

Студија за Ефекти од 'Plug-In' електрични возила (PEV) на преносната мрежа во Северна Македонија (Финален извештај)

АД МЕПСО, финансирана од ЕБОР

Датум на издавање: 23 април 2019



Детаљи за клиентот

Име на клиент:	АД МЕПСО, финансирано од ЕБОР
Адреса на клиент:	ул. Максим Горки бр.4, 1000 Скопје, Северна Македонија
Референца на клиент:	Референца за набавка: 8642-IFT-46274, Број на тендер: 4429510
Контакт лице:	Климент Наумоски, Јордан Ангеловски

DNV GL – Детаљи за компанијата

DNV GL – правно лице:	DNV GL Energy Advisory GmbH
DNV GL – организациска единица:	Energy

За документот

Име на проект:	Студија – Ефекти од 'Plug-In' електрични возила (PEV) на преносната мрежа во Северна Македонија Студија – Ефекти од 'Plug-In' електрични возила (PEV) на преносната мрежа во Северна Македонија
Име на извештај:	Ефекти од 'Plug-In' електрични возила (PEV) на преносната мрежа во Северна Македонија Ефекти од 'Plug-In' електрични возила (PEV) на преносната мрежа во Северна Македонија (Финален извештај)
Датум на издавање:	23 Април 2019
DNV GL бр, на проект:	90171006

Изготвено од:	Проверено од:	Одобрено од:
Jessica Stenglein Сениор конултаант	Christian Hewicker Одговорен консултаант	Dr. Konstantin Petrov Одговорен консултаант

Copyright © 2019, DNV GL. All rights reserved.

Забрането е да се менуваат било која верзија и сите верзии на овој документ на каков било начин, вклучувајќи, но не ограничувајќи се на поделба на документот на делови. Во случај на конфликт помеѓу електронската верзија (на пр. PDF документ) и оригиналната печатена верзија обезбедена од DNV GL, ќе преовладува печатената верзија.

DNV GL и / или компаниите поврзани со неа се одрекуваат од одговорност за било каква директна, индиректна, последователна или случајна штета што може да резултира од користењето на информациите или податоците или од неможнoста да се користат информациите или податоците содржани во овој документ.

Содржината на овој документ може да се пренесе само на трети страни во целост и да се обезбеди известување за авторски права, забрана за промена, известување за важност на електронските верзии и одрекување од одговорност.

DNV GL Energy Advisory GmbH, Zanderstrasse 7, 53177 Bonn, Germany.
Phone: +49 228 4469000, Fax: +49 228 4469099, www.dnvgl.com

Содржина:

1	ВОВЕД	1
2	ВОВЕД ВО ТЕХНОЛОГИИ ЗА СКЛАДИРАЊЕ	2
2.1	Преглед на енергетски складишта	2
2.2	Карактеристики и споредба на складишта на електрична енергија	9
2.3	Примена, улога и локација на складиштата во електроенергетскиот систем	26
3	СЕГАШНА СОСТОЈБА И ПРЕГЛЕД НА ЕЛЕКТРИЧНАТА МОБИЛНОСТ ВО ЕВРОПА	43
3.1	Видови на електрични возила и погон	43
3.2	Технологија за полнење, барања и стандарди	44
3.3	Карактеристики на PEV достапни денес	51
3.4	Пазарно пробивање на PEV	53
3.5	Достапност на јавна инфраструктура за полнење	54
3.6	Влијание на PEV врз животната средина	56
3.7	Влијание на финансиски и немонетарни стимулации	58
3.8	Резиме и перспектива	61
4	ПРЕТПОСТАВКИ ЗА ПРОУЧУВАЊЕ НА ВЛИЈАНИЕТО НА Е-МОБИЛНОСТА ВРЗ МАКЕДОНСКИОТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИ СИСТЕМ	65
4.1	Сценарија за развој на Е-мобилност во Република Северна Македонија	65
4.2	Претпоставки за PEV	72
4.3	Претпоставки за регионалната структура користена во пазарниот модел	80
4.4	Стратегии за полнење	81
4.5	Резиме	85
5	ТЕХНИЧКА, ЕКОНОМСКА И РЕГУЛАТОРНА АНАЛИЗА	87
5.1	Економска и системска анализа	87
5.2	Анализа на мрежа	101
5.3	Економска и регулаторна рамка	108
6	КЛУЧНИ ЗАКЛУЧОЦИ И ПРЕПОРАКИ	111
	Анекс I: Анализа на индикатори за регионалната поделба на развојот на PEV	113
	Анекс II: Детални претпоставки и резултати од анализа на текови на моќност	119

Слики:

Слика 1: Класификација на технологии за складирање	3
Слика 2: Типови за складишта на топлина	9
Слика 3: Ragone дијаграм - илустрација на балансот помеѓу специфична моќност и специфична енергија	11
Слика 4: Однос на енергија и моќност кај вообичаени технологии на складирање	14
Слика 5: Ефикасност на различни технологии за складирање	15
Слика 6: Приближен животен век на складишта на електрична енергија (лево), и животен век и споредба на ефикасноста на различни технологии (десно)	16
Слика 7: Типични опсези на капитални трошоци за складирање на електрична енергија	17
Слика 8: Вкупни капитални трошоци кај складишта од големи размери	18
Слика 9: Созреаност/зрелост на технологиите за складирање	19
Слика 10: Функционални складишта според вид и MW инсталирани во Европа	19
Слика 11: Историски и проектирани трошоци на батерии по kWh (горе), и трошок за литиум-јонски батерии како функција од капацитетот (доле)	24
Слика 12: Набљудуван и очекуван развој за литиум-јонски батерии и алтернативи	25
Слика 13: Ragone график на неколку електрохемиски уреди за складирање на енергија кои се користат во погонска примена	26
Слика 14: Осег на примена на системите за складирање на електрична енергија според пазарен сегмент и корисник	27
Слика 15: Потенцијална класификација на технологии за складирање по вид, големина и употреба	28
Слика 16: Споредба помеѓу различни електрохемиски системи за складирање на енергија за различно време на празнење кое одговара на различната примена на системите за складирање	29
Слика 17: Илустрација на оперативни модели за складирање во однос на корисници на пазарот ..	38
Слика 18: Илустрација на приливите на приходи од примена за складишта	39
Слика 19: Концепти на возила	44
Слика 20: Преглед на за технологии / /пристапи за полнење, приклучоци и моќност на полнење ..	47
Слика 21: Преглед на модовите за полнење	48
Слика 22: Опции за инфраструктура за полнење и претпочитана опција според ЕУ Директивата 2014/94/EU	50
Слика 23: Комбиниран систем за полнење (CCS) за Европа	50
Слика 24: Големина на батерија, NEDC опсег и технологија за (брзо) полнење на моментално достапни модели на PEV M1(патнички автомобили)	51
Слика 25: Големина на батерија, NEDC опсег и технологија за (брзо) полнење на моментално достапни модели на PEV N1 (лесни комерцијални возила)	52
Слика 26: Вкупен број и релативен дел на регистрирани PEV по држави во Европа	53
Слика 27: Годишни бројки за регистрација на електрични возила и PHEV во одбрани земји за 2015-2017	54
Слика 28: Постигнување на целите за развој на јавна инфраструктура за полнење за 2020 година во државите во ЕУ	54
Слика 29: Инфраструктура за полнење на PEV достапна во различни држави во Европа	55
Слика 30: Просечен број на PEV по јавна станица за полнење во различни држави	56
Слика 31: Влијанието на климатски промени и токсичноста на BEV во однос на ICE	57
Слика 32: Споредба на влијанијата врз животната средина кои произлегуваат од фазата на користење на BEV и дизел и бензинските мотори во четири категории на влијание	58
Слика 33: Механизми за поддршка за зголемување на користењето на електрични возила во одбрани земји во 2015 година	59
Слика 34: Удел на електричните возила во продажбата на нови возила и просечна разлика во цената за електрични возила во споредба со конвенционалните возила	60
Слика 35: Најважни стимулации за електрични возила според сопственици од Норвешка	61
Слика 36: Очекувања на Меѓународната агенција за енергија (IEA) за временската рамка за комерцијализација на различни батериски технологии	64
Слика 37: Пробивање на електричните возила во европските земји, како и национални цели за број на PEV до 2020 година, во возила на 1000 жители	66

Слика 38: Проекции на ENTSO-E за PEV во Република Северна Македонија, во вкупен број на возила	67
Слика 39: Проекции на ENTSO-E и DNV GL за PEV во Република Северна Македонија, како дел на PEV во однос на вкупниот променлив број на возила (конвенционално и алтернативно гориво)	68
Слика 40: Проекции на ENTSO-E и DNV GL за електрични возила во Република Северна Македонија, во PEV на 1000 жители.....	68
Слика 41: Споредба на распределбата на времето на тргнување на возилата во Велика Британија и Германија, според истражувањето на JRC и националните истражувања (German MI, UK NTS)	75
Слика 42: Часовна шема на патување и време на враќање за корисници на PEV (од понеделник до петок)	76
Слика 43: Агрегатни шеми на часовно користење на PEV	77
Слика 44: Распределба на дневни патувања по земја (лево) и просечно дневно возено растојание (km) по ден и земја (десно)	78
Слика 45: Распределба на регионите на Република Северна Македонија во зони на моделот на пазарот.....	80
Слика 46: Профили на веројатност за бавно (лево) и брзо полнење (десно) во kWh/h	82
Слика 47: Капацитет на полнење и празнење на едно PEV во текот на една недела.....	83
Слика 48: Минимални и максимални дозволени количини (или нивоа на полнење на резервоарот).....	84
Слика 49: Капацитет кој си оди или се враќа во мрежата во текот на една недела (понеделник - недела).....	84
Слика 50: Ефекти од PEV и стратегии за полнење врз цените на електрична енергија при базична оптовареност.....	88
Слика 51: Ефект на PEV врз годишната нестабилност на цените	89
Слика 52: Криви на цена и на оптоварувањето за 2040 за сценарио 1	91
Слика 53: Пример на произведена електрична енергија од страна на енергетските постројки за првата недела на Октомври (2040, сценарио 1).....	93
Слика 54: Цени на резерви во 2040 (€/MW/h)	94
Слика 55: Криви на времетраење на проток за меѓусебни врски во MW	96
Слика 56: Потребни за резерви наспроти расположлив теоретски потенцијал од PEV	101
Слика 57: Централна улога на агрегаторите во флексибилноста на пазарот	109
Слика 58: Пазарни и мрежни обврски за интеграција на PEV во мрежата и пазарот.....	110
Слика 59: Резиме на заклучоци и препораки	111
Слика 60: Регионална поделба на популацијата	113
Слика 61: БДП според регион.....	114
Слика 62: Релативно ниво на плата по регион во Северна Македонија.....	115
Слика 63: Пробивање на патнички и возила за лесна употреба, по регион.....	116
Слика 64: Популација и посетители (туристи), по регион	117
Слика 65: Влијание на посетителите врз ефективното население	118

Табели:

Табела 1: Споредба на различни технологии на батерии.....	12
Табела 2: Матрица за примена на технологии за складирање на енергија во Германија	30
Табела 3: Типична врска помеѓу големина на складиште и режим на работа	32
Табела 4: Преглед на оперативни модели за складирање	32
Табела 5: Модели за раздвојување на преносот и системското оперирање во ЕУ	34
Табела 6: Резиме на двигатели и потенцијални локации за складишта на електрична енергија во Северна Македонија	42
Табела 7: Преглед и карактеристики на пристапи за полнење и типови приклучоци за полнење на PEV	46
Табела 8: Регионални индикатори за Северна Македонија	70
Табела 9: Регионалниот пораст на бројот на PEV, како одраз на сегашната дистрибуција на населението	70
Табела 10: Потребна за PEV поттикната од туризмот за трите региони по година	71

Табела 11: Дневно претпоставено патно растојание по тип на корисник	79
Табела 12: Преглед на проценки за PEV	79
Табела 13: Претпоставки за развој на PEV во Северна Македонија	81
Табела 14: Резиме на претпоставки за пробивање на PEV во Северна Македонија (2040).....	85
Табела 15: Клучни претпоставки за PEV за понатамошна анализа.....	85
Табела 16: Клучни карактеристики на пристапот за моделирање на пазарот	87
Табела 17: Теоретски потенцијал на флексибилност овозможена од PEV во Северна Македонија...	97
Табела 18: Претпоставки за максималниот капацитет на резерви овозможени од PEV (во MW)	99
Табела 19: Претпоставени потреби за резерви за Северна Македонија (во MW)	99
Табела 20: Сценарија за пресметки на текови на моќност	102
Табела 21: Опсеги на оперативен напон за 300-400 kV	102
Табела 22: Опсеги на оперативни напони според мрежните правила на МЕРСО.....	103
Табела 23: Збирни резултати од пресметки на текови на моќност	103
Табела 24: Примери за потреби и стимулации за промоција на пробивањето и интеграцијата на PEV	108
Табела 25: Производство и оптоварување во пресметаните сценарија (во MW)	119
Табела 26: Највисоки и најниски напони во далекуводи во целна 2030 година (G2V)	119
Табела 27: Највисоки оптоварувања на далекуводи за целна 2030 година (G2V).....	120
Табела 28: Оптоварување на трансформаторите за целна 2030 година (G2V)	120
Табела 29: Највисоки и најниски напони на далекуводи во целна 2030 година (G2V)	121
Табела 30: Највисоки оптоварувања на далекуводи за целна 2030 година (G2V).....	121
Табела 31: Оптоварување на трансформаторите за целна 2030 година (V2G)	122
Табела 32: Анализа на испади за сценарио 9	123
Табела 33: Највисоки и најниски напони за целна 2040 година (G2V).....	123
Табела 34: Највисоки оптоварувања на далекуводи за целна 2040 година (G2V).....	125
Табела 35: Оптоварување на трансформатори со PEV во целна 2040 година.....	125
Табела 36: Нарушувања од анализата за испади за сценарио 2	126
Табела 37: Набљудувани промени на напон за сценарио 2	127
Табела 38: Највисоки и најниски напони за целна 2040 година (V2G).....	128
Табела 39: Највисоки оптоварувања на далекуводи за целна 2040 година (V2G).....	128
Табела 40: Оптоварување на трансформатори со PEV за целна 2040 година (V2G)	129

1 ВОВЕД

Во изминатите неколку години, технологиите за производство на батерии доживуваат исклучителен развој. Во исто време, plug-in електричните и хибридните возила, (PEV) станаа реална алтернатива на традиционалните возила. Plug-in електричните возила може да се однесуваат или како оптоварување, кога обично се нарекуваат приклучок 'од мрежата кон возилото' (grid-to-vehicle - G2V), но и да ја снабдуваат мрежата со електрична енергија, концепт кој е вообичаено познат како приклучок 'од возилото кон мрежата' (vehicle-to-grid - V2G).

Комбинираната работа на овие два големи системи, PEV и електричната мрежа, можат да ја подобрат економичноста на оперативното раководење со електроенергетскиот систем. Од гледна точка на мрежата, PEV ќе создадат дополнителна побарувачка во системот, но исто така може да помогнат да се намалат врвните оптоварувања ("peak shaving"), кога надополнувањето на нивниот батериски систем би се одвивало флексибилно. Слично на тоа, PEV може потенцијално да придонесат со давање на помошни услуги за балансирање на системот. Кога се користат за V2G услуги, PEV можат концептуално да обезбедат дополнителна флексибилност на системот, поради нивните инхерентни можности за складирање. Сепак, поради малата големина и големиот број на PEV, за нивна ефикасна интеграција и употреба, ќе бидат потребни ефективни средства за поттикнување и, потенцијално, за оптимизација и контрола.

Во овој контекст, оваа студија служи за проценка на можниот ефект од електричните возила врз преносната мрежа на Република Северна Македонија во наредните две децении, односно до 2040 година. За таа цел, овој извештај е структуриран на следниов начин:

- Поглавје 2 дава вовед во различни технологии на складирање, фокусирајќи се на различни технологии за батерии и потенцијална примена, улоги и локации на складишта во електроенергетскиот систем.
- Поглавјето 3 дава преглед на моменталниот статус и идните перспективи за електрична мобилност во Европа, покривајќи ги електричните возила како и јавната инфраструктура за полнење.
- Поглавјето 4 развива серија на претпоставки потребни за проучување на влијанието на е-мобилноста врз македонскиот електроенергетски систем.
- Врз основа на ова, подглавјето 5 ги презентира и разгледува резултатите од техничката, економската и регулаторната анализа спроведени во рамките на овој проект.

2 ВОВЕД ВО ТЕХНОЛОГИИ ЗА СКЛАДИРАЊЕ

Системите за складирање на енергија кои се карактеризираат со голем капацитет се користат уште од доцните години на 20-тиот век за да постои можност за производство на електрична енергија доколку од истото се појави потреба. Со тек на годините, системите за складирање доживуваат развој кој истите ги диверсифицира. Поради тоа моментално постојат голем број на различни технологии за складирање на електрична енергија, кои се разликуваат по своите карактеристики и можноста за нивна примена.

Во ова подглавје е даден преглед на различните системи на складирање на енергија. Посебно внимание ќе биде посветено на батериските технологиите за складирање на енергија кои имаат потенцијал за примена кај електричните возила. Ова поглавје е структурирано на следниот начин:

- Поглавјето ќе започне со преглед и класификација на различните достапни технологии за складирање на енергија.
- Ваквиот преглед ќе биде проследен со детали за дополнително разгледување на нивните спецификации, имено: нивната главна (преферирана) примена, балансот помеѓу моќноста енергијата, големината, ефикасноста и трошоците за примена на технологијата.
- Понатаму, ја прикажуваме примената во електроенергетскиот систем, начините на оперативно раководење со разгледуваната технологија како и самите придобивки и потенцијалот за остварување на приходи на операторите на ваквите системи за складирање на енергија.
- Конечно, накратко ќе биде прокоментирана потенцијалната примена, улога и локација на ваквите нови складишта т.е. системи за складирање, со акцент на разгледување на различните технологии.

2.1 Преглед на енергетски складишта

Електричната енергија не може директно да биде складирана. Од техничка гледна точка, складирањето на електричната енергија се одвива во три чекори: конверзија на електричната енергија во друг вид на енергија, складирање на овој вид на енергија, и конечно, конверзија на складираната енергија повторно во електрична енергија по потреба.

За да се долови хетерогеноста на технологиите за складирање, тие може да се класифицираат или според медиумот што го користат за складирање на енергијата или пак според формата во која енергијата е складирана. Медиумите кои се користат за складирање на енергијата можат да бидат во цврста, течна или гасовита состојба, а енергијата може да се складира во форма на:

- потенцијална енергија,
- механичка (кинетичка) енергија,
- хемиска енергија,
- електростатичка и електромагнетна енергија,
- термичка енергија.

На Слика 1 се наведени и класифицирани најважните технологии за складирање.

Слика 1: Класификација на технологии за складирање

Тип на енергија за складирање	Медиум за складирање		
	Цврст	Течен	Гас/Гасовит
Потенцијална		- Хидро складишта / PSP(вода) - Гравитациони складишта (вода)	
Електрохемиска	Цврсти батерии	Проточни батерии	P2G (водород, метан)
Механичка/кинетичка	Замаец	LAES (воздух)	CAES (воздух)
Електростатичка/елегромагнетна	Кондензатор		
Топлинска	Сензибилна Латентна Термо-хемиска		

Извор: DNV GL analysis

Складирање на потенцијална енергија

Хидроелектричните центри ја користат потенцијалната енергија на водата собрана и/или складирана во резервоарот. За производство на електрична енергија водата се пропушта низ турбина чија оска е поврзана со генератор на електрична енергија. Во енергетскиот сектор терминот „складирање на хидроенергија“ се користи за акумулирана потенцијална енергија на водата од некој речен тек со помош на резервоар. Притоа неопходно е да има висинска разлика помеѓу површината на акумулираната вода и висината на системот турбина-генератор со цел со овој систем да може да се произведува електрична енергија. Спротивно на тоа, таканаречените пумпно-акумулациони хидроелектрични центри (pump storage plants - PSP) овозможуваат привремено складирање на електрична енергија во форма на потенцијална енергија. Пумпно-акумулационите хидроелектрични центри (PSP) можат да работат во таканаречен пумпен режим (“pumping mode”) каде водата од секундарниот резервоар ја испумпуваат во примарниот резервоар за подоцна таа вода да биде искористена за генерирање на електрична енергија. По дефиниција, пумпно-акумулационите хидроелектрични центри (PSP) секогаш имаат секундарен и примарен резервоар, додека хидроелектричните центри имаат само примарен¹ резервоар.

Пумпно-акумулационите хидроелектрични центри претставуваат комерцијално прифатена технологија која се користи речиси цел век. Главните предности на оваа технологија се високата расположлива моќност (помеѓу неколку и над 1000 MW) и способноста за складирање на големи количини на енергија, така што подоцна би можеле да работат од 6 до 10 часа со максимален инсталиран капацитет. Пумпно-акумулационите хидроелектрични центри се карактеризираат со ефикасност од 70% до 85% како и со високи стапки на флексибилност на производна моќноста и кратко време на реакција. Традиционално, пумпно-акумулационите хидроелектрични центри, на овој начин одиграа голема улога како електрични центри за обезбедување енергија за потребите при појава на врвното оптоварување како и за обезбедување на енергија за помошни услуги. Како недостаток, потенцијалот на овие електрични (PSP) е ограничен од географските предуслови, односно нивниот електричен капацитет и капацитетот за складирање критично зависат од висинската разлика и големината на двата резервоари. Понатаму, за овие хидроелектрични

¹ Примарен резервоар е горниот резервоар додека секундарен е долниот резервоар на една пумпноакумулациона хидроцентрала додека за обичните хидроелектрични центри имаме само примарен резервоар.

централи се потребни големи инвестициони трошоци кои што зависат од локациските услови на подрачјето.

Гравитационото складирање е нов пристап кој е развиен и чека тестирање во демонстрационен проект². Идејата е да се издлабат овални и масивни цилиндри во карпи под рамна површина и да се поврзат со систем од водоводни цевки на електричен погон. Се користи електрична енергија за хидраулично подигнување на цилиндрите со помош на пумпи на вода. На тој начин на карпестата маса ѝ се зголемува потенцијалната енергија. Оваа потенцијална енергија може повторно да се претвори во електрична енергија кога водата под притисок што се наоѓа под цилиндарот се испушта назад низ турбина. Економската предност е всушност во тоа што со зголемување на радиусот на цилиндарот, капацитетот за складирање се зголемува повеќе од трошоците³. Поради номиналниот износ на трошоците за градба и економијата на обем се претпочита градба на големи инсталации, слични во големина на PSP и поголеми. Економија на обем е карактеристика на производниот процес во кој зголемување на обемот на производство предизвикува намалување на просечниот единичен трошок на долг рок. Ефикасноста се очекува да изнесува 80%.

Складирање на механичка и кинетичка енергија

Механичката (кинетичката) енергија е коренсподентна на работата што е потребна за да се доведе одреден предмет во движење. Во оваа категорија припаѓаат две главни технологии за складирање:

- Замаеци (flywheels)
- Складишта со компресиран воздух.

Забрзани до високи брзини со електромотори во вакуум, замаеците зачувуваат механичка енергија во вид на ротациона енергија. При сопирање на замаецот, електричната енергија се ослободува. Модерните замаеци можат да достигнат голема ефикасност до 97%. Тие припаѓаат на помала класа на моќност (<1 MW) и се особено погодни за регулирање на мрежната фреквенцијата. Денес, замаеците се во напредна пилот фаза, на прагот на комерцијализација.

Складишта со компресиран воздух користат механичка енергија за компресирање на воздух во херметички затворена шуплина со помош на пумпи. При испуштање на компресираниот воздух од складиштето, тој со помош на турбини и генератори се конвертира во електрична енергија. Ако може да се ослободи енергијата настаната од процесот (адијабатско складирање на компресиран воздух), тогаш може да се постигне ефикасност до 70%, спротивно, во дијабатско складирање на компресиран воздух без складирање на топлина ефикасноста е пониска, односно (са. 50%). Слично на PSP системите за складирање, складирањето со складишта со компресиран воздух зависи од повољните географски услови. Притоа, употребата на подземни енергетски складишта со компресиран воздух ('Compressed Air Energy Storage' – CAES) е конкурентна со алтернативната употреба како складиште на гас. Постојат само две комерцијално инсталирани дијабатски складишта со компресиран воздух во светот. Првите демонстративни постројки со адијабатско складирање се во фаза на градба.

² Види 'HeindlEnergy'

³ Капацитетот се зголемува во пропорција на четврт степен на радиусот (r^4), а трошоците за изградба се зголемуваат во пропорција со квадратот на радиусот (r^2).

Складирање на електрохемиска енергија

Кај овој тип на складирање, енергијата се ослободува како резултат на хемиски реакции, кога продуктот има пониско или повисоко енергетско количество од реактантот.

Хемиската енергија во галванските елементи (батериите) се конвертира во електрична енергија.

Хемиската енергија е исто така и основа на технологијата “енергија во гас” (power-to-gas – P2G), каде што електричната енергија се користи за синтетичко производство на гас и за конвертирање на електрична енергија во хемиска енергија.

Батерии

Батериите се состојат од електроди (обично од различни метали) и електролити (обично хемиски соединенија кои се разложуваат во јони во течна состојба). Погодни за складирање на енергија се реверзибилните галвански елементи во акумулаторите (познати како секундарни ќелии) во кои е можно претворање на електричната енергија во хемиска енергија. Во основа постојат две класи на батерии:

- конвенционални батерии, и
- (понови) проточни ‘redox’ батерии.

Заеднички за двете е дека електролитите овозможуваат јоните да се движат помеѓу електродите, со што произведуваат електрична струја на излезот од батеријата за понатамошно извршување на работа. Во конвенционалните батерии, енергијата се складира како материјал на електродата. Во проточните батерии енергијата се складира како електролит, не како материјал на електродата.

Конвенционални батерии

Кај конвенционалните батерии, обично електролитот е течност. Електродите се потопени во различни електролити. Тие се одделени едни од други, но поврзани со јонска цевка (‘ion carrier pipe’) која овозможува проток на јони помеѓу двата дела, и овозможува хемиската реакција да го затвори електричното коло. Во зависност од тенденцијата на материјалите од кои што се изработени електродите да апсорбираат или ослободуваат електрони, тие овозможуваат реакција на редукција и оксидација кај електродите. Се создаваат нови јони кои што се раствораат во електролитот или пак се комбинираат со електролитот. Јонската цевка за пренос овозможува проток на јони и со тоа се балансираат електронските полнежи и концентрацијата на електролитите, така што електрична енергија може да тече помеѓу двете електроди надвор од електролитите.

Проточни батерии

Кај (redox) проточните батерии⁴, две хемиски компоненти, обично одвоени со мембрана, се растворени во течност, односно електролит. Течните електролити се складираат во резервоари надвор од ќелијата на батеријата. Конверзија во електрична енергија се јавува кај електродата потопена во електролитот каде што се случуваат хемиски реакции на редукција и оксидација.

⁴ На пример – ‘vanadium redox flow battery (VRFB)’

Слично како и кај конвенционалните батерии, реактантите имаат дистинктивна тенденција да апсорбираат или ослободуваат електрони. Во еден дел од ќелијата, јоните се редуцираат, додека пак во другиот се оксидираат. Електрична енергија се добива кога ќе се изврши redox реакцијата и електричниот проток се користи како извор на енергија. Електрична енергија се складира така што се активира обратната реакција. Мембраната овозможува селективен проток на јони, создадени со хемиската реакција, помеѓу двата сегменти со цел да се балансира концентрацијата на јони со негативен и позитивен полнеж и со самото тоа да се затвори електричното коло.

Кај проточните батерии, резервоарите каде што се складираат електролитите и реактантите се одделени од ќелијата на батеријата во која се случува хемиската реакција и во која се наоѓаат мембраната и електродите. Предноста кај овие батерии е во тоа што електролитот каде што се складира електричната енергија може да биде променет. Со тоа, овие батерии можат да бидат веднаш наполнети со замена на електролитната течност. Во исто време, потрошениот материјал може да биде обновен за повторно енергизирање⁵. Покрај тоа, моќноста и капацитетот можат да бидат посебно скалирани: количината на електролити и концентрацијата на реактанти пред реакцијата го дефинира капацитетот. Големината, структурата, материјалите од кои се изработени електродите и мембраната, како и пропустливоста на мембраната ја дефинираат моќноста на проточната батерија.

Сепак, за овие батерии се потребни пумпи за вбригување на електролитите и реактантите во ќелиите за добивање на реакција. Ова подразбира повисока сложеност, цена, просторни барања и тежина на самиот систем.

Проточните батерии сè уште се во развој, со ограничена примена, бидејќи се посложени и поскапи за одржување. Постојат повеќе типови на проточни батерии, но најчести се ванадиум ('vanadium redox') батериите. Сепак, многу други типови на батерии сè уште се во фаза на истражување и развој, како што се органски батерии, полуцврсти батерии и проточни батерии без мембрана.

Енергија во гас

Хемиската енергија е основа на технологијата "енергија во гас": електричната енергија се користи за производство на синтетички гасови како носители на енергија. "Енергија во гас" е генерично име за неколку технологии, како што се "енергија во водород" (power-to-hydrogen) и "енергија во метан" (power-to-methane).

- Со технологијата "енергија во водород", електрична енергија се користи во електролизатор за водата да се разложи на водород и кислород. Иако испарува и е високо реактивен, водородот е гасовит извор на енергија кој може да се складира во специјални резервоари. Водородот може да се претвори во електрична енергија во горивни ќелии.

Водородот може да биде додаден, во ограничен процент, во природниот гас и потоа транспортиран преку постоечките мрежи за транспорт на природен гас и да се складира во резервоари за природен гас. Алтернативно, постојат концепти кои обезбедуваат развој на специјално наменета инфраструктура на водород за стационарна и мобилна примена.

- Еден посовремен концепт на технологијата "енергија во гас" обезбедува понатамошна конверзија на водородот во метан (технологија "енергија во метан"). Метанот, кој е главна

⁵ <http://energystorage.org/energy-storage/storage-technology-comparisons/flow-batteries>

компонента на природниот гас, е помалку испарлив и експлозивен од водородот, и за негов транспорт и складирање може да се искористи постоечката инфраструктура.

Концептуално, и двете технологии “енергија во гас” се наменети за големо и долгорочно складирање. Гасот може да биде привремено “складиран” во транспортната мрежа за природен гас која се користи за снабдување на потрошувачите на гас, во подземни складишта (пештери) кои се користат за чување на природен гас (ограничени од соодветни географски услови), како и во вештачки, големи резервоари.

Проблемот кај овие две технологии е големата енергетска загуба при процесот на претворање на енергијата. Ефикасноста при вбригување и повлекување (односно гасификација и претворање) е во опсег од 36% - 45% за “енергија во водород” и од 27-36% за “енергија во метан”.

Покрај тоа, треба да се напомене дека претворањето на синтетички водород или метан во електрична енергија е возможно, но не и задолжително. Метанот, како и водородот може да се користи и за други цели, како на пример за греење. Во потесна смисла, технологијата “енергија во гас” не е технологија на складирање, туку истата претставува технологија за конверзија на еден енергенс (електрична енергија) во друг медиум (гас).

Складирање на електростатичка и електромагнетна енергија

Електростатичката и електромагнетната енергија се складираат во електростатичко или електромагнетно поле соодветно. Складираната енергија кореспондира со работата потребна за создавање на соодветното поле. Иако складирањето на електрична енергија базирано на електростатичка и електромагнетна енергија е слично и двете наведени технологии кои се прикажани овде се ограничени, односно се во пилот фаза.

Класичните кондензатори се базирани на принципот на складирање на електричната енергија во енергетско поле генерирано помеѓу две кондензаторски плочки. Тие имаат долг рок на употреба, но со истите е можно складирање на мали количества на енергија.

Електрохемиските двослојни кондензатори (electrostatic double-layer capacitors) го комбинираат принципот на складирање на енергија на кондензатор со принципот на складирање на енергија на батериите со електрохемиски систем на складирање: електричното поле се создава помеѓу порозна електрода и течниот електролит. Овој вид на кондензатори (суперкондензатори) се погодни за краткотрајно складирање на електрична енергија со цел да се митигираат ефектите од флукуацијата на фреквенцијата на мрежата, но истите сè уште не се достапни за комерцијална употреба.

Друга можност е складирање на електромагнетна енергија во магнетно поле генерирано во суперпроводна намотка која што мора да биде оладена на екстремно ниска температура. Складираната енергија, на овој начин, може да биде претворена во електрична енергија скоро инстантно. Слично како што може да се користат суперкондензаторите, суперпроводните намотки(индуктивитети) во иднина може да се користат за одржување на фреквенција.

Складирање на термална и термоелектрична енергија

Термалната енергија се складира на тој начин што молекулите на одредена супстанца (одреден медиум) се карактеризира со хаотично движење на атомите, а ваквата енергија претставува променлива на состојбата. Топлинската енергија се пренесува од еден материјален медиум кон друг доколку постои разлика во температурата помеѓу медиумите, т.е. доколку тие не се термички изолирани. Во облик на употреблива (корисна) топлина, термоенергијата служи за задоволување на финалната енергетска побарувачка на домаќинствата и индустриските потрошувачи.

Складирањето на термоенергија е поширок поим кој се однесува на неколку различни технологии кои складираат топлина наместо електрична енергија. Овие системи користат различни медиуми за складирање на топлина и може да се најдат во различни големини. Во нив спаѓаат системи, од топлински бојлери (котел) за домаќинства, до големи индустриски инсталации т.е. котлани за целите на задоволување на потребите на поголеми области или градови. Постојат три пристапи за складирање на термоенергија:

- складиште на сензибилна топлина,
- складиште на латентна топлина,
- термо-хемиско складиште на топлина.

Системи за складирање на сензибилна топлина го користат капацитетот за складирање топлина на нивниот медиум за складирање, кој ја менува својата температура при додавање енергија на медиумот или испуштање на енергија од истиот. Медиумот за складирање може да биде во цврста или течна агрегатна состојба; на пример вода или бетон. Складиштето на сензибилна топлина е најчестиот облик на складирање на термоенергија поради тоа што истото е евтино и лесно за инсталирање. Покрај водата и бетонот, мразот најчесто преовладува кај разладните уреди. Бидејќи складиштето на сензибилна топлина најчесто работи на ниски температури, не е исплатливо оваа складирана термичка енергија да се претвора во електрична енергија. Како резултат на тоа употребата кај електричните возила (EV) е ограничена.

Складиштата на латентна топлина не се базираат на промена на температурата, туку ја користат енергијата за да ја променат агрегатната состојба на медиумот, најчесто од цврста во течна (и обратно). На овој начин се одржува константна температурата и се овозможува многу повисока енергетска густина. Сепак, овој тип на складирање е многу поскап отколку складирање на сензибилна топлина.

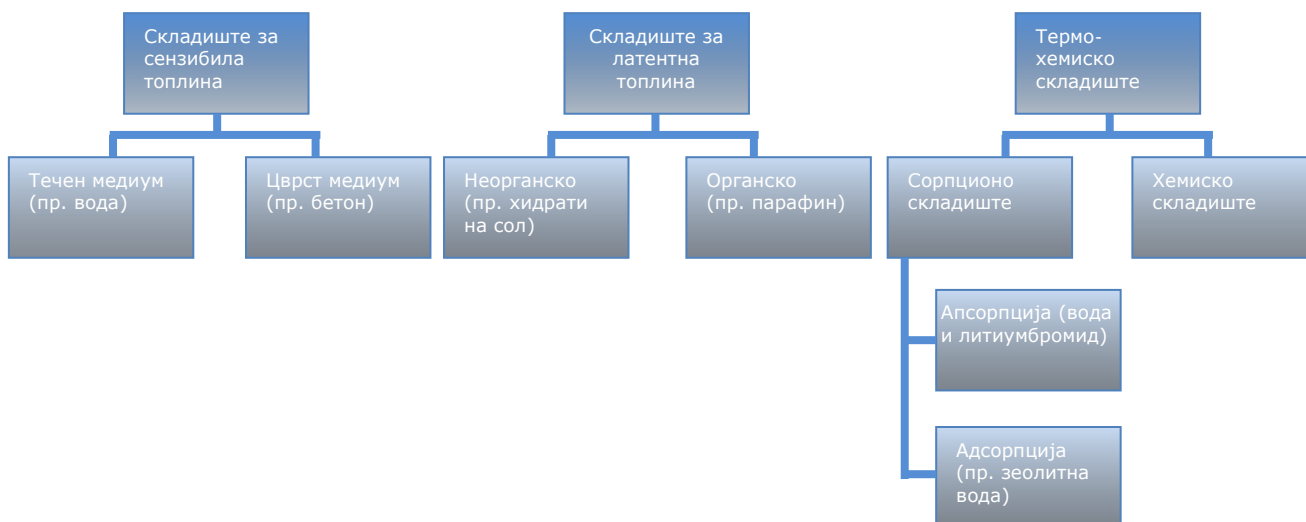
Некои складишта ги комбинираат методите на складирање на сензибилна и на латентна топлина, поточно тие можат да складираат дополнителна енергија преку зголемување на температурата над капацитетот на складиштето на латентна топлина.

Термохемиските системи за складирање на топлинска енергија се делат во две категории:

- Сорпциони складишта (силикати или зеолити) кои ја складираат топлината со помош на ендотермни и екзотермни реакции. Најпопуларни претставници на оваа класа се складишта во кои медиумот за складирање, на пример литиум бромид, апсорбира молекули на вода и ослободува енергија. За возврат, енергијата се користи за сушење на медиумот.
- Хемиски складишта на топлина на кои им е потребна енергија за да раздвојат хемиски стабилна супстанца во повеќе/двомолекуларни компоненти, во кои се складира енергијата. Енергијата се ослободува кога компонентите преку меѓусебна реакција повторно ќе ја формираат првичната супстанца.

Преносителите на топлинска енергија може да се користат за (привремено) складирање на електрична енергија. Различни изведби од овој облик се веќе достапни, додека пак едновременно се истражуваат и нови решенија. Како топлински медиум се користи вода, која се складира во изолирани резервоари (складиште за сензибилна енергија). Таа може да остане складирана со часови, дури и до неколку дена во резервоар. За да се добие електрична енергија се користи топлински мотор (heat engine) за да ја претвори термоенергијата во механичка енергија и потоа – со помош на генератор – се претвора во електрична енергија. Со складирањето на термоенергија се карактеризира со големи загуби на енергија, а вкупната ефикасност на складирањето опаѓа. Поради тоа, складиштата на електротермална енергија се применливи само доколку истите се со

голем капацитет за складирање на енергија, затоа што со зголемувањето на капацитетот за складирање на енергија е можно да се постигне прифатливо ниво на ефикасност (максимум 55%-65%).



Слика 2: Типови за складишта на топлина

Извор: DNV GL analysis

2.2 Карактеристики и споредба на складишта на електрична енергија

Во овој дел ќе ставиме акцент на водечките технологии за складирање на енергија со кои се конвертира електрична енергија во друг облик на енергија како и обратниот процес т.е. процесот на конверзија во електрична енергија кога тоа е потребно. Овие технологии се нарекуваат складишта за електрична енергија. Фокусот ќе биде на батериски складишта додека карактеристиките на термичките складишта на енергија нема да бидат опфатени во споредбата.

2.2.1 Технички параметри на складишта

Технологиите за складирање се карактеризираат, и може да се споредат преку техничките параметри и притоа имаме:

- Капацитет за складирање на енергија (мерено во kWh): Максималното количество на енергија кое може да се складира во складиштето.
- (Максималниот) капацитет за празнење или намалениот капацитет за складирање (shortened storage capacity)(во kW) го определува капацитетот на единицата за складирање во тек на празнењето (аналогно на дефинираниот капацитет за полнење). Треба да се нагласи дека капацитетот зависи од нивото на полнење, староста или мемориските циклуси на системот.
- Ефикасноста (изразена во проценти) укажува на соодносот на енергијата која се складира и со тоа ги евидентира мемориските загубите. Ова се случува кога електричната енергија

се претвора во неелектрична енергија и обратно. Дополнително на ова, кај некои технологии за складирање доаѓа до само-празнење (особено кај батериите) при продолжено време на складирање, и ова мора да се земе во предвид при употребата. Ефикасноста се определува во поглед на времетраењето на складирањето.

- Густината на енергијата (мерена во kWh/t, kWh/m³, Wh/l) укажува на количеството енергија кое може да се складира по единица маса или волумен на складиштето. Аналогно се дефинира густината на моќноста (мерена во kW/kg or kW/m³) која укажува на (максималната) моќност по единица маса или волумен. Двете величини играат значајна улога во поглед на предвидување на потребен простор на системот за складирање на енергија; но исто така значаен е и нивниот релативен сооднос, бидејќи постојат помоќни и повеќе енергетски-интензивни апликации за складирање т.е. батериски апликации кај кои за краток временски период е неопходно да се оддаде големо количество на електрична енергија.
- Времето на реакција и брзината на регулирање укажуваат на тоа колку брзо уредот за складирање енергија може да започне со растоварување кога тоа е потребно или кога ќе се постигне максималниот капацитет.
- Треба да се направи разлика помеѓу времетраењето на употреба и/или на полнење и времетраењето на празнење, што директно резултира од комбинација на капацитетот на складиштето и моќта на полнење/празнење, и го определува временскиот период во кој може да се обезбеди соодветната моќност. Покрај тоа, релевантно е и времетраењето на складирањето, т.е. времето меѓу полнењето и празнењето на складиштето. Секако, тоа се определува според специфичните потреби.

2.2.2 Споредба на технологии за складирање на енергија во батерии

Технологиите за складирање на енергија во батериите се разликуваат во повеќе аспекти. Комбинацијата на нивните карактеристики, како и постигнатиот технолошки напредок кај истите, ги квалификува за употреба во различни апликации. Клучни параметри се:

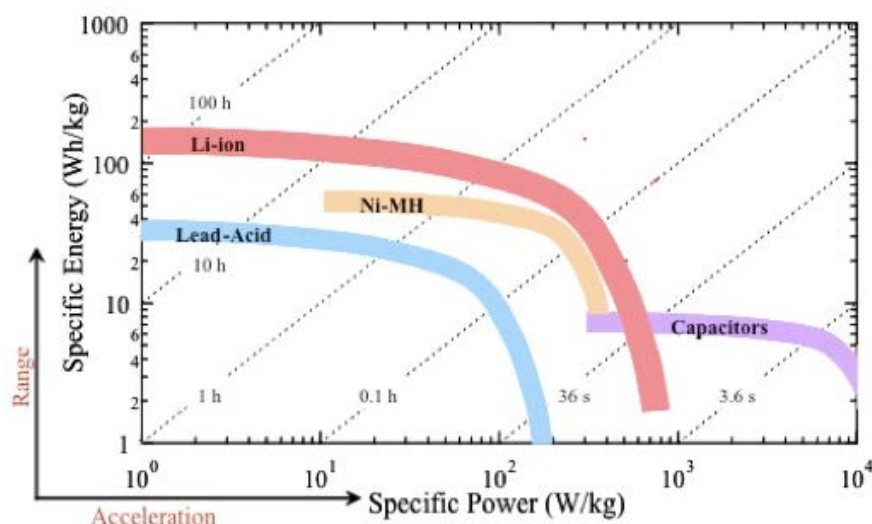
- моќност, капацитет и енергетска густина
- ефикасност
- оптимално ниво на ослободување на енергија
- циклуси на складирање/животен век

Батериите се целосно модуларни и може да бидат дизајнирани со фокус на моќноста или со фокус на енергијата. Како такви батериските системи типично се развиени и применети користејќи го балансот помеѓу специфичната моќност (W/kg) и специфичната енергија (Wh/kg)⁶. Во реалноста не е возможно да се задоволат двата услови. Кога сакаме да постигнеме поголема специфична моќност, специфичната енергија опаѓа и обратно. Овој баланс може сликовито да се види на „Ragone“ дијаграмот, покажан на Слика 3. Истражувањето и напредокот на овие технологии се обидуваат да ги поместат овие криви до нивните гранични вредности.

⁶ Соодносот помеѓу моќта и енергијата се класифицира како 'C-rating'. C-rating or rating во вредност од 1C значи дека батеријата која се празни при полна моќност целосно ќе се испразни за еден час. Слично на тоа, батерија со C-rating од 2 C ќе се испразни за половина час, а батерија со 0,5 C ќе се испразни за 2 часа.

На пример, литиум-јонските и никел-кадмуимските батерии имаат многу висока густина на моќност, но вторите имаат само ниска енергетска густина. Обратно, натриум-сулфурните и ZEBRA батериите даваат високо ниво на енергија, но ограничена густина на моќност. Аналогно, значајни разлики може да се воочат и во ефикасноста и во бројот на циклуси на складирање.

Во зависност од примената на оваа технологија на складирање на енергија, се дефинира потребниот капацитет и моќност на батеријата, како и просторот потребен за инсталација на системот што е од особена важност за електричните автомобили.



Слика 3: Ragone дијаграм - илустрација на балансот помеѓу специфична моќност и специфична енергија.

Извор: Energy Storage Sense, "Compressed Air Energy Storage (CAES)".⁷

Животниот век на батериите се мери во циклуси, односно бројот на полнења и празнења на батеријата, сè до крајот на нејзината функционалност. Според просечните годишни циклуси на складирање може да се процени животниот век на батеријата (изразено во години). Бројот на циклуси не е важен само за проценка на капиталните трошоци, кои се амортизираат со тек на времето, туку и во однос на трошоците поврзани со замена на батериите.

Батериите, исто така се разликуваат и во однос на максималната длабочина на празнење (Depth of Discharge - DOD). Голем број на батерии не треба целосно да се празнат за да се зачува структурата на материјалите. Според тоа, степенот на празнење на батериите го одредува корисниот опсег на капацитетот за складирање.

Голема предност што ја имаат батериите во однос на другите системи за складирање е нивната модуларност, односно можноста индивидуални батерии да бидат меѓусебно поврзани, што резултира со поголем капацитет на складирање. Поради разликите кои се јавуваат кај различните видовите на батерии, нивната распространетост варира. Некои видови на батерии (акумулаторските батерии) веќе се користат како стационарни складишта на енергија, додека пак други сè уште се во фаза на развој.

- Акумулаторските батерии (акумулатор) составени од оловна електрода и киселински електролит, веќе се користат во стационарна форма обезбедувајќи резервна енергија кога е

⁷ Дотално на: <http://energystoragesense.com/compressed-air-energy-storage/>. [Accessed 8 January 2018].

потребна. Овие батерии имаат релативно долг животен век, но бројот на циклуси е во опсег од 1000 до 3000. Други нивни недостатоци се ниските густини на енергија и моќност. Во тек се истражувања за нивно подобрување.

- Широко распространетите литиум-јонски батерии имаат висока енергетска густина. Хемиски, нивните електроди се базирани на литиумски кобалтати, литиумски манганати, литиумски железни фосфати и литиумски полимери. Поради ниската стапка на празнење (20-40%), кај истите е постигната долготрајност (со повеќе од 20000 циклуси), но и со обновливост од 80%. Нивниот животен век е во граници од 4000 до 10000 циклуси. Друга нивна предност е високата ефикасност, до 95%.
- Никел метал хидридните и никел метал кадмиумовите батерии се робусни (на пример: можат да се користат при многу ниски температури), и имаат голема енергетска густина, но компаративно слаба ефикасност од помалку од 90%. Исто така, овие батерии се значително поскапи од оловните батерии, поради ниската издржливост (од 600 до 1200 циклуси). Употребата на вакви батерии во Европа е строго ограничена поради токсичноста на материјалите од кои се изработуваат.
- ZEBRA батериите се базирани на електроди од течен натриум и никел и електролит од натриум хлорид. Тие имаат висока енергетска густина и ниска густина на моќност. ZEBRA батериските системи сè уште немаат најдено широка примена. Моментално се врши истражување и развој за продолжување на нивниот животен век бидејќи засега тој е ограничен на 2000 циклуси. Предност на овие батерии е нивната висока ефикасност.
- Натриум сулфурните батерии можат да складираат голема количина на електрична енергија и поради тоа истите најчесто се изработуваат со средна вредност на капацитет за складирање. Електролитот на овие батерии не е во течна, туку во цврста состојба и се карактеризира со ниска температура. При користење, масата на електролитот се загрева до температура од 270-350 °C при што истата станува течна. Работната температура, при континуирано работење, се одржува како резултат на топлината ослободена од хемиската реакција. Главна предност на овие батерии е долгиот животен век од 10000 до 15000 циклуси, како и високата енергетска густина.

Клучните технички способности и ограничувања на различните батериски технологии се прикажани подолу во Табела 1.

Табела 1: Споредба на различни технологии на батерии

Тип на батерија	Енергија (W h/kg) ^a	Енергија (W h/kg) ^a	Специфична моќност ^b (W/kg)	Енергетска ефикасност (%)	Животен циклус (бр. на циклуси)	Работна температура (°C)	Трошок US \$/kWh
Lead-acid	30–50	60–100	200–400	70–90	2000–4500	-20–60	120–150
Ni-Fe	30–55	60–110	25–110	75	1200–4000	-10–45	150–200
Ni-Zn	60–65	120–130	150–300	76	100–300	-10–50	100–200
Ni-Cd	40–50	80–100	150–350	60–90	2000–3000	-40–60	300–350
Ni-MH	50–70	100–140	150–300	50–80	500–3000	-40–50	150–200
Ni-H ₂	60–70	100–120	150–350	80–90	6000–40000	-20–60	300–400
Zn-Cl ₂	65	90	60	-	200	-	–
Zn-Br ₂	65–75	60–70	90–110	-	300	-	150
Fe-Air	60–75	100	60	300–600	-	-20–45	–

Тип на батерија	Енергија (W h/kg) ^a	Енергија (W h/kg) ^a	Специфична моќност ^b (W/kg)	Енергетска ефикасност (%)	Животен циклус (бр. на циклуси)	Работна температура (°C)	Трошок US \$/kWh
Al-Air	190	190	16	50–80	- ^c	–	-
Zn-Air	230	269	105	60	- ^c	90–120	-
Na-S	100	150	120	80	2500–4500	300–350	250–500
Na-NiCl ₂	86	149	150	80	2500–3000	250–350	160–300
LiAl-FeS	130	220	240	80	&	1000	375–500
LiAl-FeS ₂	180	350	400	-	1000	375–500	–
Li-Polymer	155	200	315	70	1200	-20–60	125
Li-Ion	120–140	240–280	200–300	70–85	1500–4500	-20–60	150–1300

а: При 80% длабочина на празнење; б: при 3-часовна стапка на празнење; с: механичко дополнување..

