

АНАЛИЗ НА ДЯЛОВОТО УЧАСТИЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИЯ ТРАНСПОРТ В ЕНЕРГИЙНИЯ МИКС НА ЕНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕТО В СЪОТВЕТСТВИЕ СЪС ЗАЛОЖЕНИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ В СТРАТЕГИЯ ЗА УСТОЙЧИВО ЕНЕРГИЙНО РАЗВИТИЕ НА ГР. ВАРНА ЗА ПЕРИОДА 2014-2020 Г.

Валентин Гюров

Технически университет-Варна, кат. „Електроснабдяване и електрообзавеждане”

ANALYSIS OF THE PARTICIPATION OF ELECTRIC TRANSPORT IN THE TOTAL ENERGY MIX IN ACCORDANCE WITH THE PLANNED INDICATORS IN THE STRATEGY FOR SUSTAINABLE ENERGY DEVELOPMENT OF VARNA FOR THE PERIOD 2014-2020

Valentin Gyurov

Technical University of Varna, Department of Electric Power Supply and Equipment

Abstract

The study presents the participation of electric transport in the overall energy mix for the base period and the planning period 2014-2020. The presented data include a comparative analysis between the different branch of transport for the city - automobile and electric, as well as a comparison with other sectors - domestic, industrial, municipal buildings and services. The results of the survey allow analysis of the change of the planned indicators and they can be served as a basis for drawing up adequate strategies for the next monitoring period.

Keywords: Electric Transport, Trolleybus transport, Energy Efficiency, Energy Strategies.

ВЪВЕДЕНИЕ

Стремежът за намаляване на енергопотреблението и отделяните парникови емисии е една от основните цели, залегнали пред страните членки на Европейския съюз. В тази връзка Европейската инициатива „Споразумение на кметовете” инициира разработването на местни стратегии за устойчиво енергийно развитие, целящи постигането на определени индикатори за даден програмен период. Споразумението на Кметовете е основното европейско движение с участието на местните и регионални органи за управление, ангажирали се доброволно с повишаването на енергийната ефективност и използването на възобновяеми енергийни източници на техните територии.

Конкретните параметри на Споразумението са намаляване на енергопотреблението с 20% и намаляване на емисиите на CO₂ с 20%, спрямо първоначално определения базисен период. В тази връзка Община Варна, като част от инициативата от 2008 г., възложи разработването и утвърди Стратегия за устойчиво енергийно развитие за периода 2012-2020 г. Съществена част от стратегията е изпълнението на задължението за установяване количествените и качествените съотношения на енергопотреблението в енергийния микс на територията на общината, и нивото на емисиите на CO₂. Същевременно е разработен задължителния План за действие за устойчива енергия (ПДУЕ), който се явява препо-

ръчителна стратегия за изпълнение за постигане целите на Споразумението.

В съответствие със Споразумение на кметовете, като базисен се приема първия предходен петгодишен период спрямо разработваната стратегия, за който може да бъде съставена пълна картина на енергопотреблението и извършена оценка за екологичното въздействие. В конкретния случай е зададен базисен период 2005-2010 и разработен ПДУЕ за период 2013-2020 г. Електрическият транспорт е представен като част от сектор „Транспорт” за община Варна, включващ обществения, товарния и автомобилния транспорт.

АНАЛИЗ НА ДЯЛОВТО УЧАСТИЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИЯ ТРАНСПОРТ В ЕНЕРГИЙНИЯ МИКС ЗА БАЗИСНИЯ ПЕРИОД 2005-2010

За оценка на потреблението на енергия по сектори са използвани дефинираните в нормативната база показатели и по-конкретно физичната величина „първична енергия”. Използването на величината първична енергия дава възможност за адекватна оценка и сравнение между отделните видове използвани енергии (електрическа, топлинна, енергия от природен газ, твърди и течни горива) [2], [3], [4]. По този начин се осъществява количествена съпоставимост между изследваните величини и се осъществява достоверна оценка за индивидуалното им въздействие върху общия разход на енергия.

Енергийната характеристика като първична енергия се определя чрез формулата:

$$EP = Q = \sum_{i=1}^m Q_{i,H} \cdot e_i \text{ [kWh]} \quad (1)$$

където: Q – количество първична енергия [kWh]; $Q_{i,H}$ – количество потребена енергия с i-ия енергоносител [kWh]; e_i – коефициент, отчитащ загубите за добив/ производство и пренос на i-тата съставляща на потребената енергия.

