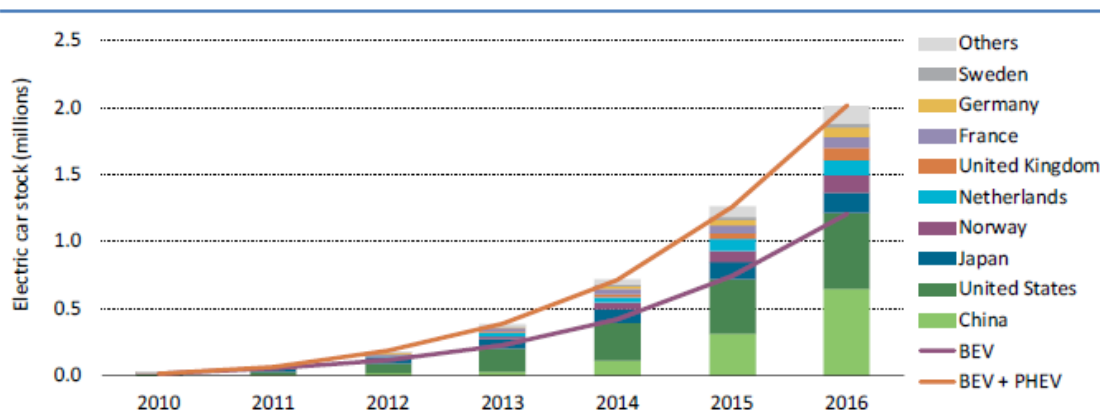
שוק המכוניות החשמליות (EV – Electric Vehicles) רשם ב-2016 עלייה של 60% ביחס לשנה קודמת ומספר המכוניות בעולם הגיע ליותר משני מיליון (כאשר חמש שנים קודם לכן השוק כמעט ולא היה קיים).

מתוכם: כ-60% רכבים חשמליים (BEV - Battery Electric Vehicles)

כ-40% רכבים היברידיים-נטענים (PHEV - Plug-in Hybrid Electric Vehicles)

95% ממכירות ה-EV מתרחשות בעשר מדינות בלבד: סין, ארה"ב, יפן, קנדה, נורבגיה, אנגליה, צרפת, גרמניה, הולנד ושבדיה.

Figure 1 • Evolution of the global electric car stock, 2010-16



Source: EVI, 2017

על אף העלייה החדה, EV מהווים רק 0.2% מסך הרכבים הקלים⁴ בעולם. כיוון שהאחוז הוא כה קטן עדיין לא ניתן לראות השפעה על הביקוש לנפט או פליטות גז"ח. עם זאת יש להדגיש כי לשם השגת הפחתה משמעותית בפליטות גז"ח, תחבורה חשמלית צריכה לבוא ביחד עם תהליך דקרבוניזציה של ייצור החשמל.

במספר מדינות יש חדירה מסיבית של EV כאשר המובילה בעולם הינה נורבגיה עם 29% נתח שוק EV, אחריה הולנד עם 6.4%, ושבדיה עם 3.4%. בסין, צרפת ואנגליה נתח השוק הוא כ-1.5%.

עד 2015 ארה"ב היוותה את השוק עם המספר הגדול ביותר של EV בעולם, אך ב-2016 סין הפכה לבעלת השוק הגדול ביותר עם כשליש מסך השוק העולמי של רכבים פרטיים חשמליים ועם הובלה גם בתחום של אוטובוסים חשמליים (יותר מ-300 אלף) ורכב דו-גלגלי.

בארה"ב, במחצית הראשונה של 2017 נמכרו כ-50 סוגים של EV, כמעט בחלוקה שווה בין הקטגוריות PHEV ו-BEV. הנתונים המוצגים להלן נלקחו מתוך המקורות [9-12].⁵

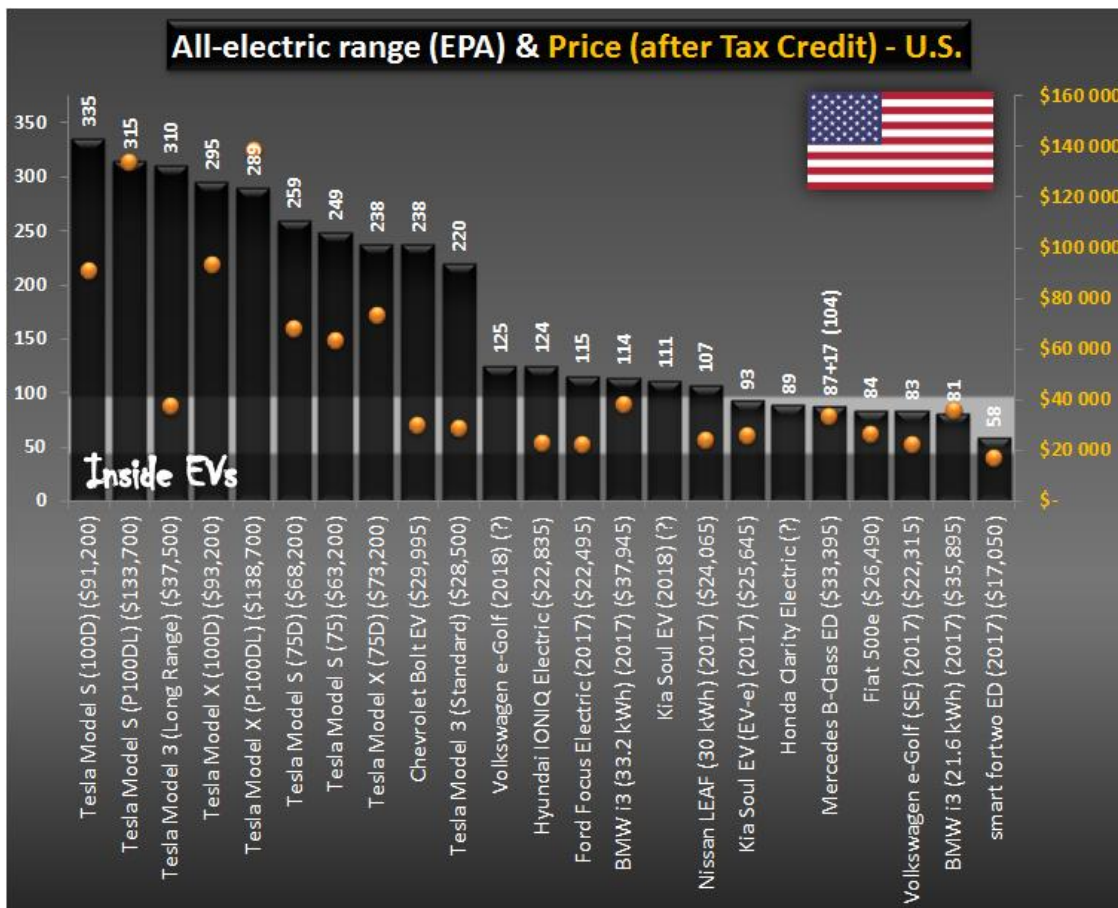
- טווחי הנסיעה של PHEV נעים בין 16-85 ק"מ (וכן מודל אחד של BMW עם טווח של 155 ק"מ)
- טווחי הנסיעה של BEV נעים בין 93-536 ק"מ⁶