Извор: преземено од “Review of energy storage systems for electric vehicle applications: Issues and challenges”; M.A. Hannan et al., 2017

Модуларната и скалабилната структура на батериите (овозможувајќи дури и надворешни прилагодувања) како и флексибилноста на оперативните ограничувања (пример: моќноста и капацитетот како функција од енергетската густина) ги прави овие технологии на складирање многу флексибилни, односно можат да бидат адаптирани речиси за било каква примена. Меѓутоа, ова ја отежнува споредбата на различните батериски системи. Ова е особено изразено од економска гледна точка, бидејќи трошокот не може да биде одделен од апликативната примена на батеријата.

2.2.3 Батерии наспроти други технологии

Големина на складишта

Технологиите за складирање на енергија имаат широк спектар на примена во однос на нивниот габарит, односно според нивната моќност и капацитет. Сепак, не сите технологии за складирање на енергија можат да го задоволат целиот спектар на потреби на потрошувачите, а истите може да се најдат само во одредени големини (опсег) поради потребниот простор за нивна инсталација, неопходните географските предуслови, самата зрелост на технологијата како и други причини.

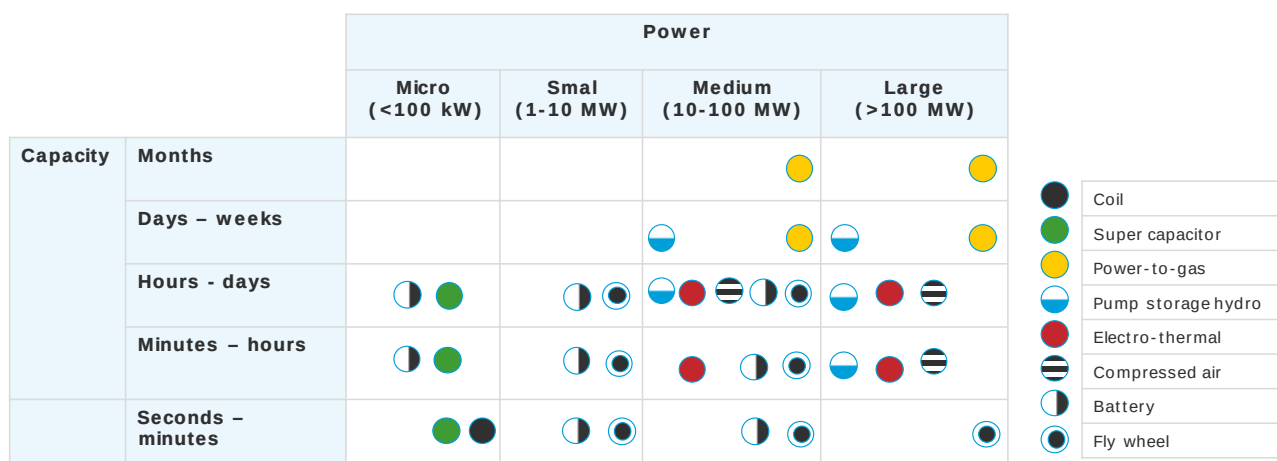
Технологиите за складирање на енергија може да се применат кај разноразни апликации кои меѓусебно значително се разликуваат. Како резултат на тоа техничката изведба на системите за складирање на електрична енергија може значително да се разликуваат меѓусебно. Со цел да се задоволат потребите за изведување на одредена оперативна акција неопходна е изведба на специфичен систем за складирање на електрична енергија карактеризиран со голема излезна моќност (на пример: за помош при рестартирање по целосен прекин на снабдување со електрична енергија (blackout)), додека пак за некои други примени потребно е таквиот систем да се карактеризира со голем капацитет за складирање на енергија (пример: складирање на вишок на енергија добиена од ветерни електрични центри). Некои технологии за складирање на енергија имаат повисока специфична моќност или специфична енергија во зависност од нивниот дизајн, додека пак други технологии се модуларни и можат да бидат моделирани во зависност од потребите

на корисникот. Кај повеќето технологии соодносот на енергија спрема моќност главно зависи од дизајнот на системот.

На Слика 4 прикажува во кои големини се достапни различните складишта на енергија.

- Не постои разноликост помеѓу системите за складирање кои се карактеризираат со голем капацитет за складирање на електрична енергија, кои може да бидат искористени како алтернатива на батериите кои се карактеризираат со голем капацитет за складирање на електрична енергија. Од овој облик на системи за складирање на енергија достапни се само резервоарите со компресиранкомпресиран воздух и пумпно-акумулационите резервоари. Некои пумпно-акумулациони резервоари се исто така погодни за користење со тоа што се карактеризираат со неделен циклус на складирање и користење, при што треба да имаат доволно големи горни и долни резервоари.
- За сезонско складирање, од друга страна, подобни се двете технологии на “енергија-во-гас” (базирани на водород и метан), кои сè уште се во почетна фаза на развој.
- Моментално батериите можат да бидат изведени како самостојна инсталација или како комбинација од повеќе единици како би покриле поголем спектар на големина. Батериите се разликуваат од хидроелектричните центри и складиштата базирани на компресиранкомпресиран воздух во нивната модуларна структура и флексибилноста во поглед на максималниот капацитет со кој истите може да бидат изведени како и (променливиот) баланс помеѓу излезната моќност и капацитетот за складирање на електрична енергија. Ова не е случај кај хидроелектричните центри и складиштата со компресиранкомпресиран воздух.
- За системи од мал размер кои е потребно да имаат брзо време на реакција и мал капацитет за складирање на енергија најсоодветна, а воедно и единствена технологија за примена се суперкондензаторите и калемите.

Кај секторот на е-мобилност, потребни се системи за складирање на енергија е релативно мала моќност во опсег од 3-500kW и капацитет на складирање на енергија кој овозможува неколкучасовни патувања.



Слика 4: Однос на енергија и моќност кај вообичаени технологии на складирање

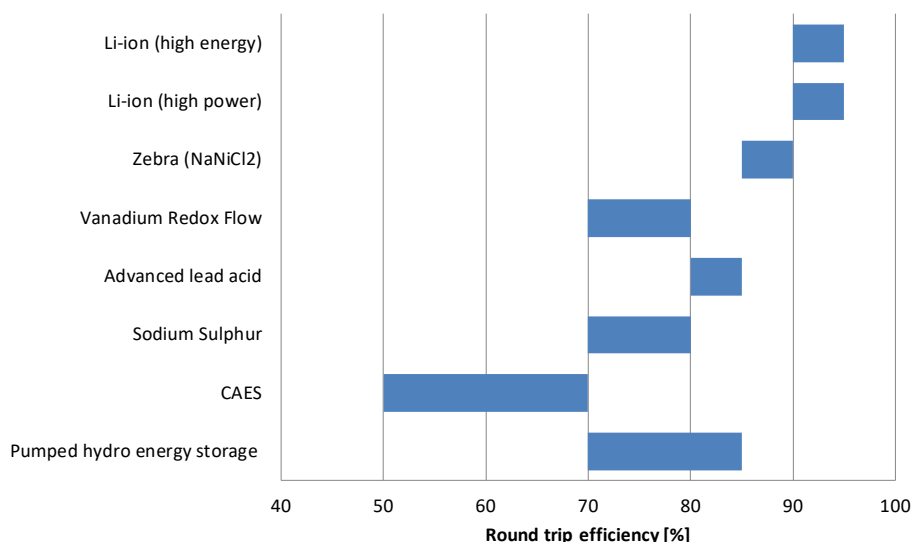
Извор: DNV GL analysis

Ефикасност

Иако повеќето технологии за складирање на енергија се релативно ефикасни, сепак помеѓу нив постојат разлики. Генерално, ефикасноста се движи помеѓу 50 и 98%. Суперкондензаторите заедно со модерните литиум-јонски батерии и замаеците се најефикасни. Ова е една од причините зашто овие три технологии најчесто се спомнуваат кога се зборува за напојување на електричните возила, бидејќи за висока економичност потребна е висока ефикасност.

Големите системи, кои зависат од механичка или кинетичка енергија, како што се пумпно-акумулационите хидроелектрични центри и складиштата со компресиран воздух, се карактеризираат со најмала ефикасност.

Термалните складишта се карактеризираат со средна ефикасност. Ефикасноста на сензибилните складишта се карактеризира со широк спектар, бидејќи зависи од користениот материјал и температурата на складираната топлина. Стопената сол е поефикасна поради нејзината константна температура, особено кога складираната енергија не се претвора во електрична енергија.



Слика 5: Ефикасност на различни технологии за складирање

Извор: DNV GL analysis

Работен век на системот

Работниот век на технологиите за складирање на енергија е важен и од аспект на самата намена на технологијата која ќе се инсталира во електроенергетскиот систем од аспект на трошоците.

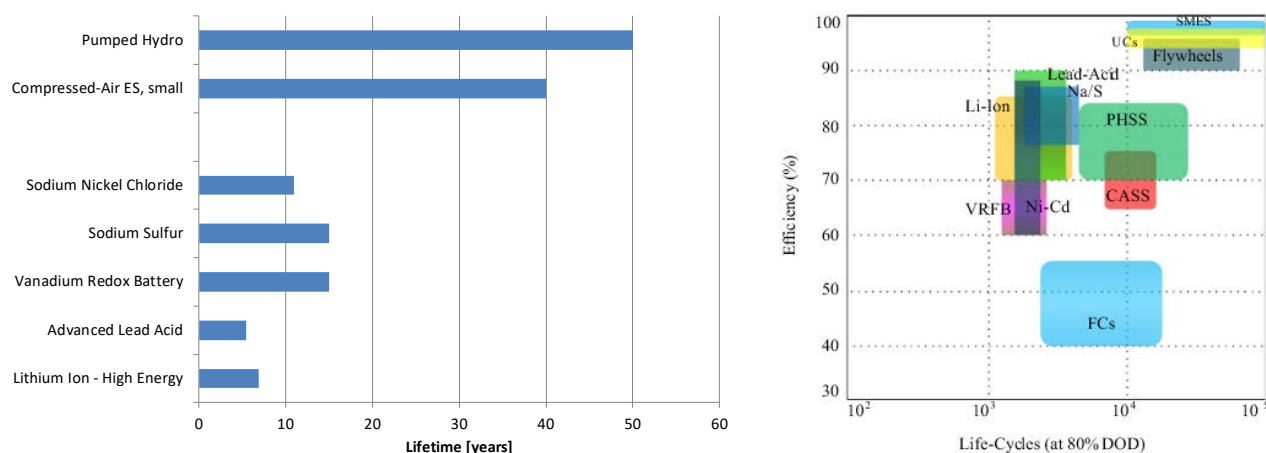
Доколку е тешко да се подмират трошоците за замена/ремонт на системот од аспект на неприфатливост ваквата технологија да е надвор од функција на одредено време, погодено е да се примени технологија за складирање со подолг работен век. Работниот век, посебно за батериите, директно зависи од фреквенцијата на користење. За споредба, Слика 6 го илустрира работниот век на различните технологии.⁸

⁸ Со претпоставен еден циклус на полнење дневно (со оптимално празнење).

Кај технологиите за складирање со батерии:

- Натриум сулфатните и ванадиум redox проточните батерии, кои се во функција повеќе од 30 години, имаат најдолг работен век (со повеќе од 10000 циклуси)
- Втора најистрајна технологија е технологијата за складирање со натриум никел хлорид батерија (ZEBRA) која се карактеризира со работен век од околу 11 години, по која следат литиум-јонските батерии кои може да се проектираат на тој начин што ќе се максимизира нивниот работен век.
- Оловно-киселинските батерии се карактеризираат со краток работен век па затоа тековно се спроведуваат истражувања за негово продолжување.

Од друга страна, складиштата со компресиран воздух и пумпно-акумулационите хидроелектрични центри имаат значајно поголем работен век од батериите. Работниот век на овие системи е ограничен од работниот век на пумпите и генераторите неопходни за непрекината работа на наведените системи. Структурните компоненти, на пример пештерите, горните и долните резервоари мора соодветно да се одржуваат со цел да се обезбеди непрекината работа на технологијата.



Слика 6: Приближен животен век на складишта на електрична енергија (лево), и животен век и споредба на ефикасноста на различни технологии (десно)

Извор: DNV GL analysis (лево); десно: превземено од "Review of energy storage systems for electric vehicle applications: Issues and challenges"; M.A. Hannan et al., 2017

Трошоци

Главните параметри од кои зависи вкупниот трошок околу складиштата е составен од:

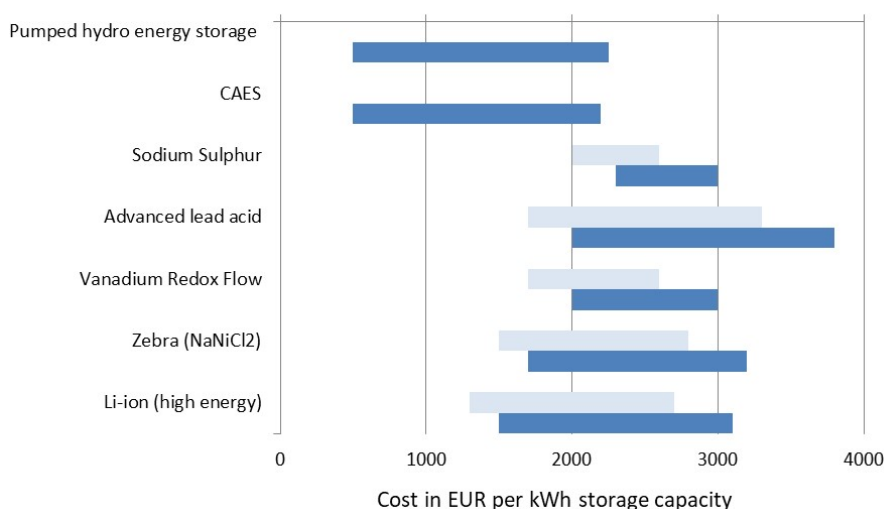
- Трошок на капиталот на постројките за складирање (на пример: трошоци за материјали, инсталација и оперативен систем на складиштето), е главен трошок за поголемиот дел од технологиите.
- (Техничкиот) животен век на складиштето, кој ја одредува амортизацијата на трошокот на капиталот. Посебно при хемиско складирање, зависи од бројот на циклуси, односно бројот на полнења и празнења е поважен од периодот на употреба.

- Системски трошок на складиштето, вклучувајќи ги сите инсталациони и оперативни трошоци, особено мрежни трошоци и трошоци за земјиште, како и трошоци за процедурите за добивање дозволи, над износот на капиталните трошоци на складиштата.
- Оперативни трошоци кои се определуваат со ефикасноста на складиштето, определувајќи ги не само техничките последици туку и економските загуби како последица на процесот на складирање, базирани на монетарната вредност на складираната енергија.

Покрај тоа, значајно е да се напомене дека трошокот може да се однесува на различни референтни параметри. Од една страна, собирањето на капиталните, оперативните и системските трошоци во текот на животниот век со релевантни дисконтни стапки ги дава вкупните трошоци за сопственост (“вкупни трошоци на сопственост”). Ова е особено значајно при споредување на различни технологии на складирање.

Во зависност од примената на складиштето, вкупните трошоци на сопственост може да се постават во релација со моќноста и капацитетот на складиштето. Освен тоа, соодносот на вкупниот трошок на сопственост со вкупната складирана енергија за животниот век на складиштето (т.е. наполнета и испразнета) е исто така релевантен показател за ефикасноста и основа за споредување на вкупниот трошок во текот на животниот век на различни складишта.

Слика 7 ги прикажува типичните опсези на трошокот на капитал за kW, со и без трошоци за инсталирање на мрежа, за различни технологии за складирање.⁹ Според графиконот, специфичните капитални трошоци за складишта со компресиран воздух и пумпно акумулациони складишта, се во понискиот опсег на специфичните трошоци за технологии на складирање со батерии.



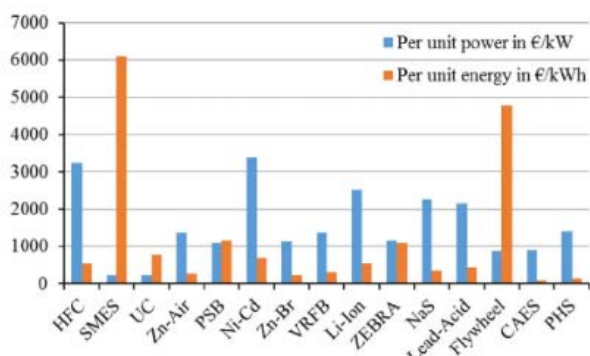
Слика 7: Типични опсези на капитални трошоци за складирање на електрична енергија

Извор: DNV GL analysis

Сепак, трошоците вообичаено се изразени во EUR/kWh поврзувајќи го вкупниот трошок на сопственост со инсталираниот капацитет за складирање на енергија, затоа што најчесто ваквите складишта се димензионирани за поголемо скалдирање на енергија наспроти потенцијална излезна моќност. За жал, ова го отежнува споредувањето на трошоците помеѓу технологиите. Слика 8 го

⁹ За нормирање на споредбата, претпоставено е време на празнење од 4 часови. Бидејќи капиталните трошоци без инсталација не се значајни за складишта со компримиран воздух и пумпни складишта, истите се изоставени од соодветната слика.

прикажува специфичниот вкупен трошок на сопственост во капацитет на складирање, изразено во EUR/kWh. Сликата ни покажува донекаде обратна корелација со енергетската ефикасност: технологии со висока инсталирана моќност и со ниска ефективност како што се складишта со компресиран воздух и пумпно-акумулациони складишта се најевтини, додека другите технологии се значително поскапи. Ова е особено изразено кај замаеците и кај суперкондензаторите, бидејќи имаат ниска густина на енергија. Меѓутоа, суперкондензаторите може да забележат значително намалување на цената со текот на времето, бидејќи материјали кои содржат поголема енергетска густина би можеле да го зголемат капацитетот десеткратно или повеќе без зголемување на цената.



Слика 8: Вкупни капитални трошоци кај складишта од големи размери

Извор: преземено од "Review of energy storage systems for electric vehicle applications: Issues and challenges"; M.A. Hannan et al., 2017

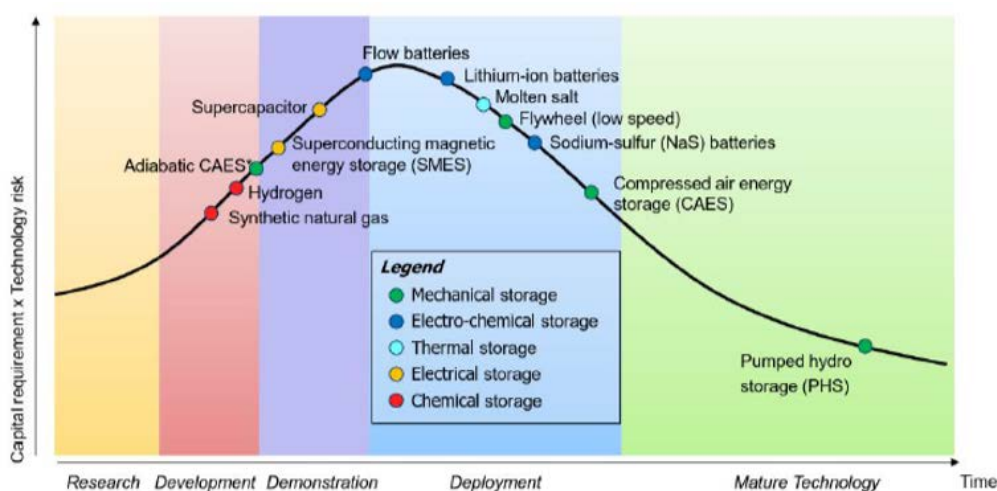
Меѓутоа, споредбата на трошокот на капитал во однос на капацитетот изразен во kW или kWh сам по себе е несоодветен во однос на проценката на употребата на технологиите во електроенергетскиот систем. Споредување на технологиите според нивните специфични вкупни трошоци на сопственост, односно вкупните трошоци во текот на животниот век во однос на претпоставениот број на циклуси е посоодветно, но во исто време и потешко бидејќи бара повеќе претпоставки (како што се амортизација и животен век, ефикасност). Поради важноста на техничките параметри и примената на технологиите за складирање врз вкупниот трошок на сопственост, очигледно е дека разгледуваната технологија за складирање има големо влијание врз вкупниот трошок на сопственост, дури и кога истата технологија е користена за различна намена.

Фази на развој и распространетост на технологиите за складирање

Визуелната репрезентација на фазите на развој на различните технологии за складирање на енергија е дадена на Слика 9. Технологиите можат да се најдат во следните три фази на развој:

- Истражување и развој
- Демонстрација и употреба
- Комерцијализација

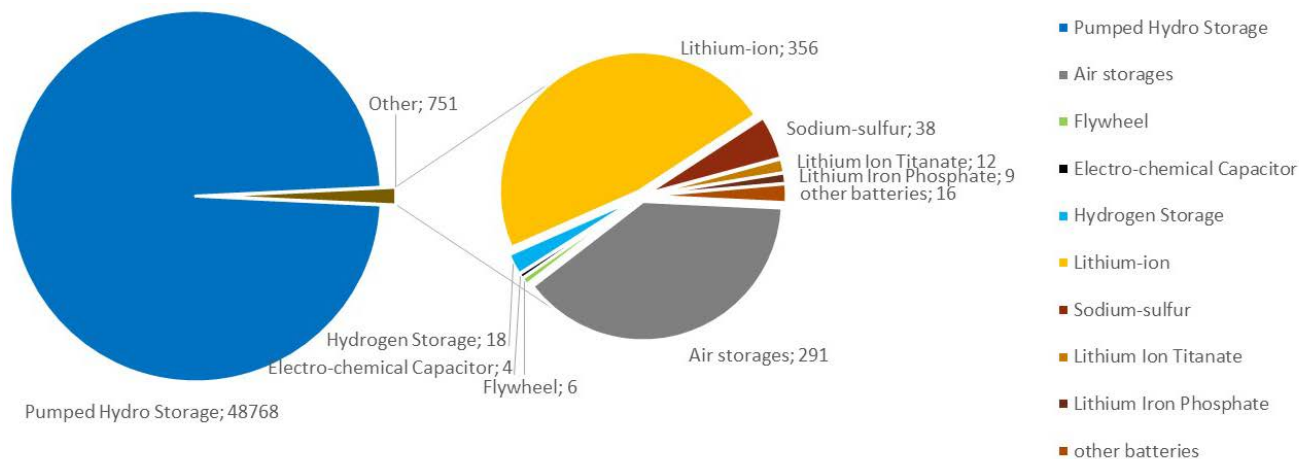
Помеѓу разгледуваните технологии, само пумпно-акумулационите технологии за складирање и одредени видови на термичко складирање се класифицирани како комерцијално достапни технологии. Многу други технологии сè уште се во фазата на истражување и развој. Дел од батериските технологии се класифицираат како технологии во употреба како што се литиум-јонските батерии. Освен тоа, проточните (redox) батерии се во демонстративна фаза т.е. истите се на работ да бидат прифатени како комерцијално достапни.



Слика 9: Созреаност/Зрелост на технологиите за складирање

Извор: AECOM Australia Pty Ltd, "Energy Storage Study: A Storage Market Review and Recommendations for Funding and Knowledge Sharing Opportunities," July 13, 2015. ¹⁰

Како што може да се види на Слика 10, пумпно-акумулационите технологии за складирање се широко распространети и применети во Европа, додека пак другите технологии имаат ограничена (маргинална) распространетост. Помеѓу поновите технологии, најмногу развиени се технологиите со литиум-јонски батерии.



Слика 10: Функционални складишта според вид и MW инсталирани во Европа ¹¹

Извор: DNV GL analysis, data www.energystorageexchange.org

Треба да се напомене дека графикот на Слика 10 ги опфаќа главно самостојните инсталации (независно од нивната големина).

¹⁰ Достапно на: <http://arena.gov.au/files/2015/07/AECOM-Energy-Storage-Study.pdf>.

¹¹ Големи замајци кои се користат во истражувачки институти се занамарени

Покрај тоа, постои и брзорастечки сектор на батерии со мал капацитет за складирање на енергија. Малите потрошувачи ваквите батерии ги користат за да го зголемат нивото на независност од дистрибутивната мрежа со тоа што во овие батериски системи ја складираат енергијата произведена од локалното дистрибуирано производство. На пример, во Германија се проценува дека до крајот на 2017 биле инсталирани батериски системи со капацитет од 600 MWh и со моќност од 280 MW поради потребите за складирање на произведената енергија од соларните фотоволтаични центри (PV). Околу 2/3 од вкупно инсталираниот капацитет на соларни PV складишта е изграден без средства од програмата за поддршка на јавните инвестиции, започната во 2013 година. Околу 90% од соларните складишта биле изградени едновременно со самата производна фотонапонска инсталација додека само 10% од складиштата се додадени ретроспективно. На почетокот, 2/3 од соларните складишта користеле оловно-киселински акумулаторски модули, а речиси сите нови складишта инсталирани во денес користат литиум-јонска батериски технологии.¹²

2.2.4 Складишта наменети за електрични возила

Електричните возила поставуваат специфични предизвици за батериите. Она што е најважно е всушност капацитетот на складирање, излезната моќност на батерискиот систем, неговата тежина (како резултат на густината на енергијата), достапниот/потребниот простор за инсталирање/имплементација, безбедноста, цената, работниот опсег, и стареењето на батерискиот систем.

Возилата располагаат со ограничен простор за инсталација (сместување) на батерии. Освен тоа, затоа што со зголемување на батерискиот капацитет значително се зголемува масата на возилото, истото има потреба од повеќе електрична енергија за задвижување. Спротивно на ова, просторните и тежинските барања во голема мера се занемарливи кога се работи за фиксен батериски систем каков што би се користел за потребите на локално дистрибуирано производство на електрична енергија.

Од друга страна енергетската густина и балансот помеѓу моќноста и капацитетот, исто така се важни параметри за батериите кои се наменети за електричните возила. Од една страна, постои страв за досегот на возилото (кој се ублажува со користење на батериски системи со висока специфична густина на енергија), додека пак од друга страна постои потреба за перформанси што се барем еднакви на перформансите на возилата со внатрешно согорување. Различни произведувачи имаат различен пристап при решавање на овој проблем. На пример, Tesla model S со 100 kW има сличен досег како 60 kW Opel Ampera-e. На сличен начин, ова ќе влијае на очекуваниот капацитет при кој двете возила ќе бидат наполнети.

Батериските технологии за електрични возила денес

Уште од раниот почеток на автомобилската ера, неколку батериски технологии се користеле или добила нова намена со појавата на PEV и го привлечеле јавниот интерес. Најчесто се користени следните технологии:

- Оловно-киселинските батерии,

¹² Види "Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm Solarstromspeicher Види "Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm Solarstromspeicher 2.0, Jahresbericht 2018" (Научна програма за мониторинг и евалуација 2.0 на соларни PV складишта, PV складишта, годишен извештај 2018), види <http://www.speichermonitoring.de/>

- Никел метал хидридните (NiMH) батерии,
- ZEBRA,
- Литиум-јонските (Li-ion) батерии.

Употребата на овие батерии и нивните карактеристики се следните:

- Оловно-киселинската батерија е најстар тип на батерија. Таа била користена во првите електрични возила во 19 век, но во наредните децении нејзината улога била ограничена како типична батерија, снабдувајќи енергија потребна за стартување на моторот. Во поново време, користена е во првата генерација на модерните PEV.

Технологијата на оловно-киселинските батерии е добро позната и развиена технологија со достапна цена. Заради ниската цена истите сè уште претставуваат најкористена батериска технологија за складирање за електрична енергија, но не се прикладни за користење во модерните електрични возила поради нивната ниска енергетска густина и фактот дека капацитетот на батеријата зависи од брзината на празнење (Peukert's law).

Оловно-киселинските батерии како батериска технологија не се исплатливи поради тоа што треба да бидат заменуваани на секои три години во текот на работниот век на возилото. Други недостатоци се слабата специфична енергија (34 Wh/kg), ограничената ефикасност (70-75%), намалување на капацитетот за складирање на енергија при ниска надворешна температура а потребно е да се вгради и греач со што се намалува ефикасноста и досегот на возилото.

- Втората генерација на PEV, создадени од 2000-2010 година¹³, главно користат никел метал хидридни батерии (Ni-MH). Нивните предности се:
 - о Двојно поголема енергетска густина од оловно-киселинските батерии (30-80 Wh/kg) и висока моќност која нуди патен опсег од 300 km (под услов да се користат батерии со специфична енергија од 70 Wh/kg)
 - о Потенцијална долготрајност на батерискиот систем при правилно користење (>160.000 km),
 - о Мали просторни барања и мала тежина што доведува до намалување на трошоците на енергија
 - о Зголемен животен век(до 80 % длабочина на празнење(Depth of Discharge DOD)).
 - о Поврат на енергијата при кочење
 - о Термички својства (работна температура од – 30 °C до + 70 °C),
 - о Безбедност при нивна работа и користење

Опремени со енергетска густина слична како онаа на литиум-јонските батерии, и конкурентни на литиум-јонските батерии според одредени параметри¹⁴ сепак никел метал хидридните батерии се осетливи на падови на напонот.

Други недостатоци се слабата ефикасност при полнење и празнење (60-70%, т.е помалку од оловно-киселинските) и ограничената функционалност при поекстремни температури со висок

¹³ General Motors EV1 и Toyota RAV4 EV

¹⁴ Тековно, најистакната употреба на овие батерии е во моделот Toyota Prius hybrid.

коэффициент на самопразнење (влошен при повисоки температури) како и слаби перформанси при ниски температури.

- Na-NiCl₂ батериите, познати како ZEBRA батерии (Zeolite battery Research Africa) се карактеризираат со релативно висока енергетска густина (90-120 Wh/kg), зголемен век на траење, конструктивна робустност (овоможувајќи нивно користење во екстремно ладни средини) и ниска цена. Главен недостаток е зголемената внатрешна (интерна) работна температура (270-350°C), што бара континуирана работа на возилото за да се избегне замрзнување на електролитот на батеријата.¹⁵ Поради оваа причина, ZEBRA батериите главно се користени во концептуалните електрични автомобили, автобуси или други возила за јавен превоз, но истите немаат најдено поширока примена.
- Повеќето PEV продадени денес користат литиум-јонска технологија (трета генерација). Литиум-јонските ќелии нудат батерии со висока енергетска густина и зголемена моќност во однос на масата (800-2000 W/kg) и специфична енергија (100-250 Wh/kg), овозможувајќи со самото тоа да се намали тежината на батерискиот систем кај PEV како и просторните потреби на самиот батериски систем при конкурентни цени. Кај литиум-јонските батерии исто така не постои мемориски ефект, што резултира со зголемен животен век на овие батерии кои добро ја задржуваат енергија (со стапка на празнење од 5 % месечно, односно помала од Ni-MH батериите). Недостатоци на оваа технологија се ограничениот автономност, висока работна температура што влијае на перформансите на батериите, а исто така овие батерии имаат проблеми со преполнување и прегревањето со ризик од појава на пожар поради генерирање на топлина на системот.

Треба да се напомене дека постојат неколку типови на литиум-јонски батерии според хемискиот состав и самиот процес на изработка.

Истражувани и тестирани се и други видови на батерии, вклучувајќи првенствено разни батерии слични на конвенционалните, но исто така и проточни батерии.

На пример, главно користени за домашна употреба (апарати за домаќинство), никел-кадмиумските батерии (NiCd) се исто така достапни и во поголеми верзии, на пример - UPS (uninterruptible power supply) и за потребите на вонредно осветлување. Кај електричните возила, оваа технологија ја применуваат аматерите кои своите возила ги пренаменуваат во електрични, а истата наоѓа примена кај малите возила како што се голф количките и аеродромските колички за транспорт на багаж. Тие се сметаат за несоодветни за модерните електрични возила поради високите стапки на самопразнење (~ 10% месечно), токсичноста на кадмиумот од кој е изработена батеријата и меморискиот ефект на истата (односно 'мрзливи' батерии).

Алтернативните горива и извори на енергија засега се помалку развиени. На пример, употребата на суперкондензатори во електричните возила веќе долго време се гледа како технологија со голем потенцијал. Суперкондензаторите дури беа и прогласени за идната батериска технологија на електричните возила, кои требаше да ги заменат батериите, пред да започне брзиот раст на продажба на PEV пред неколку години. Суперкондензаторите нудат голем број на предности како потенцијал за значително побрзо полнење (предвидено е да биде околу 30 секунди за автомобили) и недостаток на зависност од ретки материјали како што се литиум и кобалт. Сепак, нивна слаба страна засега е недостатокот на енергетска густина, што го ограничува патниот опсег. Како таква, примената на оваа технологија на суперкондензатори во пракса е ограничена само на неколку

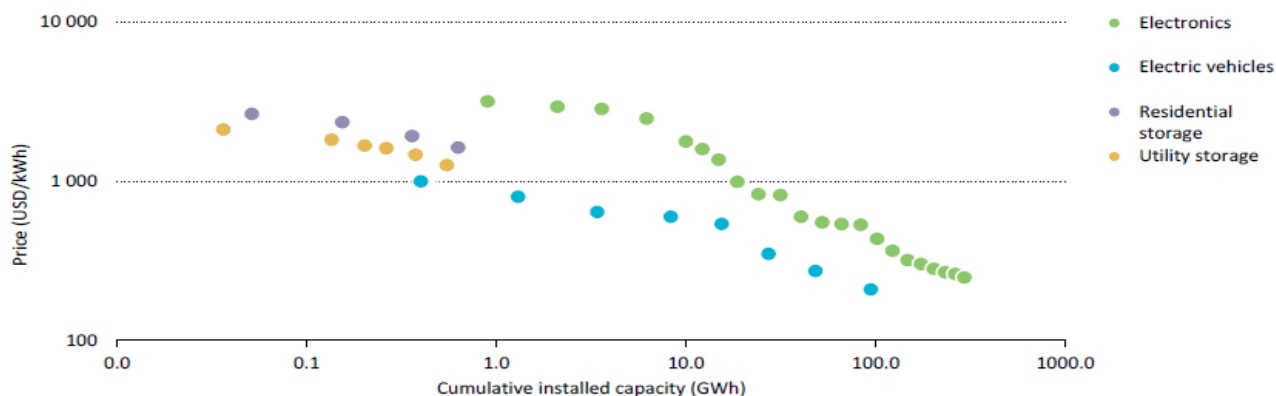
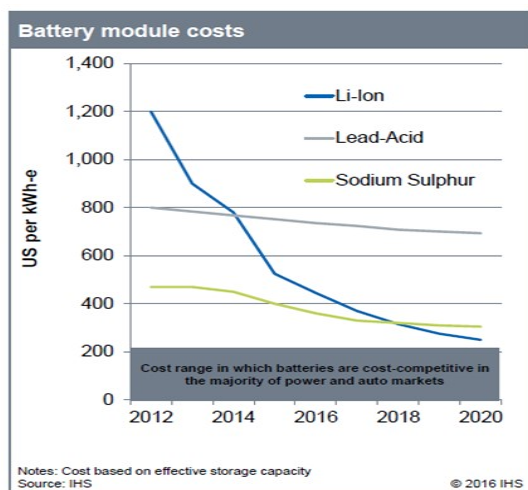
¹⁵ Во случај колата да не се користи, одржувањето на системот на работната температура е возможно преку надворешен систем за загревање, кој конзумира 90 Wh моќност од батеријата. Спротивно, потребни се 12 до 15 часа за да се одмрзне батеријата и да се врати во своите функционални параметри



автобуси во Шангај, кои се полнат на секои неколку постојки и за Mazda 6, каде што ја собираат регенеративната енергија од кочење. Истражувањата за поголема енергетска густина кај суперкондензаторите се ветувачки, но останува да се види дали оваа технологија ќе стане комерцијално применета кај возилата.

Перспектива

Во моментот, литиум-јонската технологија е доминантна технологија на батерии во секторот на електрични возила а самата технологија наоѓа и поширока примена. Цените за оваа технологија се значително намалени, и се очекува дополнително да се намалуваат. Цените на батериите се приближно на нивото од 200 €/kWh, а производителите се стремат цената да ја доведат на ниво од 100 €/kWh. Меѓутоа, овие намалувања на трошоците најчесто се постигнуваат за големи батериски системи до 100 MWh, додека батериите за електрични возила со релативна големина од 100 kWh сè уште се во опсег од 600 €/kWh. Сепак, фер е да се претпостави дека овој тренд на опаѓање на цената на литиум-јонските батерии, ќе доведе и до опаѓање на цената на електричните возила. Па така, се очекува електричните возила да достигнат еднаква цена со возилата со внатрешно согорување до 2024 година, што би можело да ја зголеми брзината на прифаќање на електричните возила (BNEF,2018).



Слика 11: Историски и проектирани трошоци на батерии по kWh (горе), и трошок за литиум-јонски батерии како функција од капацитетот¹⁶ (доле)

Извор: долу: IEA, adapted and updated from Schmidt et al. (2017).

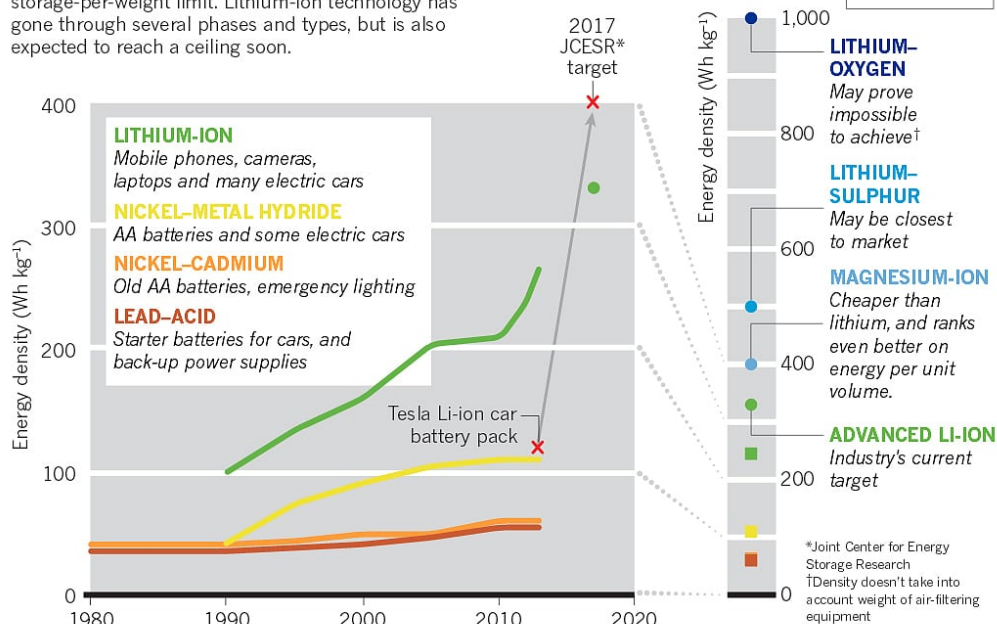
Батерискиот систем кај PEV во зависност од типот на батерии кои се користат е одговорен за значаен дел (20-50%) од вкупната маса на возилото. Заедничко за сите батерии е тоа што нивната енергетска густина е во значителна мера помала од таа на конвенционалните горива. Значи, иако PEV штеди на тежина во споредба со возилата кои користат конвенционални горива поради отсуството на механички компоненти, тие сепак имаат поголема маса.

Истражувањето и развојот е фокусирано на наоѓање на подобар сооднос на можноста за складирање на полнеж и тежината на батерискиот систем ("charge to weight"). Дали литиум-јонската технологија ќе остане како прв избор за батериски систем за PEV е неизвесно. Се очекува дека наскоро ќе се соочи со ограничување во аспект на енергетската густина (види Слика 12).

¹⁶ Оските се во логаритамски размер. Терминот 'Electronics' се однесува на електронски батерии (само ќелии); терминот 'Electric vehicles' се однесува на батериски пакети за електрични возила; термините 'Residential storage' и 'Utility storage' се однесуваат на литиумско-јонски батериски пакети со систем за конверзија на моќноста и вклучуваат трошоци за инженеринг, набавка и изградба.

POWERING UP

Portable rechargeable batteries tend to hit an energy-storage-per-weight limit. Lithium-ion technology has gone through several phases and types, but is also expected to reach a ceiling soon.



Слика 12: Набљудуван и очекуван развој за литиум-јонски батерии и алтернативи

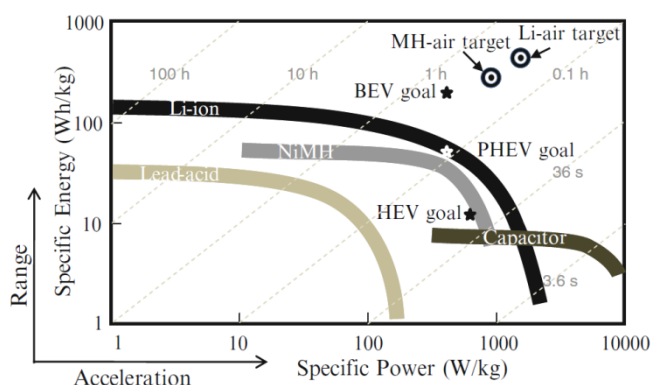
Извор: Van Noorden, R.: A better battery. In: Nature 507, S. 26-28, 2014, nach: Zu, C.X. & Li, H.:

Thermodynamic analysis on energy densities of batteries. In: Energy Environ. Sci. 4, S. 2614-2624, 2011

Оттука, се развиваат алтернативни технологии кои имаат подобри карактеристики при еднаков или сличен трошок за производство како литиум-јонските батерии. Ваквите батериски технологии се со стремеж да понудат висок капацитет за складирање на енергија, подолг животен век на батериите како и подобар сооднос на капацитет на складирање и излезната моќност на батерискиот систем. Технологиите кои се ветувачки се батериите базирани на литиум полимери, литиум ванадиум оксиди, Li-air, MH-air, магнезиум јонски, како и батерии во цврста состојба и проточни¹⁷ батерии. Дополнително, развој и истражување на алтернативни концепти се вршат и во следниве области:

- Алтернативни горива и технологии, како што се горивни ќелии, водород и друго.
- Хибридни системи, комбинирајќи батерии и други технологии, како што се ултракондензаторите.
- Алтернативни технологии на полнење, како што е индукција.

¹⁷ Едно познато истражување се однесува на т.н. нано-проточна-ќелија ('nanoFlowcell'), која тековно се развива како редокс-проточна батерија за употреба во електрични возила. Покрај тоа што имаат многу помал напон од другите батерии за електрични возила (48V споредено со ~350V за моделот Tesla Model S), оваа ќелија очекувано ќе достигне слични перформанси. Ова е главно резултат на очекуваното десетократно зголемување на енергетската густина на електролитот.



Слика 13: Ragone график на неколку електрохемиски уреди за складирање на енергија кои се користат во погонска примена

Извор: R. Garcia-Valle and J.A. Pec, as Lopes (eds.), Electric Vehicle Integration into Modern Power Networks, Power Electronics and Power Systems, DOI 10.1007/978-1-4614-0134-6_2, # Springer Science+Business Media New York 2013

2.3 Примена, улога и локација на складиштата во електроенергетскиот систем

Поставеноста на пазарот, законската регулатива и карактеристиките на технологиите за складирање на енергија можат да овозможат или да обезбедат стимул за имплементација на одредени системи за складирање на енергија. Притоа имаме:

- Услуги и апликации кои треба да се обезбедат и се однесуваат на сегмент од пазарот
- Локација
- Сопственост и работа на складиштето
- Извор, ниво и структура на приходи кои треба да се обезбедат

2.3.1 Случаи на користење

Општо земено, системите за складирање на електрична енергија во електроенергетскиот систем може да се имплементираат во зависност од потребите на корисникот. Како што е илустрирано на Слика 14, тие може да се поделат на системи за складирање на електрична енергија кои се користат за давање на помошни услуги на мрежните и системските оператори или услуги поврзани со тргување и учество на комерцијалниот пазар. Покрај тоа, потенцијалните начини на искористување на овие системи може да бидат структурирани според улогата која овие системи ја имаат на пазарот на кој тие ја пласираат енергијата, или на регионалениот опсег на системот.

Spatial scope		Power system and network scope		Electricity market scope	
System-wide	Local	- Balancing power for frequency control and system balancing (primary, secondary, tertiary) - Momentary reserve - Backup power for security of supply	TSO	Power exchange	Trading and arbitrage
			DSO	BRP / generator (conventional and RES)	- Portfolio optimisation - Imbalance reduction - RES - Forecast error reduction - Avoid RES curtailment - Capacity firming - Limitation of upstream perturbations - Conventional: - black start - Reduction of must-run
		- Congestion management - Voltage control and power quality - Network extension deferral - uninterrupted power supply - Limitation of upstream perturbations - Short circuit power		Large consumer	- Peak load shaving - Energy self-supply (when combined with distributed generation) - Voltage stability and power quality - uninterrupted power supply - Reduction of procurement cost - Load profile shifting and end-user time of use (cost) optimisation - Compensation of reactive power
				Small consumers	- Energy self-supply (when combined with distributed generation) - Energy autarky of remote places - Supply cost reduction - E-mobility

Слика 14: Оспег на примена на системите за складирање на електрична енергија според пазарен сегмент и корисник

Извор: DNV GL analysis, според EASE и BVES

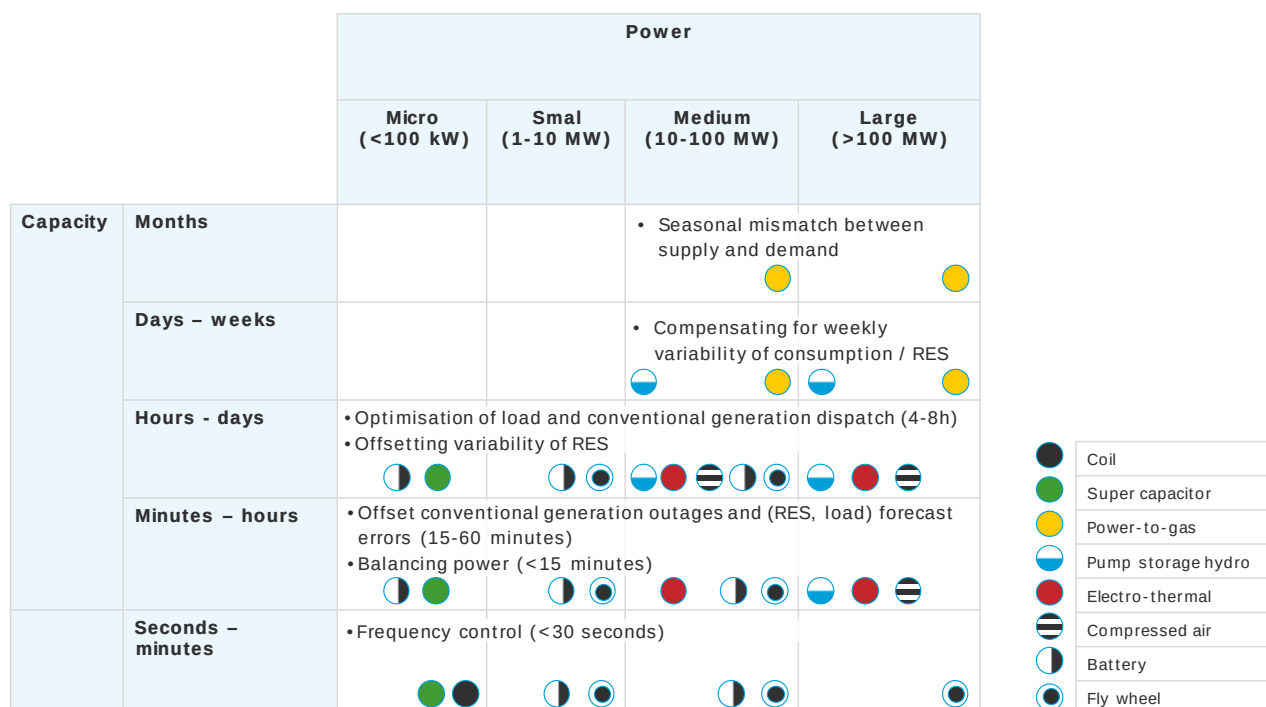
Системските услуги можат да бидат потребни на ниво на електроенергетскиот систем или во дел од истиот т.е. да има локална потреба од истите. Услугите за регулација на фреквенцијата и балансирање на системот се достапни најчесто на електропреносниот систем оператор (Transmission System Operator – TSO) од страна на чинителите во мрежата. Покрај тоа, ПСО и електродистрибутивниот систем оператор (Distribution System Operator - DSO) можат да бараат услуги кои би станале ефективни на локално ниво, како што се реактивната моќност, одложување на инвестиции, итн. Треба да се забележи дека слични услуги може да бидат побарани од оператори на специјално наменети, приватни електрични мрежи, на пример - во поголеми индустриски области, кои не се дел од мрежата за јавно снабдување со електрична енергија.

Различно од тоа, складиштата за енергија може да служат за подобрување на флексибилноста на учесниците на пазарот. Во зависност од услугата што системите треба да ја овозможат (оддадат), близината на складиштето до потрошувачот или до генераторската постројка од интерес, е исклучително важна за ефективноста на самото. Системот за складирање на енергија не секогаш мора да е во близина на корисникот на мрежата кој го опслужува па така самото складиште може да работи самостојно.

Забележуваме дека не секоја примена и услуга може да биде подобна во сите земји. Зависно од законската регулатива, потребата за флексибилност на складиштето и структурата (организацијата) на пазарот, некои примени може да се дисквалификуваат заради регулаторни ограничувања и економска неисплатливост.

Поради нивните технички карактеристики, технологиите за складирање се погодни за употреба при различна примена, но не и за сите. Ова зависи од голем број на фактори, како што се енергетската густина, моќноста, времето на реакција и трошокот. Слика 15 ги поврзува технологиите за

складирање на електрична енергија со различните примени и функции во електроенергетскиот систем.



Слика 15: Потенцијална класификација на технологии за складирање по вид, големина и употреба

Извор: DNV GL analysis

Според слика 15, од техничка гледна точка, можни се следниве примени на технологиите за складирање:

- Големите системи за складирање, како складишта со компресиран воздух и пумпно-акумулациони складишта, може да се користат за пренасочување на оптоварувањето и производството, исто така со овие системи може да се контролира текот на моќноста. Некои пумпно-акумулациони складишта се погодни за неделно складирање, под услов да имаат доволно големи резервоари.
- За сезонско складирање, подобни се технологиите енергија-во-гас (базирани на метан и водород), но треба дополнително да се развијат бидејќи сè уште се наоѓаат во рана (пилот) фаза. Сезонското складирање го зголемува и трошокот, бидејќи бројот на циклуси на складирање е многу мал, така што инвестициските трошоци треба да се вратат со релативно малку операции на складирање, што претставува значаен проблем за технологиите кои се карактеризираат со голема капитална инвестиција.
- Електромагнетната и електростатичката технологија за складирање, односно калем-намотките и суперкондензаторите, се ветувачка технологија за одржување на фреквенцијата поради краткото време на реакција, малата загуба на енергија како и нивната трајност. Сепак, оваа технологија треба да забележи значителен пад на цената пред да може да се користи.

