

**ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ
ОД ПЕТТАТА СТУДЕНТСКА
КОНФЕРЕНЦИЈА „ЕНЕРГЕТСКА
ЕФИКАСНОСТ И ОДРЖЛИВ РАЗВОЈ“**



СКЕЕОР
skeeor.feit.ukim.edu.mk

23-25 НОЕМВРИ 2017

Скопје

CIP - Каталогизација во публикација
Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

620.92:502.131.1(062)

СТУДЕНТСКА конференција "Енергетска ефикасност и одржлив развој" (5 ;
2017 ; Скопје)

Зборник на трудови од петтата студентска конференција
"Енергетска ефикасност и одржлив развој" СКЕЕОР 2017 [Електронски извор]
/ Петта студентска конференција "Енергетска ефикасност и одржлив
развој", 23-25 ноември 2017 година, Скопје. - Скопје : Факултет за
електротехника и информациски технологии, 2018. - 1 оптички диск ЦД-РОМ
; 12 см

Библиографија кон трудовите

ISBN 978-9989-630-88-0

а) Енергетска ефикасност - Одржлив развој - Собири
COBISS.MK-ID 107819786

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Студентска конференција Енергетска ефикасност и одржлив развој

<http://skeeor.feit.ukim.edu.mk/>

Координатор на конференцијата

проф. д-р Маргарита Гиновска

Организатори

Здружение за истражување и промоција на енергетската ефикасност и одржливиот развој СКЕЕОР, Скопје

ФЕИТ – Факултет за електротехника и информациски технологии
Универзитет Св. Кирил и Методиј – Скопје, Р. Македонија

Издавач:

Факултет за електротехника и информациски технологии, Скопје

Редакциски одбор:

Деан Соколов

Дизајн на корица:

Деан Соколов

Компјутерска обработка:

Деан Соколов

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

ОРГАНИЗАЦИСКА СТРУКТУРА НА КОНФЕРЕНЦИЈАТА

1. Програмско-организациски одбор

- **Наташа Јованова**
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- **Деан Соколов**
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- **Ангела Ѓурчиновска**
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- **Ведран Симовски**
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- **Виктор Рудан**
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје

2. Координативно тело

- проф. д-р. Маргарита Гиновска
Координатор од Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје

3. Научен одбор

- **проф. д-р Димитар Ташковски - почесен претседател на Научен одбор**
 - Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- **проф. д-р Маргарита Гиновска - претседател на Научен одбор**
 - Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- **проф. д-р Влатко Стоилков - член**
 - Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- **проф. д-р Христина Спасевска - член**
 - Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- **проф. д-р Крсте Најденкоски - член**
 - Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- **проф. д-р Гога Цветковски - член**
 - Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- **проф. д-р Снежана Чундева - член**
 - Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- **проф. д-р Александра Крколева - член**
 - Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- **проф. д-р Љупчо Караџинов - член**
 - Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

- **проф. д-р Атанас Илиев - член**
 - Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- **проф. д-р Мирко Тодоровски - член**
 - Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- **доц. д-р Димитар Димитров - член**
 - Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- **доц. д-р Софија Николова Поцева - член**
 - Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- **доц. д-р Живко Коколански - член**
 - Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- **доц. д-р Лихнида Георгиевска-Стојановска - член**
 - Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- **вон. проф. д-р Тодорка Самарџиоска - член**
 - Градежен факултет - Скопје
- **проф. д-р Катерина Донева - член**
 - Градежен факултет - Скопје
- **проф. д-р Маријана Лазаревска - член**
 - Градежен факултет - Скопје
- **доц. д-р Даме Димитровски - член**
 - Машински Факултет - Скопје
- **проф. д-р Ристо Филкоски - член**
 - Машински факултет - Скопје
- **проф. д-р Оливер Зајков - член**
 - Природно-математички факултет - Скопје
- **проф. д-р Соња Ивановска - член**
 - Факултет за земјоделски науки и храна - Скопје

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Почитувани читатели,

По петти пат успеавме да го привлечеме Вашето внимание сè со цел да ги истакнеме мислењата, идеите и донесените заклучоци од Вашите истражувања во областите на енергетска ефикасност и одржлив развој. Младите луѓе во нашата земја, па и пошироко покажаа голем интерес за да ги презентираат своите трудови на нашата ПЕТТА ЈУБИЛЕЈНА студентска конференција „Енергетска Ефикасност и Одржлив Развој“.