⁴ PLDVs - Passenger Light-Duty Vehicles, include passenger cars and passenger light trucks

⁵ מידע נוסף ניתן למצוא בנספח א'.

⁶ הסטנדרט האירופאי NEDC מציג תוצאות טובות בהרבה מבחינת טווחי הנסיעה (וכתוצאה מכך גם בהיבט הנצילות) אך הוא נחשב פחות מהימן.

- הנצילות של הרכבים בחישוב לנסיעה מעורבת (עירונית ובינעירונית) נעה בין 15.5-24.9 קוט"ש לכל 100 ק"מ
- מחירי המכוניות נעים מ-\$17,050 לרכב smart ועד \$180,698 לפורשה
- ב-2017 לראשונה, ישנם שני רכבים עם טווח נסיעה של יותר מ-320 ק"מ בפחות מ-\$30,000 ורכב אחד עם טווח של מעל 480 ק"מ מתחת ל-\$40,000
- טסלה מובילה את המכירות בשוק זה אך יש נוכחות דגמי EV של כל חברות הרכב הגדולות (GM, טויוטה, ניסן, פורד, BMW, אאודי, פולקסווגן, יונדאי, קיה)



Source: Inside EVs (<http://insideevs.com/electric-vehicles-us-price-range-listing/>)

באירופה נמכרים ב-2017 עשרות מודלים של EV, כאשר את השוק מובילה BMW ולאחריה רנו, פולקסווגן, ניסן, טסלה ומרצדס [11-12].

בשוק הסיני מוצעים עשרות מודלים, אך שוק זה נשלט לחלוטין על ידי יצרנים מקומיים (BYD, BAIC, Zotye, SAIC, Chery, Zhidou) עם נוכחות מסוימת של טסלה (כ-3%) [12].

בכל רחבי העולם מכירות הדגמים המובילים עולים לכדי אלפים בודדים בחודש.

הצהרות ויעדים לשילוב הרכב החשמלי

ב-2016 ארבע עשרה מדינות⁷ החזיקו ביעדים לאומיים לחדירת EV כחלק מחזון האנרגיה והתחבורה הנקייה. קוריאה היתה היחידה ששדרגה את היעדים ב-2016 מ-200 אלף ל-250 אלף רכבים חשמליים עד 2020. דנמרק לעומתה נסוגה מהיעד של 200 אלף רכבים עד לאותה שנה. גם גרמניה העלתה ב-2017 ספקות לגבי הסבירות להשגת היעד של מיליון רכבים ב-2020.

סיכום של כלל היעדים במדינות השונות עולה לכדי 13 מיליון EV בשווקים אלו עד 2020 [13]. מטרה זו תושג ברמה העולמית אם תמשך מגמת הגידול של 60% במלאי ה-EV כל שנה עד 2020, כפי שנרשם ב-2016.

הודו הצהירה על מחויבות שאפתנית להנעה חשמלית ברוב, אם לא בכל הרכבים עד 2030. סין הציבה יעד של 35 מיליון רכבים עד 2025, ובמדינות אחרות כדוגמת שוויץ, אנגליה או הולנד שוקלים איסור על מכירת רכבי בנזין ודיזל לאחר 2025.

גם יצרניות רכב מרכזיות בעולם יצאו בהצהרות חשופות ב-2016, ביניהן, טסלה שהכריזה על מכירה שנתית של מיליון EV עד 2020 ופולקסווגן שהודיעה על כניסה לשוק של לפחות 30 דגמי EV עד 2025. בין 2015 לתחילת 2017, תשע יצרניות רכב עולמיות הודיעו ציבורית על נכונותם ליצור או להרחיב משמעותית את היצע ה-EV במהלך חמש עד עשר השנים הבאות. גם בסין הצהירו יצרנים על תוכניות הרחבה משמעותיות לייצור EV.