Спротивно на тоа, за одржување на фреквенцијата, денес, во одредени случаи се користат замаеците. Тие исто така имаат висока ефикасност и кратко време на реакција. Сепак, замаеците исто како и калемите и кондензаторите не се подобни за долгорочно складирање на енергија, поради малиот капацитет.

- Батериските технологии за складирање имаат релативно широк спектар на можности за примена поради нивната модуларна структура. Тие не само што го опфаќаат спектарот на примарна и секундарна контрола на моќноста, како и пренасочување на оптоварувањето и производството, туку и веројатно се единствената технологија за складирање на енергија што одговара на потребите на малите и средните учесници на пазарот.

Ова ги прави батериските технологии за складирање на електрична енергија флексибилни со тоа што тие можат да бидат прилагодени да одговорат на речиси било која апликативна потреба, но притоа флексибилноста ја отежнува споредбата помеѓу различните батериски системи за складирање на електрична енергија. Ова е особено изразено од економска перспектива, бидејќи трошокот не може да се одвои од примената.

Различните батериски системи се разликуваат во нивните технички карактеристики како и нивниот потенцијал за примена, а истото е прикажано во следната табела.

Storage Segment	Storage Type	Storage Duration ^I	Lead-acid	Ni-Cd	Li-ion	NaS	NaNiCl ₂	Flow
Fast-acting storage	Power quality	<1 min	😊	😞	😊	😞	😞	😊
	Power system stability	1 – 15 min	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Power storage		15 – 60 min	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Energy storage	Daily	6 h	😊	😞	😊	😊	😊	😊
	Weekly	30 – 40 h	😞	😞	😞	😊	😊	😊
	Monthly	168-720 h	😞	😞	😞	😞	😞	😞

^I: This refers to the length of the service provision.

😊	Very suitable
😞	Less suitable
😞	Unsuitable

I: Ова се однесува на должината на обезбедување на услуга.

Слика 16: Споредба помеѓу различни електрохемиски системи за складирање на енергија за различно време на празнење кое одговара на различната примена на системите за складирање

Извор: EASE/EERA: “European Energy Storage Technology Development Roadmap”, 2017 UPDATE

На пример во Табела 2 подолу е покажана подетална проценка за тоа дали складиштата на електрична енергија се квалификуваат за одредена апликација во Германија. Во табелата е опфатена техничката и економската изводливост за примена на складиштата во зависност од потенцијалната примена. Бидејќи законските и регулаторните одредби, како и економските

стимулации варираат од држава до држава, некои примени можат да бидат подобни и исплатливи само во одредени држави.

Табела 2: Матрица за примена на технологии за складирање на енергија во Германија

Примена		Батерии*	Пумпно-акумулациони складишта	CAES // LAES	Замеец	SMES	Кондензатори	Енергија-во-гас**
Област	Примена							
Системски, мрежни или (БОС)*** услуги	Избегнување на намалување на обновливите извори на енергија	+	+	+	-	-	-	+
	Задолжително намалување на конвенционалната произведена енергија	+	+	+	+	-	+	-
	Ограничувања	0/ (Redox проточни)/+ (други)	+	0	+	0	+	+
	Моментална резерва	+	+	+	+	0	+	0
	Примарна контрола	0/ (Redox проточни)/+ (други)	+	0	-	0	0	+
	Секундарна/терциерна контрола	+	+	+	-	-	-	+
	Базна енергија/резервна енергија	+	+	+	-	-	-	-
	Моќност на куса врска	+	+	+	+	-	+	-
	Справување со загушување/ ре-диспечирање	+	+	+	0	-	-	0
	Стартување после распад на системот/ услуги за обновување	+	+	+	0	-	-	-
	Реактивна моќност	+	+	+	+	+	+	0
	Контрола на напон	+	+	+	+	+	+	0
	Намалување на врвното оптеретување ("пеглање")	+ (Redox проточни)/ 0 (други)	+	+	+	+	-	-
Индустриски процеси	Искористување на останатата топлина во индустриски процеси	0 (Натриум-сулфурни/Натриум-никелови) / - (други)	-	+	-	-	-	-
	Обновување/трансформација на механичка енергија	+	-	-	+	-	+	-
	Алтернативно гориво	-	-	-	-	-	-	+
Објекти и мали потрошувачи	Одвојување на моќност, топлина, и ладна произведена енергија во micro-CHP	00	-	-	-	-	-	-
	Дневна/ Ноќна компензација	+	-	-	-	-	-	-
	Сезонска компензација	+ (Redox проточни)/ 0 (други)	-	-	-	-	-	-
	Степен на енергетска независност	+	-	-	-	-	-	-
Мобилност	Обновување/трансформација на механичка енергија	+	-	-	+	-	+	-
	Алтернативно гориво	+	-	-	-	-	-	+

“+” значи типична или поволна; “0” значи можна примена; “-” значи технички и економски неизводлива; * особено литиумско-јонска, натриум-сулфур / /натриум-никел, оловно-киселинска, and Redox-протечна; ** вклучува водород, метан, горива; ***BRP(БОС) – страна одговорна за балансирање (balance responsible party)

Извор: врз основа на BVES

2.3.2 Локација

За да се задоволат оперативните барања поставени пред овие системи, тие треба да обезбедат одредена моќност или капацитет за складирање на енергија или пак комбинација од двете наведени карактеристики едновременно. Оттука очигледно е дека во зависност од потребата за која е изградено складиштето на енергија варира и неговата големина па според тоа и напонското ниво на мрежата на кое истото ќе се поврзе. Складиштето на енергија може да работи самостојно или истото може да се изведе за потребите на одредена генераторска постројка или потрошувачки капацитет.

- Слично како генераторите и потрошувачите на електрична енергија, поголемите складишта ќе бидат поврзани на високонапонска или среднонапонска мрежа, додека малите ќе бидат поврзани на нисконапонска мрежа.
- Понатаму, некои технологии за складирање, освен технологиите за складирање со компресиран воздух и пумпно-акумулационите хидроелектрични центри, можат да бидат изградени независно од геолошките/природните предуслови, и може да работат како самостојни елементи во мрежата или пак да услужуваат елемент од електричната мрежа.
- Големите системи за складирање, како складишта со компресиран воздух и хидроелектричните центри се локациски ограничени поради самите геолошки ограничувања кои ја ограничуваат и самата моќност и капацитет на системот за складирање на енергија. Поради високите инвестициски трошоци, исплатливи се само големи инсталации. Поради тоа ваквите системи најчесто се изведуваат со голема моќност и капацитет за складирање и истите се имплементираат како самостојни инсталации.

Во зависност од потребата поради која е инсталиран системот за складирање на енергија, независно дали истиот е инсталиран за потребите на одредена генераторска постројка, потрошувачки капацитет или за потребите на дистрибутивниот систем оператор, понекогаш е потребно системот за складирање да е соодветно блиску до елементот кој го опслужува со цел ваквиот систем да биде ефикасен. Различни технички, регулаторни или други причини може да попречат складиштето да биде оддалечено од елементот кој го опслужува. Всушност, таму каде што преовладуваат технички ограничувања, близината на уредот за складирање до корисникот е задолжителна, како на пример во случајот на складишта кои обезбедуваат непречено снабдување со електрична енергија на одреден (индустриски) потрошувач. Во случај каде складиштата се користат од економски причини, регулаторните и економските стимулации се решаваачки за тоа дали складиштата ќе бидат изградени блиску до корисниците и дали корисниците ќе имаат физички пристап до складиштето, или пак дали корисниците ќе имаат пристап до "виртуелно" складиште кое е оддалечено од корисниците, или складиште кое може да биде комбинација од разни помали, дистрибуирани складишта.

- Виртуелните електрани (VPP) нудат компромис т.е. алтернатива со тоа што кај VPP имаме интегрирано складишта кои од една страна може да бидат управувани така што ќе ги задоволуваат потребите на поединечни групи на корисници кои се наоѓаат на одредена локација додека од друга страна ваквите системи може да се користат за потребите на електроенергетскиот систем или за пазарот на електрична енергија.

Во следната табела се дадени неколку примери за тоа како складиштата се управуваат интегрирано со други елементи од мрежата (т.е. поврзано со генератор или потрошувач), разгледувајќи складишта на енергија во зависност од нивната големина.

Табела 3: Типична врска помеѓу големина на складиште и режим на работа

Типична големина	Оперативен режим		Примери
	Самостоен	Интегриран	
Многу големи (>50 MW)	✓		CAES, пумпно-акумулациони складишта
Големи (1-100 MW)	✓	✓	Батерии (пр. литиум-јонски)
Средни: 0.1 – различни MW		✓	• DNO/ДСО оперирано складиште • Индустриски потрошувачи + батерија • Средно DG + батерија
Мали: различни kW		✓	• Домаќинства: мало DG + батерија • Е-мобилност • Складишта за заедница

DG – дистрибуирано производство (distributed generation)

2.3.3 Оперативни модели

Начините на управување со складиштата на енергија може да се класифицираат според сопствениците на складиштата, работењето и користењето на складиштето, како што е прикажано во Табела 4. За поедноставување, сопственоста и работењето се земени како еден параметар. Складиштата можат да бидат поседувани/оперирани од страна на системските оператори (ПСО/ДСО) или од некој пазарен учесник. Понатаму, складиштето може да ги задоволува потребите на разни групи, кои се сметаат за корисници на складиштето, како што се системските оператори (ПСО/ДСО), самиот оператор/сопственик на складиштето или некој друг пазарен учесник (освен за складиште оперирано заедно од системските оператори (ПСО/ДСО) кое обезбедува услуги на складирање за специфични/избрани корисници на системот).

Табела 4: Преглед на оперативни модели за складирање

Модел	Сопственик / оператор	Корисник	Пример
1	ПСО/ДСО		Складиште во сопственост на и оперирано од ДСО за обезбедување квалитет на енергија, справување со загушување на системот, одложување на инвестиција во мрежата, итн.
2а	Учесник на пазарот • Опција 1: наменско складиште, оперирано (примарно) според потреби на ПСО/ ДСО	ПСО/ДСО	Сопственоста и работењето се предадени на трета странка поради регулаторни барања (unbundling), но складиштето има (примарна или ексклузивна) ПСО/ДСО функција
2б	• Опција 2: слободно диспечирани складиште со некои ПСО /ДСО услуги		Складиштето комбинира пазарни ПСО/ДСО примени

Модел	Сопственик / оператор	Корисник	Пример
3	Учесник на пазарот		Самостојно или складиште на корисник, користено за различни примени, на пр. - трговија & арбитража, квалитет на енергија, намалување на вршно оптоварување, итн.
4	Учесник на пазарот А	Учесник на пазарот В	Услуги на складиште за трети страни, вклучувајќи портфолио услуги за други BRP(BOC), VPP, интегрирано складирање, итн

Извор: DNV GL

Разликата помеѓу модел 2а и модел 2б е во тоа што во моделот 2а, складиштето е во функција на системскиот оператор (PCO/DCO), и изградбата, димензионирањето и работењето се поттикнати според потребите на операторите (PCO/DCO), додека пак работењето и сопственоста се префрлени на трета странка, поради регулаторни причини. Во модел 2б, независниот оператор на складиштето може слободно да одлучува за услугите што ќе ги обезбедува. Ова е особено точно кога одлуката за изградба на складиштето не е поттикната или преземена од системските оператори (PCO/DCO), мрежната услуга обезбедена од складиштето нема приоритет пред другите примени и операторот подоцна може да го откаже, продолжи или обнови договорот за услуга.

Складишта оперирани од системски оператори (PCO/DCO)

Сопственоста и начините за управување со "T&D" складишта (се однесува на складишта во сопственост или оперирани од електропреносен систем оператор (PCO) или електродистрибутивен систем оператор (DCO)) зависат од законската регулатива и одредбите во енергетскиот сектор. Според барањата на ЕУ за одвојување важат за двата систем оператори и ја ограничуваат применливоста на T&D складишта. Според нив, мрежните оператори не можат да поседуваат или да контролираат постројки/средства за производство на енергија и да станат активни во конкурентните сегменти на пазарот. Освен тоа PCO и треба да изберат еден од трите регулаторни модели и треба да ги спроведат соодветните барања за одвојување (види Табела 5). Според достапните оперативни модели на PCO, независниот оператор на складиштето (Independent Storage Operator – ISO) не е сопственик на мрежните средства. Од друга страна, независните сопственици на средствата (раздвојување на сопственоста) и независните преносители на енергија (Independent Transmission Operator – ITO) можат да поседуваат и да ракуваат со мрежни средства.

Според тоа, секогаш кога складиштата можат да оддадат енергија кон мрежата, работењето со складиштето и сопственоста од страна на операторите на системите за пренос и операторите на системите за дистрибуција се исклучени поради барањето за одделување на средствата за производство од мрежните средства, без оглед на регулаторниот модел избран од операторот на системот за пренос. Сепак, регулаторната рамка не е сосема јасна за улогата и дефиницијата на складиштата, и примената на раздвојувањето.¹⁸

¹⁸ Види "Бизнис модели за флексибилно производство и складирање", PolicyReportPolicy Report, Декември 2015

Табела 5: Модели за раздвојување на преносот и системското оперирање во ЕУ

Независен системски оператор (ISO)	Раздвојување на сопственост	Независен сопственик за пренос (ITO)
• Целосно раздвоен системски оператор • Без сопственост на мрежни средства	• Раздвоен од интегрирана компанија • Сопственост на мрежни средства	• Дел од интегрирана компанија, но независна споредна операција и операција под различни услови ("Chinese walls") • Сопственост на мрежни средства

Извор: DNV GL analysis

Ова нуди разни опции за сопственост и работење на складиште од страна на оператор на систем за пренос (TSO):

- Сопственост и управување од страна на сопственик на средства за пренос и складирање, обезбедувајќи само системски и мрежни услуги на независен оператор (ISO).
- Сопственоста и управувањето на складиште од страна на OU/ITO, подлежи на посебна регулаторна дозвола и ексклузивна употреба на складиштето за системски и мрежни услуги
- Сопственост и управување доделени на трето лице (види модел 2а во Табела 4)

Ако било која од претходните три опции е избрана, складишта кои се во сопственост и се управувани од страна на системските оператори (PCO/DCO) овозможуваат ексклузивен пристап до флексибилноста на складиштето за операторите (PCO/DCO), односно складиштето ќе обезбеди услуги кои се барани од нивна страна за системски и мрежни функции. Примена на овие складишта на пазарите на големо и мало не е дозволена.

Исклучок на ова правило е кога ќе се одбере третата опција и независниот сопственик/оператор на складиштето (не се однесува на сопственикот на средствата за пренос според ISO моделот) целно го димензионира складиштето за да обезбеди дополнителни услуги на пазарот без да го загрози потенцијалот за пренос на енергија за потребите на мрежните оператори (PCO/DCO).

Додека ISO моделот ретко е избран од европските оператори на системите за пренос и третата опција спомената погоре е најпреферирана од операторите на системи за пренос и регулаторите, втората опција не е целосно забранета во европската регулатива и е имплементирана во некои европски држави, како што се Шпанија и Италија (Табела 1.1).

Во контекст на сè уште нејасната регулаторна ситуација, ЕУ регулативата најверојатно наскоро ќе биде изменета врз основа на "Предлогот за Директива на Европскиот Парламент и Советот за заедничките правила за внатрешниот пазар за електрична енергија".¹⁹

Таа го дефинира "складирањето на енергија" во електроенергетскиот систем, како инсталација за одложување на дел од енергијата до моментот на употреба, како енергија во конечна форма или претворена во друг енергенс.

Покрај тоа, предложената регулатива сугерира неколку одредби за сопственоста и работењето на складиштата од страна на системските оператори (PCOs/DSOs), во исклучителни случаи. Тие можат да поседуваат, развиваат, оперираат и раковојат складишта, само ако

¹⁹ COM/2016/0864 final/2

- трети странки не го изјаснат својот интерес да поседуваат, развијат, управуваат или да оперираат објекти за складирање, по спроведена отворена и транспарентна тендерска постапка
- објектот е од суштинско значење за ефикасно, сигурно и безбедно функционирање на мрежата и системот, и ако тие не се користат за продажба на електрична енергија на пазарот
- само ако е достапно одобрение од националниот регулаторен орган.

Иако предлогот на ЕУ има за цел да овозможи понатамошно разјаснување во врска со складиштата кои се во рацете на мрежните оператори, раководење со складиштата сè уште претставува клучен предизвик за регулаторите: дури и складишта кои имаат чисти ПСО/ДСО функции, имаат потреба од пазарна интеграција на енергетските количини складирани или оддадени од складиштето. Со други зборови, складираната енергија, на пример, за време на управување со загушување, треба да биде пуштена во електроенергетскиот систем. Оддавањето на енергија не треба да биде оставено единствено на операторите (ПСО/ДСО), не треба да биде спроведено без вклучување на учесниците на пазарот и треба да ги исполнува формалните правила на пазарот, освен ако обемот на енергија е доволно мал - оддавањето може да биде исклучително одобрено од регулаторот и достапните механизми, во форма на моќност за балансирање заради ублажување на влијанието на испуштената енергија во системот.

Во контекст на регулаторните потешкотии за мрежните/системските оператори сами да имплементираат проекти за складирање, честопати се избира алтернативен модел, односно доделување сопственост и раководење на трета странка. Во овој модел, складиштето е во сопственост на учесник на пазарот. Складиштето обезбедува мрежни услуги според билатерален договор со операторите (ПСО/ДСО). Трошоците направени од страна на операторите се наплаќаат преку надоместоци за користење на мрежата. Операторот на складиштето го контролира складиштето, и може, во зависност од условите на договорот, потенцијално да ја комбинира мрежната услуга со комплементарни пазарни услуги. Ваквите проекти можат да бидат спроведени од страна на операторите (ПСО/ДСО) според тендерскиот модел "изгради и управувај" (Build and Operate) и веќе се имплементирани од страна на американската мрежа/оператори.

Колку поголем степен на слобода има операторот на складиштето, под договор за мрежната услуга, толку повеќе моделот 2а (види Табела 4) наликува на моделот 2б.

Табела 1.1: Европски примери за сопственост и функционирање на складишта од страна на операторите на системите за пренос

Во **Шпанија**, во моментот генерално нема конкретна законска основа за складиштата за електрична енергија и за употреба од страна на мрежните оператори. Единствен исклучок се пумпно-акумулационите хидроелектрични центри за кои законодавството има овластувања во специфични случаи на сопственост од страна на ПСО.

Ова се однесува на случајот PSP Chira-Soria (200MW, приближно 250 милиони евра за трошоци за изградба) лоциран на Канарските Острови, кој засега се снабдува со енергија од две конвенционални електрани. Развојот на овој проект беше даден на Endesa во 2011 година.

Откако Endesa започна со планирањето на проектот, настана спор околу очекуваниот регулиран профит од проектот и статусот за развој на проектот помеѓу регулаторот, регионалната влада и Endesa.

По понатамошните одложувања на проектот, беше воведен нов закон: пумпно-акумулационите хидроелектрични центри на шпанските острови и ексклави, може да бидат наменети на целите

за обезбедување сигурност во снабдувањето, безбедноста на системот и интеграција на непостојаните обновливи извори на енергија. Тие треба да бидат во сопственост на ПСО. Електраните, кои пред 01.03.2013 година биле во сопственост на некој оператор или биле планирани од страна на инвеститор, можат да бидат подредени на овие одредби со декрет на Министерството на енергетика.²⁰

Endesa се повика на некомпатабилноста со европското и националното законодавство и некомпатабилноста на преносот и производството на електрична енергија. И покрај противењата на Endesa, продажбата на проектот на REE во 2014 година, врз основа на декрет од Министерството за енергетика за префрлање на сопственоста, стави крај на тешкиот процес на преговарање на условите за пренос на средствата.²¹

Случајот Chira-Soria може да биде основа (план) за поставување на дополнителни хидро складишта со капацитет од 300 MW планирани на Канарските Острови.

Во **Италија**, мрежните оператори можат да градат и да работат со “мобилни” складишта за да обезбедат безбедност и оптимизација на системот. Правната основа ја предвидува можноста мрежниот оператор да предложи складиште во својот план за развој на мрежата, доколку се покаже дека складиштето има за цел подобро да се прилагоди на генерирање на енергија од непостојани извори во електроенергетската мрежа, притоа обезбедувајќи сигурност на системот. Складиштето мора да обезбеди сигурност на националниот енергетски систем и негово правилно функционирање, максимално искористување на обновливите извори на енергија и обезбедување на ресурси за услуги на испорачување. Исклучок се пумпно-акумулационите хидроелектрични центри.²²

Поматаму, регулаторот е должен да развие соодветни прописи со кои ќе се обезбеди соодветна компензација за инвестицијата на мрежниот оператор.²³ Финалните барања издадени од регулаторот појаснуваат дека сопственоста и раководењето на складиштето не се доделуваат само на преносниот оператор (ПСО), туку и на дистрибутивниот оператор (ДСО).²⁴

Како дел од неговата нова компанија, Terna Storage, италијанскиот електропреносен систем оператор (Terna) имплементираше разни проекти во јужниот дел на Италија и Сардинија. Во јужниот дел, системска интеграција на големи количини на енергија генерирана од ветерни електрани (подобро испорачување, намалување на ограничувањата, намалување на влијанието врз мрежата) е овозможена од неколку складишта со батерии. Во Сардинија, две складишта со батерии (околу 40 MW), обезбедуваат моќност за регулирање на фреквенцијата.

Во **Калифорнија** (САД), во споредба со ЕУ, не постојат барања за раздвојување на бизнисот за енергетска мрежа (сопственост и/или управување) и конкурентните сегменти, како што е снабдувањето на корисниците со електрична енергија. Како резултат на ова, снабдувањето со енергија и мрежните и операциските системи се комбинирани во големи вертикално интегрирани компании. Во отсуство на јасна регулатива за одвојување на бизнис гранките во овие компании, клучно е регулаторното одвојување на трошоците од придобивките за различните бизнис активности на овие вертикално интегрирани компании.

Специфично законодавство за складирање ги обврзува интегрираните компании да го зголемат

²⁰ Закон 17/2013 од 29 Октомври 2013, член 5

²¹ Аранжман IET / 728/2014 од 28.4.2014

²² Види “Бизнис модели за флексибилно производство и складирање”, PolicyReportPolicy Report, Декември 2015

²³ DECRETO LEGISLATIVO 3 marzo 2011, n. 28, Art. 17.3 und 17.4.

²⁴ DECRETO LEGISLATIVO 1° giugno 2011, n. 93. Art. 36, par. 3

ниво на пристап до капацитетот за складирање според одредена патека за распоредување преку набавка на моќност за складирање. Складиштата се разликуваат според нивото на приклучок, вклучувајќи складишта поврзани на преносната мрежа, дистрибутивната мрежа и/или на последното ниво, на ниво на краен корисник. На компаниите им е дозволено да задржат до 50% сопственост во сите проекти за складирање.

Складишта кои се (делумно) во сопственост на мрежниот оператор не смеат да продаваат енергија на пазарот. Други складишта кои се изградени и управувани од трета странка може да обезбедуваат специфично дефинирани мрежни/системски услуги на мрежниот оператор. Тие може да ја надополнат нивната примена во повеќекратна употреба и да го оптимизираат работењето, сè додека (примарната) мрежна услуга не е нарушена.

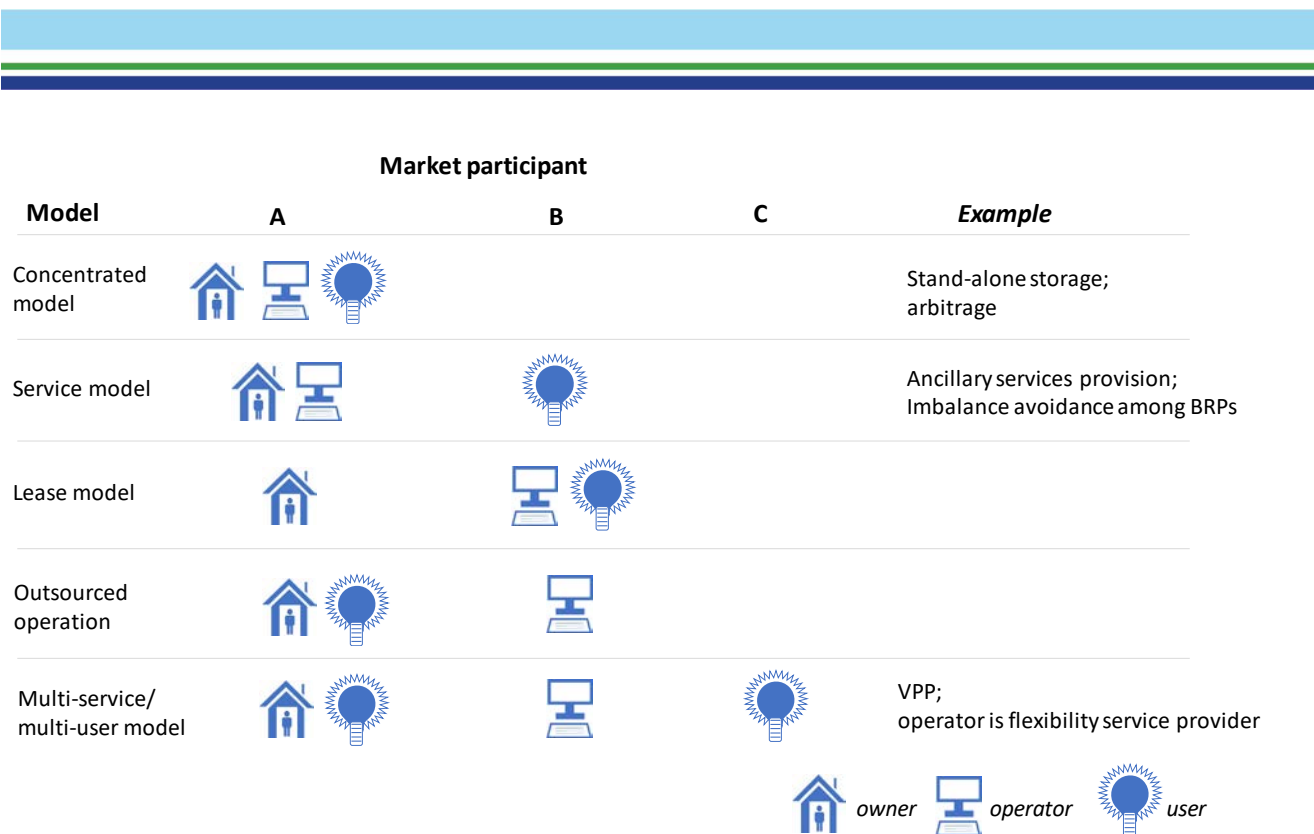
Извор: DNV GL analysis

Оперативни модели на складиштата за учесниците на пазарот

Оперативните модели на овие елементи(складиштата на енергија), меѓу другото, обично вклучуваат изградба, сопственост, оперативност и искористување (на флексибилноста).

Фокусирајќи се на постојаните функции и исклучувајќи ја изградбата, складиштата имаат сопственик, оператор и еден или повеќе корисници. Под корисник се мисли на учесник на пазарот кој ја користи флексибилноста на складиштето и се здобива со неговите придобивки, на пример учесник на пазарот кој обезбедува услуга од складиштето. Слика 17 дава неколку опции за комбинирање на овие улоги и дава примери каде се применуваат.

При набљудување на Слика 17, треба да се забележи дека не сите технологии на складирање се подобни или се изводливи со било кој од наведените модели. Во зависност од видот на складиштето и неговата примена, како и регулативната основа и пазарната средина, сопственикот на складиштето ќе го избере најсоодветниот организациски модел. Сепак, бидејќи складиштата (сè уште) имаат висок капитален трошок (CAPEX), оперативен трошок (OPEX) или и двете, тие имаат тенденција да комбинираат различни примени како би имале повеќе извори на приход, кои често пати вклучуваат различни корисници на флексибилноста на складиштето.



Слика 17: Илустрација на оперативни модели за складирање во однос на корисници на пазарот

Извор: DNV GL analysis

2.3.4 Приливи на приходи и економски придобивки од примени на складишта

Во принцип, обезбедувањето на начини на користење и услуги може да му овозможи на операторот или сопственикот на складиште една или повеќе монетарни придобивки. Придобивките може да бидат во вид на приход или заштеди во споредба со алтернативите на складиштето (алтернативен трошок).

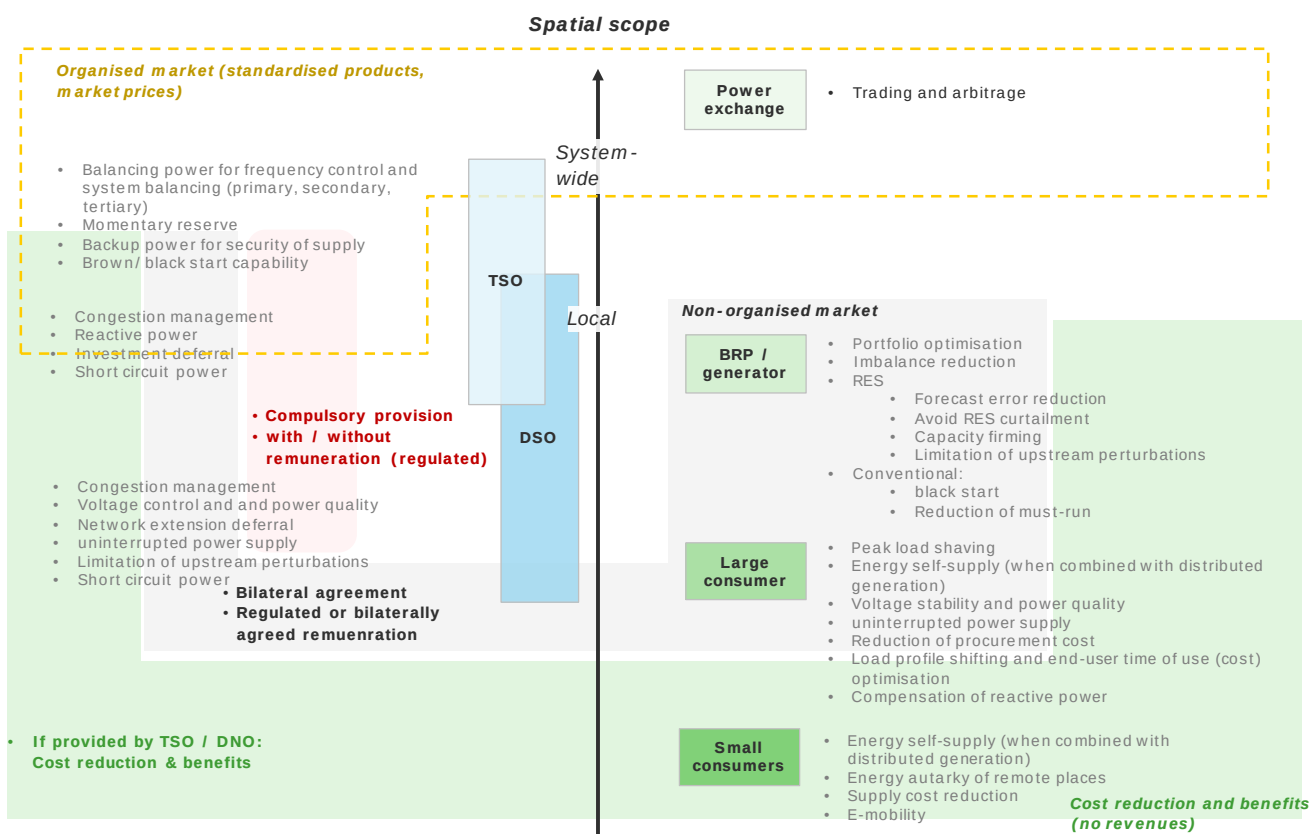
Приходите се генерираат кога услугите на складиштето се наплаќаат и се достапни за други корисници или учесници на пазарот. До придобивка се доаѓа доколку интересот на операторот на батерискиот систем и потенцијалниот корисник се совпаѓаат, па така складиштето претставува поевтина алтернатива за снабдување со електрична енергија. На пример, T&D складиштата можат да обезбедат системски услуги, па така да го заменат снабдувањето и обезбедувањето на помошни услуги и со тоа да ги избегнат инвестициите во инфраструктурата. Покрај тоа, складиштата може да се користат за одложување на инвестициите во зајакнување на мрежата. Во рацете на балансна одговорна страна (БОС) складиштето може да генерира приходи од тргување со големопродажба или со обезбедување на помошни услуги, или да ја намали цената за неурамнотеженоста на (БОС). Спротивно, мал потрошувач може да искористи складиште во комбинација со дистрибуираната произведена енергија за да замени голем дел од својата потрошувачка на енергија, која претходно ја купувал од снабдувач по повисока тарифа, со електрична енергија од сопствено генерирање.

Каде што примените служат на пазарот, тие произведуваат (пазарни) приходи или на организиран пазар или на неорганизиран пазар (врз основа на билатерален договор). На организираниот пазар, како пазарот на размена на енергија или пазарот за услуги за балансирање или регулација на

моќноста, пазарните цени се регулирани, и тие се основа за остварување приход за операторот на складиштето.

Во многу случаи, складиштата служат за потребите на сопственикот/операторот и не се користат за да обезбедат услуги за трета страна. Значи, не постои експлицитен приход за обезбедените услуги, но сопственикот/операторот штеди на трошоци и ужива други придобивки.

Врз основа на Слика 14 погоре, Слика 18 го илустрира спектарот на можни приливи на приходи според тип и корисник од примена на складишта.



Слика 18: Илустрација на приливите на приходи од примена за складишта

Извор: DNV GL analysis

Сликата покажува дека организираниите пазари, вклучувајќи ги и стандардизираниите производи и пазарните приходи за учесниците на пазарот, обично се достапни за трговија на пазарите за големопродажба на електрична енергија и за т.н. нелокациски помошни и системски услуги, како што се регулирање на фреквенција или резервна енергија за сигурност на снабдување.

За т.н. локациски услуги, доставени до електроенергетскиот систем и мрежните оператори од страна на складиштата, некогаш се достапни организирани пазари. Почесто, овие услуги ги обезбедуваат корисниците на системот според обврзувачки шеми или билатерални договори. Приходи може да нема, и регулирањето се спроведува преку тарифа или билатерални договори. Треба да се забележи дека обврзувачките (задолжителните) одредби, билатералните договори и организираниите пазари обично коегзистираат при набавувањето, но се применуваат за различни услуги.

Во случај системскиот/мрежниот оператор да се снабдува со услуги од сопствено складиште, го прави тоа за да ги намали трошоците и да го избегне високиот алтернативен трошок, на пример за ширење на мрежата. Ова соодветствува на T&D складиштата дискутирани погоре.

Кај складишта кои се користени од учесниците на пазарот, приходите се добиваат врз основа на билатерални договори, т.е. неорганизирани пазари, доколку услугата за складирање се нуди на трета страна. Постои широк спектар на услуги како што се балансирање на портфолиото за избегнување на дебаланси, кое се обезбедува за третите страни врз основа на билатерален договор, што ќе се исплати во зависност од билатералниот договор за услугата.

Ако флексибилноста на складиштето се користи од страна на сопственикот/операторот, истиот го прави тоа за да ги намали трошоците, создавајќи со тоа други неекономски придобивки или заради избегнување на висок алтернативен трошок.

Треба да се забележи дека за сите овие примени регулаторните одредби и ценовните/тарифните елементи (даноци и давачки) обезбедуваат стимулации кои често се клучни за бизнисот со енергетски складишта. Ова значи дека регулаторните стимулации се двигатели за сите примени за складиштата, вклучувајќи различните пазарни сегменти на пазарот за електрична енергија.

2.3.5 Улога, двигатели и локација на складиштата на електрична енергија во електроенергетскиот систем на Република Северна Македонија

Инсталираната моќност на хидроелектраните во Република Северна Македонија изнесува околу 1.2 GW кои се дистрибуирани на повеќе од десетина локации. Сепак, во моментот не постои реверзибилно складиште на електрична енергија, како што се пумпно-акумулационите хидроелектрични центри. Затоа, накратко ќе го прокоментираме потенцијалниот опсег на складишта за електрична енергија кои би можеле да се инсталираат во Република Северна Македонија и ќе извршиме преглед на двигателите, локациите и улогата на складиштата за електрична енергија во електроенергетскиот систем на Република Северна Македонија.

- Најпрво големите складишта на енергија како што се складиштата со компресиран воздух и пумпно-акумулационите хидроелектрични центри може да се инсталираат само доколку има соодветни геолошки услови. За складиштата со компресиран воздух, подземните системи за складирање на електрична енергија - пештери кои ќе се користат мора да бидат погодни за изработка на ваков погон. За пумпно-акумулационите складишта, геолошките предуслови треба да дозволат изградба на горен и долен резервоар, а притоа и самата притока да е соодветна за ваков тип на градба. Како резултат на тоа, потенцијалните локации за складишта со компресиран воздух и пумпно-акумулациони хидроелектрични центри директно зависат од природните ресурси и геолошката структура на разгледуваната држава. Претпоставуваме дека потенцијалот за градба на досега наведените технологии во Република Северна Македонија е добро проучен и познат. Покрај тоа, претпоставуваме дека потребата за градба на нови складишта од поголеми размери ја проучуваат МЕПСО и другите заинтересирани чинители во енергетскиот сектор на Република Северна Македонија.
- Дури и ако трошоците за P2G (енергија-во-гас) се намалат и оваа технологија стане комерцијално достапна по конкурентна цена, потребата од истата како и потенцијалните локации за инсталирање на оваа технологија ќе зависат достапноста на големи количини на

евтина енергија и/или од потенцијални начини на нејзино искористување. Притоа вреди да се разгледуваат две потенцијални можности за локација на ваквата технологија:

- о Најпрво P2G инсталациите може да бидат поставени близу до местата каде што има обновливи извори на енергија од интермитентна природа со голем инсталиран капацитет. На овој начин вишокот произведена енергија од обновливите извори ќе може да се складира со помош на P2G технологијата.
 - о Алтернативно, P2G технологијата може да се инсталира во близина на потрошувачите доколку истата е поставена со цел да снабдува одредена постројка со алтернативни горива за производство на топлинска енергија.
 - о Големината на P2G погонот и неговата локација зависи од расположливите ресурси и потребите на генераторскиот профил т.е. на конзумот.
- Инсталирањето на средни и големи батериски системи е во директна функционална зависност од потребата за зголемување на флексибилноста на електроенергетскиот систем или поради специфичните потреби на корисниците во системот. Притоа локацијата на батериите може да биде променета во зависност од потребите. Едновременно треба да се напомене дека батериските системи се скалабилни што значи дека почетниот инсталиран капацитет на одредена локација може да се надгради.

Доколку батерискиот систем се користи за давање на системски услуги, локациски ваквиот систем се поставува во најсоодветна локација за намената. За возврат, испораката на локациски услуги на операторите (ДСО или ПСО), како што е реактивната моќност или управувањето со загушувањето, го ограничува проектот на одредени локации и области. Сепак според денешните развојни планови може да се заклучи дека електроенергетскиот систем на Република Северна Македонија во следните децении ќе располага со доволни оперативни резерви на конвенционално производство на електрична енергија за балансирање на системот. Ова јасно го ограничува опсегот во кој батериските системи можат да се користат за обезбедување на балансни услуги на системот.

Батериите се поставуваат локациски блиску до генераторската постројка или потрошувачот кој има потреба од истите. Како пример за овој начин на поставување може да се земат малите ВЕЦ и СЕЦ.

- Како резултат на тоа, потребата и локацијата на батерискиот систем првенствено зависат од неговата примена. Батериите со мал капацитет може да се користат кај малите генераторски постројки и кај електричните возила.

Употребата на батерии во комбинација со дистрибуирано производство (Distributed Generation - DG) од мали размери има за цел да ги намали трошоците поврзани со потрошувачката на електрична енергија и самите корисници т.н. "просумери" (истовремено се производители и потрошувачи - prosumers) да ја намалат зависноста од системот за снабдување со електрична енергија. Инсталирањето на батериски системи на горенаведениот начин зависи од оперативните способности и цената на дистрибуираното производство како и од цената на батерискиот систем, можноста за остварување на профит на просумерите преку овие системи како и самата можност за инсталирање на обновливи извори. Притоа, распределбата на батериските системи ќе претставува груба функционална зависност од распространетоста на населението. Во случајот на соларните панели, клучно е нивото на изложеност на зрачење. Можноста за инсталирање на батериски системи ќе зависи од досега наведените параметри/ограничувања.

Зголемувањето на бројот на електрични возила зависи од потребата која за истите ќе се јави во иднина како во комерцијалниот така и во транспортниот сектор. Покрај тоа, вкупниот трошок за поседување на електрично возило, вклучувајќи ги капиталните трошоци (CAPEX) и оперативните трошоци (OPEX) во текот на работниот век на возилото, во споредба со цената на возилата што користат конвенционални и алтернативни горива, ќе биде клучен критериум за да се избере електрично возило наместо конвенционално. Електричните возила што би се користеле од индивидуи или во комерцијалниот сектор, генерално ќе бидат лоцирани до живеалиштата на луѓето. Во секторот за транспорт, електричните возила ќе се користат по главните транспортни патишта.

Во Табела 6 се сумирани клучните двигатели на технологиите за складирање.

Табела 6: Резиме на двигатели и потенцијални локации за складишта на електрична енергија во Северна Македонија

Технологија	Двигатели за ставање во употреба	Потенцијални локации
PSP, CAES	- Природни ресурси - PSP: количина на вода; разлика на висина на резервоарите - CAES: геолошки формации и можност за каверни - Побарувачка за големи складишта во електроенергетскиот систем	Ограничени на локации со погодни природни ресурси
P2X	- Достапност на природни ресурси (RES) - Побарувачка за складирање (големи) количини на RES енергија, или гас како (алтернативно) гориво	Две опции: - Блиску до области со висок продор на електрична енергија од ветер - Блиску до области со висока потрошувачка на гас (метан, водород)
Батерии (средни, големи)	- Значителна потреба за флексибилност во електроенергетскиот систем (помошни услуги) или на регионално/локално ниво - Специфична потреба на индивидуални корисници на мрежата (RES, големи индустриски потрошувачи) - Надградба на флексибилноста	- Променливи (системски услуги кон ПСО) - Инаку ограничени на специфични примени со локален фокус или специфични мрежни корисници
Батерии (средни, големи)	- Е-мобилност: Потреба од услуги за мобилност и трошоци за алтернативни/конвенционални технологии за поединци или во комерцијалниот/услужниот сектор и транспортниот сектор - DG-прикачена батерија: локален соларен PV потенцијал, тарифи за снабдување со електрична енергија во споредба со цената на DG + пакет за батериска технологија	Поттикнато од население Поттикнато од население

Извор: DNV GL analysis

3 СЕГАШНА СОСТОЈБА И ПРЕГЛЕД НА ЕЛЕКТРИЧНАТА МОБИЛНОСТ ВО ЕВРОПА

3.1 Видови на електрични возила и погон

Генерално, се разликуваат следниве електрично-базирани погонски технологии на електрични возила:

- Електрично возило со батериски систем (BEV)
- Хибридно електрично возило (HEV)
- Plug-in хибридно електрично возило (PHEV)
- Електрично возило со зголемен патен на опсег (REEV)
- Plug-in електрично возило (PEV)

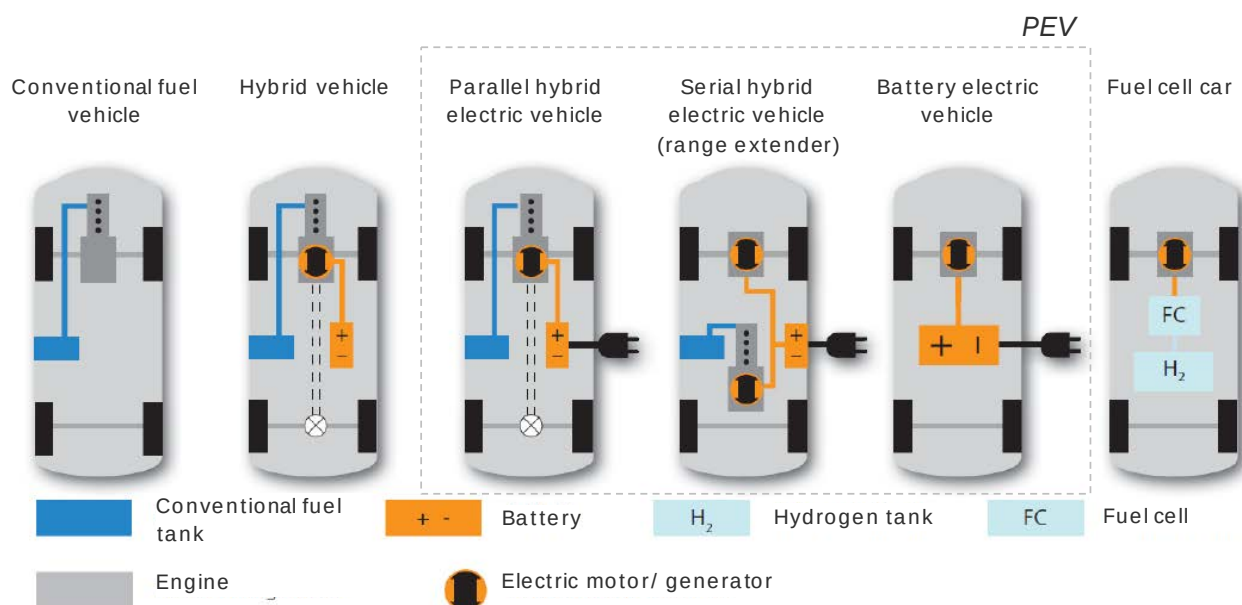
Електричните возила задвижувани од батериски систем се дефинираат како чисто електрични возила, односно кај нив погонската енергија произлегува од батерискиот систем. Ваквите возила не содржат мотор со внатрешно согорување, горивна ќелија, и резервоар за гориво. Денес, обично батериите на овие возила се полнат со plug-in полнач.

Хибридните електрични возила (најчесто) комбинираат резервоар за гориво и батериски систем. Тие обично својата батерија можат да ја полнат батеријата користејќи конвенционален погонски мотор со внатрешно согорување. Во зависност од технологијата, со која се карактеризира разгледуваното HEV согорувањето на конвенционалното гориво е делумно или целосно претворено во електрична енергија за напојување на електричните мотори и за полнење на батерискиот систем. Кај други хибридни возила, HEV задвижувањето е побудено од погон придвижен од конвенционалниот мотор, додека батериите во комбинација со електричен мотор додаваат на задвижувањето преку електричен погон.

PHEV и REEV претставуваат хибридни електрични возила кои едновременно користат електричен мотор и мотор на внатрешно согорување (Internal Combustion Engine - ICE). Притоа релативно малиот батериски систем е надополнет со конвенционален резервоар за гориво. Кај REEV возилата, конвенционалното гориво согорува и го задвижува електричниот мотор, т.е. електромоторот и моторот на внатрешно согорување се поврзани во со сериска врска додека електромоторот го задвижува возилото. Кај PHEV возилата, двата мотори работат паралелно, каде што конвенционалниот мотор го задвижува возилото. Кај овие технологии има присуство на приклучок (plug) за приклучување на електричната мрежа.

Поимот PEV се однесува на секое возило со мотор кое што има приклучок за полнење и за поврзување со електроенергетската мрежа, и со складираната електрична енергија во батерии кои се полнат, која го движи возилото или придонесува кон движење на тркалата. PEV е генеричен поим кој ги опфаќа BEV, PHEV и REEV технологиите, додека HEV технологиите не се опфатени поради тоа што истите неможат да се приклучат на електроенергетската мрежа.

Ова истражување се осврнува на BEV, PHEV и REEV технологиите, бидејќи овие возила можат да се приклучат на електроенергетската дистрибутивна мрежа. Терминот PEV ќе се користи како замена за сите наведени технологии - BEV, PHEV и REEV.



Слика 19: Концепти на возила

Извор: Strukturstudie BW^e mobil²⁵ (адаптирано)

3.2 Технологија за полнење, барања и стандарди

На кој начин PEV ќе се полни зависи од:

- Типот на струја кој е достапен (AC или DC струја)
- Инфраструктура за полнење, вклучувајќи ги видовите на приклучоци достапни кај возиолото и кај изворот на енергија како и кабелот/ режимот на полнење.
- Електрични параметри (струја, моќност) со кои се карактеризира инфраструктурата за полнење.

Наведените параметри не карактеризирани со директна меѓусебна поврзаност..

Најпрво за полнење на PEV се користи или наизменична струја (Alternative Current - AC) или еднонасочна струја (Direct Current - DC). Бидејќи електричната енергија во батериите се складира како DC, потребна е конверзија на AC струјата со која се напојува PEV од електроенергетската мрежа. При полнењето со AC струја, возилото мора да содржи исправувач како би го контролирал процесот на полнење.

ри полнење со AC струја, можно е полнењето да се изведе со еднофазен или трофазентрофазен приклучок, а моќноста на полначите за напојување обично е ограничена во опсег од 3-43 kW. На пример, во Германија полнењето со наизменична струја обезбедува бавно полнење на 3,7 kW (еднофазно), најмногу на 43 kW (трофазно) но и на разни други вредности на моќност во овој опсег (пример 7kW, 11kW, 22kW) кои се сепак во опсегот од 3,7 kW до 43 kW). Денес најчесто користено е бавното полнење кое најчесто е со моќност од 3.7 kW. Ваквите полначи карактеризирани со мала преносна моќност се карактеристични за напојните точки на домовите на корисниците на возилата.

²⁵ DLR, „Der Pkw-Markt bis 2040: Was das Auto von morgen antreibt“, Szenario-Analyse im Auftrag des Mineralölwirtschaftsverbandes; 2013



Кај полнењето со еднонасочна струја, полначот и исправувачот мора да бидат инсталирани кај самата инфраструктура, односно кај напојувањето. Сепак, и полначот и исправувачот се доволно флексибилни за поддршка на различни комбинации на енергетски нивоа обезбедени од пунктот за полнење (изразено во kW). Полнењето со еднонасочна енергија овозможува висока моќност на струјата при полнење и побрзо време на полнење.

Според Еврпската директива 2014/94/EU, “нормално” полнење се однесува на полнење со наизменична струја со моќност до 22 kW. Моќност на за полнење со повисока моќност, независно дали е со наизменична или еднонасочна струја до моќност од 43 kW, се дефинира како “брзо” полнење.