Таблица 1. Коефициенти e_i за различните горива

Вид енергиен ресурс/енергия	e_i
Промислен газьол, петрол и дизел	1.1
Природен газ	1.1
Пропан-бутан	1.1
Електроенергия	3

При анализа на консумацията на течни горива е съблюдавано е съотношението: 1 kcal първична енергия = 0,001162 kWh първична енергия, при показателите по Таблица 2.

Таблица 2. Калоричност на горивата

Гориво	Калоричност
Природен газ	8500 kcal/m ³
Ел. енергия	860 kcal/kWh
Пропан-бутан	11950 kcal/kg
Дизелово гориво	9000 kcal/kg
Бензин А98	10200 kcal/kg

Плътност на горивата: природен газ хнм3=1000 нормални кубични метра; бензин - относителна плътност при 15С: 720÷770 kg/m3; дизелово гориво – относителна плътност при 15С: 820÷850 kg/m3

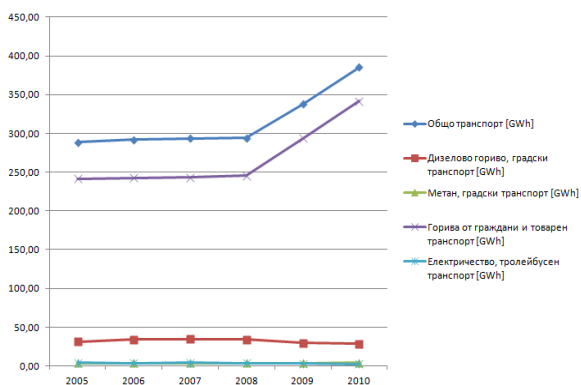
Използвани са данни от различните общински служби и от Националния статистически институт за реални продадени и консумирани количества горива.

За оценка на процентното увеличение на първичната енергия за базисния период е използвана величината ΔEP [%].

$$\Delta EP = \frac{EP_{2010} - EP_{2005}}{EP_{2005}} \cdot 100[\%] \quad (2)$$

Данните за енергопотреблението в сектор „Транспорт” са показани в Таблица 3.

Градският транспорт в Община Варна се осъществява основно от два големи превозвачи – „Градски транспорт” ЕАД – Варна и „Транстриумф Холдинг” АД. За целите на реализацията на проект „Интегриран градски транспорт”, „Градски транспорт” ЕАД придобива собственост върху „Транстриумф Холдинг”. „Транстриумф Холдинг” АД включва парк от 188 броя автобуси.



Фиг. 1. Изменение на ПЕ в сектор „Транспорт“

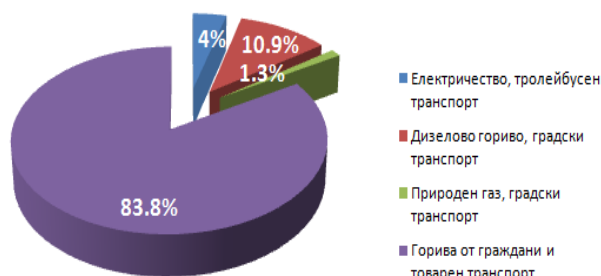
Таблица 3. Съотношение на разхода на първична енергия в сектор „Транспорт“

Сектор „Транспорт“		2005	2006	2007	2008	2009	2010
Електричество – тролейбусен транспорт	GWh	11.576	11.291	12.001	10.474	10.852	10.832
Дизелово гориво – градски транспорт	GWh	31.380	33.879	34.733	34.114	29.755	28.474
Природен газ – градски транспорт	GWh	3.762	3.762	3.762	3.762	3.762	4.391
Горива автомобилни и товарен транспорт	GWh	241.756	242.723	243.206	245.624	293.532	341.438
Общо	GWh	288.475	291.656	293.703	293.974	337.901	385.137
Електричество – тролейбусен транспорт	%	4.01	3.87	4.09	3.56	3.21	2.81
Дизелово гориво – градски транспорт	%	10.88	11.62	11.83	11.6	8.81	7.39
Природен газ – градски транспорт	%	1.3	1.29	1.28	1.28	1.11	1.14
Горива автомобилни и товарен транспорт	%	83.8	83.22	82.81	83.55	86.87	88.65
Общо	%	100	100	100	100	100	100

Общинският превозвач „Градски транспорт“ ЕАД – Варна, разполага със следния подвижен състав: 41 броя тролей Scoda 14Tr и Scoda 15Tr с електрическа мощност 100 и 2X100 kW; 149 бр. автобуси за градски транспорт. За периода 2014-2017 г. са доставени 30 бр. нови моно тролейбуса Skoda 26Tr, притежаващи рекуперативни функции, които замениха по-голямата част от съществуващия тролейбусен състав.