Table 2 • List of OEMs announcements on electric car ambitions, as of April 2017

OEM	Announcement	Source
BMW	0.1 million electric car sales in 2017 and 15-25% of the BMW group's sales by 2025	Lambert (2017b)
Chevrolet (GM)	30 thousand annual electric car sales by 2017	Loveday (2016)
Chinese OEMs	4.52 million annual electric car sales by 2020	CNEV(2017)
Daimler	0.1 million annual electric car sales by 2020	Daimler (2016a)
Ford	13 new EV models by 2020	Ford (2017)
Honda	Two-thirds of the 2030 sales to be electrified vehicles (including hybrids, PHEVs, BEVs and FCEVs)	Honda (2016)
Renault-Nissan	1.5 million cumulative sales of electric cars by 2020	Cobb (2015b)
Tesla	0.5 million annual electric car sales by 2018 1 million annual electric car sales by 2020	Goliya and Sage (2016), Tesla (2017a)
Volkswagen	2-3 million annual electric car sales by 2025	Volkswagen (2016)
Volvo	1 million cumulative electric car sales by 2025	Volvo (2016)

Source: EVI, 2017

מדיניות

על אף המגמה החיובית, אין ספק ששוק ה-EV מושפע בעיקרו ממדיניות. מנגנונים תומכים שאומצו בשווקים מרכזיים מתייחסים הן לאימוץ של EV והן לתשתיות הטענה. האמצעים כוללים מו"פ, רגולציה, תמריצים פיננסיים וכלים אחרים כמו הגבלת תנועה באזורים מסוימים. גם רכש ציבורי הינו דרך לעודד חדירה של EV. השלטון המקומי הינו שחקן חשוב בהאצת המעבר לתחבורה חשמלית (דו גלגלי, רכב פרטי ואוטובוסים) ויכול לשמש לא רק כמודל אלא גם לסייע בשיפור היעילות של תהליך פיתוח המדיניות. אזורים אורבניים הינם גם פלטפורמה מצויינת לבחינת שרותים חדשניים של שיתוף נסיעות או יכולות של נסיעה אוטונומית.

⁷ אוסטרליה, סין, דנמרק, צרפת, גרמניה, הודו, אירלנד, יפן, הולנד, פורטוגל, קוריאה, ספרד, אנגליה וארה"ב.

ה-IEA בחן את הקשר בין תוספת תמריצים (בין 2015 ל-2016) לגידול במכירות EV במדינות המובילות, ומצא קשר ישיר וחיובי [14], ובכך מאשר את החיוביות של מדיניות תומכת לשוק ה-EV.

דוגמאות למדיניות לקידום השימוש ברכבים חשמליים [14-17]:

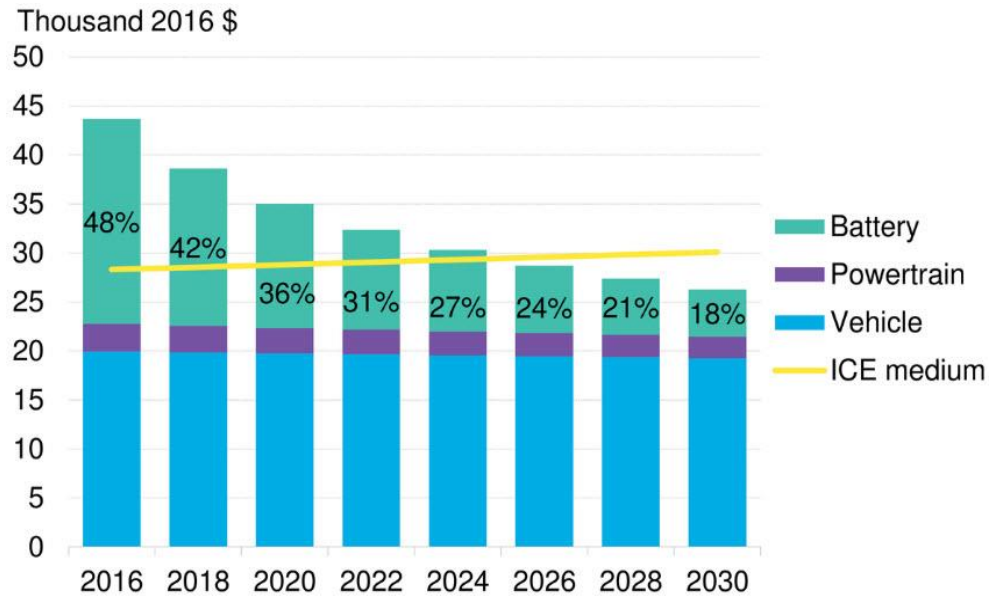
- סין מעניקה תמריצים חזקים, פיננסיים ולא פיננסיים, כדוגמת פטור ממס רכישה ובלו (הטבה של \$8,500-5,000) או ויתורים על מגבלות תנועה, טעינה וחנייה חינם בערים הגדולות.
- בנורבגיה יש פטור ממס רכישה העולה לכדי \$11,600 וכן BEV פטורים ממע"מ 25%. כמו כן יש פטור מהיטלים בכבישי אגרה או מעבורות. עם זאת הטבת החנייה חינם צומצמה ב-2016. בעוד שהמיסוי של BEV נשאר קבוע ב-2016, נרשמה הטבה במיסוי של PHEV ובמקביל גם עלייה משמעותית באחוזי המכירות של רכבים אלו.
- ביפן הוצג ב-2016 מודל חדש המעניק סובסידיה גדולה יותר ככל שטווח הנסיעה של הרכב עולה, עם סובסידיה מקסימלית של \$7,700. הטבה זאת הביאה לעלייה במכירת BEV וירידה יחסית במכירות PHEV.
- בהולנד מוטל מס ששיעוריו צפויים לעלות בהדרגה עד 2020, המתייחס לפליטות פד"ח, מה שמשפיע על PHEV בלבד. גם המיסוי על שימוש ברכב חברה (בהולנד, רכבי חברה מהווים אותו שיעור של מכירות רכב כמו רכבים פרטיים) נותן העדפה ברורה לרכבים עם אפס פליטות (4% מס) לעומת PHEV שרמת המיסוי עליהם ב-2017 אמורה להשתוות לרכבים קונבנציונליים (22% מס). ניתן לראות שמדיניות זאת הביאה לנפילה חזקה במכירות PHEV ב-2016 לעומת 2015.
- הממשלה השבדית קיצצה ב-2016 את ההטבות ברכישת PHEV מ-\$4,500 ל-\$2,250, בעוד שההטבה ל-BEV נותרה בעינה מאז 2011. על אף זאת, נרשמה עלייה במכירות PHEV, רובם כרכבי חברה שבעבורם ניתן להשיג חסכון חודשי של כ-\$110 (ביחס לרכבים קונבנציונליים). בנוסף, נראה שהתעניינות הצרכנים הושפעה מכניסת דגמים נוספים לשוק של PHEV.
- בדנמרק, לראשונה לאחר שנים בהם ניתן פטור מלא מ-Registration taxes ל-EV, ב-2016 יוחל מס בגובה 20% מהמס החל על הנעה קונבנציונלית, מס זה יחול על חמשת אלפים הרכבים הבאים או עד סוף 2018, לאחר מכן הוא ימשיך לעלות עד למיסוי מלא ב-2022. בנוסף, דנמרק שהיתה מובילה ביוזמות חשמול מאז 2008, בעיקר דרך רכש ציבורי שנתמך על ידי הממשלה, הפסיקה את הפעילות הזאת ב-2016. שני מהלכים אלו היוו בוודאי רכיב מרכזי בירידה החדה (-68%) במכירות EV ב-2016. ב-2017 תכנס לתוקפה הטבת רכישה בהתאם לקיבולת הסוללה עד לסכום מקסימלי של \$10,000.
- בארה"ב, כל ה-EV שנקנו החל מ-2010 מקבלים זיכוי מס מהממשל הפדראלי המתבסס על קיבולת הסוללה (ולכך יכול להתווסף גם זיכוי מטעם המדינות). היקף ההטבה: \$7,500 לכל ה-BEV ובין \$2,500 ל-PHEV.