Самиот факт што на овогодишната конференција се пријавија речиси 50 научни труда, односно околу 120 учесници меѓу кои и десетина странски учесници, доволно нè мотивираше и ни даде поттик да дадеме сè од себе за да ја организираме оваа конференција, која би се запаметила како петта јубилејна. Оваа година се забележува зголемен интерес на нашите пријавени учесници за презентирање на англиски јазик, што во иднина отвора можности за интернационализирање на нашата конференција.

ФЕИТ И ДЕКАНАТ

Најголема благодарност до Факултетот за електротехника и информациски технологии и Деканатот на ФЕИТ кои ни пружија безусловна поддршка и повторно им овозможија на младите истражувачи да ја покажат својата креативност.

Им укажуваме голема благодарност на поранешните претставници на организацискиот одбор на Здружението за истражување и промоција на енергетска ефикасност и одржлив развој – СКЕЕОР, кои постојано нè охрабруваа со нивните совети и поддршка, сите професори, предавачи и ментори, како и на волонтерите од кои очекуваме во иднина да нè заменат нас и да бидат уште поуспешни во организирањето на СКЕЕОР.

Благодарност им укажуваме и на нашите редовни спонзори од коишто добиваме огромна поддршка и стимул, а исто така и на новите компании кои оваа година за прв пат решија да не поддржат.

Со почит,

Програмско-органizaциски одбор на СКЕЕОР 2017

А. ОБНОВЛИВИ ИЗВОРИ НА ЕНЕРГИЈА

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Тамара Котевска¹, Бојан Михајловски²

¹ Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје, УКИМ

¹tamara.kotevska@hotmail.com ²b.mihajlovski@yahoo.com

ПРОИЗВОДСТВО И РАЗМЕНА НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА ПРЕКУ ФОТОВОЛТАИЧНИ СИСТЕМИ КАКО ОБНОВЛИВИ ИЗВОРИ ЗА РАЗВОЈ НА ЕНЕРГЕТИКАТА

КУСА СОДРЖИНА

Потрошувачката на електрична енергија се зголемува секоја година, додека резервите на фосилни горива се намалуваат. Покрај тоа фосилните горива се одговорни за зголемената концентрација на јаглерод диоксид во атмосферата, па затоа човекот пробува да најде алтернатива со која ќе ја заштити животната средина.

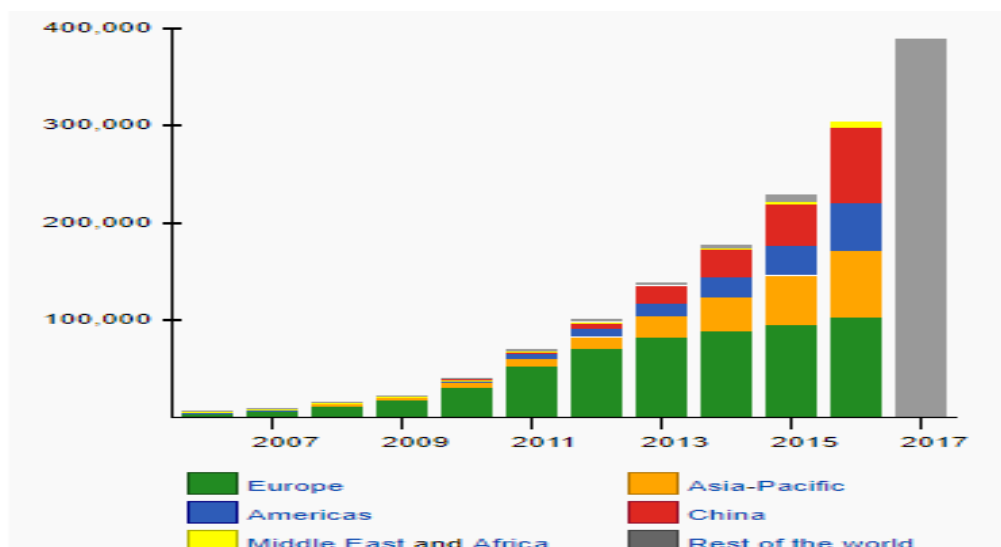
Производство на електрична енергија со помош на Сонцето како обновлив, независен, сигурен, економичен и еколошки извор на енергија придонесува за здрава животна средина. Нашата високо рангирана земја со многу сончеви денови и многу добар т.н. “пик на електрична енергија” учествува само со 0,04 %, или со 7,4 GWh во вкупната потрошувачка на енергија во земјата.