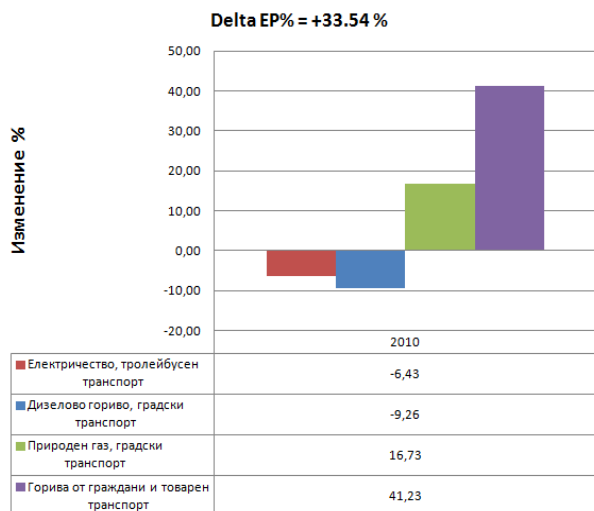
Фиг. 3. Енергиен микс на сектор „Транспорт“ за 2010 г.



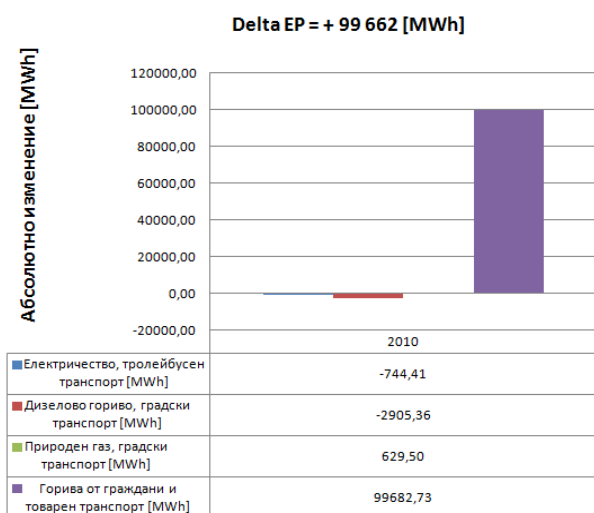
Фиг. 2. Енергиен микс на сектор „Транспорт“ за 2005 г.

В процес на подготовка е проект за закупуване на нови 77 бр. електробуса и 10 бр. тролейбуса, като по този начин ще бъде подменен тролейбусния състав на 100%, а 21% от сегашния автобусен състав ще бъдат подменени с електробуси. За периода 2014-2017 г. бяха закупени 85 бр. нови автобуси, 22 бр. от тях използващи метан. Общо се обслужват 32 бр. вътрешноградски маршрута (28 бр. автобусни и 4 бр. тролейбусни) с обща дължина на трасето (674 км. автобусни и 81 км. тролейбусни).

Броят еквивалентни леки автомобили (ЕЛК) на 1000 души се е увеличил от 320 бр. през 2005 г. до 429 бр. през 2010 г., което означава, че автомобилният транспорт на граждани и товари ще е определящ за крайното енергопотребление.



Фиг. 4. Процентно изменение на ЕП за 2005-2010 г.



Фиг. 4. Абсолютно изменение на ЕП за 2005-2010 г.

Увеличението е с близо 35% при естествен прираст на населението +0.45% за общината. Отчитайки броя автомобили, които се предполага, че са с по-малка използваемост от средностатистическия ЕЛК, може да се очаква, че увеличението на енергопотреблението ще е в границите 33-35%. При градския транспорт, увеличението на употребата на природен газ е с +16.73%, а намаляването на употребата на дизелово гориво е – 9.26%. От гледна точка на ефективност, съчленените автобуси използвани

във гр. Варна имат разход 5.03-5.35 kWh/km, а само автобусите 3,57 до 4,09 kWh/km. Тролейбусите имат разход около 1.5 kW/km, а съвременните поколения с честотно управление и рекуперация имат разход около 1.1 kW/km и отделна възможност за рекуперация. Последната възможност няма как да бъде използвана при настоящата инфраструктура – трансформаторни подстанции с неуправляеми изправители тип Ларионов, т.е. при въвеждане на нови поколения електровозен състав, са необходими и промени в трансформаторните подстанции. Тук проблема с намаляването на потреблението на електричество с – 6.43% може да бъде по-задълбочено изследван, тъй като може да се дължи на много фактори, влияещи в съвкупност – прекалено остарели подвижни състави, дискомфорт на пътниците, недостатъчно оптимизирани трасета и разписания и др.