מסקנת הדו"ח של ה-IEA היא שמדיניות תומכת (סובסידית קנייה, החזרי מס ופטורים ממסים שונים) תשאיר חיוניות לפחות בטווח הבינוני לצורך הורדת חסמים ופיתוח שוק הרכב החשמלי, ולאחר מכן יש לשקול את המדיניות מחדש. בעוד שאמצעים מסויימים כמו מס שונה בהתאם לביצועים סביבתיים, או הגבלת גישה לאזורים אורבניים ישארו חשובים (בעיקר לטיפול בכשלי שוק), הצורך בתמריצים לקניית רכבים יצטמצם. כמו כן, נדרשת התייחסות לדרך חדשה לגביית מס במקום המס המקובל על דלקים קונבנציונליים [14].

ההערכה היא [14,18] כי לקראת 2030 EV יציגו מחיר תחרותי למול רכבים עם מנוע בעירה פנימית (ICE - Internal Combustion Engine), הן בשל ירידה צפויה במחירי הסוללות והן בשל חיזוק

הרגולציה בנושא פליטות (אשר תשפיע על מחירי דלקי פוסיליים). בתקופה זו, עלות הבעלות (יד ראשונה) של EV עם נסועה גבוהה תהיה במובהק נמוכה מ-ICE בשל עלויות תחזוקה ו'דלק' נמוכות. נקודה זו מדגישה את הסינרגיה בין EV לשירותי תחבורה חכמה.

U.S. medium segment vehicle price estimates (pre-tax retail prices)



Source: BNEF, 2017. <https://about.bnef.com/blog/electric-cars-reach-price-parity-2025/>

תחזיות

בהסתמך על הצהרות יצרנים, ה-IEA צופה שמלאי ה-EV ינוע בין 20-9 מיליון רכבים בשנת 2020 ובין 40-70 מיליון עד 2025 (תרחישים שונים חוזים 200-56 מיליון רכבים עד 2030) [14]. תחזית זאת עולה בקנה אחד עם יעדי המדינות ותואמות את הצהרות פריז בנושא שינוי האקלים⁸. עם זאת יש להדגיש, כי כדי שהתחזיות יתממשו נדרש גידול ביכולת הייצור של הרכבים והסוללות, למשל, בנייה של כעשרה מתקני ייצור לסוללות עם יכולת ייצור דומה למתקן של טסלה (Gigafactory).

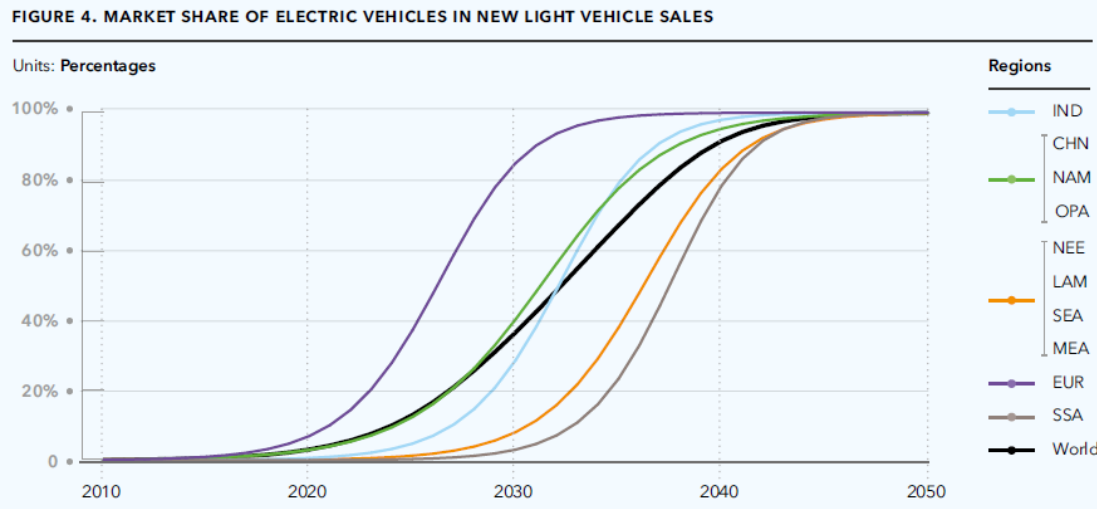
התחזית של בלומברג [18] הינה ש-EV יהוו 54% ממכירות רכב חדש עד 2040 (בשנת 2016 התחזית היתה של 35% בלבד) ו-33% מסך הרכבים (PLDVs) יהיו חשמליים (530 מיליון רכבים מתוך כמיליארד ו-600 מיליון רכבים). התחזית מציינת כי PHEV יקחו חלק בתהליך האימוץ של הרכב החשמלי עד 2025 אך לאחר מכן BEV יהוו את מרבית המכירות של רכב חשמלי בעולם (למעט ב'פון), הודות למורכבות ההנדסית ולעלות של הנעה כפולה.