Енергијата од сончевото зрачење е бесплатна затоа неопходно е да се инсталираат фотоволтаични системи (ФВС) во домаќинствата, уреди за конверзија на сончевата енергија во електрична. Разликуваме повеќе видови системи и тоа зависи од поврзувањето на објектот со мрежата, како и од опремата која е вклучена во целокупниот производ. Во овој труд се анализира фотоволтаичен систем поврзан на мрежа или On Grid систем. Со примена на повеќе ФВС за одреден временски период, во нашата земја, ќе може да се тргува со “зелена, обновлива енергија”.

Клучни зборови: *фотоволтаичен систем, размена на електрична енергија, потрошувачка на електрична енергија во домаќинствата, заштита на животна средина*

1 ВОВЕД

Најважниот енергетски ресурс на планетата Земја е сонцето, целокупниот жив свет постои и зависи од сончевата енергија. Во исто време, тоа е најеколошката форма на енергија која може да се користи на многу начини, во различни географски и социјални опкружувања. Примената на фотоволтаичните системи бележи значителен пораст последната деценија. Во светски рамки (Слика 1), вкупната моќност на инсталираните фотоволтаични системи до крајот на 2005 година изнесуваше нешто повеќе од 5 GW, до крајот на 2014 година околу 180 GW, а до крајот на 2016 година 303 GW. Омасовувањето на производството доведе до драстично намалување на цената на фотоволтаичните модули, а со тоа и до производната цена на електричната енергија од овие системи.



Слика 1. Инсталирана моќност во GWh од фотоволтаици во светот по региони

Енергетската слобода се состои од повеќе елементи, но најбитен е либерализиран пазар на енергија во кој секој може да продава и купува електрична енергија, под услови какви им одговара на купувачот и продавачот. Системот за пренос и дистрибуција на енергија во РМ функционира на тој начин што фирмите кои ја одржуваат мрежата (ЕВН и МЕПСО), добиваат процент од пренесената енергија и на тој начин си наплаќаат за својата услуга. Тогаш зошто не би можел секој да се приклучи на електричната мрежа продавајќи ги вишоците од произведената енергија од сопствениот фотоволтаичен систем? Зошто во годината во која Германија го има милионитиот приклучок на фотоволтаичен приватен систем, Македонија нема ниту еден приклучок од индивидуално лице кон мрежата? Ако само ја поминете границата кон нашиот јужен сосед, ќе видите мали сончеви центри, поставени на неколку стотина метри квадратни, или на покривите на самите куќи.

Во светот неспорно е созреана свеста и јасно е изразена желбата, еколошкото наследство што ќе им го оставиме на идните генерации да не биде помало од она што го наследивме.

2 РАЗМЕНА НА ЕНЕРГИЈАТА ПРЕКУ ДИСПЕРЗИРАНО ПРОИЗВОДСТВО ОД ФОТОВОЛТАИЧЕН СИСТЕМ

Со цел да се анализираат техничките и економските аспекти на размената на енергија меѓу произведената и потрошената електрична енергија, ќе бидат разгледани можностите на дисперзираното производство, конфигурациите на ФВ системи за оваа намена и нето мерење на електричната енергија.