Покрај тоа, за полнење со наизменична струја и еднонасочна струја, достапни се разновидни инфраструктури, како кај возилото, така и кај напојната точка, како и различни начини на полнење. Кај возилото, приклучоците наведени подолу во Табела 7 обично се достапни во Европа; и обично постои еден од нив, а понекогаш два различни кај напојните станици.

Табела 7: Преглед и карактеристики на пристапи за полнење и типови приклучоци за полнење на PEV

Приклучок	AC / /DC	Објаснување
Type 2 ²⁶ (познат како Mennekes)	 AC	• Основен стандард за повеќето возила досега продадени во Европа • Ги полни батериите на електричните возила со моќност поголема од 3.7- до 43 kW (на пр.. 22 kW дома) со AC, или <35 kW со DC) • Полнењето зависи од националните стандарди.
CCS (Combined charging system) Combo2 ²⁷	 AC, DC	• Базиран на тип 2 (VDE) AC приклучок за полнење • CCS комбинира бавно или напредно AC полнење (со 43 kW) со DC брзо полнење. • Целосна компатибилност со SAE спецификацијата за DC полнење плус додатни пинови за да овозможат брзо DC DC полнење со 200–450 волти DC. • Моментално, повеќето CCS овозможуваат 50-100 kW, а исто така може да овозможат и 200 kW. Напредните CCS се очекува во иднина да овозможат полнење при 350 kW.
Chademo ("CHArge de MOve")	 DC	• Овозможува полнење со на високо напонска директна струја со , 50-62.5 kW, преку посебен електричен конектор (верзијата 2.0 овозможува за нивоа на моќност од 200 до 200-400 kW) • Обично се користат во Азија: за да се подобри компатабилноста со европската шема на полнење се обезбедува со Chademo/ Type 2 кабел за претворање или дополнителен Type 2 приклучок кај возилото и Type2 / /кабел за претворање за домашна употреба.
Tesla SC (Tesla Supercharger)	 (AC), DC	• Модифицирана верзија на Type 2 приклучокот • Кај станица посебна потреба за брзо DC полнење, достапни се до 135 kW. • Заштитен стандард за автомобили на Тесла, кој не е достапен за други автомобили

Извор: DNV GL analysis

Обично, електричните возила имаат надолна компатибилноста во смисла на тоа дека тие можат да се полнат на пониска моќност, се додека се користи истиот стандард. Често, возилата се компатибилни само со еден или неколку од стандардите споменати во Табела 7, но не со сите.

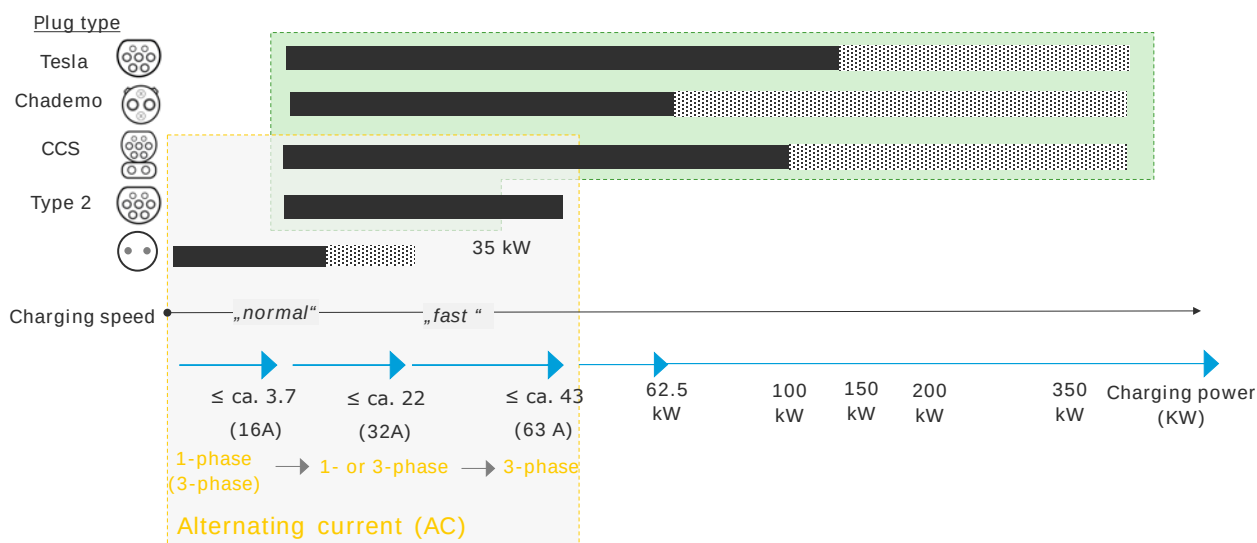
²⁶ Базирано на IEC 62196

²⁷ IEC 62196 Type 2 и DC

На местото за полнење може да се најдат различни видови на приклучоци. Точките за полнење може да содржат типични приклучоци што може да се најдат во домаќинствата или специјално дизајнирани сидни кутии и станици за полнење (кои обезбедуваат еден или повеќе стандарди за полнење). Приклучоците што се применуваат во домаќинствата исто така може да се најдат кај јавните станици за полнење. Овој метод на полнење е достапен за сите електрични возила.

Станиците за полнење може и не мора да бидат компатибилни со приклучокот на возилото, бидејќи не сите станици за полнење ги содржат сите стандарди.

Следниот график ги илустрира главните карактеристики на општите пристапи за полнење.



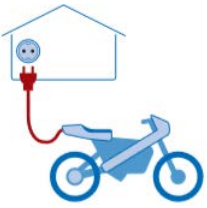
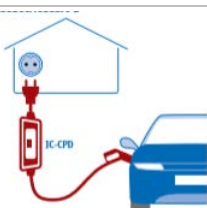
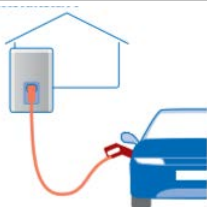
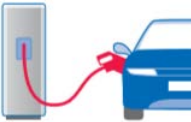
Слика 20: Преглед на за технологии / / пристапи за полнење, приклучоци и моќност на полнење

Извор: DNV GL

Кабелот за полнење може да биде обезбеден кај самата станица за полнење а возила може да обезбедат кабел за полнење, овозможувајќи ги следниве поставувања: конфигурации/можности

- A: кабелот како дел од опремата на PEV
- B: преносен кабел што ги поврзува PEV и станицата за полнење со 2 различни или 2 идентични приклучоци
- C: кабел интегриран во станицата за полнење

Освен тоа, полнењето се класифицира во четири различни режими кои ја дефинираат способноста на кабелот за полнење, безбедносните и информативните карактеристики дозволени или потребни, помеѓу автомобилот и изворот на енергија.

Мод 1 	• АС полнење (еднофазно или трофазно, до 16А) со обичен домашен приклучок или индустриски приклучок, користејќи обични приклучоци и кабли • Без комуникација помеѓу станицата за полнење и РЕV • Без интегрирана струјна заштита во кабелот за абнормалности на струјата • Ретко се користи, бидејќи е потребно да се штити преку струјна склопка инсталирана во домаќинството ("Residual Current Device") на местото за полнење (ретко достапно за потрошувачот) • Нема V2G (vehicle to grid) способност
Мод 2 	• АС полнење (еднофазно или трофазно, до 32А) со обичен домашен приклучок или индустриски приклучок, користејќи обични приклучоци и кабли • Интегриран уред "In Cable Control and Protection Device" (ICCPD) во кабелот за прекуструјна заштита од абнормалности на струјата • Можна е комуникација помеѓу станицата за полнење и РЕV • Нема можност за V2G способност
Мод 3 	• АС полнење (еднофазно или трофазно, до 63А) со специјален прикчуок и кабел и посебно изведен приклучок кој овозможува полнење при високо ниво на моќност • Интегриран ICCPD во станицата за полнење • Типе 2 приклучок • V2G способност
Мод 4 	• DC полнење со надворешен уред за полнење • Приклучоците за полнење зависат од станицата за полнење • Интегриран ICCPD во станицата за полнење • V2G способност

Слика 21: Преглед на модовите за полнење

Извор: VDE²⁸

²⁸ "Der Technische Leitfaden Ladeinfrastruktur Elektromobilität Ladeinfrastruktur Ladeinfrastruktur Elektromobilität", Верзија 2, 2016

За полнење на батеријата во конвенционален домашен или индустриски приклучок²⁹, најчесто се користи поврзувањето Мод 2. Комуникацијата и заштитата помеѓу возилото и приклучокот се обезбедуваат преку заштита која е поврзана помеѓу приклучокот на возилото и приклучокот на изворот на енергија (ICCB In-Cable Control Box). Кабелот, исто така, обезбедува два различни приклучоци за поврзување на приклучокот на PEV, со конвенционалниот домашен или индустриски приклучок. Начинот на поврзување, Мод 2, не предвидува никаква можност за V2G, додека сегашните и идните PEV може да се очекува да ги поддржат или Мод 3 или Мод 4. Од овие причини, на пример, германската индустриска асоцијација укажува да се користат врските од Мод 3 или Мод 4.

Третиот мод за полнење најчесто се користи за поврзување на електричното возило со станицата за полнење на јавно место за полнење или со домашните сидни полначи(кутии,,), или со сидни полначи(кутии) на работно место на корисникот на PEV. Во Европа, приклучокот Мод 2 е поставен како стандард.

Третиот и четвртиот мод за полнење бараат посебен приклучок, изведба на засебна електроенергетска мрежа и посебна опрема за полнење. Овие модови исто така имаат способност за V2G и можност за управување со оптоварувањето, додека првиот и вториот мод ја немаат таа можност.

Во рамките на долгорочниот процес на стандардизација на меѓународната сцена, ЕУ усвои посебна регулатива за развој на заедничка рамка за мерки за развивање на инфраструктурата за алтернативни горива. Директивата поставува минимални барања за изградба на инфраструктура за алтернативни горива, вклучувајќи и места за полнење на електрични возила. Таа мора да се спроведува во рамки на националната политика на земјите-членки, и помеѓу другото вклучува и заедничко стандардизирање на техничките спецификации.

Според Директивата, земјите-членки ќе обезбедат да бавните и брзите напојни точки за електрични возила ставени во употреба или реновирани од 18 ноември 2017 година до денес, ги исполнуваат барем следните технички спецификации:

- o Станиците за нормално АС полнење на електричните возила, кои се користат за нормално полнење или полнење со голема моќност, за интероперабилни цели, треба да бидат опремени барем со напојни приклучоци или приклучоци на возилата од Типе 2.³⁰
- o Станиците за полнење за моторни возила што обезбедуваат DC полнење со голема моќност, треба да бидат опремени барем со приклучоци од комбинираниот систем за полнење "Combo 2".³¹

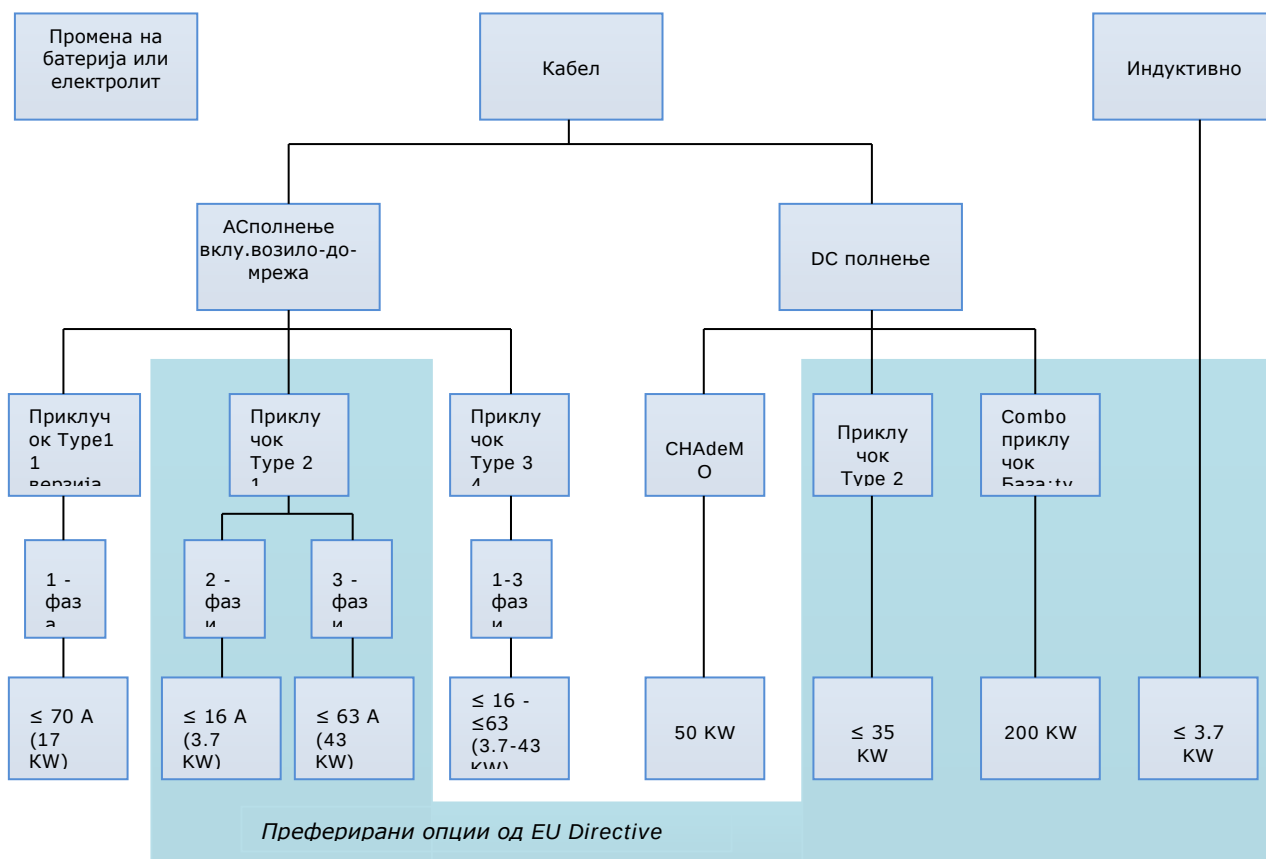
Како резултат на тоа, минималниот услов за јавните станици за полнење, бара сите напојни точки да ги содржат приклучоците од Типе 2 и Combo 2.

За полнење во домашни или приватни деловни места, таква стандардизација (сè уште) не е достапна.

²⁹ CEE штекери како, АС 1-фаза (blue phase) штекер, < 3.7 kW (230 V, 16A), 3-фаза (red phase) штекер, CEE16(<11kW, 400V, 16A), CEE32 (<22 kW, 400V, 32A)

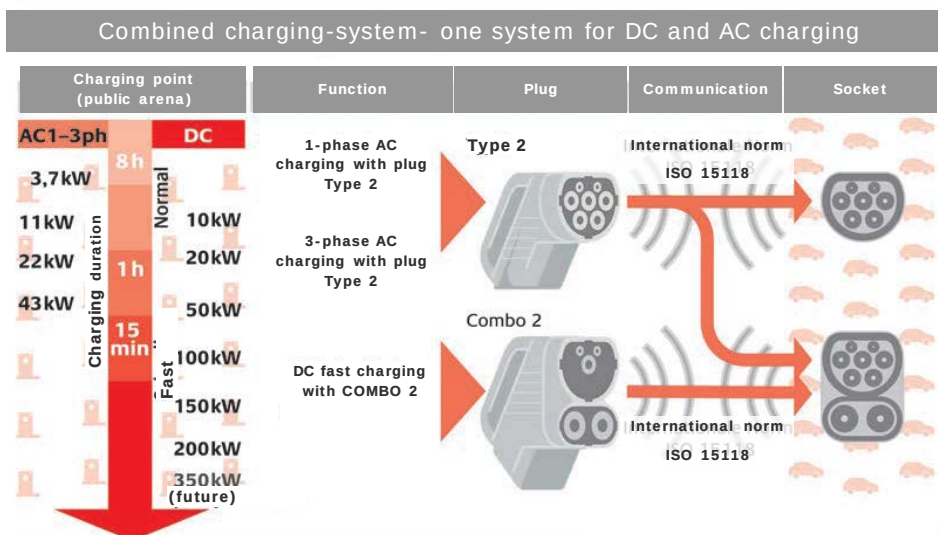
³⁰ Како што е опишано во стандард EN 62196-2

³¹ Како што е опишано во стандард EN 62196-3



Слика 22: Опции за инфраструктура за полнење и претпочитана опција според ЕУ Директивата 2014/94/ЕУ

Извор: според на German Standardisation Roadmap E-Mobility, 2014³²



Слика 23: Комбиниран систем за полнење (CCS) за Европа

Извор: Врз основа на Progress Report 2014 of the German National E-Mobility Platform³³

³² Deutsche Normungs-Roadmap Elektromobilität – Верзија 3.0, 2014, p. 69

3.3 Карактеристики на РЕV достапни денес

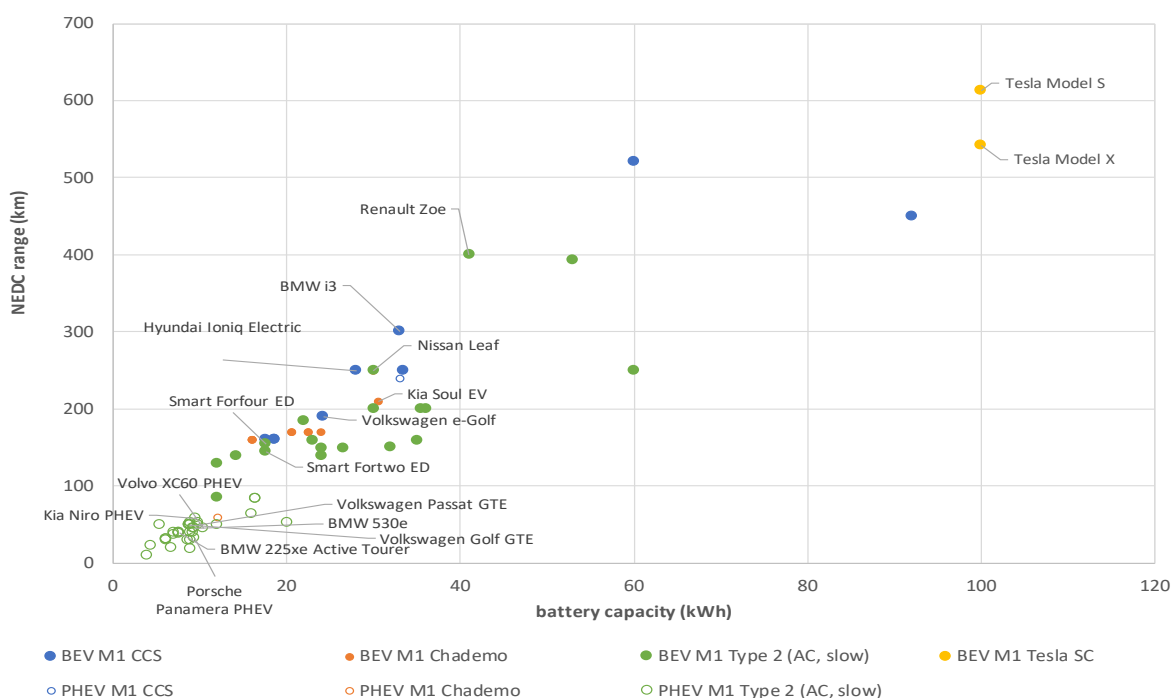
Батериите во РЕV имаат различни карактеристики кои се релевантни при проучувањето на влијанието врз електроенергетскиот систем и електроенергетската мрежата, вклучувајќи

- Капацитет на полнење и празнење при поврзување со мрежа, во kW
- Капацитет на батеријата (капацитет), во kWh

Слика 24 и Слика 25 графички репрезентираат информации за начинот на полнење, големината на батеријата (kWh) и потенцијалниот патен опсег на РЕV возилата што моментално се достапни на пазарот. Информациите за PHEV ги комбинира возилата REEV и PHEV (паралелни PHEV). За PHEV и REEV опсегот NEDC³⁴ се однесува исклучиво на капацитетот на батеријата, а не на т.е. во графички претставената карактеристика не е вклучено влијанието на конвенционалното гориво.

За возилата од прв мод (M1), не е за изненадување дека капацитетот на батеријата во BEV да е поголем отколку во кај PHEV, каде што истиот е ограничен на помалку од 20 kWh.

Што се однесува до технологијата за полнење, повеќето од достапните модели користат полначи од Тип 2 и кои овозможуваат бавно или брзо AC полнење (до 43 kW). Ова значи дека полнењето со Тип 2 е најзастапениот начин на полнење. Брзото полнење со DC моментално е ретко достапно кај повеќето автомобили, но во случај да е достапно, CCS и Chademo се најчесто понудените решенија.



Слика 24: Големината на батерија, NEDC опсег и технологија за (брзо) полнење на моментално достапни модели на РЕV M1(патнички автомобили)

Извор: DNV GL analysis, според податоци од EAFO

³³ Fortschrittsbericht 2014 – Bilanz der Marktvorbereitung; Nationale Plattform Elektromobilität; Слика.12

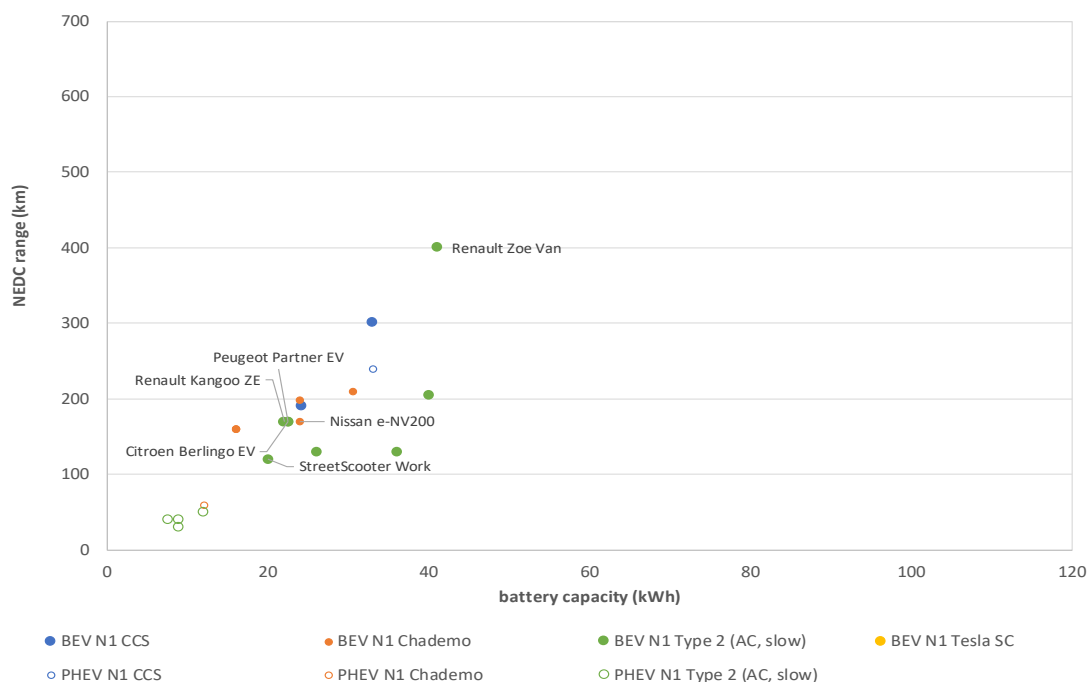
³⁴ NEDC- New European Driving Cycle

На пример, на Слика 24, се прикажани 10 возила во категориите PHEV и BEV кои се најпродавани на пазарот. Повеќето од овие возила користат бавно AC полнење на батериите. Спротивно на тоа, некои од најуспешните автомобили нудат брзо полнење (CCS или специфичен тип на полнење на Tesla). Најпопуларните возила ретко (во последно време) нудат Chademo приклучок за брзо полнење иако во последно време тоа се менува така што кај истите ваквиот приклучок е позастапен.

Покрај тоа, станува очигледно дека PEV кои може да се полнат со повисоки нивоа на моќност не мора да имаат голем батериски систем. Ваквите возила со зголемената моќноста за полнење имаат помала временска потреба за да ги наполнат батериите.

Многу возила се ограничени на големината на батеријата од 20 kWh, што честопати одговара на патен опсег до 150 km. Покрај тоа, повеќето од BEV имаат капацитет на батерии во опсег од 20-40 kWh, само неколку автомобили нудат поголем батериски капацитет. Батерискиот капацитет во опсег од 20-40 kWh одговара на патен опсег од 150-250 km. Оттука, повеќето автомобили нудат сооднос на големината на капацитетот со NEDC патниот опсег од околу 15 kWh/100 km, т.е. возилата теоретски трошат околу 15 kWh кога патуваат на растојание од 100 km. Сепак, често се пријавува и е докажано дека патните растојанија на NEDC се повеќе теоретски вредности и тешко се остваруваат во реалноста. Ова значи дека, во пракса потрошувачката на енергија на 100 km е поголема и патниот опсег на возилото е помал од NEDC вредностите прикажани на графикот.

Сликата 25 подолу опфаќа слични информации за N1 сегментот на автомобили, како што е прикажано на Слика 24 за M1. Иако нема разноликост на модели на возила достапни на пазарот споредбено со сегментот M1, и овде исто така полнењето со наизменична струја се изведува со приклучоци од Тип 2 кој доминира над брзото полнење кое се изведува со приклучоците (CCS и Chademo). Всушност, 6-те најпродавани и најпопуларни автомобили, кои сочинуваат повеќе од околу 85% од продадени автомобили, се BEV и истите користат Тип 2 AC полнење.



Слика 25: Големината на батерија, NEDC опсег и технологија за (брзо) полнење на моментално достапни модели на PEV N1 (лесни комерцијални возила)

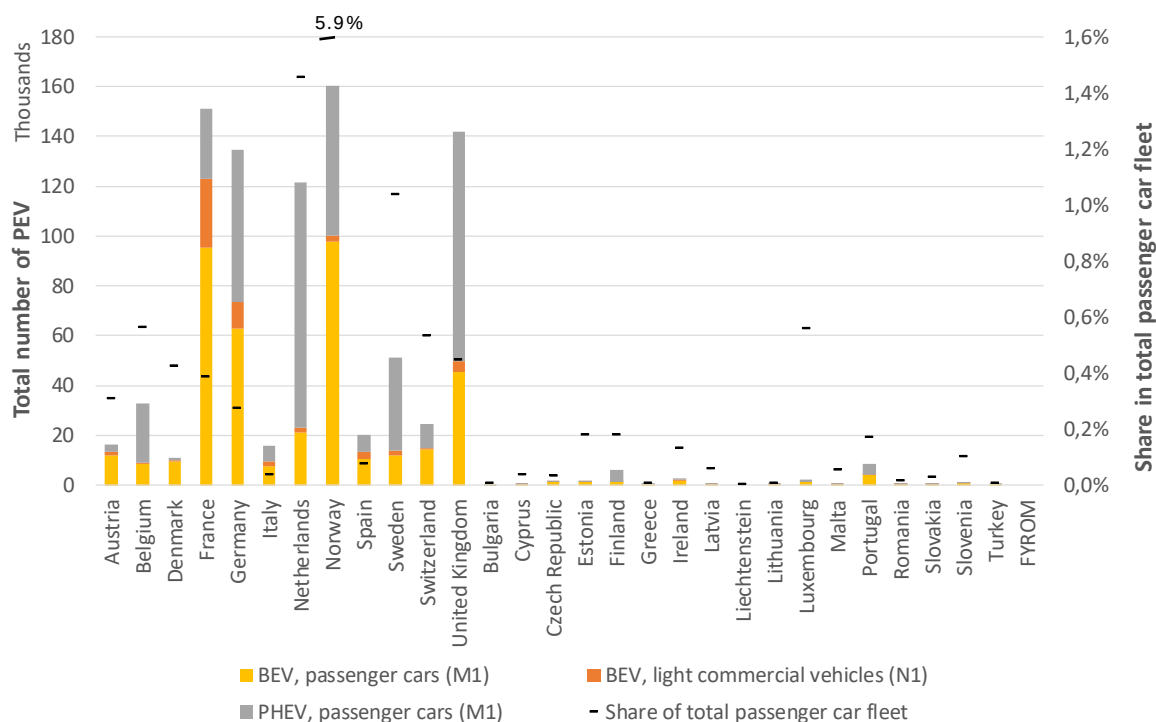
Извор: DNV GL analysis

3.4 Пазарно пробивање на PEV

На Сликата 26 подолу е прикажан тековниот број на PHEV и BEV во 28 европски земји од крајот на 2017 година, вклучувајќи патнички автомобили (M1) и лесни комерцијални возила (N1). Според тоа, возилата се концентрирани во неколку западни и северно европски земји. Денес, растот на вкупниот број на PEV се одвива во Франција, Германија, Холандија, Обединетото Кралство (Велика Британија) и Шведска, каде што бројот на возила е во опсег од 50.000-150.000 автомобили, вклучувајќи ги сите категории. Сепак, други земји со значително пробивање на PEV се исто така Австрија, Белгија, Данска, Италија и Шпанија, со вкупен број на возила од 18.000 до 35.000. Во сите други земји, ширењето на PEV е сè уште многу ограничено и не надминува 10.000 автомобили (Португалија како главна PEV "населена" земја).

Не е изненадувачки дека возилата за превоз на патници доминираат над лесните комерцијални возила речиси насекаде.

Сепак, учеството на автомобили купени по категорија варира од држава до држава. Во Франција, засега најголем број на регистрирани возила се BEV, додека во другите држави PHEV имаат најмалку удел од околу 40% (како во Италија, Шпанија, Германија) или претставуваат доминантна PEV технологија (како во Холандија, Шведска, Велика Британија, Белгија).



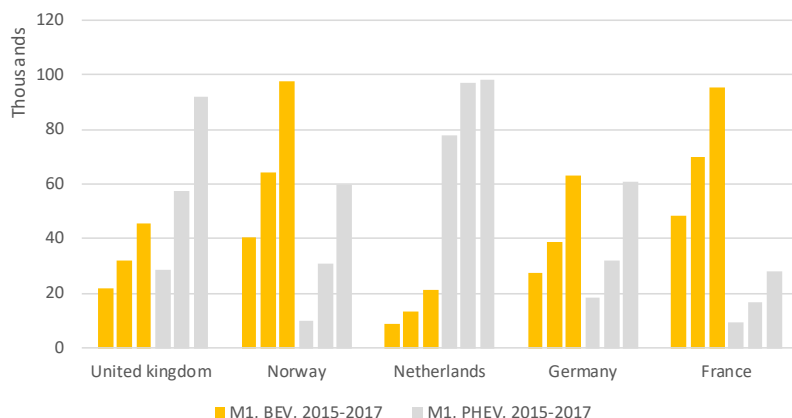
Слика 26: Вкупен број и релативен дел на регистрирани PEV по држави во Европа

Извор: DNV GL analysis graph, базиранио на eafo.eu и податоци од Eurostat data

Кога ќе се спореди со вкупниот број на патнички возила, сликата изгледа малку поинаква. Норвешка е единствената земја каде пробивањето на PEV може да се смета за забележително, со зафатнина од околу 6% од вкупниот број на возила кои постојат во Норвешка денес. Во Холандија и Шведска, како лидери по бројот на PEV, моментално достапните PEV возила сочинуваат повеќе од 1% од сите патнички возила што се користат во земјата. Во други земји, дури и во земјите лидери

бројот на регистрирани возила, делот на PEV се уште не е повеќе од околу 0,3-0,6%. Луксембург веќе постигнал висок удел на EV (0,6%), во споредба со останатите држави.

Следниот графикон се однесува за државите со брзо растечки број на регистрирани PEV (само од M1) за последните 3 години. Додека во Франција и во Норвешка EV растат побрзо од PHEV, во Холандија и Велика Британија тоа е спротивно. Во Германија, двата сегмента се зголемија со споредливи стапки.

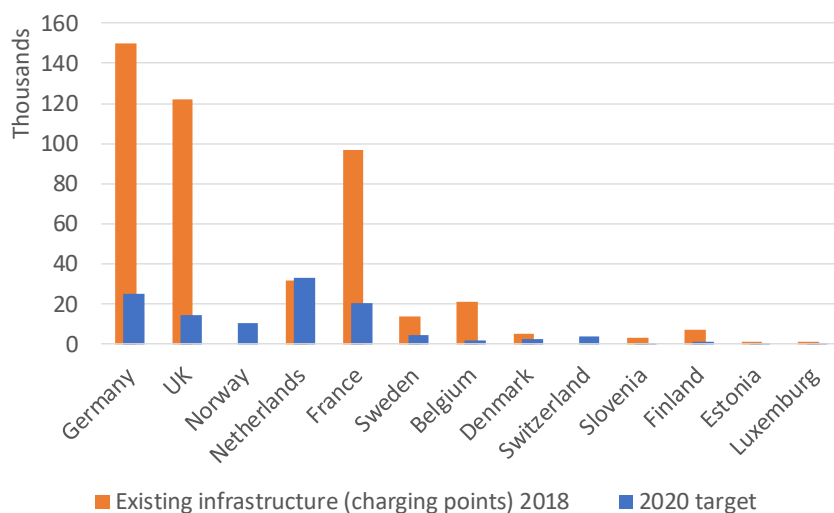


Слика 27: Годишни бројки за регистрација на електрични возила и PHEV во одбрани земји за 2015-2017

Извор: DNV GL analysis, според податоци од EAFO

3.5 Достапност на јавна инфраструктура за полнење

На следниот график е направена споредба на целите за развој на националните јавни инфраструктури за полнење до 2020, усвоени во 2013, со бројот на станици за полнење инсталирани до крајот на 2017. Може да се забележи дека некои држави заостануваат во постигнувањето на своите цели иако најверојатно истите навремено ќе ги постигнат.

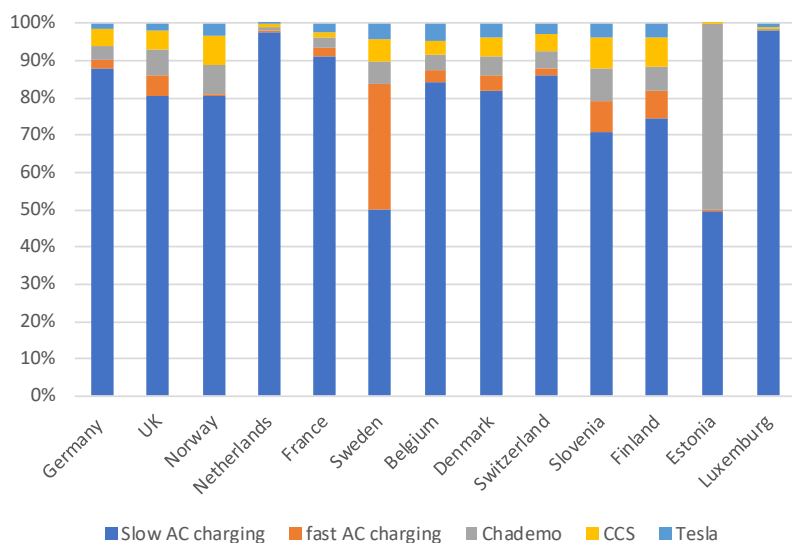


Слика 28: Постигнување на целите за развој на јавна инфраструктура за полнење за 2020 година во државите во ЕУ

Извор: Европска Комисија, Брисел, 24 Јануари 2018

Следната слика ја прикажува структурата на инфраструктурата за полнење која моментално е достапна во дел од европските држави (за средината на 2018 година). Освен Шведска и Финска, каде што станиците за брзо полнење се барем еквивалентно застапени како станиците за бавно полнење со наизменична струја, во сите други држави бавното полнење со наизменична струја доминира над другите технологии.

Покрај тоа, очигледно е дека некои држави се поуспешни во имплементирањето на станици за брзо полнење. Притоа Германија, Луксембург, Холандија и Франција заостануваат во однос на Словенија, Норвешка, Естонија, Финска и Велика Британија кои како држави нудат повеќе станици за брзо полнење.

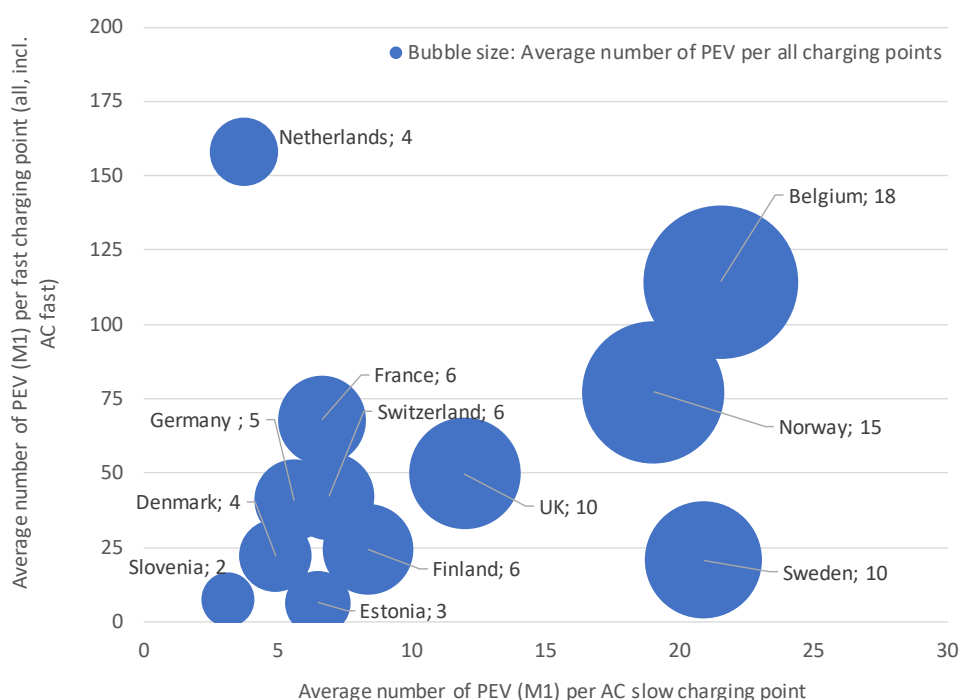


Слика 29: Инфраструктура за полнење на PEV достапна во различни држави во Европа

Извор: DNV GL analysis, график базиран на податоци од EA

На Сликата 30 подолу го е прикажан просечниот број на PEV по станици за бавно AC полнење (x-оска), станици за брзо полнење (y-оската) и сите станици за полнење во различни држави (големината на плавите кругови).

Повеќето од државите предвидуваат приближно 5-10 автомобили по станица за полнење, не земајќи го во предвид видот на станицата за полнење. Белгија и Норвешка, обезбедуваат станица за полнење на околу 15 електрични возила. Имајќи предвид дека овие држави се меѓу државите со динамичен раст на е-мобилноста, тоа значи дека темпото на зголемување на бројот на автомобилите го надминува темпото на развојот на инфраструктурата (споредбено со останатите држави).



Слика 30: Просечен број на PEV по јавна станица за полнење во различни држави

Извор: DNV GL analysis, график базиран на податоци од EAFO

3.6 Влијание на PEV врз животната средина

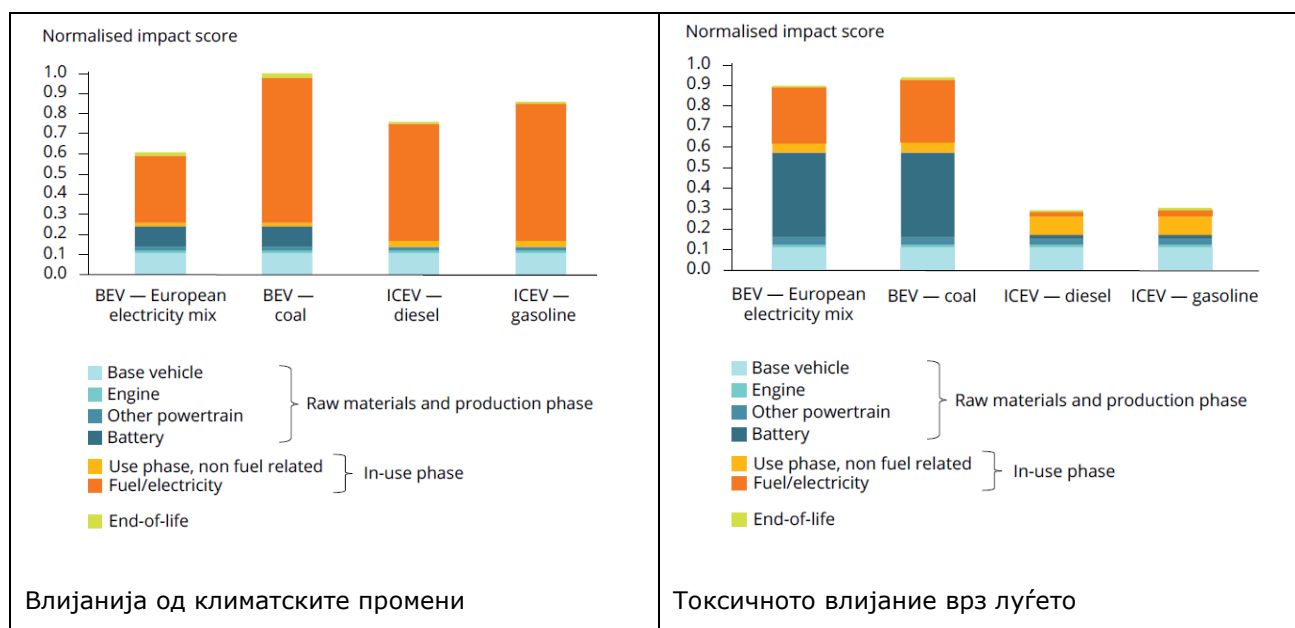
Клучен аргумент за зголемената употреба на PEV е очекувањето за значително намалени емисии на јаглероден диоксид, па со тоа и намалување на влијанието на возилата на климатските промени, споредбено со конвенционалните возила. Притоа едновременно постојат и тврдeња дека PEV може дури и да ги зголемат емисиите на јаглероден диоксид, поради загадувањето со јаглероден диоксид за време на производството на самите PEV и како резултат на емисиите на јаглероден диоксид предизвикани од производството на електрична енергија со конвенционални технологии.

За да се процени влијанието на електричните возила нана Слика 31 се презентирани дел од резултатите од неодамнешната студија на Европската агенција за животна средина (EEA). Според левиот дел на дијаграмот на Слика 31, влијанието на загадувањето со јаглероден диоксид од BEV споредбено со возилата со внатрешно согорување (Internal combustion vehicles, ICE) зависи од:

- Иницијалното загадување при производството на BEV, кое е значајно повисоко од загадувањето при производството на ICE, каде што главната разлика се јавува при процесот на производство на батерискиот систем.
- Од слични причини, т.н. "end-of-life" влијанието на BEV е повисоко отколку за ICE, но останува речиси занемарливо во пропорција со вкупното животно влијание. Влијанието на животната средина на BEV е поголемо споредбено со влијанието на животната средина на ICE на крајот на работниот век на возилата.
- Емисијата на јаглерод диоксид од BEVs зависи од композицијата на генераторскиот профил на државата која се разгледува. Притоа BEVs би загадувале значително помалку од ICE доколку имаме генераторски профил како во некоја енергетски развиена европска земја, но

BEVs би загадувале повеќе од ICE ако генераторскиот профил е базиран на традиционален енергетски микс што може да се види на Слика 31.

Со оглед на високиот процент на учество на термоелектрични центри на јаглен и лигнит на територијата на Западен Балкан за очекување е дека PEV ќе допринесат за зголемување на емисиите на јаглерод диоксид во Република Северна Македонија. Доколку се зголеми употребата на обновливи извори на електрична енергија, а едновременно се намали електричната енергија произведена од термоелектрични, за очекување е дека електричните возила ќе загадуваат помалку од оние на внатрешно согорување.



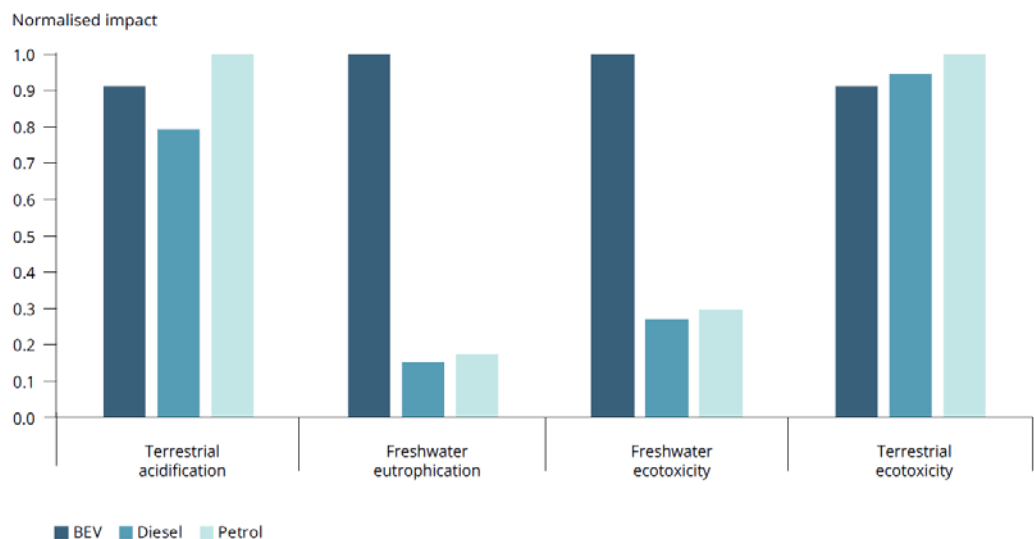
Слика 31: Влијанието на климатски промени и токсичноста на BEV во однос на ICE

Извор: Европска агенција за животна средина. Електрични возила од перспектива на циркуларна економија, TERM 2018: Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) report. EEA Report No 13/2018. Copenhagen. 2018. pp. 57 -- 58

На десната страна на Слика 31 е претставена графичка зависност на токсичното влијание врз луѓето од страна на електричните возила. Притоа BEV се покажале како значително полоши од ICE како за време на фазата на производство производството така и за времето на нивната употреба. Во производната фаза зголемувањето на загадувањето е поврзано со производството на батериските батериските батериските системи. Меѓутоа, според Европската агенција за животна средина користењето на BEV предизвикува поголемо карактеризирано со загадување на животната средина токсично влијание поврзано со производството на електрична енергија. Како што е покажано на Слика 32, користењето на електрични возила влијае и на загадувањето на резервите на питка вода што е поврзано директно со големиот број на термоелектрични центри.

Притоа исто така вреди да се напоменат и предизвиците со отстранувањето на батериите како отпадна материја. Зголеменото користење на PEV во иднина ќе допринесе за поголемо процентуално учество на батериите во отпадните материји. Доколку батериите не се рециклираат истите можат да допринесат за значителни негативни влијанија на животната средина но според прогнозите на EEA ваквото влијание е ограничено што воедно е прикажано на Слика 31. Всушност, производството на нови батериски системи најмногу допринесува до севкупното загадување и на

нивото на токсични влијанија на луѓето. Во иднина рециклирањето на батериските системи од PEV ќе биде се позначајно.



Note: Normalised impacts for each impact category are expressed as a proportion of the largest total impact. For BEVs, data for a LiNMC battery have been used. BEVs are assumed to be charged with the average EU electricity mix in 2013. See footnote 8 or source reference for further details.

Слика 32: Споредба на влијанијата врз животната средина кои произлегуваат од фазата на користење на BEV и дизел и бензинските мотори во четири категории на влијание

Извор: Европска агенција за животна средина. Електрични возила од перспектива на циркуларна економија, TERM 2018: Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) report. EEA Report No 13/2018. Copenhagen. 2018. p. 36

3.7 Влијание на финансиски и немонетарни стимулации

На Слика 33 е даден преглед на механизмите за поддршка на PEV во одредени држави во 2015 година, врз основа на неодамнешната студија на Меѓународната агенција за енергетика (International Energy Agency - IEA). Како што се гледа од табелата, различни држави користат прилично широк спектар на разноразни инструменти и шеми за поттик на користење на PEV. Сепак, тие можат да бидат групирани во следните три категории:

- Финансиски стимулации, кои понатаму можат да бидат диференцирани како стимулации за купување и употреба на PEV
- Немонетарни стимулации за корисници на PEV, и
- Примена на стандарди за намалувањена намалување на влијанието од издувните гасови.

Последната категорија се однесува на производителите на автомобили, а не на сопствениците, и затоа може да се смета за помалку релевантна за целта на оваа студија. Спротивно на ова, првите две групи се исклучително важни.