התחזית של בלומברג [18] מציינת חמישה גורמים בסיסיים שישפיעו על העלייה באימוץ EV בשנים הבאות (הדו"ח אינו מניח אימוץ של מדיניות חדשה אלא מתבסס על המדיניות הקיימת):

1. רגולציה קצרת טווח התומכת בתהליך בשווקי מפתח כמו ארה"ב, אירופה וסין
2. נפילה במחירי סוללות ליתיום-יון
3. מחוייבות גוברת של יצרני מכוניות לנושא של רכב חשמלי
4. עלייה בקבלת הנושא בקרב הצרכנים בעקבות המחירים התחרותיים של EV בכל קטגוריות הרכב
5. התפקיד המתרחב של תחבורה חכמה (שיתוף רכבים, ride hailing, נסיעה אוטונומית)

⁸ ההצהרות בוועידת פריז הביעו את השאיפה לעבור את מחסום מאה מיליון רכבים ב-2030 [19].

תחזית נוספת של חברת הייעוץ DNV GL מצביעה על כך שבשנת 2033, כמחצית מהרכבים (PLDVs) החדשים שימכרו בכל העולם יהיו חשמליים, אך עם שונות גדולה בין האזורים [20].



Source: DNV GL, 2017

באירופה (בסגול) צפוי האחוז בשנה זו להגיע לכ-90%, בעוד שבמדינות צפון מזרח אירואסיה, אמריקה הלטינית, דרום מזרח אסיה, המזה"ת וצפון אפריקה (בכתום) ומדינות אפריקה שמדרום לסהרה (באפור) האחוז הצפוי הינו פחות מ-20%. בתת היבשת ההודית (בתכלת) ובסין, צפון אמריקה ומדינות ה-OECD פאסיפיק (בירוק), האחוז יהיה קרוב למוצע העולמי.

טעינה וצריכת חשמל

בארה"ב קיימות שלוש אפשרויות טעינה שונות [21]:

- רמה 1 הינה טעינה בשקע ביתי (120 וולט) שיכולה לטעון טווח נסיעה של כ-5 מייל בשעה, מרבית המכוניות יכולות לטעון בדרך זו (לא רלוונטי לישראל, בשל מאפייני הרשת).
- רמה 2 הינה טעינה במתח של 240 וולט שזה המתח ברוב התחנות הציבוריות והיא מהירה פי 2-5 מרמה 1 (תלוי גם ברשת וגם בנתוני הרכב). בארה"ב, ניתן להתקין חיבור כזה גם בבית (עלות: \$1,000-400). במרבית התחנות הציבוריות החיבור תואם לכל הרכבים. תחנות הטעינה של טסלה מותאמות לרכבי טסלה בלבד, אך החברה מספקת מתאם כדי שלקוחותיה יוכלו לטעון גם בתחנות עם חיבור רגיל.
- בנוסף, קיימת טעינה מהירה המאפשרת טעינת טווח נסיעה של 50-70 מייל בכ-20 דקות. לא כל הרכבים מותאמים לטעינה מהירה. תחנות לטעינה מהירה ממוקמות בדרך כלל לצד מסדרונות תנועה מרכזיים ועמוסים. לא מעשי לבצע טעינה מהירה בבית הן בשל העלות והן בשל דרישות הרשת.

עלות הטעינה: בארה"ב, רכב סטנדרטי (small sedan- Nissan Leaf) שנוסע 1,600 ק"מ בחודש וטוען טעינה ביתית בלבד, יוסיף לחשבון החשמל החודשי של הלקוח \$37.5 [21].

ברחבי ארה"ב ישנן כ-44 אלף נקודות טעינה ציבוריות (ב-16 אלף תחנות) [22]. באירופה ישנן כ-120 אלף נקודות טעינה [23].

הנושא של תשתיות טעינה אינו פתור למרות העלייה המשמעותית בעמדות טעינה ציבוריות בחמש השנים האחרונות. על אף המחיר התחרותי הצפוי של רכבי EV, מחסור בטעינה ביתית יהווה מחסום משמעותי לאימוץ ויגביל את מכירות ה-EV [18].

ממחקר שבוצע ב-2016 לגבי הרגלי הטעינה של נהגים באירופה וארה"ב עולה כי כרבע מהנהגים ישתמשו בטעינה ציבורית לפחות פעם בשבוע, אם תחנות כאלה יהיו זמינות וזולות, עם זאת, אחוז ניכר מהנהגים משתמש בעמדות אלו רק פעם בכמה חודשים או אפילו בשנה [24].⁹

צריכת החשמל הגלובלית לטעינת EV צפויה לגדול מ-6 TWh ב-2016 ל-1,800 TWh ב-2040 [18]. על אף שהכמות הזאת מהווה רק 5% מסך הצריכה העולמית ב-2040, רגולטורים ומנהלי מערכת ידרשו לתת מענה לצריכת השיא המאפיינת טעינה מהירה, אם באמצעות תעריפים משתנים המעודדים טעינה בשעות שפל (דוגמת התעו"ז) ואם באמצעות פתרונות לאחסון אנרגיה.

המצב בישראל

המוטיבציה של מנהלת תחליפי הנפט, אשר הוקמה תחת משרד רוה"מ ב-2011, לעודד פעילות בנושאים של תחליפי דלקים ותחבורה חכמה בכדי להפחית את התלות של העולם בנפט נובעת משני גורמים עיקריים [25]:

א. ההשלכות הגיאופוליטיות השליליות וההשפעות הכלכליות של שוק כמעט מונופולי.