2.1 Дисперзирано производство

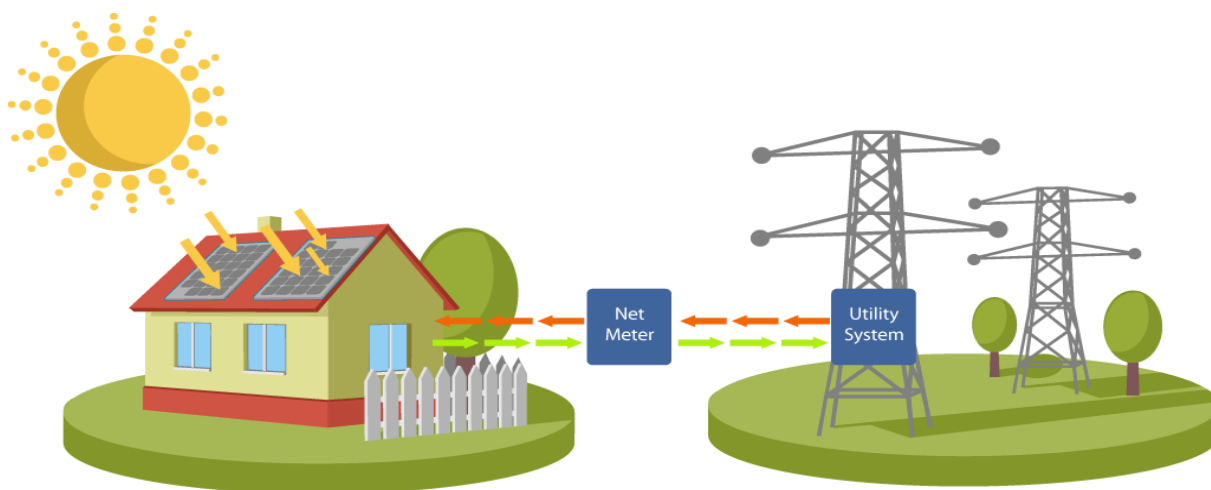
Дисперзираното производство на електрична енергија по дефиниција е производство кое не е централно планирано, не е управувано од диспечерски центар, најчесто е поврзано на дистрибутивната мрежа и е помало од 50-100MW. Поради влијанието на повеќе фактори (воведување на конкуренцијата со регулацијата, иницијативите за поттикнување на обновливите извори, комерцијалните фактори, факторите за заштита на животната средина) дојде до значително зголемување на учеството на ДП во вкупното производство на електрична енергија. Притоа зголеменото учество на дисперзираното производство има значително техничко влијание врз дистрибутивната мрежа на која се поврзува.

2.2 ФВ систем за домаќинството

Искуствата покажуваат дека вакви изведби лесно се остваруваат. При вакво поврзување, произведената електрична енергија од ФВ системот најпрво се користи за снабдување на потрошувачите во домаќинството, а вишокот на енергија се предава на мрежата. Во ноќните часови или кога моќноста на ФВ системот е помала од потрошувачката во домаќинството, потребната електрична енергија се надополнува од дистрибутивната мрежа. Со цел да се овозможи размената на електричната енергија треба да се постави двонасочно броило што ја мери и регистрира преземената и предадената електрична енергија. Идејата е чисто економска за домаќинството, како и еколошка, но се зависи од тоа како ќе биде регулирана ова размена со законот што ќе го донесе регулаторната комисија за енергетика.

2.3 Размена и нето мерење на електрична енергија

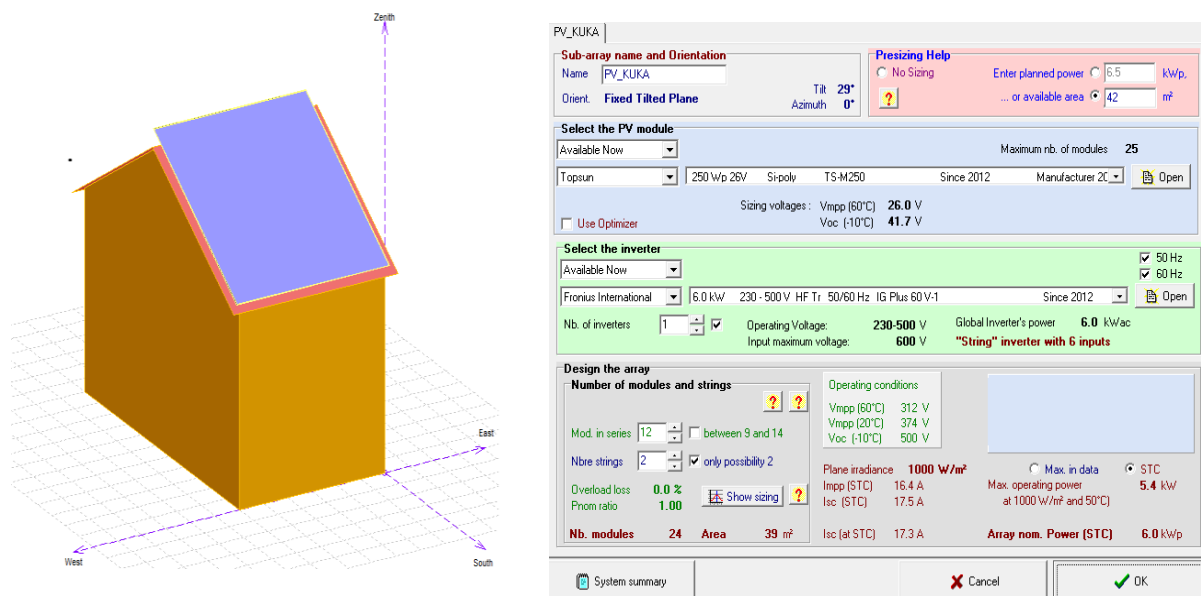
Големиот пад на цените на фотонапонските системи доведе до воведување на нето мерење и размена на електрична енергија како нови модели. Идејата на овие модели е да поттикне самостојно задоволување на енергетските потреби како независна претприемачка активност. Кога станува збор за нето мерење и размена на електричната енергија, треба да се има предвид дека најчесто се мисли на фотоволтаични системи, кои се поставуваат на индивидуалните покриви и од кои се произведува електрична енергија која што понатаму се користи или предава во системот (Слика 2).