	EV purchase incentives				EV use and circulation incentives				Waivers on access restrictions			Tailpipe emissions standards		Market share of electric cars in 2015
	Rebates at registration/sale	Sales tax exemptions (excl. VAT)	VAT exemptions	Tax credits	Circulation tax exemptions	Waivers on fees (e.g. tolls, parking, ferries)	Electricity supply reductions/exemptions	Tax credits (company cars)	Access to bus lanes	Access to HOV lanes	Access to restricted traffic zones	Fuel economy standards/regulations including elements	Road vehicles tailpipe pollutant emissions standards	
Canada													Tier 2	0.4%
China													China 5	1.0%
Denmark													Euro 6	2.2%
France													Euro 6	1.2%
Germany													Euro 6	0.7%
India													Bharat 3	0.1%
Italy													Euro 6	0.1%
Japan													JPN 2009	0.6%
Netherlands													Euro 6	9.7%
Norway													Euro 6	23.3%
Portugal													Euro 6	0.7%
South Korea													Kor 3	0.2%
Spain													Euro 6	0.2%
Sweden													Euro 6	2.4%
United Kingdom													Euro 6	1.0%
United States													Tier 2	0.7%

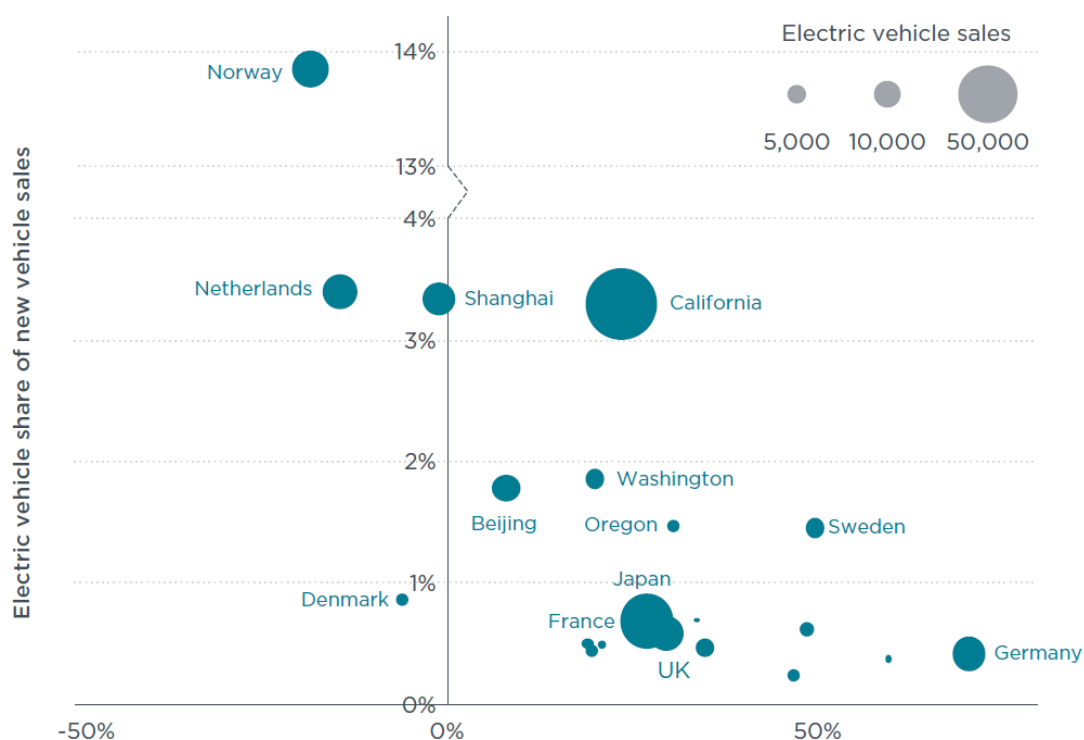
Legend:	No policy
	Targeted policy **
	Widespread policy***
	Nationwide policy
	General fuel economy standard, indirectly favouring EV deployment
	Euro 6
	Pollutant emissions standard in place in 2015

Слика 33: Механизми за поддршка за зголемување на користењето на електрични возила во одбрани земји во 2015 година

Извор: OECD/IEA, Global EV outlook 2016, p. 13

Постојат значителни анегдотски докази за важноста на немонетарните стимулации за успехот на PEV. Во Норвешка, со отстранувањето на патарините во главниот град Осло и можноста сопствениците на PEV да ги користат автобуските ленти значително се зголеми бројот на PEV. Ова укажува дека немонетарните стимулации можат да играат голема улога за стимулирање на употребата и развојот на PEV. Според Слика 34 станува јасно дека тоа не е така. Поконкретно, оваа табела покажува јасна (негативна) корелација помеѓу релативната цена на електричните возила и нивниот удел во продажбата на автомобили. Со други зборови, Слика 34 покажува дека успехот на PEV е силно поврзан со нивната цена во однос на конвенционалните возила и дека електричните возила генерално се поуспешни во земјите каде што цените на PEV се слични или дури и пониски од конвенционалните автомобили со мотори со внатрешно согорување.

Спротивно на тоа, многу е тешко да се идентификува релација со достапноста на инфраструктурата за полнење како што е прикажано во делот 3.5 погоре. Спротивно на тоа, може да се забележи дека пробивањето на електричните возила во Норвешка е побрзо од проширувањето на инфраструктурата за полнење, така што развојот на инфраструктурата и не може да се смета за двигател на развојот/употребата на PEV.

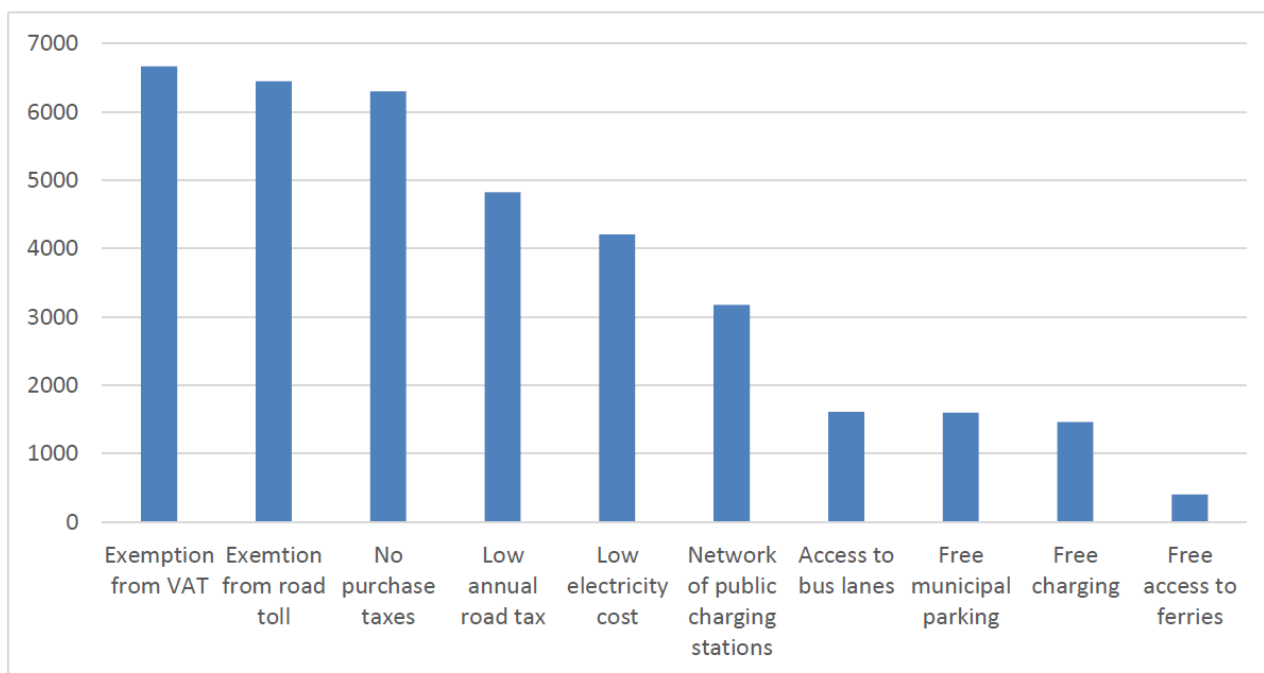


Слика 34: Удел на електричните возила во продажбата на нови возила и просечна разлика во цената за електрични возила во споредба со конвенционалните возила

Забелешка: Цена на електрични возила во споредба со конвенционалните возила (вклучувајќи малопродажна цена, поттици, даноци, такси)

Извор: ICCT, International Council on Clean Transportation. PRINCIPLES FOR EFFECTIVE ELECTRIC VEHICLE INCENTIVE DESIGN. White Paper. June 2016, p. 27

Она што е интересно е тоа што ваквите забелешки се потврдуваат со земање во предвид на дополнителни информации од искуствата во Норвешка. Графикот на Слика 35 дава резиме за тоа кои се најважните двигатели за користење на електричните возила, врз основа на анкета направена со норвешките сопственици на електрични возила. Табелата покажува дека петте најважни поттици се од финансиска природа, додека достапноста на инфраструктурата за полнење била спомната од помалку од 50% од анкетираниите сопственици. Всушност, истражувањето покажало дека повеќе од 40% од купувачите на PEV првенствено биле заинтересирани да заштедат пари при купување на ново возило.. Со оглед на тоа што ова истражување имплицитно било фокусирано на луѓе што купуваат технологија веднаш штом таа ќе стане достапна, луѓе кои честопати се подготвени да платат повеќе, може да се очекува дека финансискиот поттик ќе биде од поголема важност за подоцнежено пробивање на електричните возила како зрела технологија на пазарот, а секако и за купувачите од помалку богати земји, како Северна Македонија.



Слика 35: Најважни стимулации за електрични возила според сопственици од Норвешка

Извор: Lorentzen, E., Haugneland, P., Bu, P. and E. Hauge. Charging infrastructure experiences in Norway - the worlds most advanced EV market. EVS30 Symposium Stuttgart, Germany, October 9 - 11, 2017. P. 9

3.8 Резиме и перспектива

Секторот за е-мобилност веројатно во иднина ќе се разликува од каков е истиот денес. На база на следните аспекти и опсервации може да се изведат одредени заклучоци за иднината на овој сектор. Следниве аспекти и набљудувања даваат одредена перспектива.

Инфраструктура на станици за полнење

- Во зависност од регионот на примена, а посебно во урбаните/градските региони, постигнат е сооднос од околу 10 возила на станица за полнење. Достигнувањето на овој сооднос е индикатор дека корисниците на електрични возила можат скоро инстантно да ги наполнат своите возила. Имајќи го ова во предвид и имајќи во предвид дека бројот на електрични возила не се зголемува, може да се заклучи дека други фактори допринесуваат кон проблемот како што се: цената на електричните возила, опремата и практичноста на PEV како и пристапноста кон станиците за полнење.

Сепак, проширувањето на јавната и/или приватната инфраструктура за полнење е фокусирана во густо населените региони, додека руралните региони се занемарени. Значи токму во руралните региони се потребни дополнителни инвестиции.

Едновременно постојат и урбани области каде користењето на PEV е зголемено (поради директната финансиска поддршка и индиректни стимулации, како што се високите цени и

даноците за конвенционално гориво), додека темпото на зголемување на бројот на јавни места за полнење не бележи еднаков развој како на пример во Осло.

- Најновите истражувања сугерираат дека денешните возачи на PEV сакаат примарна точка за полнење да биде нивниот дом. Поради ограничените можности за брзо полнење во домовите на корисниците како и самиот трошок за инсталирање на ваквите полначи, моќноста за полнење во домовите најверојатно ќе биде ограничена на моќноста на спорите полначи.

Покрај тоа, ова укажува дека регулативата во секторот за домување треба дополнително да се измени и со истата да се дозволи имплементација на повеќе станици за полнење, особено во станбените објекти. Во спротивно, прифаќањето и имплементацијата на електричните возила може да се одложи или да се забави.

- Изградбата на инфраструктура за полнење во приватниот сектор е овозможено со помош на новата Директива на ЕУ од 30 мај 2018 година³⁵, која усвојува неколку одредби за инсталирање/имплементација на инфраструктура за полнење во нови и реновирани објекти (резиденцијални и нерезиденцијални):
 - о Нерезиденцијални објекти (нови или реновирани во моментот)
 - со повеќе од десет паркинг места: треба да бидат опремени со:
 - најмалку со една станица за полнење, и
 - каналска инфраструктура, имено канали за кабли најмалку по еден на пет паркинг места за подоцнежна изградба на станици за полнење на електрични возила³⁶
 - со повеќе од дваесет паркинг места, земјите-членки треба да ги исполнат барањата за инсталирање на минимален број на станици за полнење, до 1 јануари 2025
 - објектите во сопственост и кои се користат од мали и средни претпријатија може да бидат изземени од овие одредби
 - о Резиденцијални објекти (нови или реновирани во моментот): кога има повеќе од десет паркинг места, потребно е да се инсталира каналска инфраструктура, имено канали за електрични кабли, за секој паркинг простор за да се овозможи инсталирање на станици за полнење во подоцнежна фаза³⁷.
 - о сите (горенаведени) објекти:
 - одредени категории на објекти можат да бидат изземени, на пример кога трошоците за инсталации на станици за полнење и каналска инфраструктура надминуваат 7% од вкупните трошоци за реновирање на објектот
 - Земјите-членки ќе обезбедат мерки со цел да се поедностави градбата на станиците за полнење и да се адресираат можните регулаторни

³⁵ Директива на (ЕУ) 2018/844 на ЕВРОПСКИОТ ПАРЛАМЕНТ И НА СОВЕТОТ ги дополнува Директива 2010/31/ЕУ за енергетскиот перформанс на објекти и Директива 2012/27/ЕУ за енергетска ефикасност

³⁶ Паркингот за автомобили е или лоциран внатре или физички блиску до зградата. За поголеми реновации мерките за реновација ги вклучуваат паркингот или електричната инфраструктура на зградата

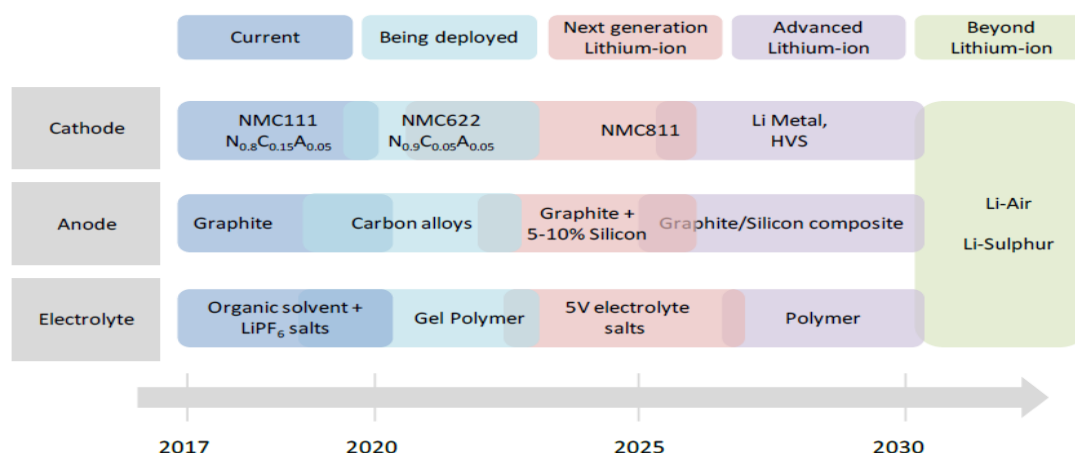
³⁷ Паркингот за автомобили е или лоциран внатре или физички блиску до зградата. За поголеми реновации мерките за реновација ги вклучуваат паркингот или електричната инфраструктура на зградата

бариири/препреки, вклучувајќи процедури за издавање дозволи и одобрување, без да е во спротивност со правото на сопственост и закуп на земјите-членки.

- Во многу региони, јавните претпријатија, мрежните оператори и независните инфраструктурни оператори сметаат дека станиците за полнење се ветувачки бизнис и во истиот инвестираат. Освен тоа, загриженоста за регионалните разлики во тарифите за набавка кои можат да влијаат на возачот на PEV при возење во различни области се ублажуваат со договори за отворен пристап до станици за полнење и роаминг договори за финансиска компензација за наплатената енергија. Сепак, бизнисот на станиците за полнење се уште е залог за иднината, бидејќи не е рентабилен со оглед на ниското ниво на прифаќање на PEV и малиот патен опсег.

Пробивање на PEV и технологија

- Може да се претпостави дека повеќето држави нема да ги исполнат своите амбициозни цели за пробивање на PEV до 2020 година и покрај спроведувањето на програмите за економска поддршка. Ова може да се објасни на повеќе начини како на пример, недоволната моментална способност на PEV да ги задоволи техничките потреби на корисниците (оперативен опсег, време на полнење и сл.), ограничениот или скап пристап до јавните станици за полнење, трошоците за купување и трошоците во текот на животниот век на автомобилите итн.
- Два технолошки тренда се актуелни во моментот: Првиот тренд е истражувањето на батериите со цел да им се прошири патниот опсег на возила (капацитет) и способноста да имаат поголема инсталирана моќност. Вториот тренд опфаќа зголемување на бројот на станици за брзо полнење кои ќе бидат инсталирани во јавната мрежа, вклучувајќи и станици за полнење долж меѓуградските и меѓународните патишта, за да се овозможи брзо полнење за време на патувања на долги релации.
- Сепак, можноста за брзо полнење на електричните возила во една развиена мрежа на полначи како и големо присуство на PEV возила не мора да се појави едновременно иако е можно да постои таква зависност. Од денешна гледна точка, не е јасно која технологија за складирање ќе биде доминантна во иднина. Веројатно е дека литиум-јонската технологија, технологијата која преовладува денес, ќе биде заменета со некоја нова технологија на батериски системи во одреден момент, или пред или по 2030 година.



Слика 36: Очекувања на Меѓународната агенција за енергија (IEA) за временската рамка за комерцијализација на различни батериски технологии

Извор: IEA Global EV Outlook 2018

Покрај тоа, возилата со погон на батерии може да бидат надополнети со други технологии, вклучувајќи:

- o Алтернативни горива и технологии, како горивни ќелии и водород, итн.
- o Хибридни системи, комбинирајќи батерии и други технологии
- o Алтернативни технологии за полнење, како технологијата на индукција

На пример, може да се забележи дека денешните товарни возила се опремени со алтернативни горива/технологии или со хибридни системи. Хибридните системи комбинираат предности на различни технологии и ги компензираат нивните недостатоци. Горивата, технологиите за складирање како и технологиите за полнење се избрани и се прилагодени според специфичните потреби и предизвиците на конкретно разгледуваната транспортна задача, како и според локалните услови (комбинација од кратки и долги патувања), употребата и достапноста на патната инфраструктура, тежина што треба да се носи, итн.

- Се уште постојат разлики во стандардите за полнење што се користат во различни географски области (на пример, Азија) и преферирани начини на изработка на полначи од страна на производителите на автомобили. Покрај тоа, веројатно ќе постојат повеќе типови на автомобили (понови и постари) кои ќе се разликуваат во технологијата за полнење и стапките на моќност што ги поддржуваат. Затоа јавната инфраструктура за полнење, особено кога служи на различни модели на автомобили, ќе треба да биде приспособена за различни пристапи и приклучоци за полнење. Регулативата на ЕУ бара барем сите јавни места за полнење да поддржуваат полнење од Type 2/Combo 2. Денес, овој хибриден пристап е често избран за бизнис модел од страна на операторите на инфраструктурата за полнење.

Покрај тоа, реалистично е да се претпостави дека различните системи, вклучувајќи го типот на складирање, типот на гориво и технологијата за полнење, најверојатно ќе коегзистираат, особено кога се разгледуваат товарниот транспорт, приватниот и јавниот патнички превоз, малите комерцијални возила и како и возила за превоз за сопствени потреби..

4 ПРЕТПОСТАВКИ ЗА ПРОУЧУВАЊЕ НА ВЛИЈАНИЕТО НА Е-МОБИЛНОСТА ВРЗ МАКЕДОНСКИОТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИ СИСТЕМ

Во овој дел се е даден краток преглед прикажани на клучните претпоставки и извори на податоци кои се користат за да се изработи соодветен пакет на влезни податоци за PEV кои ќе се користат при пазарното моделирање на истите. Пазарниот модел соодветно ќе се користи и соодветно ќе се факторизира за со истиот да се пресмета краткорочното и долгорочното влијание на PEV врз македонскиот електроенергетски систем и пазарот на електрична енергија. Опфатени се следните области:

- Сценарија за развој на PEV во тек на следните две децении, вклучувајќи ја и нивната регионална дистрибуција
- Претпоставки за PEV, вклучувајќи шаблони модели на нивна употреба
- Вметнување на регионални статистички информации кон јазли во пазарниот модел
- Стратегија за полнење на електричните возила

4.1 Сценарија за развој на Е-мобилност во Република Северна Македонија

4.1.1 Развој на PEV со поглед до 2040 година

Оваа студија се потпира на две сценарија за развој на пробивањето на PEV во следните 20 години:

- конзервативно сценарио на пораст, и
- оптимистичко сценарио на пораст

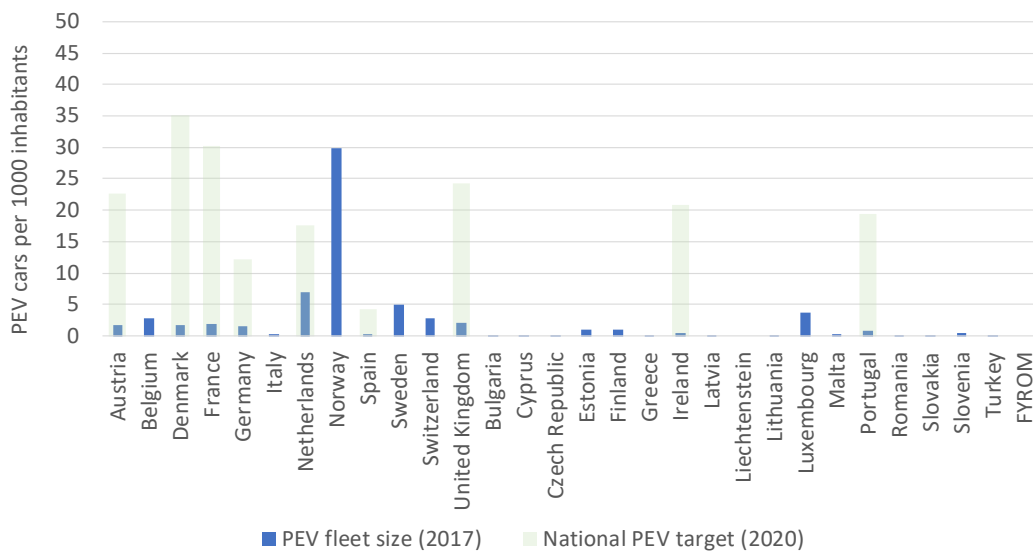
За да ги добиеме сценаријата за раст на електричните возила во Република Северна Македонија, ги разгледуваме постоечките сценарија за Република Северна Македонија и ги проценуваме во однос на сегашниот и очекуваниот раст на е-мобилноста во други земји. Мора да забележиме дека не сме информирани за националната стратегија и целите за PEV во Република Северна Македонија.

Слика 37 подолу го прикажува моменталното пробивање на PEV во европските земји, како и националните цели за број на PEV возила до 2020 година, изразена како вкупен број на возила во однос на 1000 жители. Може да се забележи дека дури и амбициозните планови на развиените земји не се реализирани т.е. овие земји заостануваат зад своите цели за 2020 година. На пример, Германија има цел од да постигне бројка од еден милион електрични возила до 2020 година. Ова претставува околу 12 возила на 1000 жители, додека денес ваквиот сооднос е околу 1,5 возила на 1000 жители.

Прогнозираните националните цели за зголемување на бројот на PEV раст, може да се претпостави дека најверојатно нема да се постигнат пред, а и по 2025 година.

Повеќето држави обезбедуваат значителна финансиска и индиректна поддршка за купувачите на електрични возила. Во Република Северна Македонија, владата во моментот врши компензација од 1.000 евра при купување на PHEV, додека за BEV компензира до 5000 евра. Сепак,

претпоставуваме дека развојот на електрични возила во Република Северна Македонија ќе заостанува во споредба со развиените земји, како одраз на економската разлика помеѓу Република Северна Македонија и економски развиените земји во однос на БДП (Бруто Домашен Производ) и просечниот приход на едно семејство. Потенцијалното опаѓање на трошоците поврзани со батериите и батериските системи на електричните возила како и на самите електрични возила, ќе овозможи нивен поголем раст. Во Република Северна Македонија би можело да се забележи поголем и побрз раст во иднина.



Слика 37: Пробивање на електричните возила во европските земји, како и национални цели за број на PEV до 2020 година, во возила на 1000 жители

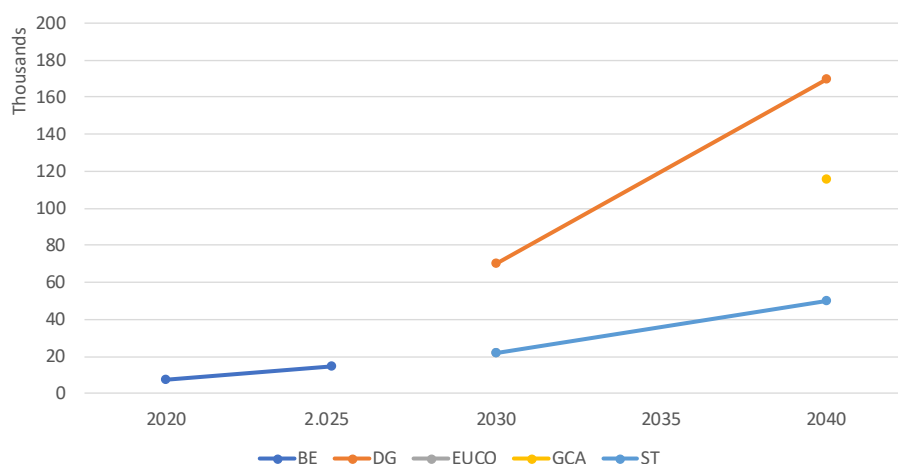
Извор: DNV GL analysis, податоци од EFAO, Eurostat and IEA ("Global EV Outlook 2016")

На Слика 38 се прикажани различните сценарија за развој на електрични возила според ENTSO-E во Република Северна Македонија до 2040 година³⁸. Сценаријата се: Најдобра проценка (BE), Одржлива транзиција (ST), Глобална климатска акција (GCA), климатските и енергетските цели на Европската Комисија за 2030 година (EUCO)³⁹, дистрибуирано производство (DG). Се истакнуваат следниве две сценарија:

- Во DG сценариото, вкупниот број на електрични возила расте до 70.000 за 2030 година и до 170,000 за 2040 година; кое како сценарио е доста оптимистично.
- Во ST сценариото, бројот на електрични возила расте умерено и со постојана стапка до 50.000 PEV возила во 2040 година.

³⁸ Види TYNDP Види TYNDP

³⁹ Како што е усогласено од страна на Европскиот Совет во 2014 година



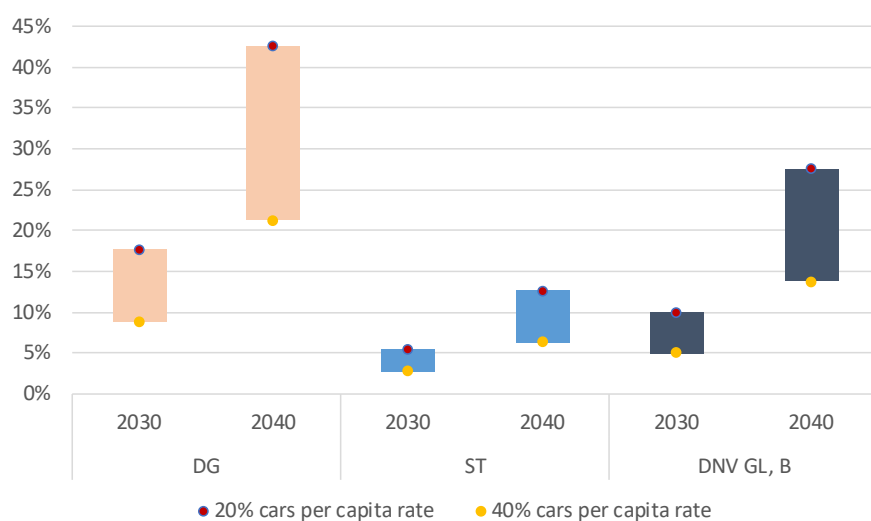
Слика 38: Проекции на ENTSO-E за PEV во Република Северна Македонија, во вкупен број на возила

Извор: ENTSO-E

На следниот график се илустрирани резултатите од прогнозите според различните сценарија за раст на PEV, споредувајќи го вкупниот претпоставен број на PEV во 2030 и 2040 година со вкупниот број на возила (вклучувајќи ги и конвенционалните). Претпоставениот вкупен број на PEV во 2030 и 2040 година е поделен со вкупниот прогнозиран број на возила за разгледуваната година во Република Северна Македонија. Додека денес стапката на возила по глава на жител се движи околу 20%, претпоставуваме дека таа во иднина ќе биде во опсег од 20%-50% до 2030 и 2040 година. Се претпоставува дека бројот на жители ќе остане константен т.е. бројот на жители ќе изнесува два милиони.

Според DG сценариото на ENTSO-E тоа би значело дека секој четврти т.е. секое второ возило ќе биде PEV до 2040 година, во зависност од тоа дали стапката на возила по глава на жител е 40% или 20%. Сценариото ST за разлика од сценариото DG е многу поконзервативно, според ова сценарио од вкупниот број на возила, околу 7-13% ќе бидат PEV.

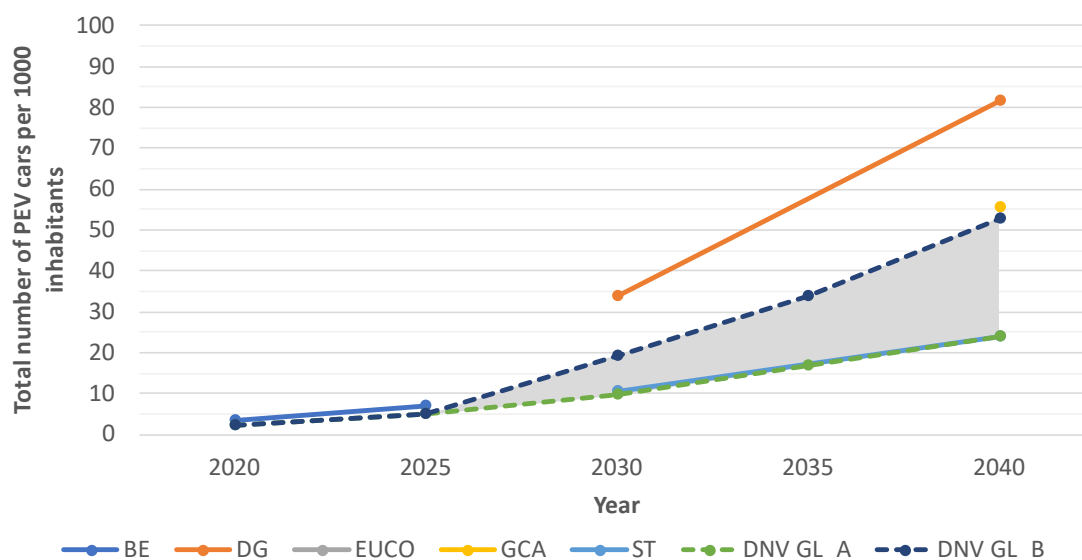
Сценариото GCA е со претпоставка дека секое седмо т.е. четврто возило ќе биде PEV во зависност од стапката на возила по глава на жител.



Слика 39: Проекции на ENTSO-E и DNV GL за PEV во Република Северна Македонија, како дел на PEV во однос на вкупниот променлив број на возила (конвенционално и алтернативно гориво)

Извор: DNV GL analysis graph, ENTSO-E data

Врз основа на веќе кажаното, предлагаме во оваа студија да ги разгледаме сценаријата за PEV прикажани на Слика 40. Во сценаријата бројот на PEV е дефиниран на 1000 жители. Ваквите графици се добиени споредувајќи ги графичите за бројот на електрични возила според ENTSO-E во однос на националните цели за раст на бројот на електрични возила до 2020/2025 година во останатите европски земји.



Слика 40: Проекции на ENTSO-E и DNV GL за електрични возила во Република Северна Македонија, во PEV на 1000 жители

Извор: DNV GL analysis

Сценариото А е скоро идентично со ST-сценариото на ENTSO-E. Тоа значи дека Република Северна Македонија очекува да има околу 10 PEV на 1000 жители до 2030 година, а 24 PEV до 2040 година. Со други зборови, Република Северна Македонија ќе ги оствари целите на Германија за 2020-2025 година со задоцнување од 5 години (до 2030 година), додека пак во 2040 ќе има исто пробивање на PEV какво што се очекува да имаат развиените европски земји до 2025 година (како што се Австрија, Франција, Велика Британија, Ирска и Португалија).

Сценариото Б е попрогресивно и истото претпоставува дека ќе има 35 PEV на 1000 жители во Република Северна Македонија во 2030 година и околу 53 PEV на 1000 жители во 2040 година. За 2040 година, тоа приближно одговара на прогнозите на ENTSO-E GCA. Со ова сценарио буквално се претпоставува дека Република Северна Македонија ќе има исто (високо) пробивање на PEV до 2035 година, какво што би постигнале поамбициозните европски земји до 2020-2025 година. Ова значи дека би имало временско заостанување од околу 10 години во споредба со поамбициозните земји. Сепак, во ова сценарио Република Северна Македонија ќе има слично имплементационо темпо на EV со многу други европски држави.

4.1.2 Распределба на PEV по региони

Во секое сценарио, вкупниот број на PEV (годишно) ќе биде распределен по региони во Република Северна Македонија. За да го дефинираме бројот на PEV по регион, се разгледуваат следните параметри (види Анекс I):

- Популација
- БДП и приходи
- Возила
- Туризам

Овие параметри се анализираат за да се провери дали истите може да послужат како индикатор за идната распределба на PEV по региони. За периодот од 2007 година до 2016 година постојат конзистентни статистички податоци додека за време на изработката на студијата не беа достапни статистички прогнози за следните една до две децении.

Причината зошто се разгледува ефектот на туризмот на електричната мрежа е претпоставката дека во некои региони периодично има зголемен број на туристи. Поради ова е можно да има забележителен пораст на населението, поради привремени посетители(туристи) и значително зголемување на бројот на PEV споредбено со PEV кои би ги користело локалното население.

Предложена регионална поделба според PEV сценарио

Во Табела 8 се прикажани неколку потенцијални поделби на региони, растот на бројот на PEV според бројот на жители, БДП како и бројот на возила по глава на жител во 2016 година. Може да се забележи дека разликата помеѓу Скопскиот регион и останатите региони е релативно голема во однос на категориите население и возила по глава на жител, додека разликата е помалку изразена во однос на БДП и просечната нето-плата.

Табела 8: Регионални индикатори за Северна Македонија

	Население	БДП	Просечна месечна плата	Возила по глава на жител
Вардарски регион	7%	15%	11%	6%
Источен регион	8%	13%	11%	8%
Југозападен регион	11%	11%	13%	10%
Југоисточен регион	8%	16%	11%	7%
Пелагонски регион	11%	13%	13%	12%
Полог	15%	6%	14%	10%
Северноисточен регион	8%	8%	11%	7%
Скопски регион	30%	19%	17%	39%

Извор: DNV GL analysis, базирано на податоци од Заводот за статистика на Република Северна Македонија

Бидејќи не постои јасна слика за историските и идните двигатели за регионалниот развој на PEV, како компромисен параметар ја користиме густината на населението од 2016 година. Во отсуство на проекции за бројот на населението по региони, претпоставуваме дека денешната регионална распределба останува константна. Според ова, во Скопскиот регион ќе се јават 30% вкупниот број на PEV во секоја разгледувана година, независно од сценариото.

Со примена на сегашната поделба на населението на проектираниот развој на PEV се добиваат вредностите прикажани во Табела 9.

Табела 9: Регионалниот пораст на бројот на PEV, како одраз на сегашната дистрибуција на населението

	Сценарио 1			Сценарио 2		
	2025	2030	2040	2025	2030	2040
Вардарски регион	736	1,471	3,679	1,471	2,207	7,357
Источен регион	850	1,700	4,250	1,700	2,550	8,500
Југозападен регион	1,060	2,119	5,298	2,119	3,179	10,597
Југоисточен регион	837	1,674	4,184	1,674	2,511	8,369
Пелагонски регион	1,109	2,218	5,546	2,218	3,327	11,091
Полог	1,547	3,094	7,736	3,094	4,641	15,471
Северноисточен регион	850	1,699	4,248	1,699	2,549	8,495
Скопски регион	3,012	6,024	15,060	6,024	9,036	30,119

Извор: DNV GL analysis, базирано на податоци од Заводот за статистика на Република Северна Македонија

Улогата на туризмот

Според нашиот преглед на нивото на туризам во споредба со постојаното население покажува дека особено Скопскиот, Југозападниот и Југоисточниот регион се посетени од значителен број туристи

(домашни и странски) во текот на целата година. Всушност, постои потенцијал за туризам што би предизвикал зголемена употреба на PEV во Скопје. Во другите два региони, особено во летниот период, има голем број на посетители во споредба со постојаното население, што исто така укажува на висок потенцијал за дополнителна употреба на PEV за туристички цели во летната сезона (со претпоставка дека секторот за изнајмување возила е активен).

Доколку месецот во кој има најмногу туристи се земе како показател за дополнителниот број на PEV што би биле на располагање на посетителите, бројот на PEV за трите региони во Табела 9 би се зголемил што е прикажано во Табела 10. Моќноста генерирана од зголеменото присуство на PEV ќе биде во опсег од 1 до 160 MW, во зависност од годината, сценариото, регионот и претпоставената моќност за полнење.

Табела 10: Потребa за PEV потицната од туризмот за трите региони по година

	Сценарио 1			Сценарио 2		
	2025	2030	2040	2025	2030	2040
Југозападен регион	317	634	1585	634	951	3170
Југоисточен регион	215	431	1077	431	646	2154
Скопски регион	142	284	710	284	426	1421
Збир	674	1349	3372	1349	2023	6745
Дополнителна енергија од сите возила						
- Претпоставено 3.7 KW//возило						
o Југозападен регион	1	2	6	2	4	12
o Југоисточен регион	1	2	4	2	2	8
o Скопски регион	1	1	3	1	2	5
- Претпоставено 50 KW / /возило						
o Југозападен регион	16	32	79	32	48	158
o Југоисточен регион	11	22	54	22	32	108
o Скопски регион	7	14	36	14	21	71

Извор: DNV GL analysis, базирано на податоци од Заводот за статистика на Република Северна Македонија

Сепак, треба да се напомене дека вредностите во Табела 10 се премногу оптимистични во поглед на влијанието на туризмот врз оптоварувањето на системот поради зголеменото присуство на PEV..

- Се претпоставува едно дополнително PEV по посетител кој го посетува регионот, во месецот кој се карактеризира со најмногу туристички посети . Реално, односот на изнајмени возила по посетител ќе биде многу помал.
- Според претпоставените вредности во Табела 10 не се прави разлика помеѓу странските и домашните посетители и се претпоставува дека секој од туристите ќе изнајми PEV. Оваа претпоставка е нереална, бидејќи треба да се претпостави дека домашните туристи најверојатно нема да имаат потреба да изнајмат PEV и ќе го користат своето сопствено возило.

- Дополнително високото оддавање или апсорбција на енергија поради зголеменото присуство на PEV се базира на претпоставката за можноста за брзо полнење (на пример со 50 kW инфраструктура за полнење), чија градба е земена во предвид како проект кој ќе се имплементира од страна на дистрибутивен систем оператор (ДСО) во Република Северна Македонија.

Сепак, со претпоставување на помала стапка на изнајмување на PEV по посетител, се намалува и релевантноста на туризмот во зголемувањето на вкупниот број на PEV.

На пример доколку 10% од посетителите изнајмат PEV во тој случај процентуалното учество на PEV од 30% во разгледуваниот период би опаднало на околу 3% во Југозападниот и Југоисточниот регион.. Ова значително го намалува влијанието што дополнителните PEV го имаат врз системот, како на пример за обезбедување на енергија за балансирање.(помал број на возила допринесува да има помалку енергија на располагање за обезбедување на балансни услуги) Последователно според моменталните податоци за туризмот во Република Северна Македонија можеме да заклучиме дека туризмот не би претставувал двигател на растот на бројот на PEV. Ова би било разбирливо за многу оптимистички претпоставки за достапност на брзо полнење и стапка на PEV по турист за 2040 година. Туризмот може да се смета како значаен двигател на растот на бројот на PEV во Република Северна Македонија само во 2040 година, доколку се земе во предвид оптимистично сценарио за развој на мрежата за полнење составена од брзи полначи и висока стапка на изнајмување на возила од страна на трустите.

4.2 Претпоставки за PEV

4.2.1 Разгледувани PEV технологии

Може да се очекуваа дека сите PEV технологии, вклучувајќи ги и PHEV и REEV, ќе имаат значителен удел во развојот на секторот на е-мобилност во Република Северна Македонија. Сепак анализата ќе ја ограничиме на BEV при што ќе ги занемариме PHEV и REEV.,

Ваквото занемарување на наведените технологии и фокусирањето на BEV е поради тоа што BEV најчесто имаат поголем батериски систем и истите за свое задвижување користат исклучиво електрична енергија. Капацитетот на батеријата како и можноста за поминување на патни растојанија (изразено во kWh) најчесто се повисоки кај BEV можноста за корисна интеракција со електроенергетскиот систем (давање на балансни услуги) како и самото оптоварувањето на електроенергетскиот систем се поизразени кај BEV отколку кај другите алтернативните типови возила. Полнењето на батерискиот систем го оптоварува ЕЕС затоа што BEV се значителни потрошувачи, а полнењето на BEV може да потрае подолго време а самиот батериски систем овозможува поголема флексибилност и можност за обезбедување на балансни резерви преку BEV

Конечно, ограничувањето на бројот на разгледувани технологии кои се земаат во предвид ја намалува комплексноста на пазарниот модел, бидејќи агрегатната анализа станува полесна.

4.2.2 Технички претпоставки за PEV

Големина на батерискиот систем

Во анализата ќе се земе стандардна големина на батерискиот систем која моментално возилата достапни на пазарот ја користат и истата ќе биде изразена во kWh. Се претпоставува дека ваквиот систем ќе биде со можност за складирање на електрична енергија од 30 - 50 kWh.

Всушност, во секторот нема очекувања за развој и имплементација на поголеми батериски системи во иднина. Со цел да се овозможи поминување на поголеми патни растојанија возилата ќе зависат од патната инфраструктура во која ќе има високо присуство на брзи полначи, со што и возилата со мали батериски капацитети ќе можат да поминуваат поголеми растојанија.

Технологии за полнење и моќност

За изработка на анализата се претпоставува дека најголемиот дел од возилата ќе ги полнат своите батериски системи преку наизменична струја со полначи со моќност од 3,7 kW. Потенцијални варијации од почетната претпоставка за бавното полнење т.е. полнење на батериските системи со помош на полначи со поголема моќност (брзи полначи, 22 kW) се претпоставува дека ќе се одвива поретко.

Постојат повеќе причини за конзервативност при креирање на претпоставки за развојот на инфраструктурата за полнење. Претпоставуваме дека има ограничена можност за финансирање на инфраструктура за брзо полнење од страна на владата на Република Северна Македонија како и од приватниот сектор. Оттука се претпоставува дека развојот на инфраструктурата за полнење на електричните возила генерално ќе се одвива така што поединци ваквата опрема ќе инсталираат во своите домови. Меѓутоа, високата цена на инфраструктурата за полнење, ограничениот приход на домаќинствата во Република Северна Македонија како и самото економско ограничување на база на исплатливост на PEV ја ограничува можноста за инсталирање на полначи со поголема моќност, што претставува значителна пречка во развојот на инфраструктурата за брзо полнење на EV.

Треба да се има во предвид дека просечните патни растојанија кои се поминуваат на дневна основа во комбинација со додатната потрошувачка на енергија од BEV на 100 km значително не го оптоварува батерискиот систем, односно возилата имаат ниска дневна потрошувачка. Сепак, разликите во времето на полнење меѓу различните нивоа на брзо полнење ќе останат незабележани од пазарниот модел, бидејќи тој функционира на час, а фракциите од еден час не се земаат во предвид.

Со цел да се поедностават пресметките, намалувањето на ефикасноста на батериските системи не се зема во предвид во пазарните симулации. Иако ова придонесува за занемарливо намалување на точноста, ваквото поедноставување се чини оправдано доколу се земе во предвид дека литиум-јонските батерии се карактеризираат со високата ефикасност (приближно 95%) .

Типична потрошувачка на енергија

Во оваа студијата претпоставуваме типична потрошувачка на енергија од 20 kWh/100 km, врз основа на фактичката состојба во секторот на е-мобилност во моментот.

4.2.3 Возни навики на корисниците на електрични возила и PHEV

Поради ниското ниво на пробивање на PEV и ограничениот развој на инфраструктура за полнење, постојат малку информации за начинот на користење на PEV, вклучувајќи го секојдневното поминато патно растојание, времето на враќање, навиките за полнење и сл. Покрај тоа, како што ќе расте бројот на PEV и ќе се зголеми достапноста на инфраструктурата за полнење, возните навики на корисниците на BEV ќе се променат.

Од друга страна постојат повеќе информации на долгорочен план за употребата на конвенционалните возила добиени од национални истражувања за навиките на возачите. Користејќи ја оваа статистика и доколку се земе во предвид ефикасноста на електричниот погон како и возните навики при користењето на конвенционалните возила може да се изведат соодветни претпоставки за патните растојанија, дневното искористување на батериските системи кај BEV итн. Свесни сме за ограниченоста на овој ваквиот пристап, поради тоа што на пример, PEV имаат ограничена можност за проаѓање на патни растојанија(во km), во споредба со конвенционалните возила. Сепак, сметаме дека може да се направи аналогија помеѓу двете технологии. Искуствата стекнати со користењето на конвенционалните возила може да се пренесат на PEV.

Постојат неколку студии на национално и европско⁴⁰ ниво кои ја анализираат употребата на возилата на дневна основа. Во продолжение, се опишани резултатите од некои од студиите, притоа истакнувајќи дека обемот како и резултатите малку се разликуваат. Овие и други податоци се користат за да се извлечат соодветни претпоставки за PEV во поглавје 4.2. Во продолжение фокусот е ставен на два клучни параметри:

- Време на користење на возилото и време на враќање
- Вкупно дневно патно растојание

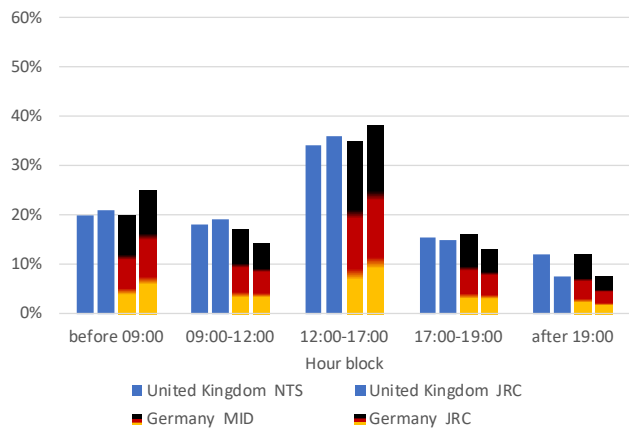
Навики на користење на PEV

Важен параметар за оваа студија е временската димензија на користење на возилата. Ваквата анализа го опфаќа времето на користење на возилата од поаѓање до враќање во домовите на корисниците. Исто така го опфаќа и времето во кое возилото не е приклучено на мрежа се додека не пристигне на некоја дестинација на која има можност за приклучување. Додека се паркирани, возилата може да бидат поврзани на инфраструктурата за полнење.

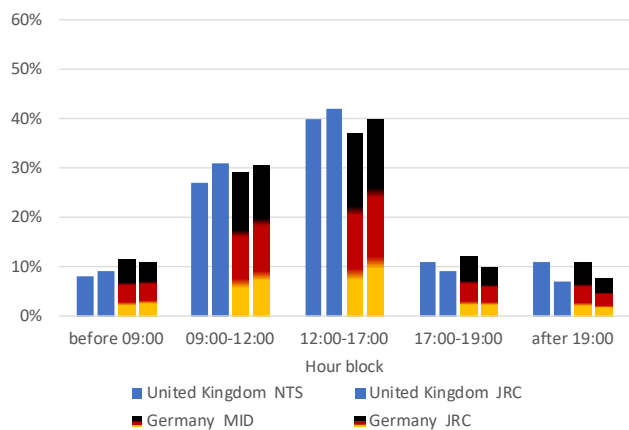
На следната слика е прикажано како возилата се кроситат во еден типичниот работен ден (од понеделник до петок), саботно и неделно т.е. графички е прикажано во колкав процент возилата се користат. Најчесто возилата се користат се помеѓу 9 и 17 часот.

⁴⁰ На пр. "... "Driving and parking patterns of European car drivers --- a mobility survey", JRC, 2012

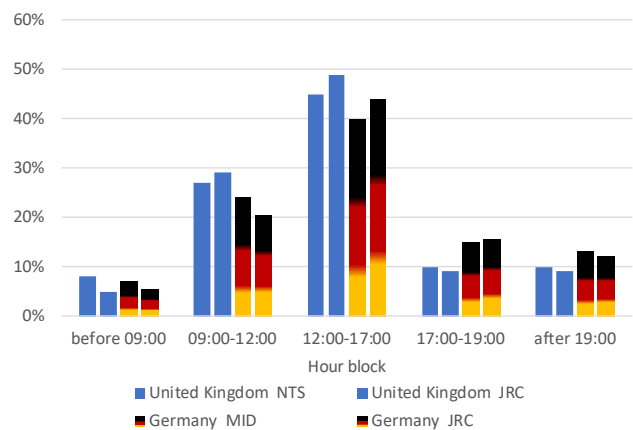
Понеделник - Петок



Сабота



Недела



Слика 41: Споредба на распределбата на времето на тргнување на возилата во Велика Британија и Германија, според истражувањето на JRC и националните истражувања (German MI, UK NTS)

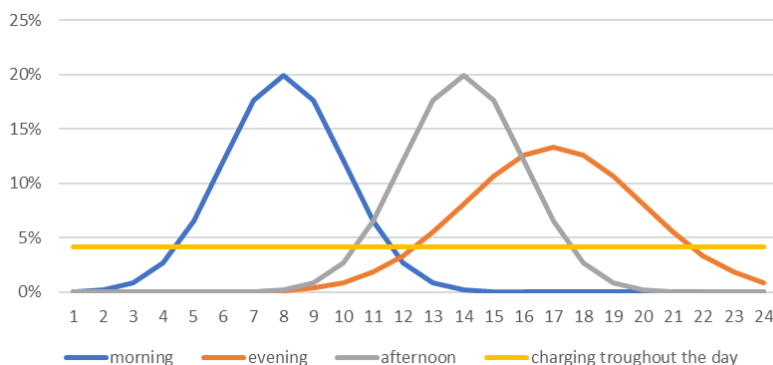
Извор: DNV GL analysis, базирана на “Driving and parking patterns of European car drivers --- a mobility survey”, JRC, 2012

За да може да се прикаже пробабилистичката зависност на корисничките навики на возачите на PEV истите се делат на четири типа на корисници врз основа на истражувањето на JRC:

- “Morning driver”: поаѓа и се враќа истото утро
- “Part-time” driver: поаѓа наутро и се враќа рано попладне
- “Late return” driver: поаѓа наутро и се враќа доцна попладне
- Charging throughout the day: променливо поаѓање, пат и време на враќање

Типовите на корисници се опишуваат со помош на функции на густина на веројатност според нивните кориснички навики. Функциите на густина на веројатност се претпоставува дека се карактеризираат со Гаусова дистрибуција. Покрај тоа, секој тип на корисник има различна

временска навики на користење на возилото во текот на неделата. За работните денови, однесувањето на различните типови на корисници е прикажано на Слика 42.