ב. ההשפעות הסביבתיות השליליות של פליטות מזהמים וגז"ח (25% מסך הפליטות העולמיות של גז"ח מיוחסות לסקטור התחבורה).

בהחלטת ממשלה מס' 5327 מיום 13.01.2013 הוגדר יעד ההפחתה של משקל הנפט כמקור אנרגיה בתחבורה בישראל בשיעור של כ-30% בשנת 2020, ושל כ-60% בשנת 2025 (ביחס לתחזיות הצריכה בשנים אלו) [26]. הממשלה אינה מגבילה את סוגי ההנעה החלופית האפשריים ומתייחסת הן לשימוש בגז טבעי (כגז טבעי דחוס, מתנול, GTL), הן להנעה חשמלית והן לאלטרנטיבות חדשניות/בפיתוח. משרדי הממשלה השונים מציגים תוכניות שונות לתמיכה ביעדים:

המשרד להגנת הסביבה תומך ברכישת רכבים חשמליים והיברידיים בהיקף של 60 מיליון ₪ (מוניות, אוטובוסים וכלי רכב לפרוייקט שיתוף רכב), לצד סבסוד מסנני חלקיקים לכלי רכב מזהמים, תמיכה בהקמת מערכי השכרת אופניים, הפעלת שאטלים להסעות עובדים ועוד [27].

משרד האוצר (רשות המסים) מעניק לכלי רכב חשמליים והיברידיים הטבות משמעותיות במס הקניה במסגרת המיסוי הירוק. שיעורי המס שנקבעו עד לתום שנת 2017: 10% ל-BEV, 20% ל-PHEV ו-30% לרכבים היברידיים. כיוון שמס הקניה על אוטובוסים הינו 0%, הועדה ממליצה לתמרץ יבוא אוטובוסים חשמליים באמצעות קביעת פחת מואץ (33% ל-4 שנים) [28].

משרד האנרגיה פרסם השנה מרכז פומבי להשקעה בפרוייקטי חלוץ והדגמה. בפרוייקטים שנועדו להפחתת התלות בנפט לתחבורה סף המימון יהיה 50% מתקציב של עד 3 מיליון ₪ לפרוייקט [29].

כמו כן, המשרד גיבש מדיניות בנושא טעינת רכבים חשמליים, כאשר העקרונות המרכזיים הם: שמירה על בטיחות הצרכן ועוברי אורח, יצירת שוק רכב חשמלי פתוח, תחרותי תוך עמידה בסטנדרטים בינלאומיים, טעינה מבוקרת שתפחית את הצורך בהרחבת רשת החשמל הקיימת

⁹ שתי תובנות מעניינות אחרות ממחקר זה:

א. הסיבה המרכזית לקניית EV הינה ההיבט הסביבתי (אצל 45%-33 מהמשיבים), ולאחר מכן, חסכון כספי, נטייה לאימוץ טכנולוגיה חדשה, איכות הנסיעה, נוחות.

ב. מרבית המשיבים אמרו שהם מצפים שה-EV הבא שלהם יאפשר טווח נסיעה של לפחות 320 ק"מ (למרות שרבים מהם לא זקוקים לטווח כזה).

ומניעת השתת עלויות טעינת הרכב חשמלי על כלל צרכני החשמל במשק. לאור המדיניות נקבעו תקנות לעניין מתן רישיונות להספקת חשמל לטעינת רכב חשמלי, ואילו תקנות לעניין בטיחותם של התקני טעינה לרכב חשמלי נמצאות בשלבי חקיקה מתקדמים [30,31].

עבודה שנעשתה תחת משרד האנרגיה על ידי חברת "כיוון", צוות חוקרים מ"מוסד שמואל נאמן" וד"ר ליאוניד טרטקובסקי מהטכניון, בחנה את הכדאיות הכלכלית בשימוש ברכב חשמלי והיברידי לסוגיו (התחשיב מעודכן לפברואר 2014, והמחירים אינם כוללים מיסוי) [32]:

- עלות הבעלות הכוללת שחושבה מורכבת משלוש עלויות עיקריות: עלות רכישה בניכוי ערך שיורי, עלות הנסיעה (דלק/חשמל) ועלות תחזוקה שוטפת.
- התחשיב בוצע בעבור ארבע סוגי הנעה: ICE – רכב בעירה פנימית, HEV – רכב היברידי, PHEV – היברידי פלאג-אין, EV – רכב חשמלי (תואר במסמך זה כ- BEV).
- תרחיש הבסיס מתייחס לנסועה שנתית ממוצעת של רכב פרטי בישראל (16.4 אלף ק"מ), נסועה של 25 אלף ק"מ מאפיינת רכבי ליסינג/רכבי חברה ונסועה של 70 אלף ק"מ מאפיינת מוניות. תרחיש ההוזלה מתייחס להוזלת מחירי רכבים חשמליים ב-20%.
- בכל התרחישים הנחת היסוד כללה טעינה ביתית בלבד ורק בתרחיש של נסועה שנתית גבוהה נוספה טעינה מהירה אחת ליום.
- הנושא של עלויות חיצונית נבדק בנפרד ונמצא שגם הפנמת עלויות אלו אינה משנה את מערך היתרונות היחסיים שבתרחיש הבסיס.