Слика 2. Размена на електрична енергија преку нето мерење

Нето мерење на електричната енергија им овозможува на корисниците кои ја произведуваат сопствената електрична енергија да можат неа да ја користат во секое време, а не само кога е генерирана. Како корисник на услугата за нето мерење и размена на електрична енергија, кога потрошувачот ќе предаде во системот повеќе електрична енергија отколку што ќе искористи, разликата на енергија во kWh ќе ја добие во наредната година. Ако потрошувачот потрошил повеќе отколку што предал во системот, ќе си плати по цена како и секој друг потрошувач (цена на електрична енергија за домаќинства).

3 АНАЛИЗА НА ФОТОВОЛТАИЧЕН СИСТЕМ ПОСТАВЕН НА ПОКРИВ ОД КУЌА СО УПОТРЕБА НА СОФТВЕРОТ PVSYS V6.43



Слика 3. ФВ систем поставен на индивидуален објект преку избор на соодветни модули и инвертор со помош на софтверот PVsyst V6.43.

Главни компоненти на ФВ систем поврзан на мрежа се ФВ генератор и инвертор. За ФВ систем кои ние го анализираме расположливи се 42m^2 од покривот на јужната страна на куќа во Битола кои ни дозволуваат моќност од 6.5 kWp . Избираме соодветни ФВ модули Topsun кои имаат номинална моќност од 250Wp и максималниот број на модули е 25. Номиналната моќност е важна за дизајнирање на инсталацијата со цел правилно да се димензионираат каблите и инверторите. Поради тоа избираме 24 модули, односно 12 модули во серија кои формираат 2 паралелни низи со кои се генерира номинална моќност на системот од 6 kWp . Соодветно на тоа го избираме инверторот Fronius International со моќност од 6 kW и работен напон од 230 до 500V (Слика 3).

Потоа се внесуваат податоците за потрошената електрична енергија во kWh по месеци за 2016 година преку софтверот, во делот за потреби на корисниците (user's needs) како нето мерење (net metering) и преку симулација го добиваме можното производство на електрична енергија (Слика 4).

Пресметките покажуваат дека $3\,664.5\text{ kWh}$ се произведуваат за домаќинството како корисник, а 4660.5 kWh се даваат на дистрибутивна мрежа преку која се враќаат истите кога ќе се потребни. Значи вкупно 8324 kWh се произведуваат од системот кои не ги плаќаме. Бидејќи ние разгледуваме куќа која има голема потрошувачка од $14\,261\text{ kWh}$ во однос на една статистичка куќа и тоа поради греење на струја во зимските месеци, останува разликата $5\,937\text{ kWh}$ од произведената и потрошената електрична енергија да ја купуваме по соодветна цена одредена од регулатива. Доколку земеме еднотарифна цена по произведена енергија од $4.45\text{ денари} = 0.0724\text{ евра}$ би добиле $5\,937 \times 0.0724 = 430\text{ евра/годишно}$. Но бидејќи сметките за 2016 година беа 910 евра , значи имаме заштеда од 480 евра/годишно . Нашата инвестиција изнесува $10\,994\text{ евра}$ вкупно што значи дека за 23 години ќе се вратат вложените пари. Доколку потрошената енергија би била помала односно би се движела во граници на една просечна потрошувачка оваа инвестиција би била поисплатлива односно би се вратила за многу пократок временски период, по што секоја наредна година би останувал дополнителен приход за домаќинството.