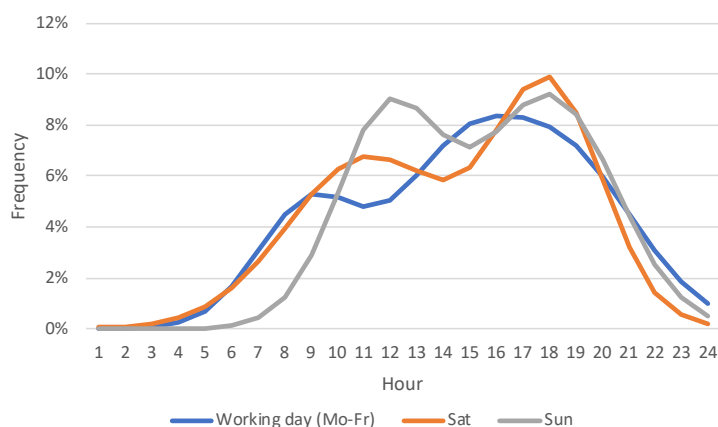
Слика 42: Часовна шема на патување и време на враќање за корисници на PEV (од понеделник до петок)

Извор: DNV GL analysis

Комбинирајќи ги графициите на различните типови на корисници со информациите за времетраењето на користење на возилата, може да се изведе комбиниран профил на време за патување и враќање во комбинација со нивото на празнење на PEV и соодветната потреба за полнење (во kWh). За да го сториме тоа, додаваме тежински коефициенти на секој од четирите типови на корисници кои ја изразуваат нивната претпоставена веројатност на распределба според вкупната популација, одделени за работни денови, саботи и недели. На пример, за работни денови се користат следните тежински коефициенти:

- “Morning driver”: 25%
- “Part-time” driver: 19.5%
- “Late return” driver: 55%
- Charging throughout the day: 0.5%

Мешовитиот профил на корисници со различни времиња на патување и враќање (функција на густината) е прикажан на Слика 43 (без информации за патни растојанија). Како што може да се забележи, таа приближно ги одразува емпириските вредности прикажани на Слика 41.



Слика 43: Агрегатни шеми на часовно користење на PEV

Извор: DNV GL analysis

Растојанија на патување

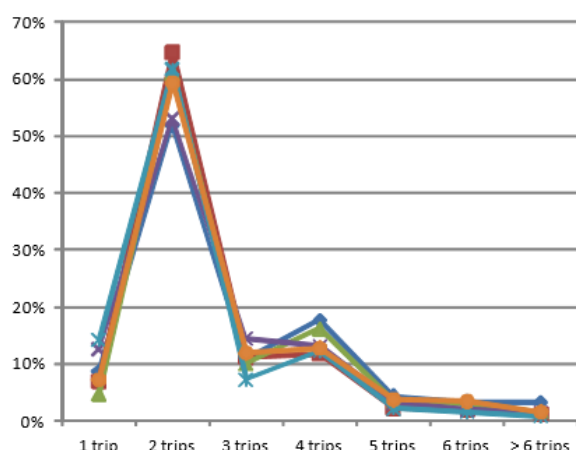
Статистички гледано, постои мала разлика помеѓу државите во однос на бројот на патувања кои се прават на дневно ниво. Емпириските резултати⁴¹ од спроведените истражувања покажуваат дека, постои 50-60% веројатност за одреден корисник да изврши две патувања дневно во сите анализирани држави во кои ваква анализа е спроведена, додека корисници кои изведуваат едно патување или повеќе од две патувања се јавуваат со веројатност од 5-10%. Со други зборови, половина од луѓето го користат своето возило за да дојдат до единечна локација, најверојатно до на работа, и да се вратат дома.

Од бројот на патувања кои корисниците на возила ги спроведуваат се определува просечниот број на патувања во текот на еден типичен ден. Во сите анализирани земји, просечниот број на патувања на ден е сличен, односно две до три патувања, со мала разлика помеѓу работните денови. Во повеќето држави, во понеделник се прават статистички помалку патувања, додека споредбено со другите денови, во неделата во кои луѓето прават поголем или сличен број на патувања.

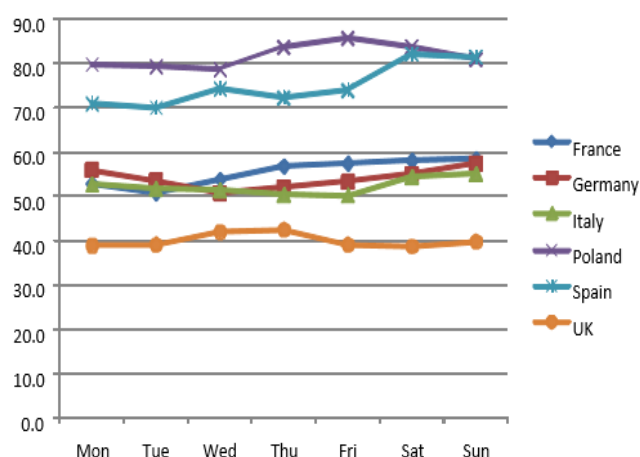
На Слика 44 на десниот график е прикажано вкупното просечно дневно растојание кое се поминува со возила на дневна основа во шест европски држави. Во Полска и Шпанија, растојанието кое возачите го поминуваат на дневна основа надминува 70 km дури и 80 km; во Германија, Италија и Франција возачите на дневна основа поминуваат околу 50-60 km додека во Велика Британија истите поминуваат околу 40 km; во сите земји, дестинациите кои се поминуваат комутативно за сите денови во неделата се слични и притоа нема значителна разлика помеѓу работните и неработните денови.

⁴¹ "Driving and parking patterns of European car drivers --- a mobility survey", JRC, 2012

Распределба на дневни патувања по држава



Просечни извозени дистанции (km) по ден и држава



Слика 44: Распределба на дневни патувања по земја (лево) и просечно дневно возено растојание (km) по ден и земја (десно)

Извор: DNV GL analysis

Покрај тоа, не сите корисници на возила во текот на еден ден го поминуваат просечното растојание т.е. постои одредена варијација кај истото.

Според емпириските анализи на дневна база возилата поминуваат растојанија според веројатносната функционална дистрибуција со густина слична како функционалната дистрибуција на Вејбул⁴², односно пократки патни растојанија се почести од подолгите патувања. Ваквата појава е честа поради тоа што најчесто со возилата се поминува растојанието од домот до работа. Се претпоставува дека зголемената фреквенција на користење на возилото доведува до зголемено вкупно растојание што се поминува во еден ден.

Со цел да се поедностави моделот нема да се користи веројатносна распределба кај поминатите патни растојанија, а разликите помеѓу типичните корисници се дадени во Табела 11. Патното растојание што се претпоставува за последните два типа на корисници, приближно кореспондира со просечното патно растојание кое што е емпириски определено. Патното растојание претпоставено за првите два типа на корисника влијае врз очекувањето дека намаленото време на патување во просек ќе доведе до пократки патни растојанија.

Со цел да не се креира сценарио во кое PEV ќе имаат преголема потрошувачка и да се земе во предвид дека на територија на Република Северна Македонија можноста за поминување на поголеми растојанија е релативно мала во Табела 11 се прикажани претпоставките за потенцијалните дневно-поминати растојанија земајќи во предвид фактор на сензитивност со намалени средни растојанија.

⁴² Види на пр. <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/80865/>

Табела 11: Дневно претпоставено патно растојание по тип на корисник

Тип на корисник	Претпоставено дневно растојание (km)	
	База	Сензитивност
“Morning driver”:	25 km	20 km
“Part-time” driver		
“Late return” driver	50 km	
Charging throughout the day		

Извор: DNV GL analysis

Часовниот профил на користење на PEV за секој корисник (види погоре) се комбинира со претпоставката за дневното поминато растојание (види Табела 11) за да се изведе комбинираното ниво на празнење на батерискиот систем за секој час за сите типови на корисници, како што е сумирано во Табела 12.

Табела 12: Преглед на проценки за PEV

Параметар	Претпоставка
Батерија користена во PEV	
PEV технологија	Фокус на BEV (запоставувајќи ги PHEV и REEV)
Големина во батерија во kWh	- Основен случај: 30 kWh - Варијација: 50 kWh
Системи за полнење и нивна моќност	- Основен случај: 3.7 kW за сите PEV, односно без брзо полнење - Потенцијален случај: Дел од брзо полначки со променлив kW (e.g. 22 kW) - Без претпоставени загуби на енергија при брзо полнење - Случај на брзо полнење: 12.5 kW побрзо полнење
Типична потрошувачка на енергија на BEV	20 kWh / /100 km
Кориснички навики на PEV	
Начин на користење, вклучувајќи веројатноста распределба на времето на враќање на корисниците и нивото на испразнетост на батерискиот систем	- Разлика помеѓу 3 различни шаблони на возење (види студија) дефинирани од времето на враќање (за сите денови од неделата) - Дополнета со корисник кој нема специфичен шаблон за тргање/враќање во текот на денот, вклучувајќи ги и ноќните часови и обезбедува еднаква веројатност да се полни за сите 24 часа.

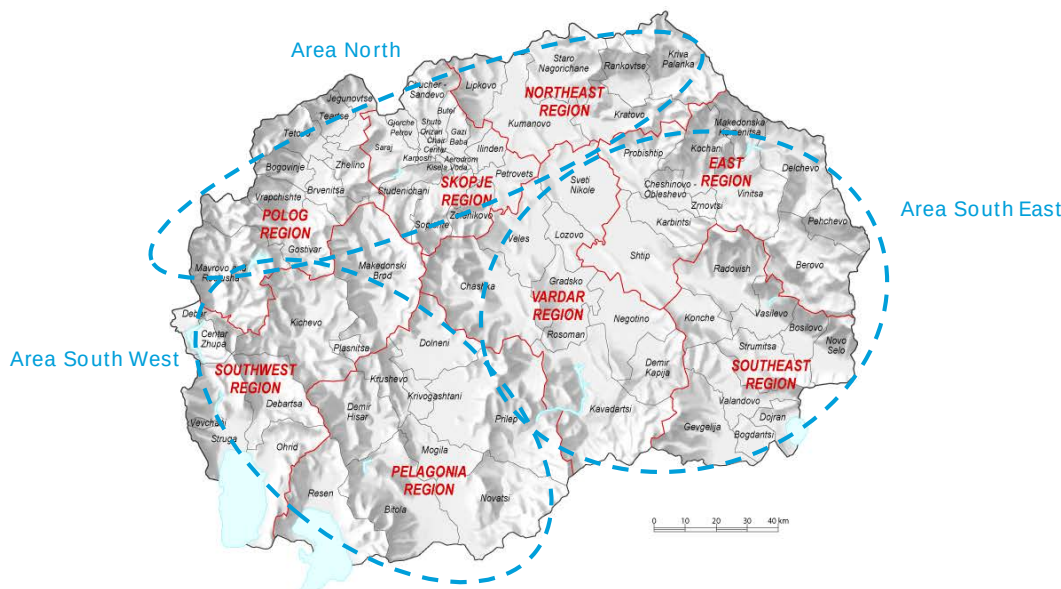
Типични патни растојанија

- 50 km на ден за PEV што се враќаат касно попладне/приквечер, и PEV без јасен шаблон за возење /паркирање
- 25 km за PEV што се враќаат во време помеѓу утро и пладне
- Дополнителна сензибилност од 20 km за сите PEV

Извор: DNV GL analysis

4.3 Претпоставки за регионалната структура користена во пазарниот модел

Во пазарниот модел територијата на Република Северна Македонија е поделена на три региони каде секој регион е составен од три зони. Секој регион е комбинација од различните региони зони дефинирани според Државниот завод за статистика на Република Северна Македонија. На Слика 45 ја илустрираа на ваквата распределбата на регионите во зони на потребите на пазарниот модел.



Слика 45: Распределба на регионите на Република Северна Македонија во зони на моделот на пазарот

Извор: DNV GL analysis, карта од Државниот завод за статистика на Република Северна Македонија

Доколку во пазарниот модел на Република Северна Македонија се внесат региони, а за истите во зависност од разгледуваната година се додаде регионалниот пораст на PEV тогаш резултатите за бројот на возила може да се погледнат во Табела 13 во зависност од разгледуваното сценарио. Се очекува дека во иднина поголемиот дел од населението ќе биде лоцирано во Скопскиот регион или во северниот дел на Северна Македонија. Понатаму, се претпоставува дека поради посетата на туристи, во Јули/Август ќе има за 10% зголемено користење на возила, а со тоа и зголемено користење на електрични возила.

Табела 13: Претпоставки за развој на РЕV во Северна Македонија

	Население	%	Број на РЕV					
			Сценарио 1			Сценарио 2		
			2025	2030	2040	2025	2030	2040
Север	1,125,391	54%	5,423	10,846	27,114	10,846	16,268	54,228
Југоисток	501,270	24%	2,415	4,831	12,077	4,831	7,246	24,154
Југозапад	448,640	22%	2,162	4,324	10,809	4,324	6,485	21,618
Збирно	2,075,301	100%	10,000	20,000	50,000	20,000	30,000	100,000

Извор: DNV GL analysis

4.4 Стратегии за полнење

Во ова поглавје е прикажано влијанието на електричните возила на пазарниот модел и способноста на мрежата да ги опслужи корисниците доколку истите би користеле некоја од анализираните стратегии за полнење на електрични возила.

Во DNV GL се разгледани две различни стратегии за полнење за двете сценарија кои се покажани во Табела 13. За секоја од овие две стратегии за полнење разгледана е побрза стапка на полнење од 11 kW по автомобил и побавна стапка на полнење од 3,7 kW по автомобил (во согласност со стапките наведени во Табела 12), со цел да го се одрази можниот технолошки развој на:

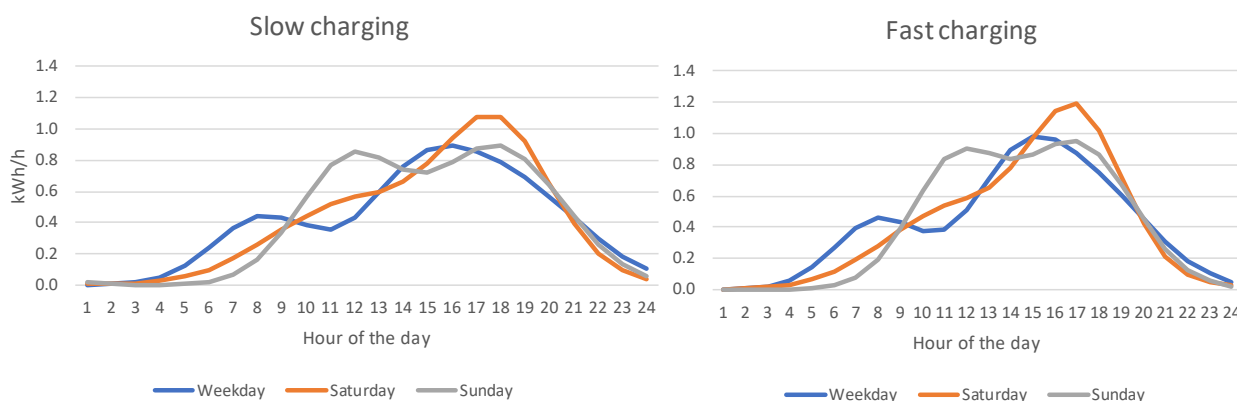
- Електричните РЕV како **потрошувачи**,
- Електричните РЕV со можност за оддавања на енергија кон мрежата ("возило-кон-мрежа" (**V2G**)) услуги.

Ова значи, дека експлицитно се земени во предвид 8 можни стратегии или случаи за полнење на електричните возила кои потенцијално би се примениле во иднина:

1. Електрични возила кои се полнат бавно како што се очекува во првото сценарио
2. Електрични возила кои се полнат бавно како што се очекува во второто сценарио
3. Електрични возила со овозможено V2G кои се полнат бавно како што се очекува во првото сценарио
4. Електрични возила со овозможено V2G кои се полнат бавно како што се очекува во второто сценарио
5. Електрични возила кои се полнат брзо како што се очекува во првото сценарио
6. Електрични возила кои се полнат брзо како што се очекува во второто сценарио
7. Електрични возила со овозможено V2G кои се полнат брзо како што се очекува во првото сценарио
8. Електрични возила со овозможено V2G кои се полнат брзо како што се очекува во второто сценарио

Како **потрошувачи**, електричните возила може само да повлечат електрична енергија од мрежата, но не и да ја оддаваат енергија кон мрежата. Ваквата претпоставка е конзервативна бидејќи електричните возила имаат ограничена флексибилност кога истите се разгледуваат како

потрошувачи. Доколку се земе во предвид дека возилата можат да се напојуваат со бавна или брза стапка на полнење од 3,7 или 11 kWh/h од мрежа се добиваат следниве профили за тоа кога и колку едно електрично возило може да повлече енергија од мрежата на часовно ниво.



Слика 46: Профили на веројатност за бавно (лево) и брзо полнење (десно) во kWh/h

Извор: DNV GL analysis

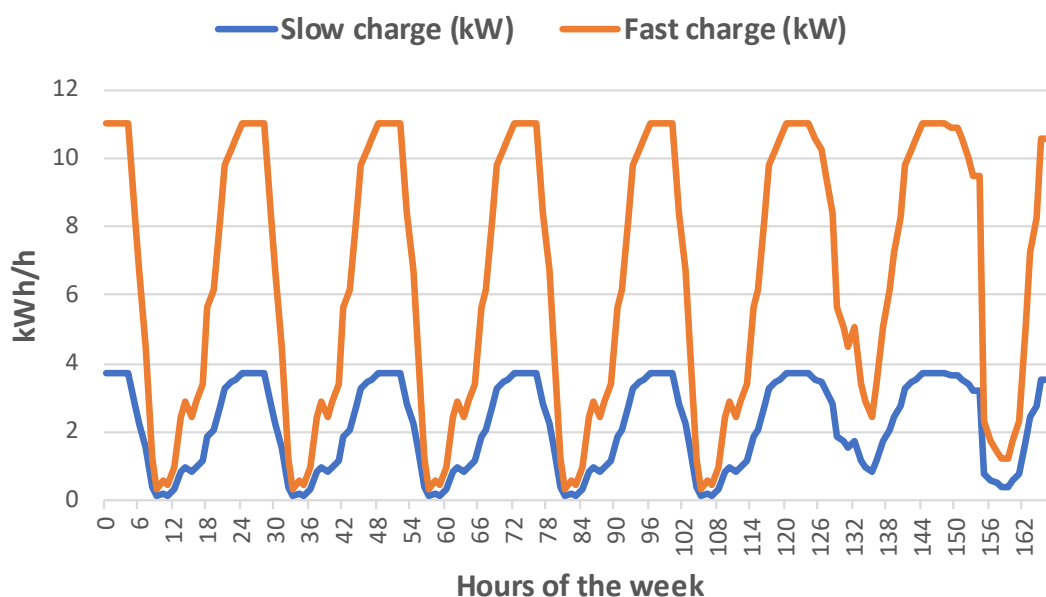
Бидејќи електричните возила се полнат со идентични времиња на полнење, шаблоните на полнење се слични, но во случај на бавно полнење возилата треба да се полнат повеќе од неколку часа, додека во случај на брзо полнење возилата може целосно да се наполнат во рок од еден час. Како резултат на тоа, профилот за бавно полнење на електричните возила достигнува максимум од околу 1,1 kWh/h по автомобил, додека за возила со брзо полнење, полнењето може да биде побрзо и повисоко, достигнувајќи 1,2 kWh/h по возило во саботите околу 5 часот.

Во зависност од претпоставениот број на возила за разгледуваното сценарио истиот доколку се помножи со функционалната зависност на Слика 46 тогаш би се добила вкупната потрошувачка на електрична енергија од страна на PEV во Република Северна Македонија.

Ако електричните возила обезбедуваат **V2G** услуги, поважно е кога возилото се поврзува на мрежата со релативно полн батериски систем, отколку кога истото се поврзува на мрежата со испразнет батериски систем и се враќа во мрежата за да се наполни. Последователно параметрите со кои се карактеризираат PEV кои се од важност за мрежата се:

- Расположивиот капацитет на батерискиот систем (за оддавање и надополнување на батерискиот систем)
- Расположивоста на расположливиот капацитет на батерискиот систем (параметар зададен од корисникот на PEV)
- Нерасположлива моќност поради користење на PEV од страна на корисниците во даден разгледуван момент
- Повторно расположлива моќност поради прекин на користењето на PEV и нивно поврзување на мрежата
- Енергија/моќност неопходна за надополнување на батерискиот систем за PEV да се оперативни.

Електричните возила кои се исклучуваат или се приклучуваат на мрежата влијаат на расположливиот капацитет од PEV за системот. Расположливиот капацитет на батерискиот систем како и неговата расположливост варираат со текот на времето. Капацитетот за примање и оддавање на електрична енергија од страна на PEV се претпоставува дека ја следи графичката зависност претставена на Слика 47 каде разликуваме бавно полнење на PEV (со 3,7 kWh/h) и брзо полнење (со 11 kWh/h).



Слика 47: Капацитет на полнење и празнење на едно PEV во текот на една недела

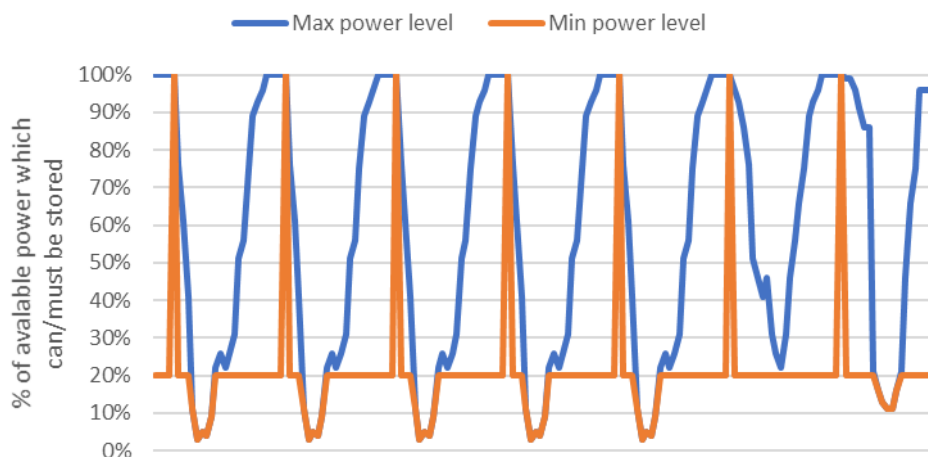
Извор: DNV GL analysis

Доколку вака дефинираниот капацитет се помножи со бројот на електрични возила тогаш ќе се добие вкупниот расположлив капацитет од PEV во Република Северна Македонија според разгледуваното сценарио. Поради тоа што различни PEV во даден момент имаат различна расположливост на батерискиот капацитет тие може да оддаваат или да примаат енергија од мрежата. Поради оваа карактеристика е можно на овој начин да се обезбеди константно расположлива моќност за возилата и системот.

Електричните возила се карактеризираат со неколку ограничувања: Прво, се претпоставува дека сопствениците на возилото ќе дозволат максимално користење на батеријата од страна на системот од 80%, односно дека во секој момент би морало да постои бар 20% расположлив капацитет на батеријата со цел да се избегне намалување на животниот век на батеријата. Исто така, се претпоставува дека електричните возила би морало наутро да бидат целосно наполнети со цел да ги задоволат патните потреби на возачите. Додатно се зема уште една конзервативна претпоставка, дека сите автомобили мора да бидат целосно наполнети до 05 :00 часот.⁴³

⁴³ Јасно е дека двете претпоставки се екстреми, т.е. можеби има возачи кои не би прифатиле вака високи нивоа на празнење или би се согласиле на делумно полна батерија во утринските часови. Во реалноста, сопствениците на возила или 'агрегаторите' одговорни за продажба на услуги за електрични возила на пазарот веројатно ќе користат посоефистицирани алгоритми

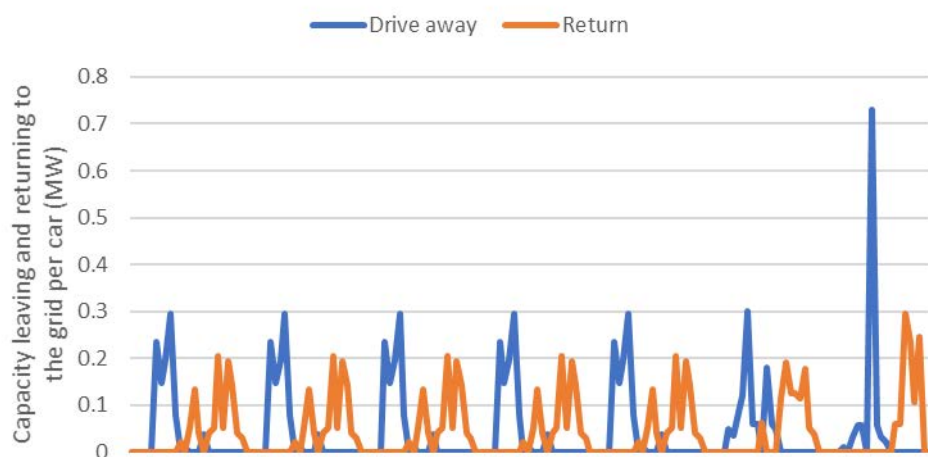
Батерискиот систем на електричните возила го следи следниов шаблон, односно, ја комбинира достапната моќност со наметнатите ограничувања кои го дефинираат нивото на енергија потребно во дадено време.



Слика 48: Минимални и максимални дозволени количини (или нивоа на полнење на резервоарот)

Извор: DNV GL analysis

Кога возилата се во движење во текот на денот, волуменот се намалува, бидејќи се претпоставува дека помалку електрични возила се приклучени на мрежата. Вистинската моќност достапна на пазарот мора да биде помеѓу минималното и максималното ниво. Расположливата моќност дополнително се менува врз основа на бројот на електрични возила моментално приклучени на мрежата. За оваа намена се претпоставени следниве шаблони.



Слика 49: Капацитет кој си оди или се враќа во мрежата во текот на една недела (понеделник - недела)

Извор: DNV GL analysis

Овие шаблони се добиени од статистички податоци кога автомобилите се дома (односно, кога се претпоставува дека електричните возила се приклучени на мрежата) и кога не се. Горенаведените шаблони покажуваат дека возилата заминуваат наутро и се враќаат околу пладне или за време на доцните попладневни часови.

Да сумираме, две стратегии за полнење беа анализирани за различен број на електричните возила на пазарот: една стратегија наложува дека електричните возила дејствуваат како чисти потрошувачи на електрична енергија, друга стратегија ги смета електричните возила како возила што нудат V2G услуги, односно кои трошат одредена моќност, но исто така може да складираат енергија за подоцнежнo ослободување во системот.

4.5 Резиме

Табела 14 ги сумира претпоставките за зголемување на бројот на PEV во Северна Македонија во 2040 година, развиени во ова поглавје. Како што е објаснето погоре, претпоставуваме дека во 2040 година во употреба може да бидат до 100.000 PEV, што одговара на 50 PEV на 1.000 жители. Покрај бројот на PEV, Табела 14 исто така го прикажува вкупниот капацитет од полнење и празнење на сите PEV за двете разгледани сценарија, еднаш користејќи претпоставки за бавно полнење (3,7 kW) и еднаш со комбинација на бавно и брзо полнење (12,5 kW). Како последица на тоа, вкупното дополнително влијание може да достигне до 1.250 MW во 2040 година. Под претпоставка дека просечното растојание на патување од 50 или 20 km дневно, овие претпоставки дополнително ја зголемуваат потрошувачката на електрична енергија, односно помеѓу 73 и 365 GWh/год.

Табела 14: Резиме на претпоставки за пробивање на PEV во Северна Македонија (2040)

Област	Удел	# PEV		Капацитет на празнење и полнење (MW)			
		A	B	Бавно полнење		Брзо полнење	
Сценарио				A	B	A	B
Север	54%	27,000	54,250	100	201	338	678
Југоисток	24%	12,000	24,000	44	89	150	300
Југозапад	22%	11,000	21,750	41	80	138	272
Вкупно	100%	50,000	100,000	185	370	625	1,250

Извор: DNV GL analysis

Табелата 15 ги сумира клучните претпоставки за понатамошна анализа во поглавје 5.

Табела 15: Клучни претпоставки за PEV за понатамошна анализа

Параметри	Претпоставки
PEV технологија	Фокус на BEV (запоставувајќи ги PHEV и REEV)
Големина во kWh	- Основен случај: 30 kWh - Варијација: 50 kWh

Моќност на полнење	• Основен случај: 3.7 kW за сите PEV, односно без брзо полнење • Потенцијална варијација: 12.5 kW побрзо полнење
Типична потрошувачка на енергија	• 20 kWh/100 km
Шаблони на возење	• Разлика помеѓу 3 различни шаблони на возење (Наутро/пладне, враќање доцна, постојано патување)
Типични патни растојанија	• 50 km на ден за PEV • Дополнителна сензитивност од 20 km за сите PEV

Извор: DNV GL analysis

5 ТЕХНИЧКА, ЕКОНОМСКА И РЕГУЛАТОРНА АНАЛИЗА

5.1 Економска и системска анализа

5.1.1 Резултати од моделот на пазарот - преглед

Економската анализа е базирана на пазарни симулации извршени во пазарниот модел PEXOS, занемарувајќи ги ограничувањата на националните мрежи. Како што е покажано во Табела 16, користен е регионален модел, кој вклучува одделни пазарни зони за Северна Македонија и пазарни модели на другите држави во Југоисточна Европа. Моделирањето на останатите држави е направено со ограничен степен на детали, моделот ги опфаќа сите индивидуални производствени единици во Северна Македонија и клучните технички и комерцијални параметри. Различни модели се користени за извршување на целосни часовни симулации за сите релевантни години: 2025, 2030 и 2040 година.

PEV се моделирани на збирно ниво како систем за складирање на електрична енергија, со една единица за складирање за секој од трите региони во Македонија. Покрај максималниот капацитет на полнење/празнење и ефикасноста на кружниот циклус, "батериските системи на PEV" се комбинирани со "принудени енергетски загуби" што ја претставуваат потрошувачката на електрична енергија на PEV додека се во употреба, односно додека се возат. Промени се направени со различни нивоа на расположлив капацитет за полнење/празнење. Симулирани се 'нормални' и дозволените нивоа на складирање на часовно ниво, врз основа на типични часовни модели за различни денови (работен ден, сабота, недела) презентирани во делот 4.4 погоре. Покрај тоа, овие претпоставки беа менувани помеѓу сценаријата, како одраз на различните претпоставки за флексибилноста на PEV. Исто така, направена е разлика помеѓу сценарија со "природна PEV потрошувачка" (т.е. одразувајќи ги првичните потреби на PEV), со модифицирани шеми за полнење (реагирајќи на пазарните часовни цени) и можноста за обезбедување на дополнителни услуги на системот, вклучувајќи испуштање на електрична енергија во системот ("возило-кон-мрежа", или V2G).

Табела 16: Клучни карактеристики на пристапот за моделирање на пазарот

Клучни карактеристики на пристапот за моделирање

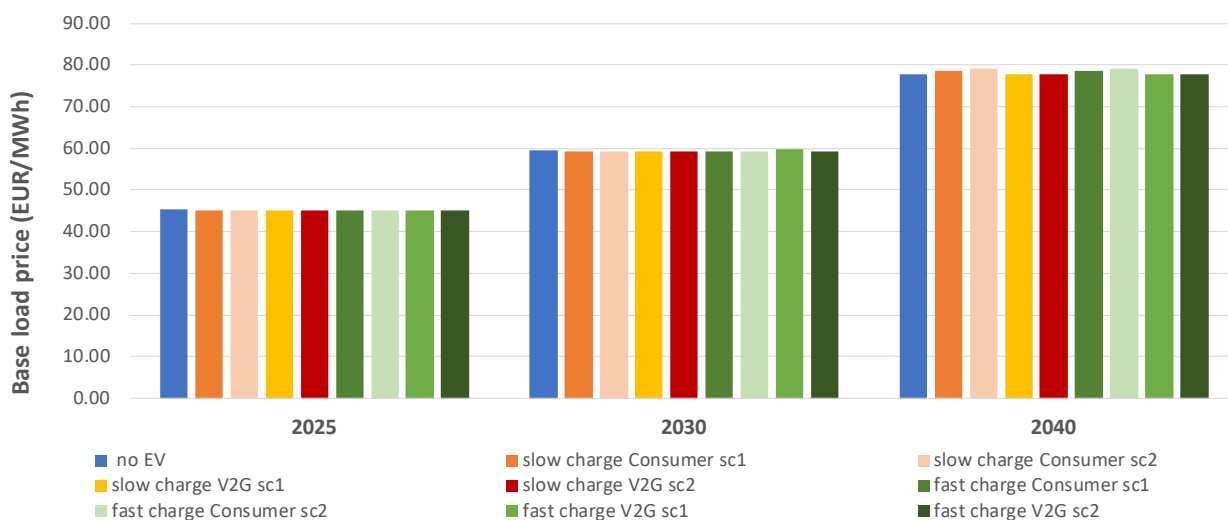
- Базиран на регионалниот пазарен модел (PLEXOS)
- Хронолошки часовни симулации за сет од годините претставени на сликата подолу (2025/30/40)
- PEV претставени како складишта на енергија
 - Наметнати енергетски 'загуби' (потрошувачка на PEV)
 - Временски-променлив капацитет
 - Опции за флексибилност, V2G
- Додатна анализа на влијанието за потреба и обезбедување на помошни услуги (кај пренос)

Извор: DNV GL

За анализата на оптоварувањето (види дел 5.2.1), постепената потрошувачка и/или производство од страна на PEV е дистрибуирано до поединечни мрежни јазли пропорционално со дистрибуцијата на не-индустриската потрошувачка, со други зборови, претпоставуваме дека оптоварувањето од PEV е дистрибуирано во рамките на секој регион на ист начин како и не-индустриското оптоварување. Слично на ова, моделот на пазарот содржи поедноставена застапеност на резервите. За понатамошна анализа (види дел 5.1.3 подолу), резултатите од моделирањето беа дополнети со дополнителни претпоставки и пресметки за да се процени потенцијалното влијание и придонесот на PEV врз потребата и обезбедувањето на помошни услуги.

На Слика 50 е покажано колку двете стратегии за полнење влијаат на годишните цени на електричната енергија. За споредба, се разгледува и случајот каде што електричните возила не се вклучени во пазарот и не создаваат ефект. Темно сината боја ја прикажува основната цена без електрични возила. Од жолтите до црвените ленти се укажува на состојбата кога електричните возила функционираат како чисти потрошувачи, додека баровите со зелена нијанса ги покажуваат случаите каде EV се флексибилни и може да превземаат и предаваат електрична енергија од/во системот.

На Слика 50 е покажано дека постои мала разлика во цените помеѓу различните стратегии за полнење, различениот број на електрични возила и различните брзини на полнење на возилата. Стапката на брзина на полнење на електричните возила, брзо или бавно има незначително влијание. Во зависност од растојанијата на движење и соодветната потребна моќност, способноста за полнење од 3,7 до 11 kWh/h по автомобил е доволна за полнење на резервоар за еден час. Ова е поддржано од минималната разлика во профилите за полнење претставени на Слика 46.



Слика 50: Ефекти од PEV и стратегии за полнење врз цените на електрична енергија при базична оптовареност

Извор: DNV GL analysis

Проверката за разгледуваните сценарија која е направена така што моделот е нагоден да ги пенализира големите промени меѓу генераторите⁴⁴, **покажа дека бројот на електрични возила**

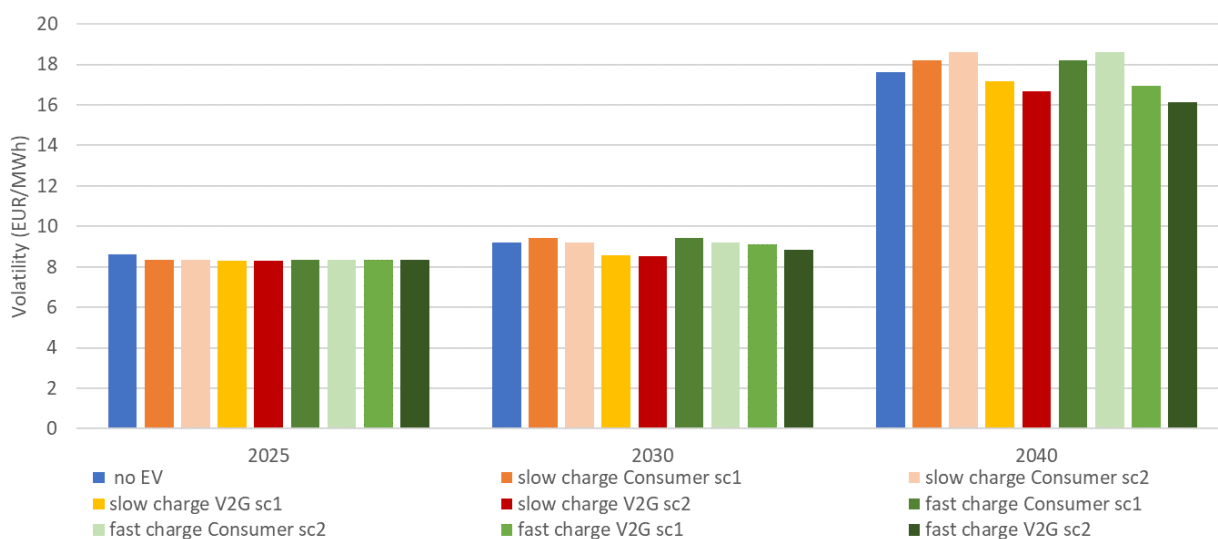
⁴⁴ Земени се во предвид фикциски (измислени) стартни трошоци

малку влијае на основните цени во рамките на разгледаните сценарија, барем додека **електричните возила исклучиво дејствуваат како потрошувачи**. Во 2025 и 2030 година, имајќи повеќе PEV како потрошувачи (гледајќи го развојот од сценарио 1 до сценарио 2), истите речиси не влијаат на основната цена, додека во 2040 година цената малку се зголемува. Ова зголемување на цените е интуитивно: цените се зголемуваат со зголемување на потрошувачката. Поради тоа, треба да стават во функција повеќе производни постројки со повисоки оперативни трошоци за да се добие дополнителната енергија потребна за електричните возила кои дејствуваат како потрошувачи.

Од друга страна, електричните возила **со V2G способност**, ги намалуваат основните цени по 2025 година. Тука функционираат два спротивни ефекти:

1. Прво, во споредба со ситуација каде што нема електричните возила - основната цена расте, поради растечкиот број на електрични возила
2. Потоа основната цена се намалува поради способноста на PEV со V2G да направат промена на оптоварување: EV се полнат со електрична енергија во време кога производството е поевтино и оддаваат енергија кон системот кога поскапи генератори треба да се вклучат во работа.

На Слика 51 е покажана нестабилноста на часовните цени (мерена како стандардна девијација на часовните цени на пазарот). Графикот покажува дека присуството на електрични возила како дополнителни потрошувачи ја зголемува нестабилноста. Спротивно на тоа, услугите на V2G ја намалуваат променливоста на цената⁴⁵. Повторно, овие набљудувања се чинат интуитивни.



Слика 51: Ефект на PEV врз годишната нестабилност на цените

Извор: DNV GL analysis

Да го сумираме ефектот на очекуваниот развој на електричните возила:

1. Како се зголемува бројот на возила, се зголемува оптоварувањето на системот и со тоа се зголемуваат и цените.

⁴⁵ Табела 48 покажува дека постоењето на дополнителни електрични возила како потрошувачи во 2030 води до намалување променливоста. Сепак ова е неточна опсервација предизвикана од грешки од заокружување на броеви. При подетално истражување на резултатите се заклучува дека променливоста на цените постојано расте

2. Стапката на полнење на возилата се очекува да има незначително влијание.
3. Електрични возила способни за обезбедување V2G услуги потенцијално ја зголемуваат основната цена првично поради зголеменото оптоварување, но како што расте бројот на возила со можност за V2G, усогласување на оптоварувањето дејствува врз цената и врз нестабилноста на цената.
4. Електрични возила како чисти потрошувачи ја зголемуваат основната цена и нестабилноста на цената поради зголеменото оптоварување.
5. Свкупно, се очекува електричните возила да имаат минимално влијание врз цените на системот, со претпоставениот тренд на пораст на електрични возила во Северна Македонија барем до 2040 година или додека не се направи компаративно висок придонес од страна на електричните возила.

5.1.2 Ефекти на PEV врз цената и системот - Примери од Сценарио 1 во 2040 година

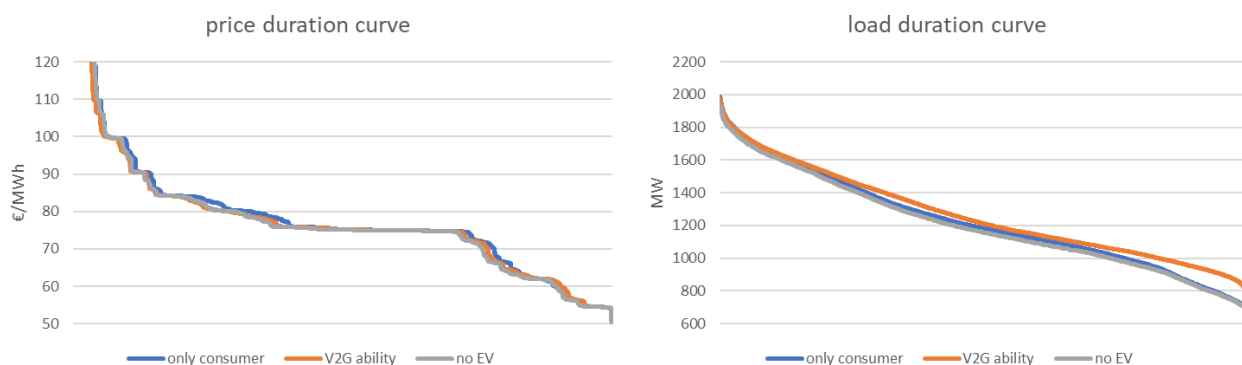
Влијанието на PEV врз електроенергетскиот систем и пазарот на електрична енергија е многу ограничено. За подобро да се истражат овие ефекти, овој дел од поглавјето внимателно разгледува избрани резултати од сценариото 1 во 2040, односно состојба со високо ниво на имплементација на PEV. Резултатите прикажани подолу се однесуваат на сите стратегии за полнење односно кога нема електрични возила, електрични возила кои дејствуваат како чисти потрошувачи и електрични возила кои обезбедуваат услуги на V2G.

Криви на цена и времетраење на оптоварување

На Слика 52 се прикажани годишните криви на цените и времетраењето на оптоварувањето за случајот опишан погоре. Кривите се прикажани во случај кога нема електрични возила (сива), кога тие дејствуваат како чисти потрошувачи (сини) или кога тие можат да обезбедат V2G услуги (портокалова).

Јасно може да се види дека ценовните криви се со минимални разлики. Општо земено, електричните возила што дејствуваат како чисти потрошувачи доведуваат до мало зголемување на цените. Ова може да се објасни со фактот дека потрошувачката на електрична енергија од страна на електричните возила го зголемува оптоварувањето во одредени периоди, така што се бара од поскапите генератори да работат повеќе. Спротивно на тоа, електричните возила со способност за V2G ги намалуваат високите цени, додека малку ги зголемуваат и онака пониските цени. Причината за ова е однесувањето на електричните возила со способност за V2G: тие се полнат и го зголемуваат оптоварувањето во време кога електричната енергија е со пониска цена и ја предаваат енергијата во системот во периоди кога електричната енергија е со повисока цена, така намалувајќи го производството на поскапа електрична енергија.

Овие забелешки се поддржани со кривата на времетраење на оптоварувањето. Во присуство на PEV со V2G способност, врвното оптоварување е намалено, додека потрошувачката за време на периоди со ниски оптоварувања е зголемена, прикажано на десната страна. Ако електричните возила се само потрошувачи, вкупното оптоварување се зголемува.



Слика 52: Криви на цена и на оптоварувањето за 2040 за сценарио 1

Извор: DNV GL analysis

Потрошувачка на PEV и влијание врз дистрибуцијата на произведената електрична енергија и пазарните цени

На Слика 53, е прикажано производството на електрична енергија од страна на енергетските постројки во Северна Македонија во текот на првата недела од Октомври. Произведената енергија за оваа недела е прикажана за три случаи, односно без PEV, со електрични возила што делуваат како чисти потрошувачи и со електрични возила со можност за V2G функционирање.

Зелените области ја покажуваат потрошувачката или производството на електрични возила. Доколку возилата се со V2G способност, тие можат да произведат електрична енергија за системот или да користат енергија од мрежата со полн капацитет, затоа зелените области се поистакнати во долниот график во споредба со средниот график кој ги покажува електричните возила како чисти потрошувачи. Однесувањето на возилата со можност за V2G покажува зголемување на тенденцијата за враќање на електрична енергија во мрежата во вечерните часови. Околу полноќ, односно кога целокупното оптоварување се намалува, електричните возила почнуваат со полнење на батериите за наутро да бидат полни. Мала активност може да се детектира во текот на денот, односно кога овие електричните возила се приклучени на мрежата и нивната V2G способност е достапна за мрежата. Да сумираме, електричните возила со можност за V2G овозможуваат отстранување на некои периоди кога цената на електрична енергија е висока бидејќи тие може да предадат електрична енергија на системот, но да доведат до повисоки цени во други периоди.

Вториот графикон покажува дека "природното" оптоварување на PEV, односно електричната енергија потребна за возење, останува маргинално. Како резултат на тоа, не е изненадувачки да се види дека влијанието на PEV на испораката на произведената електрична енергија и на пазарните цени останува многу ограничено. Сепак, во некои случаи потребно е дополнително производство на електрична енергија (од гасна постројка), на пример - за време на попладневните часови на првиот ден од месецот Октомври, што доведува до повисоки цени.

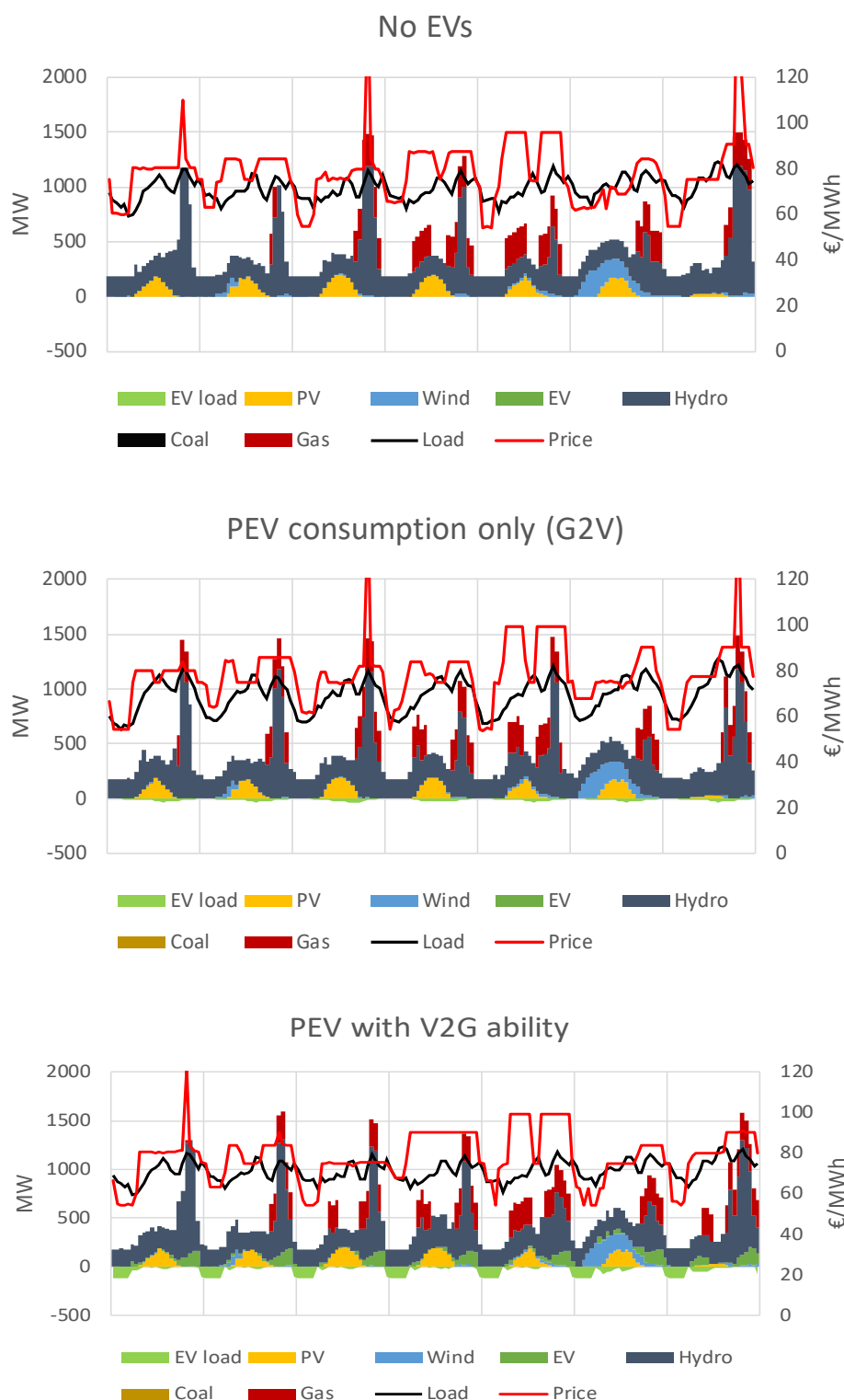
Во сите три случаи, разликата помеѓу потрошувачката (црна линија) и производството на електричната енергија (обоените области) се компензира со увоз, и обратно. Ова може да се објасни со присуството на поевтино производство во регионот⁴⁶, додека пак капацитетот за интерконекциите е доволно голем за да го овозможи потребниот увоз на електрична енергија.

⁴⁶ Термоелектраната Осломеј (под претпоставка дека ќе биде префрлена од мазут на јаглен во 2025) не е земена во предвид. Причина за ова се релативно високите трошоци и нефлексибилноста на електраната во однос на нејзиното вклучување (на пр. таа треба да



Сепак, разликите помеѓу графиците покажуваат дека PEV може да придонесат за намалување на врвните оптоварувања, односно намалување на дневното врвно оптоварување, барем за време на (доцните) вечерните часови. Во конкретниот случај на Северна Македонија, ова може да овозможи намалување на поскапиот увоз во текот на овие часови. Сепак, како што се гледа и од Слика 53, овој ефект може да се очекува да биде во голема мера ограничен на вечерните часови. Спротивно на тоа, речиси не постои никакво влијание врз врвното оптоварување за време на попладневните часови, бидејќи голем дел од PEV се претпоставува дека во тој период се исклучени од мрежата. Со други зборови, PEV можат да помогнат во намалувањето на потрошувачката во време на високото оптоварување во вечерните часови, нивната способност да се намали вистинското врвно оптоварување е многу поограничена.