עלות הבעלות בתרחישים השונים ללא עלויות חיצוניות (אג' לק"מ נסועה)

רכב	תרחיש	EV	PHEV	HEV	ICE
בסיס		86	99	83	74
פחת מואץ על רכבים חשמליים		101	116	95	74
הוזלת רכבים חשמליים		73	84	71	74
נסועה של 25 אלף ק"מ		63	73	62	64
נסועה של 70 אלף ק"מ		41	48	38	52

מקור: חב' כיוון, מוסד שמואל נאמן ופרופ' ליאוניד טרטקובסקי

<http://energy.gov.il/Subjects/EGOilReplacement/Documents/ElecVeEconomic.pdf>

תרחיש הבסיס ותרחיש הפחת המואץ מגלמים את חסרונותיהם העיקריים של משפחת הרכבים החשמליים כיום: מחיר הרכישה הגבוה ועלויות התפעול והטיפול בסוללה לאחר תקופת הבעלות. בתרחישים אלו נמצא כי הרכב בו עלות הבעלות הזולה ביותר הוא ICE והיקרה ביותר הוא PHEV. שלושת התרחישים התחתונים בטבלה מעלים את קרנם של הרכבים החשמליים בייחוד את זה של הרכב ההיברידי, המספק את עלות הבעלות הזולה ביותר בשלושתם. בעוד שבתרחיש ההוזלה מוסר למעשה חלק מחסם המחיר ממנו סובלים הרכבים הללו ולכן מצבם משתפר, שני התרחישים התחתונים בטבלה עוסקים בהיבט של התנהגות הצרכן ומחדדים את העובדה שככל שהנסועה גבוהה יותר, כך גוברים יתרונותיהם של הרכבים החשמליים על חסרונותיהם.

בניגוד לתהליכים בעולם, ב-2016 חלה בישראל ירידה במספר כלי רכב שהונעו באמצעות חשמל – כ-1,420 (1,650 ב-2015), מתוכם כ-820 כלי רכב פרטיים (1,100 ב-2015) שהיוו 0.044% מכלל הרכבים ו-0.03% מכלי הרכב הפרטיים [33]. מרבית הרכבים הפרטים (כ-1,000) נמכרו בשנים

2011-2013 במסגרת המיזם של בטר פלייס. נכון להיום, היצע הרכבים החשמליים בישראל נותר מוגבל ועומד על שני דגמים בלבד (רנו זואי ו-BMW i3, שניהם מהדגמים המובילים באירופה).

שיעורי חדירת EV לשוק הישראלי תלויים במידה רבה באמצעי מדיניות שתציג הממשלה בשנים הקרובות, אולם רק שיעורי הטמעה משמעותיים יש בכוחם להשפיע הן על הנושא של ביטחון אנרגטי והן על התועלות הסביבתיות הצפויות.

מקורות

- [1] IEA (International Energy Agency) (2016), "Energy and Air Pollution: World Energy Outlook Special Report". OECD/IEA, Paris.
<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlookSpecialReport2016EnergyandAirPollution.pdf>
- [2] HEI (Health Effects Institute) (2017), "State of Global Air 2017. Special Report". Boston, MA:Health Effects Institute.
http://www.ccacoalition.org/sites/default/files/resources/2017_state-of-global-air-report.pdf
- [3] WHO (World Health Organization) Regional Office for Europe, OECD (2015), "Economic cost of the health impact of air pollution in Europe: Clean air, health and wealth". Copenhagen. www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/276772/Economic-cost-health-impact-air-pollution-en.pdf?ua=1
- [4] IEA, "Climate change". <https://www.iea.org/topics/climatechange/>
- [5] European Commission (2016). Commission staff working document Accompanying the document: "A European Strategy for Low-Emission Mobility". EU Commission, Brussels.
<https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/10102/2016/EN/SWD-2016-244-F1-EN-MAIN-PART-1.PDF>
- [6] Ayalon, O., Flicstein, B., & Shtibelman, A. (2013). Benefits of reducing air emissions: replacing conventional with electric passenger vehicles. *Journal of Environmental Protection*, 4(10), 1035. DOI:10.4236/jep.2013.410119
- [7] Holland, S. P., Mansur, E. T., Muller, N. Z., & Yates, A. J. (2015). *Environmental benefits from driving electric vehicles?* (No. w21291). National Bureau of Economic Research.
- [8] Hawkins, T. R., Singh, B., Majeau-Bettez, G. and Strømman, A. H. (2013), Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles. *Journal of Industrial Ecology*, 17: 53–64.
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x/full>
- [9] Inside EVs. <http://insideevs.com/electric-vehicles-us-price-range-listing/>
- [10] motor1. <https://www.motor1.com/news/139701/ev-electric-vehicle-range-longest/>
- [11] PUSH EVS. <http://pushevs.com/>
- [12] EVObsession. <https://evobsession.com/electric-car-sales/>

- [13] EVI (Electric Vehicle Institute) (2016), "Global EV Outlook 2016: Beyond One Million Electric Cars", OECD/IEA, Paris.
www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf
- [14] EVI (2017), "Global EV Outlook 2017: Two million and counting" OECD/IEA, Paris.
<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVOutlook2017.pdf>
- [15] EAFO (European Alternative Fuels Observatory), "Incentives & Legislation".
<http://www.eafo.eu/incentives-legislation>
- [16] EPA (United States Environmental Protection Agency) - fuel economy, "Federal Tax Credits for All-Electric and Plug-in Hybrid Vehicles".
<http://www.fueleconomy.gov/feg/taxevb.shtml>
- [17] AFDC (Alternative Fuels Data Center), "Federal and State Laws and Incentives".
<https://www.afdc.energy.gov/laws/>
- [18] BNEF (Bloomberg New Energy Finance) (2017), "Electric Vehicle Outlook 2017".
<https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>
- [19] UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) (2015), "Paris declaration on electro-mobility and climate change & call to action".
<http://newsroom.unfccc.int/media/521376/paris-electro-mobility-declaration.pdf>
- [20] DNV GL (2017), "Energy Transition Outlook 2017 - A global and regional forecast of the energy transition to 2050".
<https://eto.dnvgl.com/2017/#Energy-Transition-Outlook>
- [21] EPA - fuel economy, "Charging Your Plug-in Electric Car".
<http://www.fueleconomy.gov/feg/charging.shtml>
- [22] EPA - fuel economy, "Electric Vehicle Charging Station Locations".
https://www.afdc.energy.gov/fuels/electricity_locations.html
- [23] EAFO, "Electric vehicle charging infrastructure".
<http://www.eafo.eu/electric-vehicle-charging-infrastructure>
- [24] Sustainable Enterprises Media INC (2016), "Electric Car Drivers: Desires, Demands & Who They Are", <https://cleantechnica.com/2017/05/03/2000-ev-drivers-28-countries-tell-us-require-desire-cleantechnicas-2nd-ev-report/>
- [25] Fuel Choices and Smart Mobility Initiative.
<http://www.fuelchoicesinitiative.com/motivation/>
- [26] "החלטת ממשלה מס' 5327 מיום 13.01.2013, הפחתת התלות הישראלית בנפט בתחבורה".
<http://www.pmo.gov.il/secretary/govdecisions/2013/pages/des5327.aspx>
- [27] המשרד להגנת הסביבה, "בסביבה, בשבילכם - דוח רבעון שני, שנת 2016".
<http://www.sviva.gov.il/InfoServices/ReservoirInfo/DocLib2/Publications/P0801-P0900/P0833.pdf>