ПЛАН ЗА ДЕЙСТВИЕ ЗА УСТОЙЧИВА ЕНЕРГИЯ В СЕКТОР ТРАНСПОРТ ЗА ПЕРИОДА 2014-2020 Г.

Сектор „Транспорт” е с дял от 7.3% от общото енергопотребление за Община Варна. Прогнозата за енергийните доставки и потребление и предлаганите мерки за постигане на стратегията са показани в Таблица 4. При население от 348 хил. души, броя регистрирани МПС в движение е 120 хил., или по 1 на всеки 2.9 души, с включване на децата и гражданите в нетрудоспособна възраст. Счита се, че са достигнати нива близко до възможния максимум, предвид ограничения транспортен капацитет на инфраструктурата и паркоместата. Не се очаква увеличение на този дял повече от естествения прираст на населението, предвид постигнато високо съотношение на притежаван брой МПС към брой граждани.

При съставяне на енергийната прогноза са заложили проценти на увеличение на консумацията на енергийни суровини за година ΔEP.

Нивата на ΔEP за електричество са =1.7% и са осъществими с обновяването на тролейбусния парк. В случая това мероприятие се явява основно, тъй като според Директива 2009/28/ЕО е заложило задължително условие за 10% дял на потреблението

от ВЕИ в транспорта, а тролейбусите са една от най-съществените възможности за реализирането ѝ. Респективно в дизеловото гориво е заложен спад с - 2%, тъй като то ще бъде повлияно едновременно както от увеличаване използването на тролейбусен транспорт, така и от увеличаване използването на природен газ в транспорта. За ръст на природния газ е заложен +0.5%, а за горива от граждани +0.25%.

Като фактори влияещи за намаляването на енергопотреблението от конвенционален характер е заложено увеличаването на енергийната ефективност в обществената услуга „електроснабдяване” с до 3% и увеличаване на ползването на градски транспорт за сметка на МПС също с 3%. Последното трябва да бъде резултат от комплексния ефект при осъществяването на проекта за „Интегриран градски транспорт”. Също така, заложеното развитие на алтернативния транспорт – подобряване условията на велосипедисти и пешеходци, се очаква да

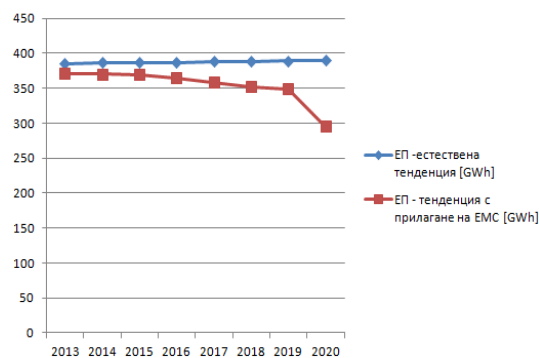
доведат до енергиен ефект около 1%. Общата тенденция в сектора за покачване на ΔЕР е доста тежка – до +35% и това прави много трудни изискванията за дял на ВЕИ и енергийна ефективност на сектора. В този аспект се предлага едно нетрадиционно решение – съвместно използване на ВЕИ и възможностите на транспорта в комплексен вид. Първият фактор е модернизацията на тролейбусния парк да се осъществи с ново поколение тролейбуси с рекуперативен режим. По този начин спирачната енергия по рекуперативен принцип се отдава обратно в мрежата чрез генериране на енергия за сметка на инерционните сили на задвиженото тяло. Тази възможност широко се използва в света, като всички съвременни електрически транспортни средства за обществен транспорт са такива. Възможна е генерация на 20% полезна електрическа енергия, която обърната към първична следва да се утрои.