работи најмалку 10 часови). Наместо тоа земен е во предвид гасот како гориво во одредени часови со вршна потрошувачка (црвено засенчани делови)



Слика 53: Пример на произведена електрична енергија од страна на енергетските постројки за првата недела на Октомври (2040, сценарио 1)

Забелешка: Производството и оптоварувањето се покажани на у-оската (лево), цените на у-оската (десно)

Извор: DNV GL analysis

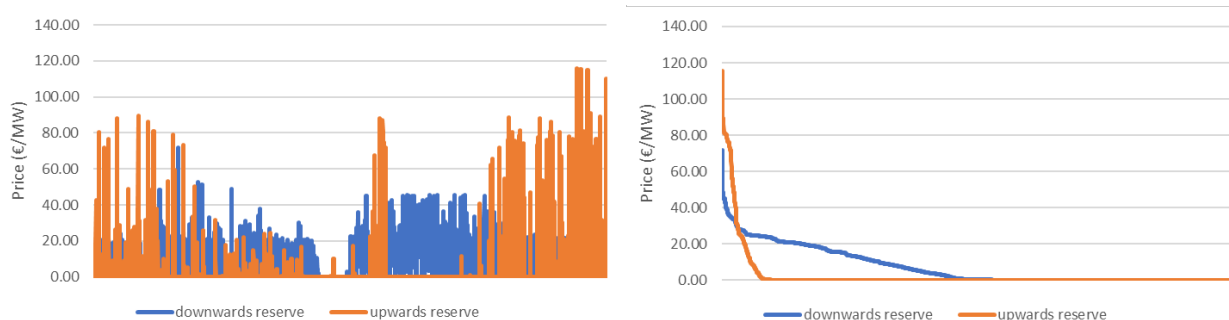
Цени на системски резерви

Во 2040 година, за системот треба да се обезбедат околу 160 MW на резерви, и за покривање на резервите за зголемување и намалување на моќноста. На Слика 54 се прикажани добиените цени за резерви за основниот случај (без PEV), во хронолошки редослед (лево) и како крива на цените (десно). Цената што се проценува според моделот на пазарот за резервите за зголемување (портокалова) и резервите за намалување (сина) покажува јасни разлики, што укажува на тоа дека различни генератори се активирани за овие системски услуги

На прв поглед, се чини дека цените за резерви за зголемување се повисоки од оние за резервите за намалување. Кривите на таење откриваат дека резервите за зголемување во голема мера да се обезбедат без дополнителни трошоци во системот. Ова може да се објасни со фактот што резервите за зголемување можат бидат испорачани од резервите во хидроелектрични центри, кои брзо можат да се вклучат во работа, и обично не произведуваат со максималната моќност поради енергетски ограничувања. Спротивно на тоа, повисоките цени обично се појавуваат кога евтиното производство (на пример, енергија произведена во хидроелектрични центри) треба да се намали, за да се обезбедат системски резерви.

Спротивно на тоа, резервите за намалување се разликуваат во цените. Околу половина од годината цените се околу 0 €/MWh, додека за другата половина од годината цените се движат од 0 до 40 €/MWh. Повторно, овој ефект се чини веродостоен, бидејќи за обезбедување резерви за намалување се бара минимално ниво на производство над минималното стабилно ниво. На Слика 53, исто така се укажува и на тоа дека ова често може да бара оперирањето со хидроелектричната енергија да биде над нејзиниот технички минимум дури и во периоди на ниски цени, што бара поскапи извори за производство да се користат за време на периоди со врвно оптоварување.

Во однос на обезбедувањето резерви и енергија за балансирање од страна на PEV, на Слика 53 е покажан веќе ограничен економски потенцијал. Ова понатаму се дискутира во делот 5.1.3



Слика 54: Цени на резерви во 2040 (€/MWh)

Забелешка: Левиот графикон во хронолошки ред, десниот графикон како криви на времетраење

Извор: DNV GL analysis

Избегнување на намалување на обновливи извори на енергија

Резултатите од оваа студија **не** укажуваат на тоа дека електричните возила избегнуваат намалување на производството од обновливите извори на енергија. Ова може да се објасни со



малите количини на произведена електрична енергија од обновливи извори (сончеви фотоволтаични колектори и од ветер) кои се очекува да влезат на пазарот на електрична енергија во споредба со вкупното оптоварување, со други зборови производството од обновливи извори на енергија претставува дел од вкупното производство на електрична енергија. Понатаму, доволна флексибилност е обезбедена со хидроелектричните електрани⁴⁷ и интерконективните далекуводи во Северна Македонија, кои ја поврзуваат со соседните земји во регионот.

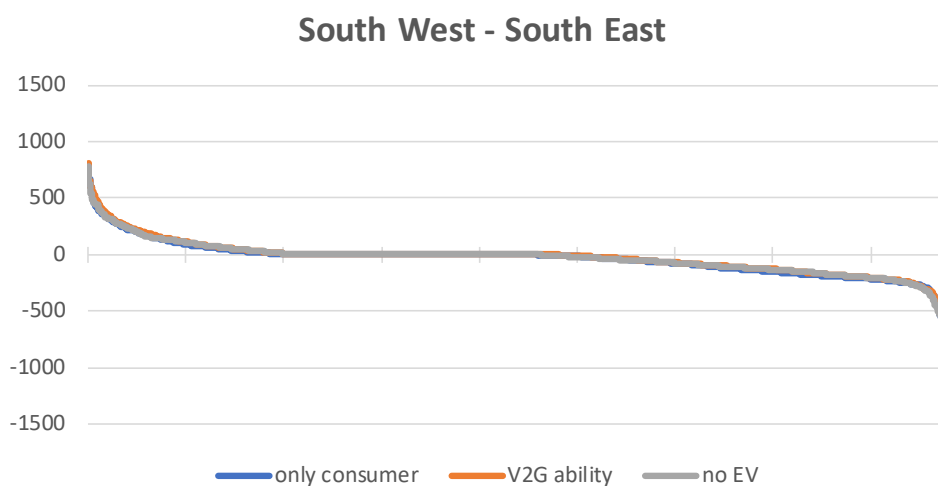
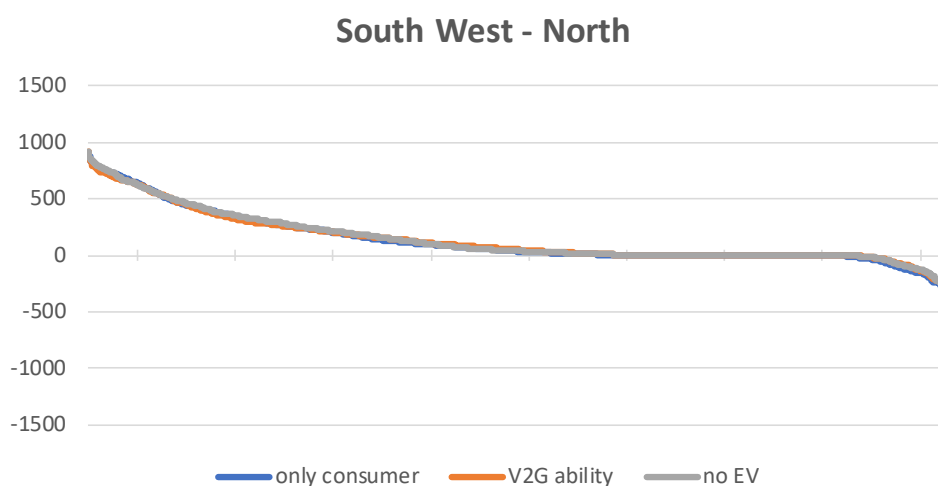
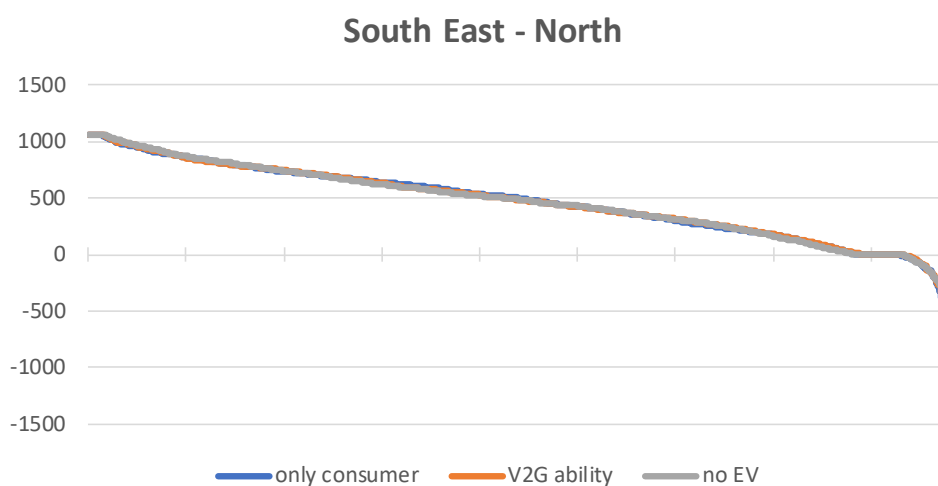
Појавување на тесни грла во преносната мрежа

Во согласност со МЕРСО, во моделот на пазарот, електроенергетскиот систем е претставен со 3 пазарни зони (север, југоисток, југо-запад); споредете на Слика 45. Овие три зони се поврзани помеѓу себе и се поврзани со соседни земји, преку фиктивни NTC врски. Поточно, "тековите" низ овие врски претставуваат билатерални (комерцијални) размени, но не смеат да бидат погрешно разбрани како физички текови. И покрај тоа, анализата на промените меѓу различните претпоставки за РЕV сепак обезбедува одреден увид.

На Слика 55 се прикажани кривите на времетраење на размената помеѓу трите зони земени во предвид во пазарниот модел. Повторно, кривите на времетраење се прикажани за сценарио 1 во 2040 година, под претпоставка дека нема електрични возила (сива линија), електрични возила кои дејствуваат како чисти потрошувачи (сина линија) или електрични возила кои можат да обезбедат V2G услуги (портокалова линија). Трите графикони укажуваат на тоа дека на комерцијалните размени тешко влијаат претпоставките за присуство и употреба на електрични возила. Со оглед на тоа што физичките текови зависат од регионалната дистрибуција на електрична енергија и оптоварувањето, фер е да се претпостави дека истото толкување важи и за реалните оптоварувања на преносната мрежа.

Генерално, Слика 55 на тој начин укажува на тоа дека РЕV нема да доведат до преоптовареност на нивото на преносна мрежа. За подетална анализа, погледнете ја мрежната анализа во делот 5.2.

⁴⁷ Користењето на хидроелектраните за обезбедување на услуги за балансирањена системот претпоставува дека доволно вода и воден проток за хидроелектраните се достапни за производство на електрична енергија.



Слика 55: Криви на времетраење на проток за меѓусебни врски во MW

Извор: DNV GL analysis

5.1.3 Придонес на PEV во обезбедување на помошни услуги (оперативни резерви) и резервен капацитет

Во овој дел, ќе го испитуваме потенцијалот на PEV да обезбедат резерви за балансирање, намалување на врвното оптоварување и резервен капацитет. Под терминот "технички потенцијал" се подразбира големината на капацитетот и енергијата (односно MW и MWh), што теоретски може да се користи за целите на балансирање.

За почеток, теоретскиот потенцијал зависи од соодветните карактеристики на PEV (и нивните станици за полнење). За илустрација, во Табела 14 се сумирани максималните теоретски вредности, врз основа на претпоставките за имплементација на PEV наведени во Табела 12 и Табела 13 погоре. Нагласуваме дека овие бројки не се одговорни за никакви релевантни технички или оперативни ограничувања, како што е дополнително дискутирано подолу, туку едноставно ги одразуваат инсталираните капацитети за полнење и празнење и капацитетите за складирање. Дури и под овие високо оптимистички претпоставки, достапната флексибилност во основа останува под 100 MW//1.000 MWh, најмалку до 2030 година. Покрај тоа, вистинското користење на складираната енергија е уште помало, не повеќе од 180 MWh дневно искористени од PEV до 2030 година, а максимум од 600 MWh дури и во најекстремните сценарија од 2040 година. Овие бројки покажуваат дека потенцијалниот придонес на PEV за помошни услуги и резервен капацитет ќе остане ограничен барем во текот на следната деценија, но најверојатно дури до 2040 година.

Табела 17: Теоретски потенцијал на флексибилност овозможена од PEV во Северна Македонија

	Сценарио 1			Сценарио 2		
	2025	2030	2040	2025	2030	2040
Број на PEV	10,000	20,000	50,000	20,000	30,000	100,000
Максимален капацитет за полнење и празнење (MW)	37	74	185	74	111	370
Максимален капацитет за складирање (MWh)	300	600	1,500	600	900	3,000
Просечна дневна потрошувачка (MWh)	60	120	300	120	180	600

Базирано на средна вредност на капацитет за полнење и празнење од 3.7 kWh и капацитет на складиште од 30 kWh.

Извор: DNV GL analysis

Во пракса, вистинската флексибилност достапна на системот, ќе биде значително помала од различни причини. Меѓу другото, потребно е да се разгледаат и други параметри, како што се шаблоните на возење и полнење на различни корисници, подготвеноста да се направи флексибилноста од PEV достапна на пазарот или електроенергетскиот систем и техничките средства за оптимизација и контрола:

- Во принцип, PEV можат да обезбедуваат помошни услуги само додека тие се паркирани и поврзани со станица за полнење. Како почетна точка, може да се претпостави дека достапниот капацитет од PEV го покажува "обратниот профил" на дневните возни навики како што е показано во делот 4.2.3 погоре.

- Слично на тоа, способноста да се обезбедат помошни услуги од PEV поврзани со мрежата зависи од нивната состојба на наполнетост (SOC, state-of-charge) и моменталниот модел на полнење и празнење:
 - o Во принцип, PEV може да обезбедат моќност за регулирање нагоре, ако се во можност да повлечат дополнителна моќност од мрежата. Ова е можно само доколку батериите не се целосно наполнети и додека не се полнат со максимална моќност. Спротивно на тоа, PEV кои се целосно наполнети и/или кои се полнат со максимална моќност не може да придонесат за обезбедување на моќност за регулирање нагоре.
 - o Со резервите за надолу е спротивно. Во овој случај, PEV може да обезбедат моќност за балансирање доколку можат или да ја намалат нивната стапка на полнење или, потенцијално да инјектираат (дополнителна) моќност во мрежата. Во вториот случај, мора да имаат резервен капацитет на батеријата, на пример нивната состојба на наполнетост (SOC) мора да биде над долната граница, на пример, 20%
 - o Во вториот случај, обезбедувањето на помошни услуги, обично е дополнително ограничено од целта да се обезбеди целосната наполнетост на батериите пред сопственикот на возилото да може повторно да го користи. Следствено, резервите за надолу може да се обезбедат само кога сè уште е можно да се наполни батеријата до целната состојба на наполнетост (SOC) пред возилото да биде spremно за повторно користење.
 - o Освен ако сопствениците на PEV не сакаат намерно да ја ограничат состојбата на наполнетост на нивните возила, способноста на PEV возилата да обезбедат моќност за регулирање нагоре може да се претпостави дека е највисока кон крајот на попладневните часови и рано во вечерта, односно кога најголемиот дел од PEV се враќаат дома и се испразниле во текот на денот. Вториот врв може да се очекува во средниот дел од утрото, односно кога луѓето пристигнале на работа, во зависност од достапноста на (јавни) станици за полнење на работа и/или во деловните објекти.
 - o Во принцип, се задржуваат истите мислења за обезбедување на резерви за намалување од страна на PEV кои се користат само како "потрошувачи". Овие PEV можат да дејствуваат само како снабдувачи на моќност за балансирање надолу, кога се полнат.
 - o Дополнителна моќност за регулирање надолу може да биде обезбедена од возачите кои се согласиле да управуваат со нивното возило во режим "возило до мрежа" (V2G), односно за инјектирање на електрична енергија од батеријата назад во мрежата. Во овој случај, принципиелно може да се обезбеди значајна флексибилност на мрежата, под услов да е се уште можно да се надомести енергијата искористена за такви намени, и да се зголеми состојбата на наполнетост на батеријата до саканото целно ниво. Како резултат на тоа, флексибилноста која е достапна од оваа група ќе биде главно ограничена во раните утрински часови, односно пред луѓето да почнат да заминуваат од дома, во спротивно ќе ја следат секојдневната шема на возила поврзани со мрежата, како што е наведено погоре.

Импликациите од овие размислувања се двострани: Прво, тие подразбираат дека вистинската флексибилност достапна од PEV ќе биде многу помала од вредностите прикажани во Табела 14 и понатаму ќе варира значително со текот на времето. И второ, обезбедувањето на помошни услуги

од страна на PEV критично зависи од желбата на секој корисник да ја обезбеди соодветната флексибилност достапна за системот, особено во поглед на V2G услугите.

Табела 18: Претпоставки за максималниот капацитет на резерви овозможени од PEV (во MW)

Ограничувања за обезбедување на резерви (MW)	Сценарио 1			Сценарио 2		
	2025	2030	2040	2025	2030	2040
Ограничување поврзано со капацитетот ^(a)	19	37	93	37	56	185
Ограничување поврзано со енергијата ^(b)	38	75	188	75	113	375
Максимален потенцијал	19	37	93	37	56	185

Забелешки: ^(a) – Претпоставено за 50% од максималниот капацитет за полнење и празнење; ^(b) – Базирано на 25% од капацитетот и континуирана употреба од 2 часа.

Извор: DNV GL analysis

Врз основа на броевите дадени во Табела 17 и Табела 18 претставува збир на претпоставки за максималниот волумен на резерви од PEV, кои можат да бидат достапни во секое време од денот. Забележете дека овие проценки не ги земаат предвид ограничувањата во различните периоди од денот. Меѓутоа, споредбата со Табелата 19 открива дека вкупниот волумен е ограничен дел од вкупните потреби на резервите, барем до 2030 година или во сценарио со умерени претпоставки за идната имплементација на PEV. Понатаму, како што е објаснето погоре, достапните количини ќе бидат значително помали во поголемиот дел од денот, особено во дневните часови.

Табела 19: Претпоставени потреби за резерви за Северна Македонија (во MW)

Резерва	2020	2025	2030	2040
FCR (примарна)	8	8	8	8
aFRR (секундарна)	41	41	41	41
mFRR (брзи терциерни)	111	113	116	146
Вкупно	160	162	165	195

Извор: МЕРСО

Според тоа, може да се заклучи дека потенцијалот за обезбедување на помошни услуги од страна на PEV веројатно ќе остане многу ограничен барем во наредните 10-15 години. Покрај тоа, резултатите од моделирањето на пазарот во делот 5.1.3 исто така покажуваат дека (алтернативните) трошоци на функционалните резерви се прилично ниски во голем дел од годината, што сериозно ја ограничува потенцијалната вредност на резервите.

Сепак, исто така забележуваме дека достапните количини може да бидат доволни да опфатат барем голем дел од потребата за резерви на задржување на фреквенцијата (frequency containment reserves - FCR) и резерви за автоматско обновување на фреквенцијата (automatic frequency restoration reserves - aFRR), односно примарна и секундарна регулација на фреквенцијата. Покрај тоа, двете услуги мора да бидат обезбедени од страна на резерви, додека брзите терциерни резерви, исто така можат да бидат обезбедени од резервни хидроелектрични центри, под услов да биде достапна доволна количина на вода во (дневните) резервоарите. Понатаму, во делот 5.1.3

дискутиравме дека обезбедувањето на функционални резерви може да биде особено тешко во периоди на ниско оптоварување, како што се ноќните часови. Интересно е што овие периоди во голема мера се совпаѓаат со времето кога повеќето PEV ќе бидат поврзани со електроенергетскиот систем и потенцијално можат да обезбедат помошни услуги, барем во првите неколку часа од денот или ако сопствениците прифатиле да имаат делумно наполнета батерија на почетокот од работниот ден, до раните утрински часови.

Бидејќи резервите се агрегатно претставени, само во моделот на пазарот, тешко е да се добијат попрецизни проценки за очекуваните квантитативни влијанија на PEV врз трошоците за обезбедување на резерви. Сепак, овие размислувања укажуваат дека PEV првенствено може да помогнат да се намалат променливите трошоци за обезбедување на системски резерви. Спротивно на тоа, дискутабилно е дали тие ќе овозможат материјално намалување на фиксните трошоци, односно во форма на намалување на инсталираниот капацитет. Максималното оптоварување во Северна Македонија настанува за време на попладневните часови, односно во време кога голем дел на електричните возила сè уште не се приклучени на мрежата. Како резултат на тоа, електроенергетскиот систем на Северна Македонија и понатаму ќе има потреба од доволно извори на флексибилен капацитет.

Од слични причини, нашата анализа не укажува на тоа дека PEV ќе бидат во можност да обезбедат значителен придонес на резервна енергија. Во овој контекст, исто така забележуваме дека резервниот капацитет можеби ќе треба да се обезбеди во текот на неколку часа, така што границите на енергија прикажани во Табела 18 ќе треба дополнително да се намалат.

Извршено е истражување до кој степен PEV можат да ги задоволат потребите на МЕРСО за дополнителни снабдувања во иднина. Резултатите од оваа анализа се прикажани на Слика 56. Сините колони го покажуваат вкупниот достапен резервен капацитет обезбеден од PEV во различни години. Претпоставено е дека PEV може да обезбеди до 50% од капацитетот за полнење и празнење преку целиот ден, влијаејќи на отсуството на возила од станиците за полнење, складираната енергија потребна за патување и очекувањата дека сопствениците на возилата нема да се согласат со екстремна употреба, што може сериозно да го скрати животниот век на батеријата и/или да го ограничи нивниот возен капацитет во следниот ден⁴⁸. Конечно, претпоставуваме бавно полнење за сценарио 1, но комбинација од бавно и брзо полнење за сценарио 2.

Во однос на потребите за резерви, правиме разлика на потреби од капацитет и потреби од енергија. Оваа разлика се одразува на фактот дека резервите за задржување на фреквенција FCR главно претставуваат услуга на капацитет, и вообичаено нема значајно снабдување со енергија. Спротивно на тоа, резервите за мануелно обновување на фреквенција FRR (терциерни резерви) можеби ќе треба да бидат снабдувани подолго време без прекин, и со тоа да бараат значителни количини на енергија⁴⁹. Од овие причини, потребите од енергијата се речиси двојно повисоки од оние за капацитет, кои се еквивалентни на оние прикажани во Табела 19.

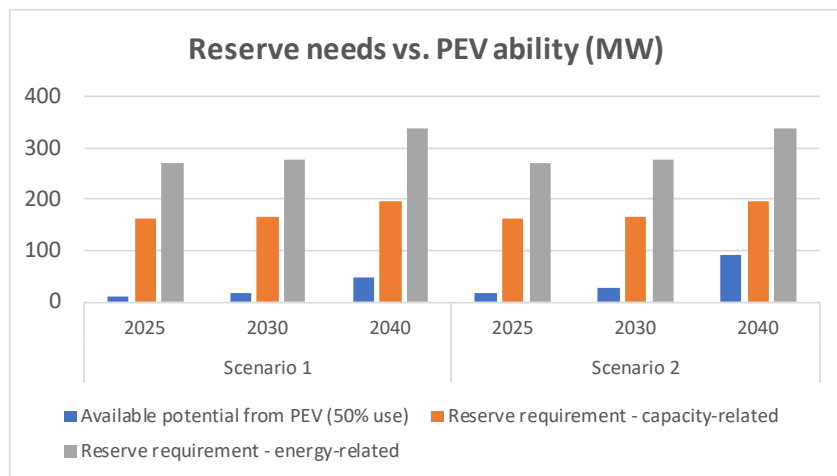
Како што е покажано на Слика 56, расположливиот резервен потенцијал од PEV е (многу) помал од барањата на МЕРСО за сите години и сценарија. Доколку МЕРСО има потреба да обезбеди резерва исклучиво од PEV, би бил потребен следниот број на PEV:

- 170.000 – 210.000 во случај на бавно полнење, и
- 150.000 – 180.000 во случај на брзо полнење.

⁴⁸ Овие претпоставки сè уште се сметаат за многу оптимистички.

⁴⁹ За нашите анализи, претпоставивме непрекинато користење до половина час за FCR, еден час за aFRR и два часа за mFRR.

Ова се претпоставени вредности бидејќи се користени оптимистички претпоставки за расположливоста на резервите од PEV и занемарени дополнителни потреби од резерви што може да се појават со поголема пенетрација на PEV во електроенергетскиот систем. Вториот аспект ќе треба биде управуван со соодветни ограничувања и/или поттикнувања за полнење и празнење од страна на сопствениците на PEV. PEV може да имаат важна улога за обезбедување на резерви за задржување на фреквенција FCR и резерви за автоматско обновување на енергија aFRR, за што е потребен помал капацитет и подеднакво значајно е да се постават пониски барања за достапноста на енергијата.



Слика 56: Потребите за резерви наспроти расположлив теоретски потенцијал од PEV

Извор: DNV GL analysis

5.2 Анализа на мрежа

5.2.1 Пресметки на текови на моќност

Спроведени се пресметки на текови на моќност (стационарна состојба) за преносната мрежа (400 kV и 110 kV). Ова е неопходно за да се провери стабилноста на преносниот систем при минимално и максимално оптоварување на системот и да се идентификуваат потенцијалните преоптоварувања во мрежата и напонските нарушувања, по интеграцијата на PEV.

За анализа на преносната мрежа, МЕПСО обезбеди мрежни модели во PSS/E за сценариото „зелено“ за производство и сценарио "A" за потрошувачка за 2025, 2030 и 2040 година (вклучувајќи прогнозирано оптоварување, производство и нова топологија). DNV GL ги прошири информациите во мрежниот модел со додавање на оптоварување од PEV, како и можна регулација која може да биде обезбедена од PEV или со дополнително полнење или со враќање на електрична енергија назад во мрежата. Информациите за увоз и извоз на енергија, како и потрошувачката во јазлите, се разгледуваа врз основа на вредностите добиени од пазарните симулации (види Табела 20).

Покрај тоа, беа користени следните претпоставки и нагодувања:

- Сите пресметки на текови на моќност беа спроведени за нормални работни услови на системот.

- Регулационите склопки на сите трансформатори се исклучени при N-0 пресметките, а се земени во предвид само при N-1 анализите.
- Преносниот капацитет на далекуводите и трансформаторите е поставен според ограничување A (rate A).
- Сите оптоварувања во системот се однесуваат на 110 kV собирници.
- Оптоварувањето е проверено за 110 kV надземни далекуводи и 400/x kV трансформатори.
- Напонските нивоа на работа беа проверени според регулативата ENTSO-E COMMISSION REGULATION (EU) 2016/1388 од 17 Август, 2016 година и според мрежните правила на МЕРСО (МРЕЖНИ ПРАВИЛА ЗА ПРЕНОС НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА, МЕРСО) од 6 Ноември, 2014 година.
- Напонското ниво на 400 kV собирница во трансформаторската станица Битола 2 е поставено на 1 pu (1.02 за сценарија 8 и 10).

Разгледаните сценарија се дадени во Табела 20. Подетални претпоставки за производство, оптоварување и придонеси од PEV се дадени во Анекс II.

Табела 20: Сценарија за пресметки на текови на моќност

Целни години	2030			2040	
	Зимски максимум	Летен максимум	Зимски максимум	Летен максимум	Летен максимум
Мрежа-до-возило (G2V)	7	8	1	2	3
Возило-до-мрежа (V2G)	9	10	4	5	6

Извор: DNV GL analysis

Нормалните оперативни напони се во опсег од 300 – 400 kV и 110 – 300 kV според упатствата на ENTSO-E и според мрежните правила на МЕРСО се претставени во Табела 21 и Табела 22.

Табела 21: Опсези на оперативен напон за 300-400 kV

Номинален напон (kV)	Опсег на напонот (pu)	Временски период за работа
300 – 400	0.90 – 1.05	Неограничен
	1.05 – 1.10	Да биде специфициран од секој ПСО но не помалку од 20 минути и не повеќе од 60 минути
110 - 300	0.90 – 1.118	Неограничен
	1.118 – 1.15	Да биде специфициран од секој ПСО, но не помалку од 20 минути и не повеќе од 60 минути

Извор: ENTSO-E

Како што е покажано во Табела 22, квази-стационарно управување ќе биде можно во целиот опсег на фреквенциите од 47.5 Hz до 51.5 Hz и за напони во опсег од 0.9 до 1.05 или 1.115 pu.

Табела 22: Опсеги на оперативни напони според мрежните правила на МЕРСО

Напонско ниво	Интервал за напони во нормални услови [kV]		Краткотрајни интервали на исклучително ниски напони во режими со пореметувања [kV]		Краткотрајни интервали на исклучително високи напони во режими со пореметувања [kV]	
	Неограничено		30 минути	60 минути	60 минути	60 минути
110	99	122.65	88 – 93.5	93.5 - 99	122.65–126.5	
400	360	420	320 - 340	340 - 360	420 – 435	435-440

Опсервации и заклучоци

Во Табела 23 се сумирани резултатите од анализата на текови на моќност; подетални резултати се прикажани во Анекс II. Овој преглед покажува дека повеќето сценарија не доведуваат до надминување на ограничувањата за оптоварување или ограничувањето на напонот. Покрај тоа, не се забележани проблеми за 2030 година.

Во Табелата 23 исто така е покажано дека се идентификувани некои потенцијални проблеми во три сценарија за 2040 година. Едно сценарио со PEV што работи во G2V режим (2040, летен максимум, сценарио 2) и две сценарија со PEV што работат во V2G режим (2040, зимски и летен максимум, сценарио 4 и 5). Како што е објаснето во Анекс II, овие проблеми главно се ограничени на Скопскиот регион, кој се карактеризира со добро интегрирана мрежа и нуди разни опции за тополошки мерки. По разговорите со МЕРСО, се претпостави дека сите проблеми во, или предизвикани од областа во Скопје можат да се надминат со промена на вклопна состојба. Преоптоварувањата предизвикани од испади на трансформаторот генерално се јавува поради високо неурамнотежена експлоатација на паралелни трансформатори во (N-0) состојба.

Генерално, според тоа нашата анализа не открива никакви сериозни импликации за влијанието на интегрирање на PEV во однос на сигурно и стабилно функционирање на преносната мрежа.

Табела 23: Збирни резултати од пресметки на текови на моќност

Целни години	2030		2040		
	Зимски максимум	Летен максимум	Зимски максимум	Летен максимум	Летен максимум
Возило-кон-мрежа (G2V)	7	8	1	2	3
Мрежа-кон-возило (V2G)	9	10	4	5	6

Зелено обоени ќелии- нема проблеми, жолто обоени ќелии- присуство на ограничени проблеми, кои се најверојатно поврзани со вклопна состојба во Скопскиот регион.

Извор: DNV GL analysis

5.2.2 Динамички проблеми

Карактеристиките на станиците за полнење како корисници (“мрежа кон возило” или G2V) или производители (“возило кон мрежа” или V2G) во основа не се разликуваат од оние на другите потрошувачи или производствени единици со конвертори. Станиците за полнење не предизвикуваат никакви конкретни проблеми.

Станиците за полнење во потрошувачки режим не можат да ја поддржат мрежата. Од станиците за полнење во режим на производство, може да се реализира динамична поддршка на мрежа. Сите генератори кои учествуваат во брза регулација на тековите на моќност, напонот и контролата на фреквенцијата се користат за одржување на стабилноста на мрежата за време или после куса врска.

Динамичната поддршка на мрежата значи дека производни постројки остануваат приклучени на мрежата за време на појава на пад на напон. Ако производните постројки треба да се исклучат од мрежата за време на падот на напонот, ќе настане дефицит на електрична енергија, што би резултирало со понатамошна дестабилизација на мрежата. Во поглед на безбедноста на системот, капацитетот за прекин на производните постројки мора да се чува што е можно пониско во случај на пад на напон.

Како придонес кон безбедноста на системот, потребна е доволна робусност на генераторските единици за справување со промени на напонот и фреквенцијата. Појавата на куса врска и инјектирањето на реактивна моќност во преносната мрежа ќе се намали како резултат на зголемена интеграција на обновливите енергии. Со складирана енергија од PEV, поддршка за транспортната мрежа може да се постигне само во ограничена мера поради нивната интеграција во пониски напонски нивоа.

Мрежните правила за приклучување на преносна мрежата се формирани на таков начин за да се избегнат исклучувања на генераторите при појава на грешки во преносната мрежа. Напонската поддршка од генераторски единици во основа може да влијае само на дел од мрежата и напонското ниво на кое инсталациите се поврзани.

Генераторските единици придонесуваат за поддршка на напонот ако напонот отстапува повеќе од $\pm 10\%$ од номиналната вредност. Па така, оваа регулација на напонот е активна само во случај на куса врска.

Ограничената мрежна поддршка (eLVRT или Zero Power Mode) значи дека производствените постројки не можат да се исклучат од мрежа во случај на куса врска и брзо да инјектираат активна моќност.

Целосната динамичка мрежна поддршка значи дека генераторот дополнително активно ќе ја снабдува мрежата со реактивната и/или активната струја за време на дефектот. За време на падот на напонот, активната струја може да биде повлечена од реактивната струја. Инвертори со функции за динамичка поддршка на мрежата обезбедуваат поддршка во милисекунди, на тој начин помагајќи да се спречи ширење на нарушувања во мрежата.

Во конкретни услови, други студии покажуваат дека ефектите на кусите врски во преносната мрежа може значително да се намалат преку снабдување со реактивна моќност од постројки за

обновлива енергија, во средно и високонапонски мрежи. На пример, истражувањата на Германската индустрија FNN⁵⁰ покажаа дека симулираната загуба од околу 1.400 MW моќност може да се намали за 50 отсто, ако постројките за производство на електрична енергија имаат ограничена динамична мрежна поддршка.

При планирање на преносниот систем ОЕПС ги користи следните критериуми за динамичка стабилност:

- транзиентна стабилност – било која трифазна куса врска која е успешно елиминирана од примарниот систем на заштита не треба да резултира во губење на аголната стабилност и исклучување на генераторска единица освен ако заштитната шема бара исклучување на генераторската единица од мрежата и
- статичка стабилност – можното нишање на фазниот агол и моќност, поради манипулација со елементите или транзит на голема моќност во преносната мрежа, не треба да резултира во слабо придушени или дури непридушени осцилации.

За истражената ситуација, повеќе станици за полнење со двонасочен проток на енергија (P2V и V2G) треба да се сметаат како генераторски постројки. Барањата за модули на енергетски паркови се наведени во мрежните правила на МЕРСО (XVII.3.1 - 3.5).

Општо земено, во однос на напонската поддршка во случај на пореметувања забележано е следното (според поглавје XVII.3.5 во мрежните правила на МЕРСО) :

- Подобра напонска поддршка со зголемување k-факторот,
- При куса врска во високонапонската мрежа -> помалку ефективна напонска поддршка од страна на PEV во среднонапонската мрежа,
- При куса врска во среднонапонската мрежа -> само мали промени на напонот во високонапонската мрежа.

За PEV во среднонапонска или високонапонска мрежа:

- $k > 0$: добар ефект за напонска поддршка; Меѓутоа, спецификациите на статичката напонска поддршка во случај на дефект можат да влијаат на ефектот за напонската поддршка на дополнителната реактивна струја, што мора да се земе предвид (k-факторот го опишува обезбедувањето на дополнителна реактивна струја); покрај тоа, влијае врз постојната технологија за заштита на мрежата,
- eLVRT: ограничена динамичка напонска поддршка, но подобро однесување од $k = 0$,
- $k = 0$: не е препорачано, како ненапонска поддршка

Транзиентните состојби (почетно време на куса врска и враќање на напонот) не се предмет на студијата. Растењето на k-факторот може да доведе до зголемување или намалување на нивото на напонот, а со тоа веројатно и до нестабилности.

Ако во високонапонската мрежа е применето автоматското повторно затворање високонапонската мрежа, под одредени услови, тогаш нарушувањето може кратко време да се снабдува преку PEV откако далекуводот ќе биде исклучен од мрежата. Исклучувањето на PEV кои се поврзани на среднонапонско ниво преку напонската заштита $U_{<}$ се појавува само по исклучувањето на далекуводот во трафостаницата.

⁵⁰ForumNetztechnik/Netzbetriebim Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE – Форум за мрежна технологија/мрежно оперирање во VDE (VDE|FNN)

Исклучувањето на PEV од мрежата се гарантира во случај на високонапонски пречки од краток опсег или среднонапонски пречки во близина на трафостаницата, поради заштита на напонот (на пример $U_{<} = 0.45 \text{ pu}$). Ако кусата врска е далеку во високонапонски или среднонапонски мрежи, потребното одделување од мрежата може да се обезбеди само со eLVRT и $k = 0$. Падот на напонот може да биде недоволен за фазата $U_{<}$ (на пример $U_{<} = 0.8 \text{ pu}$)

Заклучок

За секоја постројка е потребна (точка на поврзување за PEV, повеќекратна станица за полнење) посебна студија со динамички модели што ги доставува производителот.

Може да се очекува дека истите стандарди во иднина ќе се применуваат и во Северна Македонија, како и во другите земји на Европската Унија. Пример е Европската Регулаторната 2016/631, која се користи како основа за усогласување на европските стандарди и техничките правила за поврзување.

5.2.3 Проблеми (поврзани) со квалитетот на електричната енергија

За разлика од пресметките на тековите на моќност, ќе го анализираме влијанието на PEV врз динамичната стабилност и квалитетот на електричната енергија, главно на квалитативен начин.

Во дистрибутивните мрежи, текот на хармониците го намалува квалитетот на електричната енергија и како последица на тоа предизвикува неколку проблеми:

- Преоптовареност на дистрибутивните мрежи заради зголемувањето на (ефективната вредност на) RMS струја
- Преоптовареност на нулти проводници поради сумирање на хармоници од трет ред
- Преоптовареност, вибрации и предвремено стареење на генераторите, трансформаторите, моторите итн. и зголемена бучава на трансформаторите
- Преоптовареност и предвремено стареење на кондензаторите на VAR опремата за компензација
- Дисторзија на напонот, способна да наруши чувствителни оптоварувања
- Нарушување на комуникациски мрежи и телефонски линии
- Зголемување на електричните загуби

Карактеристиките на станиците за полнење како корисници (мрежа кон возило или G2V) или производители (возило до мрежа или V2G) во основа не се разликуваат од оние на другите потрошувачи или од производствените единици со конвертори. Станиците за полнење не предизвикуваат никакви специфични проблеми.

На пример, потенцијални извори на хармоници се: конвертори на фреквенции, ветерни и соларни системи за производство со инвертори, сета опрема со вградени разводни уреди или со внатрешни оптоварувања со нелинеарни напонски/струјни карактеристики итн.

За да може мрежниот оператор да го процени можниот квалитет на електрична енергија, планерот или инсталаторот ги обезбедува потребните информации за поврзаните електрични системи. Ова зависи од техничките услови за поврзување на операторот на локалната мрежа. На пример -

проценка и одобрување од мрежниот оператор се потребни за е-mobility станици за полнење со стапка поголема од > 4,6 kVA (мрежен оператор Bayernwerk AG во Германија).

Проценката на квалитетот на електричната енергија во точката на приклучување на мрежата е релевантна и задолжителна за сите напонски нивоа. Диференцијација според напонските нивоа не е можна. Соодветни поглавја се достапни во мрежните правила и упатствата за поврзување за ниско-, средно- и високонапонските мрежи.

Разликата е само во формата во која е претставена (поедноставена или целосна на поголема станица за полнење) и кој ја врши проценката (само оператор на мрежа или сертифициран мрежен оператор).

Технички критериуми за оценување на соодветни точки за приклучување на мрежата се:

- Користење на постоечки средства
- Зголемување на струја за куса врска
- Раст на статички напон
- Флуктуации на напон
- Фликер
- Хармоници

За истражената ситуација, повеќекратните постројки за полнење со двонасочен проток на енергија треба да се сметаат како производствени погони. Барањата за модули на енергетски паркови се дадени во мрежните правила на МЕПСО (III.4; XVII Додаток 8; XX Додаток 11).

Следниве барања во врска со квалитетот на електричната енергија се веќе достапни во мрежните правила на МЕПСО:

- Фликер
- Хармониска дисторзија
- Фазна несиметрија

Следниве барања во врска со квалитетот на електричната енергија не се достапни во мрежните правила на МЕПСО (во споредба со Германските упатства):

- прифатливи промени на напонот (големина на промените на напонот предизвикани од сите производни постројки поврзани на мрежа, промени на напонот во точката на спојување што можат да се препишат на приклучувањето и исклучувањето на генераторите или генераторските единици, промена на напонот во секоја точка на мрежата во случај на исклучување на една производна постројка или на неколку постројки истовремено кај една точка на поврзување на мрежа).
- Интер-хармоници
- Аудио-фреквентна централизирана контрола на бранување (ако може да се примени во Северна Македонија; покрај ограничувањето на намалување на нивото, не е дозволено да генерира недозволен попречувачки напони)
- Комутациони бразди (само за линиско-комутирани инвертери)

Може да се препорача да се користат филтри (ако е применливо - активни филтри) во повеќе станици за полнење за да се намали нивото на хармоници во мрежата.

Заклучок

Секоја постројка (повеќекратна станица за полнење) бара посебна студија или оцена во однос на квалитетот на електричната енергија. Може да се препорача да се користи сертификатот од производителот со сите расположливи податоци за секоја генераторска единица (хармоник, фликер, итн.).

На пример, според Германското упатство FGW TR8, т.е. според Германските мрежни правила, за електраните ≥ 135 kW потребни се студии за проценка на поврзувањето на мрежата (вклучувајќи и квалитет на електрична енергија).

Може да се очекува дека истите стандарди во иднина ќе се применуваат и во Северна Македонија, како и во другите земји на Европската Унија. Пример е Европската регулативата 2016/631, која се користи како основа за усогласување на европските стандарди и техничките правила за поврзување.

5.3 Економска и регулаторна рамка

За да се поддржи зголеменото пробивање на PEV и нивната успешна интеграција со мрежата и пазарот, треба да се земат во предвид неколку мерки или можеби истите се потребни. Како што е прикажано во Табела 24, правиме разлика помеѓу стимулациите, кои овозможуваат услови и обврски на сопствениците и операторите на PEV.

Табела 24: Примери за потреби и стимулации за промоција на пробивањето и интеграцијата на PEV

Област	Примери
Стимулации	– Финансиски стимулации (пр. субвенции, изземања итн.) – Немонетарни (пр. привилегиран пристап)
Овозможувачки услови	– Инфраструктура за полнење – Инфраструктура за мерење и комуникација – Пристап на пазарот за 'агрегатори'
Должности	– Изложеност на часовни и цени во вистинско време – Строги правила за поврзување и операција

Извор: DNV GL

Стимулации

За да се промовира зголеменото пробивање на PEV, може да се користат различни стимулации. Како што веќе беше образложено погоре во делот 3.7, ова вклучува финансиски, како и немонетарни стимулации. Погледнете ги овие образложенија погоре за понатамошни детали.

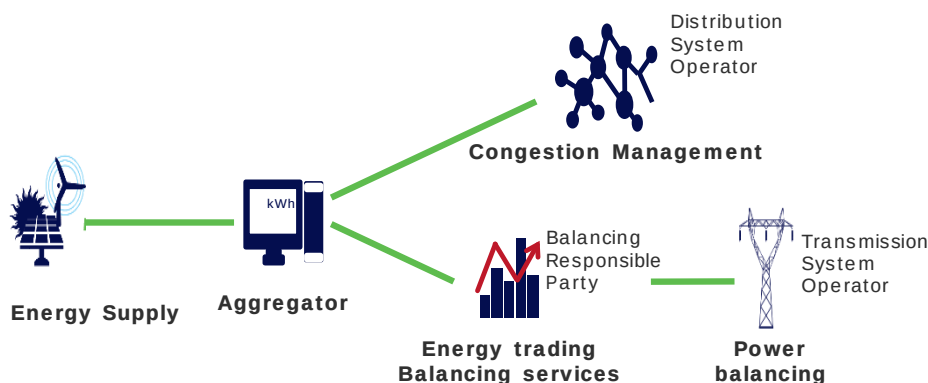
Овозможување услови за развој на PEV

Како што беше споменато во делот 3.5, расположливоста на доволна и стандардизирана инфраструктура за полнење е основен предуслов, барем за овозможување на патувања на долги релации, но исто така и за олеснување на секојдневната употреба на PEV, како за возење до работа, итн.

Покрај физичката инфраструктура за полнење, исто така е потребна соодветна мерна и комуникациска инфраструктура. Ова ќе биде потребно најмалку за сите јавни станици за полнење, односно онаму каде сопствениците на возилата можат да ги полнат своите возила далеку од дома, како предуслов за мерење и наплата. Но, во принцип, истото важи и за приватно полнење дома, со цел да се олесни или дури и да се овозможи "интелигентно" полнење или овозможување на помошни услуги на системот и мрежните оператори, односно во форма на контролирано полнење (G2V) или празнење (V2G). Особено, V2G услугите, дополнително ќе бараат функционални комуникации, укажувајќи на тоа дека поврзаноста ќе стане клучна за способноста за успешно управување со големи портфолија на PEV..

Аспектот на конективност е тесно поврзан со неопходните комерцијални решенија. Во согласност со примарниот развој и искуство во другите европски земји и тековната ревизија на европските директиви, не веруваме дека PEV во иднина ќе бидат централно контролирани од страна на ОЕПС и/или ОДС. Спротивно на тоа, предвидуваме дека оваа функција сè повеќе ќе се спроведува од таканаречените "агрегатори", односно независни (пазарни) странки, кои се специјализирани за создавање на големи портфолија на PEV на договорна основа, со цел да се групира и интелигентно да се управува со флексибилноста на PEV во портфолиото. Овие агрегирани способности потоа можат да се користат или за оптимизирање на начинот на полнење и намалување на трошоците за полнење или за обезбедување на помошни услуги за операторите на системите.

Како што покажува брзиот развој на т.н. агрегатори или "виртуелни електрани" во некои европски земји (на пример, Германија, Велика Британија), се чини разумно да се претпостави дека овие странки, самите ќе се ангажираат во развивањето на потребните договорни структури, алгоритми и систем за контрола. Сепак, таквите услуги можат да се обезбедат само ако на агрегаторите им се даде можност да се вклучат во соодветните услуги и да преземат клучна улога во идните енергетски пазари (споредете ја Слика 57). Под претпоставка дека тоа сè уште не е возможно според македонското законодавство и регулативи, се сигнализира јасна потреба за иден развој на применливи пазарни правила.



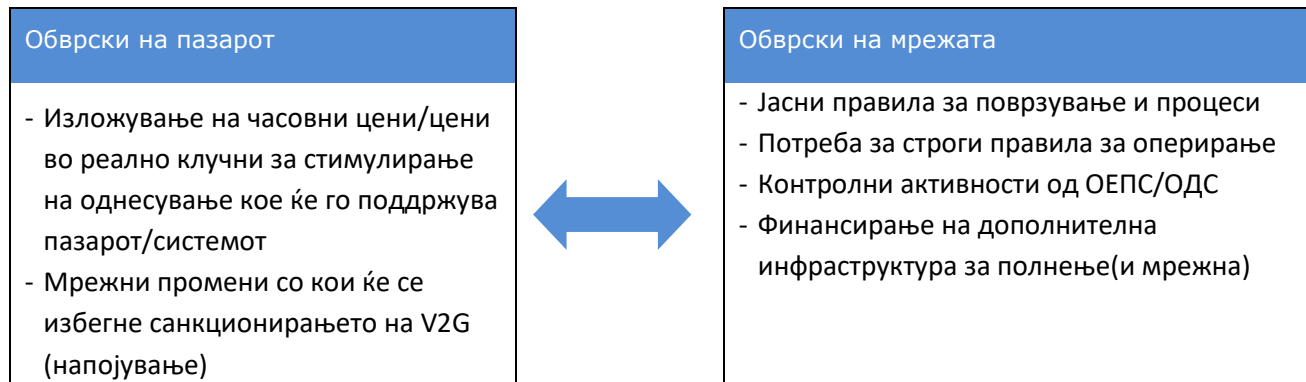
Слика 57: Централна улога на агрегаторите во флексибилноста на пазарот

Обврски

Покрај стимулациите и овозможувањето на услови, PEV исто така ќе треба да бидат подлежни на одредени обврски. Меѓу другото, стимулациите на пазарот покажуваат дека PEV може да доведе до примери на "екстремно" користење, така што може да се бараат одредени ограничувања за да се избегнат критични ситуации и воглавно да се обезбедат стимулации за ефикасен однос и поддршка на пазарот и системот. /

Како што е прикажано на Слика 58, генерално правиме разлика помеѓу обврските поврзани со мрежата и оние поврзани со пазарот. Во однос на мрежата, очигледно е дека има потреба за јасни правила за поврзување и процеси на поврзување. Слично на тоа, потребно е да се обезбедат строги правила за работење и да се овозможи контролирање на интервенциите од страна на операторите на системите во случај на критични ситуации или итни случаи. Од перспектива на мрежните оператори, тие исто така ќе мора да бидат во можност да ги повратат трошоците за дополнителни инвестиции искористени за инфраструктурата (за полнење), која не е финансирана на приватна//независна основа. Строго кажано, ова прашање не е директно поврзано со обврските на сопствениците и може да се смета како дел од стимулациите, но може да има потреба за соодветно прилагодување на актуелните мрежни трошоци.

Во однос на пазарот, во основа гледаме две клучни барања. Прво и најважно е сопствениците и/или операторите на PEV да се изложат на часовни цени или цени во реално време. Ова ќе биде клучно за поттикнување и за добивање на ефикасен одговор на мрежниот систем или пазарните потреби или трошоци.