Simulation variant : VAR_6kW								
Close Print Export Help								
VAR_6kW								
Balances and main results								
	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E Load	E User	E_Grid
	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh
January	48.4	-0.37	72.0	69.7	416	2630	385.7	8.4
February	69.5	2.10	96.9	94.1	549	2273	476.0	46.4
March	102.0	7.59	118.9	115.2	658	1763	503.6	121.6
April	141.3	11.33	151.8	147.1	812	1315	489.3	283.2
May	179.5	16.32	177.2	171.3	919	654	313.4	561.0
June	202.3	20.34	194.5	188.2	985	379	196.9	739.7
July	213.3	23.26	208.9	202.3	1035	269	143.1	842.0
August	193.1	22.77	205.3	199.3	1020	265	132.5	839.3
September	134.9	17.17	159.8	155.3	829	300	136.1	653.4
October	94.2	12.73	123.6	119.9	668	785	286.9	348.9
November	60.1	6.70	93.5	90.7	519	1043	286.4	207.3
December	37.9	1.79	60.1	58.0	343	2585	314.6	9.3
Year	1476.3	11.87	1662.4	1611.1	8753	14261	3664.5	4660.5

Слика 4. Нето мерење на произведена и потрошена електрична енергија во секој месец

4 РАЗВОЈ НА ЕНЕРГЕТИКА И ЕНЕРГЕТСКА ПОЛИТИКА

Р.Македонија со просечна годишна соларна ирадијација од 1,623 kWh/m² има исклучително висок природен потенцијал на соларна енергија. Овој потенцијал може и мора да се искористи за затоплување, загревање на топла вода и производство на електрична енергија. Само за производство на електрична енергија (ФВС) економски исплатливиот потенцијал е 0,6 TWh/годишно. Доколку земјата навистина сака да стане енергетски независна, односно да го прекине увозот на енергија, несфатливо е зошто овој огромен потенцијал се маргинализира и во стратешките документи и во реалната политика на терен. Сегашниот систем на увоз на енергија го гледаме како една од главните пречки за развојот на енергетиката и сме убедени дека целосното отворање на овој процес и воведувањето на берза на електрична енергија автоматски ќе елиминира голем број бариери и кочници.

Нашиот став во однос на политиката за развој на ОИЕ во РМ е дека во нашата земја преовладува скептицизам кон обновливите извори на енергија и нема политичка волја за вистински развој на ваквата енергија. Со цел да се тргува со “зелена ,обновлива енергија” на пазарот, предлагаме некои препораки како чекори за развој на енергетскиот сектор до средината на овој век :

- Темелна ревизија на постоечките национални документи Стратегија за развој на енергетиката до 2030 и Стратегија за развој на обновливи извори на енергија. Оваа ревизија би требало да се направи со широки консултации со сите засегнати страни (релевантни министерства, агенции и државни компании, приватен сектор, релевантни факултети, НВО сектор и други граѓански организации, независни експерти, меѓународни организации), вклучувајќи ги и граѓаните.
- Осовременување на преносната и дистрибутивната мрежа.
- Конзистентна и доследна политика за заштеда на енергија и што поголемо искористување на локално достапните, еколошки прифатливи обновливи извори на енергија.
- Анализи и јавно достапни податоци за енергетскиот потенцијал.
- Инвестиции кои ќе обезбедат основа за долгорочен развој на енергетскиот сектор.
- Мерки и проекти за заштеда на енергија и енергетска ефикасност.
- Поддршка на развојот на новите технологии и иноваторство, како и програми за доквалификации и преквалификации.

5 ЗАКЛУЧОК

Од првата индустриска револуција во 18-тиот век до денес ЕНЕРГИЈАТА ја движи и е основа на целата цивилизација, па не е никакво чудо што развојот на енергетиката и енергетската политика се клучни теми во секоја земја. Сепак, времето во кое ние живееме е доста специфично и подразбира некои нови аспекти на овие теми како што се:

Климатските промени се најголемиот предизвик со кој се соочува човештвото денес. Таканаречениот „климатско-енергетски пакет“ на Европската унија е една од најкомплексните збирки на правни акти, стратегии, планови и сл., вкупно над 200 документи.