[28] משרד האוצר (רשות המסים), "דוח הוועדה למיסוי ירוק 3 - תחליפי נפט לתחבורה", מרץ 2016, ע"מ 173-177.

<https://taxes.gov.il/About/Documents/DochotVaadot/Misui03062016.pdf>

[29] משרד האנרגיה, "מכרז פומבי מס' 17/15 להגשת הצעות להשקעת משרד האנרגיה בפרויקטי חלוצי והדגמה בנושאי אנרגיה, תחליפי דלקים, מים ואנרגיה, התייעלות אנרגטית, כריה וחציבה".

http://energy.gov.il/informationforpublic/tenders/documents/2017/tender15_17.pdf

[30] משרד האנרגיה, "רכב חשמלי".

<http://energy.gov.il/Subjects/Electricity/Pages/GxmsMniElectricCarAbout.aspx>

[31] משרד התשתיות הלאומיות, "טעינת רכב חשמלי – עקרונות מדיניות, יולי 2011".

<http://energy.gov.il/GxmsMniPublications/electric%20car%2021%2008%2011.pdf>

[32] משרד האנרגיה, "רכב חשמלי והיברידי".

<http://energy.gov.il/Subjects/EGOilReplacement/Pages/GxmsMniOSElectricVehicles.aspx>

[33] הלמ"ס (הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה) (2017), "3.24 מיליון כלי רכב מנועיים בישראל בשנת 2016, גידול של 4.8% לעומת שנת 2015", הודעה לתקשורת 098/2017 מיום 9.4.2017.

http://www.cbs.gov.il/reader/newhodaot/hodaa_template.html?hodaa=201727098

נספח א' – נתוני טווח, נצילות ומחיר של דגמי EV

Vehicle	EPA (USA)		NEDC (EU)		Austria	France	Germany	Netherlands	Portugal	Spain	United Kingdom
	EPA EV Range (combined city & highway, km)	EPA EV Efficiency (combined city & highway, kWh/100 km)	NEDC Range (km)	NEDC Efficiency (kWh/100 km)							
2017 Tesla Model S AWD P100D	507	21.7									
2017 Tesla Model X AWD P100D	465	24.2									
2017 Tesla Model S AWD P90D	435	21.7									
2017 Tesla Model S AWD 75D	417	20.5	490		€ 87,400	€ 81,400	€ 84,470	€ 88,785	€ 90,200	€ 88,200	£ 66,500
2017 Tesla Model X AWD 90D	414	23.0									
2017 Tesla Model X AWD P90D	402	23.6									
2017 Chevrolet Bolt EV / Opel Ampera-e	383	17.4	520	14.5			€ 39,330				
2017 Tesla Model X AWD 75D	383	22.4									
2017 Tesla Model S AWD 60D	351	19.9	408								
Renault Zoe R90 (41 kWh battery)			403	13.3	€ 32,190			€ 32,890	€ 32,710	€ 32,385	£ 23,770
Renault Zoe Q90 (41 kWh battery)			370	14.6							
2017 Volkswagen e-Golf	201	17.4	300	12.7	€ 37,990	€ 39,350	€ 35,900	€ 38,970	€ 40,463	€ 38,020	£ 32,190
2017 Hyundai Ioniq Electric	200	15.5	280	11.5	€ 32,190	€ 22,850	€ 33,300	€ 32,450		€ 29,400	£ 24,995
2017 Ford Focus Electric	185	19.3	225	16.4			€ 34,900				
2017 BMW i3 (94 Amp-hour battery)	183	18.0	312	12.6	€ 37,650	€ 37,300	€ 36,800	€ 38,769	€ 41,990	€ 37,400	£ 33,070
2018 Kia Soul Electric *	180	19.2	250	14.3							
2017 Nissan Leaf (30 kWh battery)	172	18.6	250	15	€ 30,881	€ 25,900	€ 31,265	€ 33,590	€ 22,340	€ 26,860	£ 25,790
Renault Zoe R240 (23.3 kWh battery)			240	13.3							
Renault Zoe Q210 (22 kWh battery)	150	19.9	210	14.6							
2017 Kia Soul Electric	140	24.9	212	14.7							
2017 Mercedes-Benz B250e	135	18.6									
2017 Fiat 500e	130	16.8	190	12.9							
2017 BMW i3 (60 Amp-hour battery)	109	19.9									
2016 Smart Fortwo ED Convertible/Coupe											
Volkswagen e-up!			160	11.7	€ 26,990	€ 27,600	€ 26,900	€ 27,491	€ 27,480	€ 28,050	£ 25,280
2017 Mitsubishi i-MiEV / Citroen C-Zero / Peugeot iOn	95	18.6	150	12.6							

* South Korean test cycle (similar to EPA's)

Sources:

- <https://www.motor1.com/news/139701/ev-electric-vehicle-range-longest/2>
- <http://busnews.com/electric-car-range-efficiency-epa/>