ПСО / ДСО Слика 58: Пазарни и мрежни обврски за интеграција на PEV во мрежата и пазарот

Извор: DNV GL

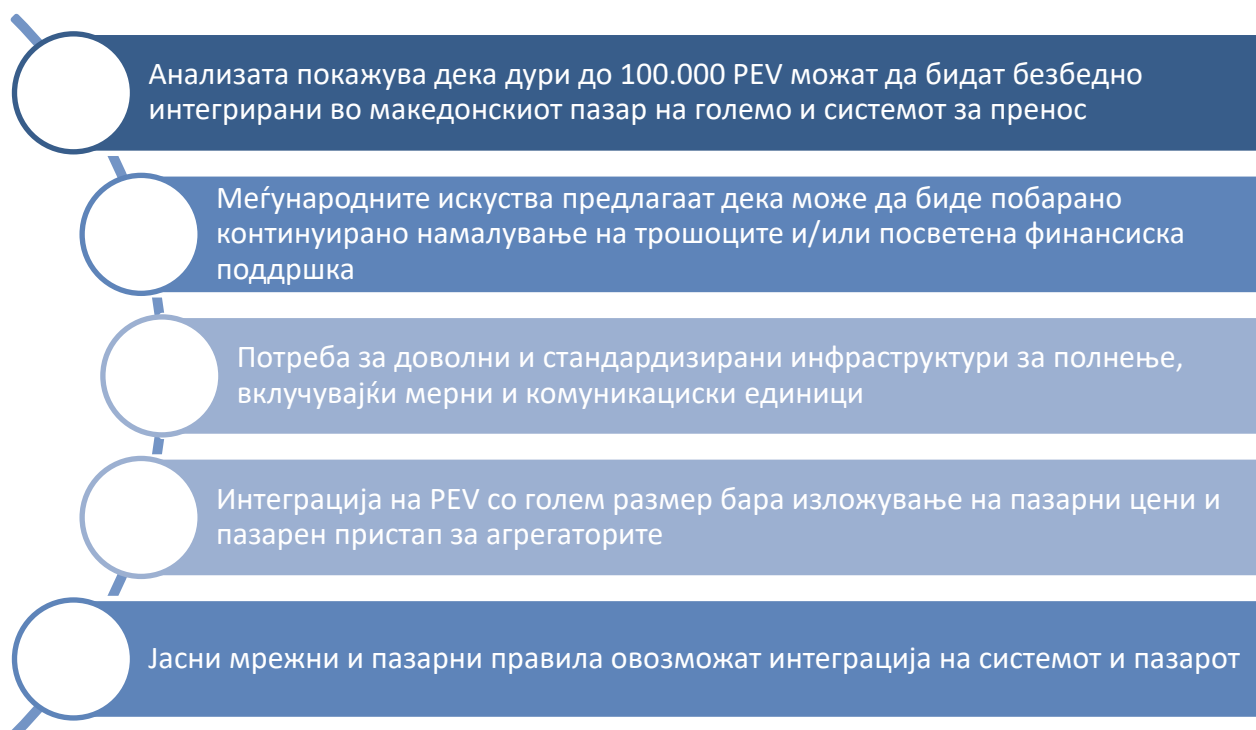
6 КЛУЧНИ ЗАКЛУЧОЦИ И ПРЕПОРАКИ

На Слика 65 се сумирани клучните заклучоци и препораки од оваа студија.

За почеток, анализата во оваа студија покажа дека Северна Македонија ќе може безбедно да интегрира до 100.000 PEV во големопродажниот пазар на преносниот систем (спореди во поглавје 5). Исто така забележуваме дека за постигнување на овој резултат не беа потребни никакви сериозни претпоставки за "интелигентни" модели на полнење итн., така што се чини разумно да се очекува можно интегрирање на уште поголем број на PEV. Сепак, исто така нагласуваме дека нашата анализа беше ограничена само на ниво на пренос, односно не ги разгледавме потенцијалните проблеми на ниво на дистрибуција.

Во исто време, важно е да се напомене дека ова пробивање на PEV не може да се постигне без посветена поддршка. Јасно е дека клучниот двигател треба да биде постојано намалувањето на трошоците, со надеж дека тоа ќе произлезе од зголемената употреба на PEV на глобално ниво. Сепак, барем во почетна фаза, може да се бара финансиска поддршка од страна на владата за промоција на купување и користење на PEV.

Слично на тоа, имплементацијата и достапноста на доволна и стандардизирана инфраструктура за полнење, вклучувајќи и мерни и комуникациски објекти, можат да се сметаат како основен предуслов. Без лесен пристап до (јавни) станици за полнење, сопствениците на PEV би биле строго ограничени во нивните можности за возење. Поради тоа, релевантната инфраструктура треба постепено да се развива, во согласност со (очекуваниот) раст на PEV.



Слика 59: Резиме на заклучоци и препораки



И покрај севкупната позитивна оценка, успешната интеграција на PEV во системот и пазарот ќе зависи од ефикасноста на PEV за полнење и празнење. Како што е наведено во делот 5.3, изложувањето на сопствениците и операторите на PEV на пазарни цени и пристапот на пазарот за таканаречените "агрегатори" може да се сметаат за клучни услови за голем степен на интеграција на PEV..

За агрегаторите ќе бидат потребни јасни правила за олеснување на интеграцијата во системот и пазарот. Ова подразбира дека неопходно е понатамошно развивање и прилагодување на постојните мрежни и пазарни правила. Соодветни напори веќе се направени во некои европски земји и ќе бидат обврзувачки според ажурираната европска правна рамка за електроенергетскиот сектор. Со зголемувањето на пробивањето на PEV, соодветни промени ќе треба да бидат спроведени и во Северна Македонија.

Анекс I: Анализа на индикатори за регионалната поделба на развојот на РЕV

Во секое сценарио, вкупниот број на РЕV (годишно) ќе биде поделен по регион во Република Северна Македонија. За да го дефинираме бројот на РЕV по региони, ги разгледуваме следниве параметри:

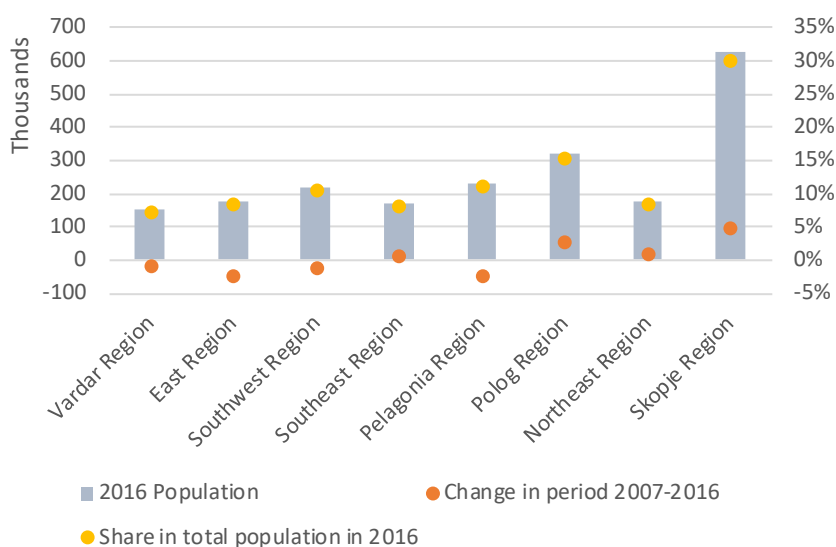
1. Популација
2. БДП и приход
3. Возила
4. Туризам

Овие параметри се анализираат за да се види дали тие служат како индикатор за идната поделба на РЕV по региони. Забележуваме дека оваа анализа е ограничена на конзистентни статистички податоци за периодот од 2007 до 2016, притоа не сме запознаени со релевантни студии кои предвидуваат еден од овие индикатори за следните 1-2 децении.

Причината зошто се разгледува туризмот е претпоставката дека во некои региони има голем број на туристи. Ова може да сугерира забележителен пораст на населението заради привремени посетители и додавање (значителен број) на нови РЕV покрај тие од локалното население.

Популација

Подолу на Слика 60 е прикажана регионалната поделба на населението во Република Северна Македонија. Скопскиот регион опфаќа околу 30% од вкупното население, додека преостанатото население е застапено речиси подеднакво во останатите 7 региони, односно околу 10% по регион.



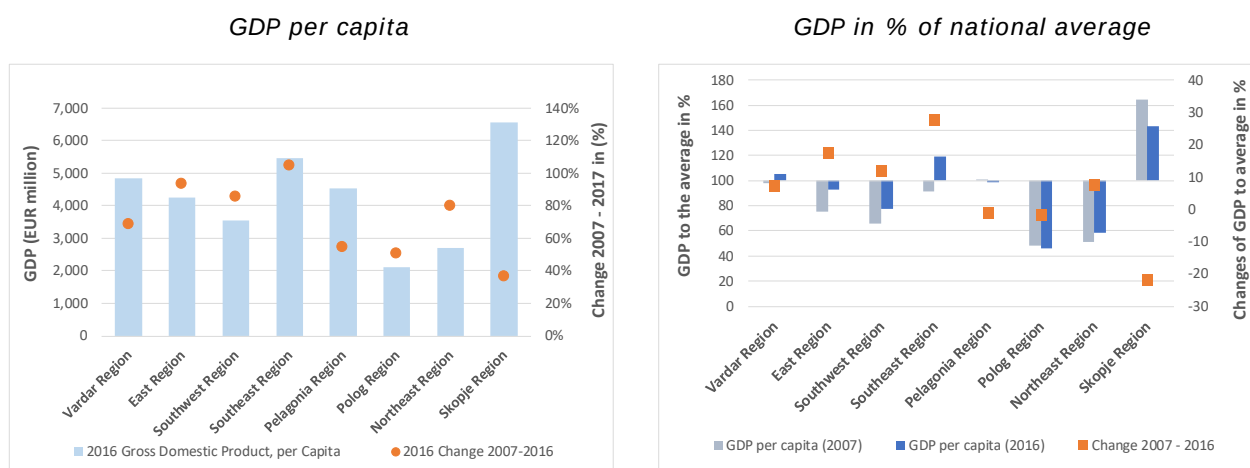
Слика 60: Регионална поделба на популацијата

Извор: DNV GL analysis, базирано на податоци од Заводот за статистика на Република Северна Македонија (www.makstat.stat.gov.mk)

БДП и приход

Скопскиот регион има БДП по глава на жител од околу 60.000 евра (400.000 денари), како што е покажано на левиот дел од Слика 61. Неколку други региони во Источниот и Западниот дел на земјата имаат БДП во опсег од 40.000 до 50.000 евра, додека БДП по глава на жител во Југозападниот, Полошкиот и Североисточниот регион е понизок, односно од 15.000 до 30.000 евра.

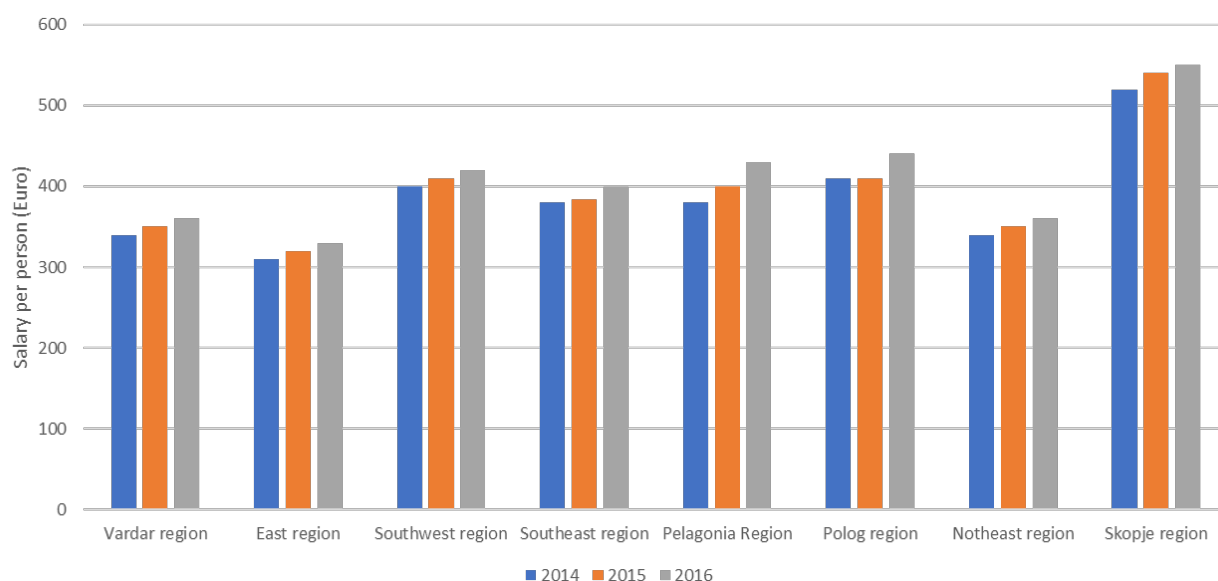
Во текот на една деценија, односно од 2007 до 2016 година, сите региони го зголемија нивниот БДП, а неколку посиромашни региони во Република Северна делумно ги намалија разликите во БДП во споредба со побогатите региони. На пример, за една деценија, додека регионот на Скопје обезбеди најнизок пораст (околу 37%), различни региони постигнаа раст од 100%. Како резултат на тоа, многу посиромашни региони успеаја да ја намалат разликата со побогатите региони. Ова е илустрирано во десниот дел на Слика 61, покажувајќи го регионалниот БДП во споредба со националниот просек и неговата промена во периодот од 2007-2016 година. Сепак, Скопскиот регион сè уште има многу повисок БДП по жител од другите региони. Покрај тоа, БДП по глава на жител во Пологи и Североисток сè уште е далеку под националниот просек, а Пологи расте дури и со помалку од просечната стапка во периодот од 2007-2016 година. Како резултат на тоа, тешко е да се претпостави гарантирана конвергенција на релативниот БДП во блиска иднина.



Слика 61: БДП според регион

Извор: DNV GL analysis, базирано на податоци од Заводот за статистика на Република Северна Македонија (www.makstat.stat.gov.mk)

На следниот график е прикажана просечната месечна нето плата во евра по вработен. Тоа укажува на значителна разлика меѓу регионите, особено помеѓу Скопје и другите региони.



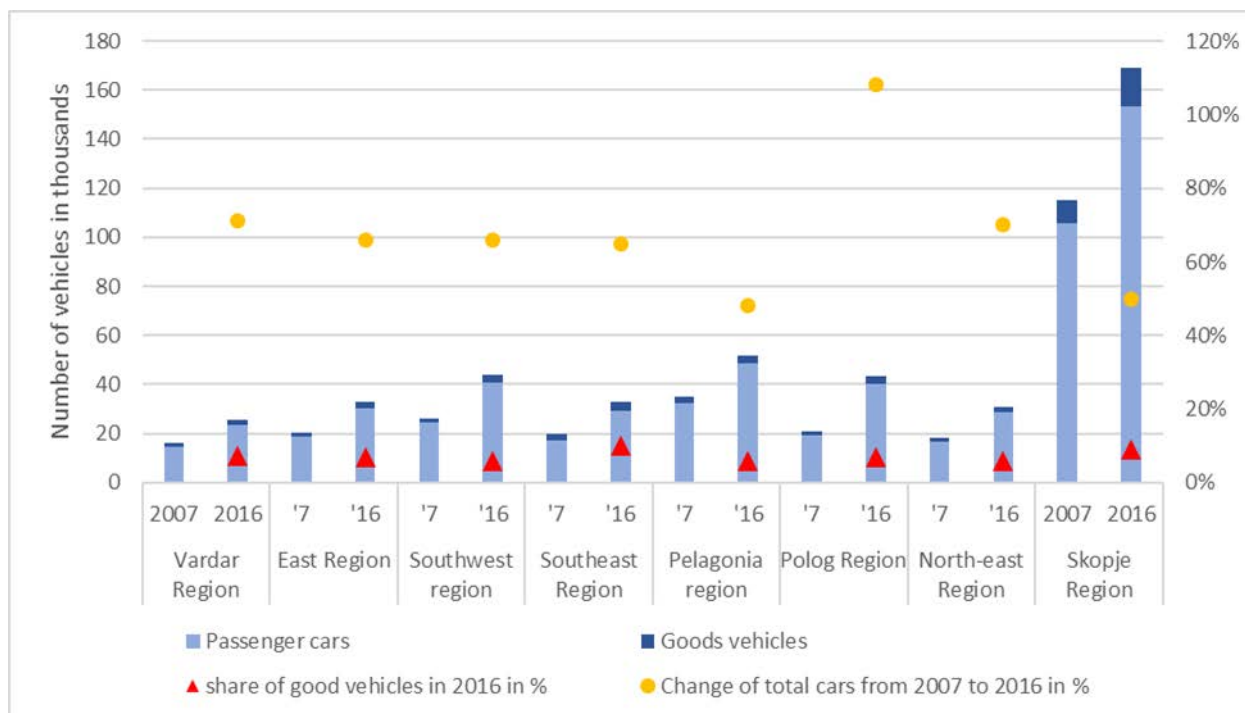
Слика 62: Релативно ниво на плата по регион во Северна Македонија

Извор: DNV GL analysis, базирано на податоци од Заводот за статистика на Република Северна Македонија (www.makstat.stat.gov.mk)

Возила

На Слика 63 прикажана е употребата на патнички и мали комерцијални возила во Република Северна Македонија. Дистрибуцијата на вкупниот возен парк приближно одговара на регионалната поделеност на населението прикажано на Слика 60. Покрај тоа, може да се забележи дека учеството на товарни возила во сите региони е слично и мало, во споредба со учеството на патнички возила. Уште повеќе, Слика 63 покажува дека зголемувањето на БДП очигледно овозможило раст на вкупниот возен парк последната деценија за повеќе од 45% во сите региони, а во Полошкиот регион за 110%.

Имајќи во предвид дека Пологи има релативно низок БДП во споредба со другите региони, овој резултат сугерира дека растот на БДП им овозможи на луѓето да купат автомобил (за прв пат), додека во другите региони, на пример во Скопје, веќе има поголемо пробивање на автомобили. Поради релативното богатство во споредба со националниот просек (според БДП), во скопскиот регион има значително поголемо пробивање на автомобили за разлика од другите региони.

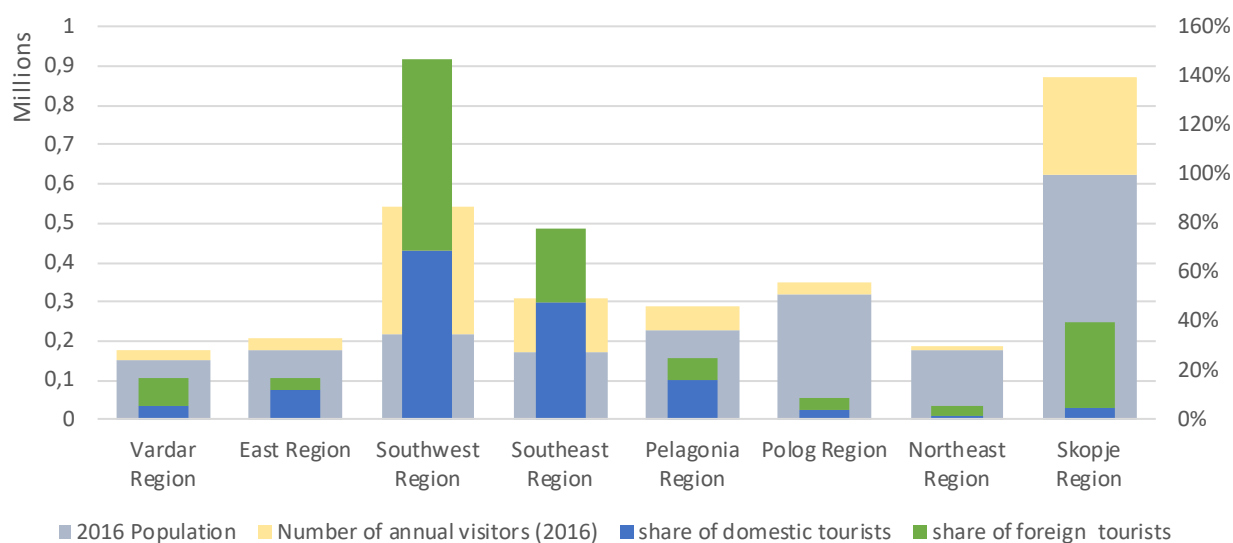


Слика 63: Пробивање на патнички и возила за лесна употреба, по регион

Извор: DNV GL analysis, базирано на податоци од Заводот за статистика на Република Северна Македонија (www.makstat.stat.gov.mk)

Туризам

На Слика 64 подолу се прикажани населението и вкупниот број туристи годишно за сите региони. Тоа сугерира дека неколку региони, односно Скопски, Југоисток и Југозапад, се клучни туристички дестинации, во вкупен и релативен број вклучувајќи домашни и странски посетители. На пример, вкупниот годишен број посетители во Југозападниот регион одговараат со околу 150% од постојаното население. Во Југоисточниот и Скопскиот регион сите посетители одговараат на 80%, односно на 45% од населението. Некои други региони за една година се посетени од туристи во обем од 20-25% во споредба со нивното постојано население.



Слика 64: Популација и посетители (туристи), по регион

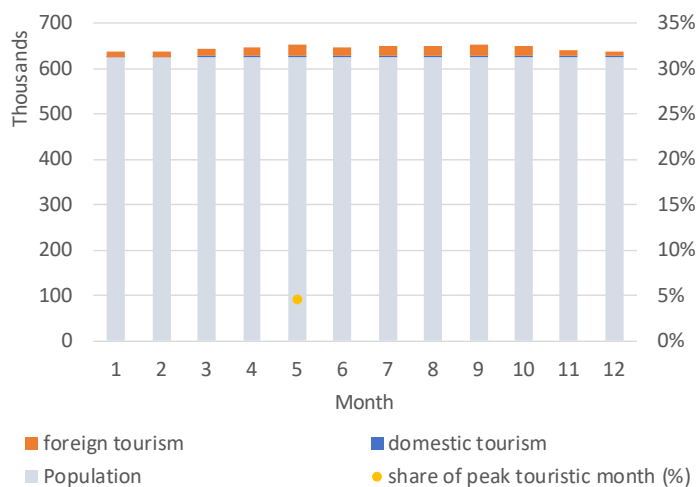
Извор: DNV GL analysis, базирано на податоци од Заводот за статистика на Република Северна Македонија (www.makstat.stat.gov.mk)

На Слика 65 е прикажано влијанието на посетителите на месечна основа. За сите региони може да се забележи дека посетителите имаат тенденција да доаѓаат во лето, меѓутоа за Скопскиот регион и за други региони (не се прикажани) врвниот туристички месец одговара на ограничен пораст на населението, вклучувајќи ги и постојаното и привременото. Спротивно на тоа, во Југозападниот и Југоисточниот регион нивото на туризмот во споредба со бројот на жители е големо, а бројот на посетители за време на туристичкиот врв изнесува 25-30% од постојаното население и од посетителите (главно во летниот период).

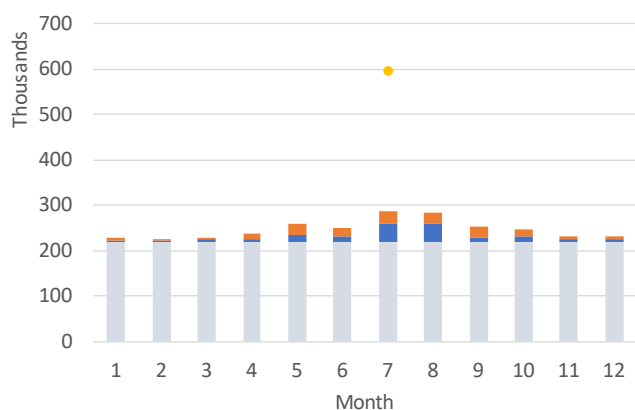
Како резултат на тоа, во Скопје има одреден потенцијал за користење на РЕВ предизвикано од туризмот, поради големиот (вкупниот) број на посетители. Во другите два региона, голем број посетители пристигнуваат и престојуваат првенствено во летниот период, што укажува на споредбено висок потенцијал за користење на РЕВ предизвикан од туризмот во летниот период.



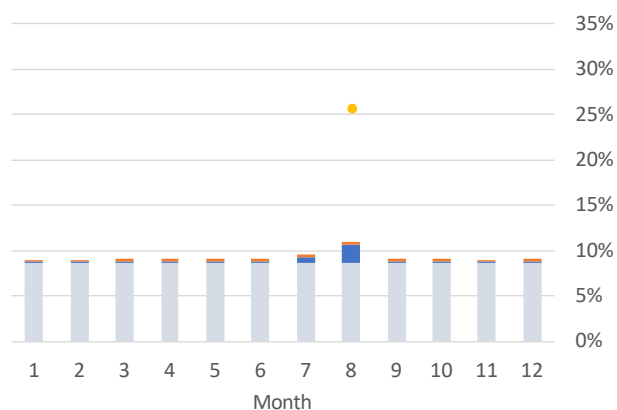
Skopje region



Southwest region



Southeast region



Слика 65: Влијание на посетителите врз ефективното население

Извор: DNV GL analysis, базирано на податоци од Заводот за статистика на Република Северна Македонија (www.makstat.stat.gov.mk)

Анекс II: Детални претпоставки и резултати од анализа на текови на моќност

Табела 25: Производство и оптоварување во пресметаните сценарија (во MW)

Сценарио				Оптоварување		Увоз	Производство		Прептоварување
				природно	EV		нормално	EV	
1	2040	Зимски max	G2V	1406	1172	2292	286	-	-
2	2040	Летен max	G2V	950	1316	1862	404	-	1 далекувод
3	2040	Летен min	G2V	629	-	391	238	-	-
4	2040	Зимски max	V2G	1935	106	1392	649	-	1 далекувод, 1 трансформатор
5	2040	Летен max	V2G	1490	108	1117	480	-	1 далекувод, 1 трансформатор
6	2040	Летен min	V2G	599	30	339	290	-	-
7	2030	Зимски max	G2V	1611	440	1556	494	-	-
8	2030	Летен max	G2V	1477	-	580	567	330	-
9	2030	Зимски max	V2G	1842	37	1185	694	-	-
10	2030	Летен max	V2G	1477	12	854	635	-	-

Извор: DNV GL analysis

Целна 2030 година со PEVs како оптоварување (G2V)

Табела 26: Највисоки и најниски напони во далекуводи во целна 2030 година (G2V)

Број на јазол	Име на јазол	Напон (p.u)	
		Сценарио 7	Сценарио 8
26004	БИТОЛА 2	1.0349	1.0508
26902	Т-СПОЈ2	1.0348	1.0507
26072	СУВОДОЛ-1	1.0345	1.0502
26035	ИЛОВИЦА	0.9543	0.9500

Извор: DNV GL analysis

Табела 27: Највисоки оптоварувања на далекуводи за целна 2030 година (G2V)

Далекувод	Оптоварување (%)	
	Сценарио 7	Сценарио 8
26076 ТИКВЕШ - 26079 ФЕНИ 110 kV	61.5	39.9
26104 ТЕТО-ЕЦ - 26999 СК 1-В 110 kV	47.9	60.5
26104 ТЕТО-ЕЦ - 26998 СК 4-В 110 kV	27.6	56.1
26066 СПИЉЕ - 26115 Б.МОСТ 110 kV	39.2	55.1

Source: DNV GL analysis

Табела 28: Оптоварување на трансформаторите за целна 2030 година (G2V)

Бр.	Трансформатор	Моќност [MVA]	Напон [kV]	Оптоварување [%]	
				Сценарио 7	Сценарио 8
1	БИТОЛА	300	400/110/35	34.30	31.90
2	БИТОЛА	300	400/110/35	35.10	31.20
3	ДУБРОВО	300	400/110/35	33.10	36.30
4	ДУБРОВО	300	400/110/35	33.90	37.20
5	СКОПЈЕ 4	300	400/110/35	66.20	54.50
6	СКОПЈЕ 4	300	400/110/35	27.70	9.30
7	СКОПЈЕ 5	300	400/110/35	4.80	14.70
8	СКОПЈЕ 5	300	400/110/35	67.50	54.70
9	ШТИП	300	400/110/10	46.90	40.70
10	ОХРИД	300	400/110/10	30.90	38.40
11	КУМАНОВО	300	400/110/10	31.00	20.60

Извор: DNV GL analysis

Заклучок

Од мрежниот модел не се видливи преоптоварувања на далекуводи или трансформатори во нормална состојба на оперативност на системот. Сите напонски опсези се исполнети.

Целна 2030 година со PEV како производители (V2G)

Табела 29: Највисоки и најниски напони на далекуводи во целна 2030 година (G2V)

Број на јазол	Име на јазол	Напон (p.u)	
		Сценарио 9	Сценарио 10
26120	ОХРИД	0.9961	1.0511
26004	БИТОЛА 2	1.0347	1.0509
26902	Т-СПОЈ2	1.0346	1.0508
26072	СУВОДОЛ-1	1.0343	1.0503
26084	Б.ГНЕОТИНО	1.0336	1.0487
26122	ОХРИД 4	1.0256	1.0469
26125	ОХРИД 3	1.031	1.0464
26047	ОХРИД 2	1.0252	1.0461
26056	РЕСЕН	1.0257	1.0453
26006	БИТОЛА 3	1.025	1.0432
26007	БИТОЛА 4	1.0235	1.0417
1011	ХЕЛ_В12	1	0.955
26073	СУШИЦА	0.9716	0.9549
26035	ИЛОВИЦА	0.9651	0.952

Извор: DNV GL analysis

Табела 30: Највисоки оптоварувања на далекуводи за целна 2030 година (G2V)

Далекувод	Оптоварување (%)	
	Сценарио 9	Сценарио 10
26062 СК 3 - 26063 СК 4-A 110 kV	66.8	35.3
26022 ДУБРОВО - 30102 ХТН_DU11 400 kV	37.8	65.6
26104 ТЕТО-ЕЦ - 26999 СК 1-В 110 kV	56.4	61.8
26129 БУНАРЦИК - 26998 СК 4-В 110 kV	9.1	59.0
26104 ТЕТО-ЕЦ - 26998 СК 4-В 110 kV	32.0	55.8
26105 З.РИД - 26999 СК 1-В 110 kV	54.8	24.9
26003 БИТОЛА 1 - 26004 БИТОЛА 2 110 kV	53.4	46.2
26003 БИТОЛА 1 - 26004 БИТОЛА 2 110 kV	53.4	38.1
26021 ДУБРОВО - 26030 КАВАДАРЦИ 110 kV	53.2	26.3
26066 СПИЉЕ - 26115 Б.МОСТ 110 kV	41.8	52.0

Извор: DNV GL analysis

Табела 31: Оптоварување на трансформаторите за целна 2030 година (V2G)

Бр.	Трансформатор	Моќност [MVA]	Напон [kV]	Оптоварување [%]	
				Сценарио 9	Сценарио 10
1	БИТОЛА	300	400/110/35	39.60	27.00
2	БИТОЛА	300	400/110/35	40.60	26.40
3	ДУБРОВО	300	400/110/35	47.20	34.80
4	ДУБРОВО	300	400/110/35	48.40	35.60
5	СКОПЈЕ 4	300	400/110/35	85.80	37.80
6	СКОПЈЕ 4	300	400/110/35	20.30	11.40
7	СКОПЈЕ 5	300	400/110/35	16.90	23.30
8	СКОПЈЕ 5	300	400/110/35	96.40	37.80
9	ШТИП	300	400/110/10	61.60	24.40
10	ОХРИД	300	400/110/10	34.50	29.90
11	КУМАНОВО	300	400/110/10	52.20	13.60

Заклучок

Од мрежниот модел не се видливи преоптоварувања на далекуводи или трансформатори во нормална состојба на оперативност на системот. Сите напонски опсези се исполнети.

Покрај тоа, проверен беше n-1 критериумот за безбедност за сценарио 9, во кое беа прикажани највисоките оптоварувања на далекуводот. Елементи кои веќе беа преоптоварени во состојбата n-0 не беа земени во предвид за пресметките при n-1. Покрај тоа, оваа студија не ги проценува можните активности за отстранување на неправилностите, бидејќи тоа бара да бидат спроведени детални студии за да се развијат планови за непредвидени ситуации.

Резултатите од анализата за непредвидени ситуации се прикажани во Табела 32. Некои испади на 110 kV далекуводи доведоа до незначителни преоптоварувања во Скопскиот регион. Слично на тоа, дефектите на 400 kV трансформатори во трафостаниците Скопје 4 или Скопје 5 може да доведат до преоптоварувања во други гранки на мрежата.

Забележуваме дека сите преоптоварувања се наоѓаат во скопската област и / или се предизвикани од непредвидени околности во таа област. DNV GL беше информирана од МЕПСО дека оваа област се карактеризира со мешана мрежа која овозможува разни тополошки дејства, така што сите преоптоварувања може да се сметаат за помалку критични, односно дека тие обично може да се управуваат со тополошки мерки.

Табела 32: Анализа на испади за сценарио 9

Набљудуван елемент							Рејтинг А	Проток	Оптовар ување	Испад (исклучен елемент)
Тип: 1 - Трансформатор 2 – Далекувод										
Почетен јазол		kV	Завршен јазол		kV	Тур е	MVA	MVA	%	
26059	CK 1-A	110	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 2	1	300	300.7	100.2	Далекувод 26003-26065
26111	CK 1	400	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 1	1	300	308.8	102.9	Далекувод 26003-26065
26111	CK 1	400	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 1	1	300	303.2	101.1	Далекувод26013Далекувод 26013-26115
26111	CK 1	400	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 1	1	300	305.1	101.7	Далекувод 26017-26066
26059	CK 1-A	110	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 2	1	300	300.1	100	Далекувод 26032-26065
26111	CK 1	400	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 1	1	300	308.2	102.7	Далекувод 26032-26065
26059	CK 1-A	110	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 2	1	300	301.1	100.4	Далекувод 26059-26063
26111	CK 1	400	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 1	1	300	309.7	103.2	Далекувод 26059-26063
26059	CK 1-A	110	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 2	1	300	304.2	101.4	Далекувод 26062-26063
26111	CK 1	400	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 1	1	300	313.1	104.4	Далекувод 26062-26063
26059	CK 1-A	110	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 2	1	300	308.5	102.8	Далекувод 26066-26115
26111	CK 1	400	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 1	1	300	316.9	105.6	Далекувод 26066-26115
26111	CK 1	400	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 1	1	300	303.7	101.2	Далекувод 26069-26125
26105	З.РИД	110	26603	ТЕТО-ЗР-ГТ	15	1	100	101.7	101.7	Далекувод 26105-26604
26059	CK 1-A	110	26063	СК 4-A	110	2	123	190.8	171.3	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26062	CK 3	110	26063	СК 4-A	110	2	123	140.2	123.1	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26063	CK 4-A	110	3WNDTR	СКОПЈЕ 4	WND 2	1	300	478.5	159.5	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26064	CK 4	400	3WNDTR	СКОПЈЕ 4	WND 1	1	300	510.5	170.2	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26059	CK 1-A	110	26063	СК 4-A	110	2	123	119.9	105.3	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 4
26059	CK 1-A	110	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 2	1	300	484.8	161.6	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 4
26105	З.РИД	110	26603	ТЕТО-ЗР-ГТ	15	1	100	100.2	100.2	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 4
26111	CK 1	400	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 1	1	300	513.5	171.2	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 4
26105	З.РИД	110	26603	ТЕТО-ЗР-ГТ	15	1	100	100.8	100.8	400/110/10 kV Трансформатор Куманово
26111	CK 1	400	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 1	1	300	306.9	102.3	400/110/10 kV Трансформатор Охрид

Целна 2040 година со PEV како товари (G2V)

Табела 33: Највисоки и најниски напони за целна 2040 година (G2V)

Број на јазол	Име на јазол	Напон (p.u)		
		Сценарио 1	Сценарио 2	Сценарио 3
26017	ГЛОБОЧИЦА	1.0369	0.9886	1.0076
26004	БИТОЛА 2	1.0335	1.0353	1
26902	Т-СПОЈ2	1.0335	1.0352	0.9981

Број на јазол	Име на јазол	Напон (p.u)		
		Сценарио 1	Сценарио 2	Сценарио 3
26066	СПИЉЕ	1.0349	0.9789	1.0078
26072	СУВОДОЛ-1	1.0332	1.0347	0.9981
26120	ОХРИД	0.9997	1.0344	1.005
26085	ДЕБАР	1.0339	0.978	1.0077
26021	ДУБРОВО	1.0196	1.0337	1.0164
26042	ТПП НЕГОТИНО	1.0197	1.0337	1.0033
26084	Б.ГНЕОТИНО	1.0324	1.0331	0.9981
26043	НЕГОТИНО	1.0185	1.0322	1.0032
26125	ОХРИД 3	1.0321	1.0284	1.004
26005	БИТОЛА 2	1	1.03	0.9981
26064	СК 4	0.9769	0.97	1.0182
26045	ОСЛОМЕЈ	1.0015	0.9696	1.0067
26074	ТЕТОВО 1	0.9788	0.9547	1.0052
26117	ГОСТИВАР 2	0.9951	0.9546	1.005
26049	ПОЛОГ	0.9916	0.9527	1.005
26075	ТЕТОВО 2	0.979	0.953	1.0049
26018	ГОСТИВАР	0.9929	0.9549	1.0048
26029	ЈУГОХРОМ	0.9735	0.9657	1.0033
26113	ТЕАРЦЕ	0.9734	0.9629	1.0032
26132	ЗЕЛИНО	0.9755	0.956	1.0031
26059	СК 1 - А	0.9834	0.9633	1
26014	ВРУТОК	1	0.9559	1
26035	ИЛОВИЦА	0.9654	0.9691	0.9681

Извор: DNV GL analysis

Табела 34: Највисоки оптоварувања на далекуводи за целна 2040 година (G2V)

Далекувод	Оптеретување (%)		
	Сценарио 1	Сценарио 2	Сценарио 3
26062 СК 3 - 26063 СК 4-A 110 kV	47.7	100.1	27.5
26059 СК 1-A - 26063 СК 4-A 110 kV	49.7	72.8	18.6
26013 ВРУТОК - 26049 ПОЛОГ 110 kV	68.2	23.3	6.6
26066 СПИЉЕ - 26115 Б.МОСТ 110 kV	66.8	27.2	6.9
26069 СТРУГА - 26125 ОХРИД 3 110 kV	6.6	60.8	13.0
26030 КАВАДАРЦИ - 26076 ТИКВЕШ 110 kV	59.7	20.4	12.0
26013 ВРУТОК - 26117 ГОСТИВАР 2 110 kV	59.2	5.8	2.4
26009 ВАЛАНДОВО - 26164 ГРАДЕЦ 110 kV	58.8	43.3	27.1
26024 ЗАПАД - 26062 СК 3 110 kV	58.2	43.8	8.5
26076 ТИКВЕШ - 26079 ФЕНИ 110 kV	58.1	21.9	17.0
26035 ИЛОВИЦА - 26073 СУШИЦА 110 kV	41.3	51.2	37.1

Извор: DNV GL analysis

Табела 35: Оптоварување на трансформатори со PEV во целна 2040 година

Бр .	Трансформатор	Моќност [MVA]	Напон [kV]	Оптеретување [%]		
				Сценарио 1	Сценарио 2	Сценарио 3
1	БИТОЛА	300	400/110/35	34.60	35.60	13.80
2	БИТОЛА	300	400/110/35	35.50	34.70	14.80
3	ДУБРОВО	300	400/110/35	28.70	15.50	18.70
4	ДУБРОВО	300	400/110/35	29.40	48.80	19.20
5	СКОПЈЕ 4	300	400/110/35	49.10	43.50	17.30
6	СКОПЈЕ 4	300	400/110/35	61.20	72.40	22.90
7	СКОПЈЕ 5	300	400/110/35	23.20	4.50	11.70
8	СКОПЈЕ 5	300	400/110/35	81.70	94.10	29.40
9	ШТИП	300	400/110/10	55.20	37.20	21.00
10	ОХРИД	300	400/110/10	29.50	45.70	6.80
11	КУМАНОВО	300	400/110/10	58.20	45.60	12.40

Заклучок

Во сценарио 2 еден далекувод е оптоварен со 100%:

- 26062 SK3 - 26063 SK4 110 kV: 100.1%

DNV GL беше информирана од МЕПСО дека оваа област се карактеризира со мешана мрежа

која овозможува разни тополошки дејства, така што сите преоптоварувања може да се сметаат за помалку критични, односно дека тие обично може да се управуваат со тополошки мерки.

Проверено е правилото за безбедност N-1 за сценарио 2, во кое се прикажани највисоките оптоварувања на далекуводот. Сите преоптоварени елементи во состојбата N-0 не беа земени во предвид за пресметките при N-1. Покрај тоа, оваа студија не ги проценува можните активности за отстранување на неправилностите, бидејќи тоа бара да бидат спроведени детални студии за да би се развиле плановите за непредвидени ситуации.

Резултатите од анализата за испади се прикажани во Табела 36 и Табела 37.

Анализата покажува дека испадите обично се случуваат само во скопското подрачје. Тие се чинат помалку критични, претпоставувајќи дека можат да бидат решени со тополошки мерки. Покрај тоа, забележуваме и мало преоптоварување помеѓу Струга и Охрид. Но, овој проток е предизвикан од испад на трансформатор во Скопје, така што се применуваат истите размислувања во врска со потенцијалната употреба на тополошките мерки. Особено забележуваме дека паралелниот трансформатор е оптоварен со помалку од 5% во (N-0) случајот.

Табела 36: Нарушувања од анализата за испади за сценарио 2

Набљудуван елемент							Рејтинг A	Проток MVA	Оптоварување %	Испад (исклучен елемент)
Тип: 1 - Трансформатор 2 – Далекувод										
Почетен јазол		kV	Краен јазол		kV	Типе	MVA	MVA	%	
26064	СК 4	400	3WNDTR	СКОПЈЕ 4	WND 1	1	300	532.8	177.6	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26111	СК 1	400	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 1	1	300	484.8	161.6	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26063	СК 4	110	3WNDTR	СКОПЈЕ 4	WND 2	1	300	461.6	153.9	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26059	СК 1	110	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 2	1	300	435.9	145.3	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26111	СК 1	400	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 1	1	300	331.9	110.6	Далекувод 26059-26063
26111	СК 1	400	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 1	1	300	326.4	108.8	Далекувод 26062-26063
26111	СК 1	400	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 1	1	300	320.2	106.7	Далекувод 26069-26125
26059	СК 1	110	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 2	1	300	314	104.7	Далекувод 26059-26063
26111	СК 1	400	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 1	1	300	309.3	103.1	400/110/10 kV Трансформатор Охрид
26111	СК 1	400	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 1	1	300	309.4	103.1	Далекувод 26003-26065
26059	СК 1	110	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 2	1	300	306.2	102.1	Далекувод 26062-26063
26111	СК 1	400	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 1	1	300	304.6	101.5	Далекувод 26032-26065
26111	СК 1	400	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 1	1	300	302.5	100.8	Далекувод 26017-26066
26059	СК 1	110	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 2	1	300	301.4	100.5	Далекувод 26069-26125
26111	СК 1	400	3WNDTR	СКОПЈЕ 5	WND 1	1	300	301	100.3	Далекувод 26017-26069
26059	СК 1	110	26063	СК 4	110	2	123	232.3	235.8	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26069	СТРУГА	110	26125	ОХРИД	110	2	123	119.3	101.5	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5

Табела 37: Набљудувани промени на напон за сценарио 2

Јазол		kV	V-INIT	V-CONT	Непредвидлив елемент	
26062	СК 3	110	0.990	0.899	26063-26064-26264	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 4
26024	ЗАПАД	110	0.989	0.898	26063-26064-26264	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 4
26033	КОЗЛЕ	110	0.988	0.897	26063-26064-26264	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 4
26029	ЈУГОХРОМ	110	0.967	0.894	26063-26064-26264	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 4
26113	ТЕАРЦЕ	110	0.964	0.892	26063-26064-26264	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 4
26013	ВРУТОК	110	0.957	0.889	26063-26064-26264	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 4
26018	ГОСТИВАР	110	0.956	0.888	26063-26064-26264	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 4
26117	ГОСТИВАР 2	110	0.956	0.888	26063-26064-26264	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 4
26132	ЗЕЛИНО	110	0.957	0.887	26063-26064-26264	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 4
26074	ТЕТОВО 1	110	0.956	0.887	26063-26064-26264	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 4
26049	ПОЛОГ	110	0.954	0.886	26063-26064-26264	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 4
26075	ТЕТОВО 2	110	0.954	0.885	26063-26064-26264	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 4
26017	ГЛОБОЧИЦА	110	0.989	0.886	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26066	СПИЉЕ	110	0.980	0.857	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26085	ДЕБАР	110	0.979	0.856	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26032	КИЧЕВО	110	0.972	0.849	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26115	Б.МОСТ	110	0.974	0.835	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26062	СК 3	110	0.990	0.832	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26121	СВ.ПЕТКА	110	0.987	0.832	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26106	КОЗЈАК	110	0.986	0.832	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26024	ЗАПАД	110	0.989	0.831	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26057	САМОКОВ	110	0.977	0.830	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26033	КОЗЛЕ	110	0.988	0.830	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26045	ОСЛОМЕЈ	110	0.971	0.830	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26023	Г.ПЕТРОВ	110	0.997	0.808	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26199	МИЛАДИНОВЦИ	110	1.006	0.801	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26059	СК 1	110	1.006	0.801	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26025	ЗЛЗ-СВР	110	1.005	0.800	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26080	ЗЛЗ-ЈУГ	110	1.005	0.800	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26105	З.РИД	110	1.005	0.800	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26010	В.ГЛАВИНОВ	110	1.005	0.800	26059-26111-26258(	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26110	САРАЈ	110	1.005	0.799	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26015	Г.БАБА	110	1.002	0.796	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26018	ГОСТИВАР	110	0.956	0.784	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26117	ГОСТИВАР 2	110	0.956	0.783	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26013	ВРУТОК	110	0.957	0.783	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26029	ЈУГОХРОМ	110	0.967	0.782	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26113	ТЕАРЦЕ	110	0.964	0.779	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26049	ПОЛОГ	110	0.954	0.775	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26132	ЗЕЛИНО	110	0.957	0.771	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26074	ТЕТОВО 1	110	0.956	0.770	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5

Јазол		kV	V-INIT	V-CONT	Непредвидлив елемент	
26075	ТЕТОВО 2	110	0.954	0.769	26059-26111-26258	400/110/35 kV Трансформатор Скопје 5
26066	СПИЉЕ	110	0.980	0.897	26069-26125	110 kV Далекувод Струга – Охрид
26085	ДЕБАР	110	0.979	0.896	26069-26125	110 kV Далекувод Струга – Охрид
26017	ГЛОБОЧИЦА	110	0.989	0.888	26069-26125	110 kV Далекувод Струга – Охрид
26069	СТРУГА	110	1.010	0.864	26069-26125	110 kV Далекувод Струга – Охрид

Таргет 2040 година со PEVs како производители (V2G)

Табела 38: Највисоки и најниски напони за целна 2040 година (V2G)

Број на јазол	Име на јазол	Напон (p.u)		
		Сценарио 1	Сценарио 2	Сценарио 3
26004	БИТОЛА 2	1.0327	1.0122	0.9981
26072	СУВОДОЛ-1	1.0327	1.0122	0.9981
26902	Т-СПОЈ2	1.0327	1.0122	0.9981
26125	ОХРИД 3	1.0324	1.0165	1.0092
26084	Б.ГНЕОТИНО	1.0317	1.0101	0.9982
26020	ДЕЛЧЕВО	0.9473	0.9731	0.9904
26035	ИЛОВИЦА	0.9472	0.9713	0.9684
26041	М.КАМЕНИЦА	0.9459	0.9717	0.995

Извор: DNV GL analysis

Табела 39: Највисоки оптоварувања на далекуводи за целна 2040 година (V2G)

Далекувод	Оптоварување (%)		
	Сценарио 1	Сценарио 2	Сценарио 3
26062 СК 3 - 26063 СК 4-А 110 kV	104.2	112.0	27.6
26069 СТРУГА - 26125 ОХРИД 3 110 kV	61.1	97.9	15.4
26059 СК 1-А - 26063 СК 4-А 110 kV	93.2	92.5	17.1
26034 КОЧАНИ - 26067 ШТИП 1 110 kV	70.1	59.8	13.8
26003 БИТОЛА 1 - 26004 БИТОЛА 2 110 kV	68.8	67.5	18.5
26003 БИТОЛА 1 - 26004 БИТОЛА 2 110 kV	68.8	65.8	18.5
26021 ДУБРОВО - 26030 КАВАДАРЦИ 110 kV	68.8	62.0	13.9
26032 КИЧЕВО - 26065 СОПОТНИЦА 110 kV	57.3	67.0	13.2
26003 БИТОЛА 1 - 26065 СОПОТНИЦА 110 kV	58.2	65.8	17.3
26104 ТЕТО-ЕЦ - 26999 СК 1-В 110 kV	64.6	57.1	9.0
26009 ВАЛАНДОВО - 26164 ГРАДЕЦ 110 kV	63.5	55.7	17.1

Извор: DNV GL analysis

Табела 40: Оптоварување на трансформатори со PEV за целна 2040 година (V2G)

Бр.	Трансформатор	Моќност [MVA]	Напон [kV]	Оптоварување [%]		
				Сценарио 4	Сценарио 5	Сценарио 6
1	БИТОЛА	300	400/110/35	49.50	45.60	11.60
2	БИТОЛА	300	400/110/35	50.70	44.50	11.30
3	ДУБРОВО	300	400/110/35	55.20	39.70	22.70
4	ДУБРОВО	300	400/110/35	56.60	57.40	23.30
5	СКОПЈЕ 4	300	400/110/35	63.80	77.10	12.10
6	СКОПЈЕ 4	300	400/110/35	95.90	96.40	22.80
7	СКОПЈЕ 5	300	400/110/35	24.50	37.80	6.60
8	СКОПЈЕ 5	300	400/110/35	141.40	148.10	30.00
9	ШТИП	300	400/110/10	85.00	57.70	26.40
10	ОХРИД	300	400/110/10	54.60	66.50	11.30
11	КУМАНОВО	300	400/110/10	91.80	53.70	24.50

Заклучоци

Анализата на текови на моќност ги покажува следниве оптоварувања во (N-0) случајот:

Еден далекувод од сценарио 5 е преоптоварен (повеќе од 100%):

- далекуводот 26062 SK 3 - 26063 SK 4-A 110 kV
Преоптоварен на 104.2% за сценарио 4 / 112% за сценарио 5
- Трансформатор СКОПЈЕ 5:
Преоптоварен на 141% за сценарио 4 / 148% за сценарио 5

Дополнително, разгледуваме преоптоварување за уште два далекуводи:

- 26069 СТРУГА - 26125 ОХРИД 3 110 kV
- 26059 СК 1-A - 26063 СК 4-A 110 kV

Сите напонски опсези се задоволени.

Преоптоварувањата во (N-0) состојба, главно во скопската област, укажуваат на потенцијални проблеми со состојбата на системот и / или деталната алокација на јазли на дополнителното оптоварување од електрични возила, што би барало подетална анализа и фино-подесување на мрежниот модел. Од овие причини за овие сценарија не е извршена анализа на испади.



ЗА DNV GL

Водени од својата цел за заштита на животот, имотот и животната средина, DNV GL им овозможува на организациите да ја унапредат безбедност и одржливоста на нивниот бизнис. DNV GL им овозможува класификација и техничка гаранција заедно со софтвер и советување од независни експерти на морски индустрии, индустрии за нафта и гас како и индустриите за енергија. Исто така овозможува сервиси за сертификација за клиенти од различни индустрии. DNV GL, која постои од 1864 година, работи глобално, во повеќе од 100 држави со своите 12.700 професионалци кои се посветени на помагање на нивните клиенти да го направат светот побезбеден, попаметен и позелен.