Енергетската безбедност, која ги обединува националната безбедност и расположивоста на енергетски извори за енергетска потрошувачка, денес е едно од светските прашања. Времето во кое живееме избобилува со краткорочни и долгорочни закани за енергетската безбедност, поради што стратешкото планирање е невозможно без енергетика која се базира на локално расположиви, континуирани и сигурни извори на енергија.

Алармантното загадување на сите медиуми на животната средина е уште еден од сериозните проблеми на модерното време чии последици секојдневно ги живееме. Енергетиката и транспортот базирани на фосилни горива се главните извори на загадување на воздухот, водата и почвата. Фосилната енергија ја плаќаме не само со пари, туку и со последиците од загадувањето на животната средина, вклучувајќи го и нарушеното здравје на населението, особено она кое живее во близина на изворите на загадување.



Планирањето на развојот на енергетиката е еден од најголемите предизвици со кои се соочуваат институциите на сите административни и политички нивоа, од глобални па сè до локални. Живееме во крајно возбудливо време кое налага револуционерни промени.

6 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] [Masson G., Orlandi S., Reking M. Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018. Brussels: EPIA, 2014.](#)
- [2] [Dimitrov, D., Glamocanin, V., Pop-Jordanov, J., Andonov, D., "Simulated Evaluation of Grid-Support Photovoltaic Systems Regarding Distribution Loss Reduction", 14th IEE & CIRED International Conference and Exhibition on Electricity Distribution: Distributi](#)
- [3] [Dimitrov, D., Koccev, I. K., "An Approach to Assessment of the Power Loss Reduction in Distribution Networks with a Grid-Connected Photovoltaic System", 3rd Mediterranean Conference and Exhibition on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Co](#)
- [4] [Dimitrov, D., Cogelja, G., Sarac V.: "Rules for Electricity Exchange for Photovoltaic Residential Systems", GREEN Development, Infrastructure and Transport – GREDIT2016, , Skopje, 30 Mar – 1 Apr, 2016, published in Mechanical Engineering Scientific Journal.](#)
- [5] [Dimitrov, D., Cogelja, G.: "Application of a Photovoltaic System in Households with Net Metering Billing Mechanism", 9th Conference of MAKO-CIGRÉ, Conference Proceedings C6-P092, Ohrid, October, 2015 \(in Macedonian\).](#)

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Симона Николоска¹, Филип Лазоски²

¹Технички факултет, Битола

¹nikoloska995@gmail.com

²filiplazoski@yahoo.com

**ПРОЦЕНТУАЛНО ОТСТАПУВАЊЕ ПОМЕЃУ СИМУЛИРАНА И РЕАЛНО
ПРОИЗВЕДЕНА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА ОД ФОТОВОЛТАИЧНА
ЦЕНТРАЛА, КАКО ПОКАЗАТЕЛ ЗА СТЕПЕНОТ НА ДОВЕРЛИВОСТ И
ТОЧНОСТ ПРИ РАБОТА ВО СОФТВЕРСКИТЕ ПРОГРАМИ: HOMER PRO,
PVSYST, SOLAR PRO, RETSCREEN**

КУСА СОДРЖИНА

Во денешно време во светски рамки се повеќе актуелно е производство на електрична енергија од обновливи извори, каде што спаѓаат и фотоволтаичните електрични центри. Сончевото зрачење е исто така доста актуелна тема, како огромен неискористен потенцијал за задоволување на енергетските потреби. За да се започне со фазата на проектирање на една фотоволтаична електрична централа потребно е да се избере соодветна географска местоположба, за која што од суштинско значење во целото понатамошно проектирање, е да бидат обезбедени квалитетни и доверливи податоци за интензитетот на сончевото зрачење. Најчесто таквите податоци се добиваат со помош на сателитски снимки и се достапни преку глобални информациона бази на податоци, како што се базите на PVGIS и NASA-SEE. Постојат голем број на софтвери кои ги користат овие бази на податоци како влезни параметри, врз основа на кои првенствено се темелат добиените информации поврзани со производството, кои се пак од исклучителна важност за економската оправданост за изградба на производствени капацитети од овој вид. Со цел да се провери квалитетот на добиените информации, во овој труд направени се симулации на работата на веќе постоечка фотоволтаична централа, лоцирана во Пелагонискиот регион, во неколку софтверски пакети: HOMER Pro, PVSYST, Solar Pro, RETScreen. При тоа во симулациите како влезни параметри се користени податоци од базата на NASA и PVGIS. Потоа така симулираната вредност за очекуваното производство добиена во секој од погореспоменатите софтвери, е споредена со реално измерената вредност на произведената електрична енергија за 2016 година за конкретната фотоволтаична производна единица.