Таблица 3. Съотношение на разхода на първична енергия в сектор „Транспорт”

Енергиен носител		Базис		Прогноза енергопотребление								ΔЕР
		2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	%
Електричество, тролейбусен транспорт	GWh	11,58	10,83	11,02	11,20	11,39	11,59	11,78	11,99	12,19	12,40	1,7
Дизелово гориво, градски транспорт	GWh	31,38	28,47	27,91	27,35	26,80	26,26	25,74	25,22	24,72	24,23	-2
Природен газ, градски транспорт	GWh	3,76	4,39	4,41	4,44	4,46	4,48	4,50	4,53	4,55	4,57	0,5
Горива от граждани и товарен транспорт	GWh	241,76	341,44	342,29	343,15	344,01	344,87	345,73	346,59	347,46	348,33	0,25
Общо сектор транспорт	GWh	288,47	385,14	385,63	386,13	386,66	387,20	387,75	388,33	388,91	389,52	35,03
Намаляване на ПЕ за реал. на стратегия 20/20/20			Име фактор	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	НК [%]
Ув. ползв. на гт за сметка мпс 3% ИПЕ	GWh		ГТ	11,57	11,58	11,60	11,62	11,63	11,65	11,67	11,69	4,05
От ЕЕ в Енерго Про до 3%	GWh		ЕНЕРГО-ПРО ЕАД	0,00	0,11	0,17	0,23	0,24	0,24	0,24	0,37	4,01
Общо конвенционални мерки	GWh			11,57	11,70	11,77	11,85	11,87	11,89	11,91	12,06	4,18
Алтернативни тр. средства до 1%				3,86	3,86	3,87	3,87	3,88	3,88	3,89	3,90	
Рекулперация тролейбуси	GWh		REC	0,00	0,56	1,14	2,32	3,54	3,60	3,66	3,72	1,26
Електромобили 3% от граждани и т.т.	GWh		PV	0,00	0,00	0,00	2,07	4,15	6,24	7,30	31,35	10,62
Зареждане Електромобили от ВЕИ	GWh			0,00	0,00	0,00	2,07	4,15	6,24	7,30	31,35	10,62
ВЕИ покриви на дѐпа и ТИС 4MWp	GWh						1,00	2,00	4,00	6,00	12,00	4,07
КОНСУМАЦИЯ НА ПЕ С МЕРКИ	GWh			370,20	370,02	369,88	364,02	358,18	352,48	348,86	295,15	
ОБЩА ИКОНОМИЯ С ЕМС	GWh			15,43	16,12	16,78	23,18	29,58	35,85	40,05	94,37	
Процент от енергийния микс за 2020	%										295,15	26,57
Икономия на ПЕ спрямо 2010	%											-23,37
Икономия на ПЕ спрямо 2020	%											-24,23

За отдаването ѝ на горно ниво в системата е необходимо реконструкция на токоизправителните станции от неуправляеми на управляеми, за да бъде продавана обратно на компанията доставчик на ел. енергия. Без тази реконструкция, енергията също може да бъде усвоявана – от друг потеглящ тролейбус в същия участък, т.е. такава мярка е осъществима на етап подмяна на тролейбусния парк. Към настоящата 2020 г. модернизацията на тролейбусния парк може да се счита за осъществена, но поради това че не е извършвана модернизация на токоизправителните станции, ефекта не е максимален.

Вторият компонент от комплексното решение за ВЕИ е осигуряването на инфраструктура за по-мощно въвеждане на електромобили за градски условия. Нетрадиционният подход включва изграждането на фотоволтаични инсталации с мощност 4MWp, разположени над паркинги, покриви, депа и др. площи, в логистични удобни зони (например над депата на тролейбусите) и изградени зарядни станции за електромобили. Дори и в момента, без наличието на такава инфраструктура, е налице интерес към въвеждането на електромобили, но такъв подход може даде рязък тласък на сектора, да гарантира осъществимост на целите на стратегията и същевременно да е източник на средства за общината. Предполагам начален клиент са големите таксиметрови компании, които могат да осигурят голяма бройка наведнъж. По този начин е възможно предлагането на три взаимосвързани мерки, с които може да се постигне ефект 10% ВЕИ в транспорта и да се подпомогне цялостната стратегия за 20% дял на ВЕИ, а именно: ВЕИ фотоволтаичен тип върху покривни и/или неизползваеми площи към “Градски транспорт ЕАД” – 4 MWp; Дял на електромобилите 3% или 4200 бр. през 2020 г.; Заряд на електромобилите от ВЕИ. Общият реализиран процент икономия спрямо 2010 г. е 23.37%, а дялът ВЕИ в транспорта – 26.57%.



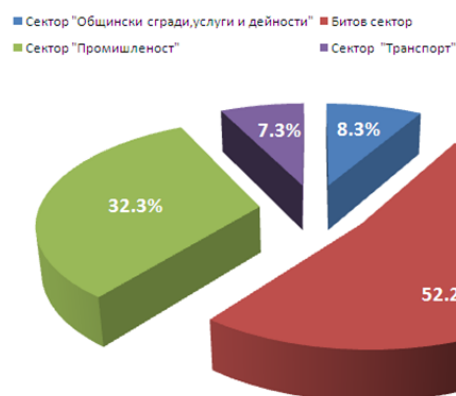
Фиг. 5. Изменение на ЕП за 2013-2020 г при прилагане на мерки за енергийна ефективност и ВЕИ.

ДЯЛ НА СЕКТОР ТРАНСПОРТ В ОБЩИЯ ЕНЕРГИЕН МИКС НА ОБЩИНА ВАРНА

Делът на енергопотреблението на сектор „Транспорт“ за базисната 2005 г, приета за „нулева“ при съставянето на ПДУЕ е 7.28% или в абсолютни стойности 288.47 GWh. Делът на електрическия транспорт в сектор транспорт възлиза на 4.01%.

Таблица 4. Съотношения в сектор „Транспорт“

Енергопотребление по сектори за 2005 г.	GWh	%
Сектор "Общински сгради, услуги и дейности"	329.698	8.31
Битов сектор	2069.134	52.18
Сектор "Промишленост"	1277.825	32.23
Сектор "Транспорт"	288.474	7.28
Общо енергопотребление	3965.133	100.00



Фиг. 6. Процентно съотношение на енергийната консумация по сектори

Установяването на настоящия дял на сектор „Транспорт” в общия енергиен микс и респективно дяловото участие на електрическия транспорт, е предмет на следващата Стратегия за устойчиво енергийно развитие на община Варна за период 2020-2025г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въпреки твърде амбициозната задача за постигане на икономия на енергопотребление в сектор „Транспорт” в размер на 10%, и липсата на възможност за пряко въздействие върху редица фактори, влияещи върху сектора, може да се отбележи, че редица от заложените мерски са изпълнени. Изцяло е обновен тролейбусния парк подсигуриращ в пълен капацитет транспортната услуга. Възстановена е една тролейбусна линия (Линия №86, дължина 8.6 км), поради запазената ѝ през годините техническа инфраструктура, свързваща квартал Аспарухово с кв. Почивка. В ход е процедура за закупуване на 77 нови електробуса. Подновени са 85 автобуса с ново поколение с по-ниско екологично въздействие. В напреднала фаза е разработването на проект за зарядни станции за електромобили. Обсъжда се идеята за разработване на проект за градска електрическа железница. Въпреки това, общия краен ефект е изоставащ по отношение модернизация на токоизправителните станции за тролейбусен транспорт, внедряване на ВЕИ в транспорта и по-ефективно използване на рекуперативната енергия от тро-

лейбусния транспорт. Все още не е обърнато достатъчно внимание върху ефективното използване на фотоволтаични електроцентрали в градски условия с използването площите на депата и комбинираната им употреба със зарядни станции за електромобили. Въпреки приетите облекчения за достъп до сини зони, делът на електромобили е по-нисък от необходимия, като желаните индикатори се подпомагат единствено от значимия брой автомобили с хибридно задвижване.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by by the Bulgarian Scientific Fund, Operational Programme “Fundamental Research”, Session 2019 under contract № 06-37/28 16.12.2019. „Research on Electricity Consumption Regimes in Electric Power Supply Systems for Urban Electric Transport with Two-way Power Flow”.

REFERENCE

- [1] Bokerman, A, V. Gyurov, P. Kirovski, R. Mircheva, A. Georgieva, M. Mirchev, Strategia za ustoichivo energiiino razvitie na obshtina Varna 2013-2020, Plejaeds Gmbh, Vuzlojitel obshtina Varna.
- [2] Zakon za energiina efektivnost 2008 г.
- [3] Naredba № РД-16-1058 ot 10.12.2009г. za pokazatelite za razhov i energia i energiinite harakteristiki na sgradite.
- [4] Direktiva 2010/31/EC na evropeiskia parlament i na syveta na evropa ot 19.05.2010.