Клучни зборови: *сончево зрачење, фотоволтаични системи, PVGIS, PVsyst, Solar Pro, RETScreen.*

1 ВОВЕД

Во последнава деценија, свесноста на човештвото за конечната природа на фосилните горива и нивните штетни ефекти врз животната средина, како главна причина за глобалното затоплување, се издига на се повисоко ниво за што покажува и значително зголемениот интерес за искористување на обновливите извори на енергија наспроти конвенционалните извори. Тука спаѓаат сончевата светлина, геотермалната топлина, ветерот, водата, климата и различните форми на биомаса. Оваа енергија се дефинира како неисцрпна, што аналогно на тоа значи дека постојано се обновува, така што конкретно за сончевата енергија, според НАСА се предвидува да остане постојана уште 6,5 милијарди години. Условите за развој на соларната енергија не можат да бидат поповолни, на што укажува фактот дека количеството на енергија

која годишно доспева на површината на Земјата е 10000 пати повеќе од сегашните енергетски потреби на човештвото[1].

1.1 Глобални бази на податоци за сончево зрачење

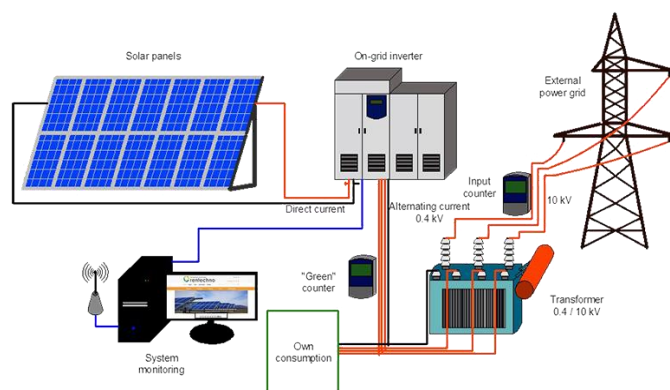
Photovoltaic Geographical System (PVGIS) [2] е дел од активностите на Институтот за енергија и транспорт на Европската комисија за имплементација на обновливи извори на енергија во Европската унија како одржлив и долгорочен извор на енергија. Овозможува слободен пристап до информации за сончевите енергетски ресурси и проценка на производство на електрична енергија од фотоволтаични системи за локации кои се наоѓаат во Европа, Африка и југозападна Азија. Новата база на податоци PVGIS-CMSAF ги користи снимките од геостационарни сателити направени во периодот 1998 г. до 2012 г.

Националната воздухопловна и вселенска администрација на САД (NASA) [3] долги години ги поддржува сателитските системи и истражувања кои даваат податоци за проучување на климата и климатските процеси. Тие податоци вклучуваат и долгорочни проценки на метеоролошки величини и текови на соларна енергија на површината на Земјата кои се покажале доволно прецизни за региони каде површинските мерења се ретки или воопшто не постојат. За да се поттикне комерцијалната употреба на соларните и метеоролошките податоци, NASA го поддржува развојот на “Surface meteorology and solar energy database (SSE)” база на податоци која е посебно дизајнирана за потребите при проектирање на фотоволтаични и други системи базирани на обновливи извори на енергија. SSE базата дава континуирани метеоролошки и соларни податоци кои се однесуваат на мрежа $1^0 \times 1^0$ географска ширина и должина. Тоа значи дека претставуваат просечни вредности за релативно голема површина и во некои случаи не можат да бидат репрезентативни за одредена микролокација.

2 ФОТОВОЛТАИЧНИ ЦЕНТРАЛИ ПОВРЗАНИ НА ЕЛЕКТРИЧНА МРЕЖА

Фотоволтаичните системи (ФС) овозможуваат директно претворање на енергијата на сончево зрачење во електрична енергија користејќи го фотоелектричниот ефект кај сончевите ќелии. Основен градбен блок на ФС претставува фотоволтаичен модул, а за да се зголеми енергетскиот капацитет, модулите се групираат во фотонапонско поле. Структурата на фотоволтаичните системи се разликува во зависност од конкретните потреби и услови на работа и обично се делат во две основни групи: самостојни фотоволтаични системи кои не се приклучени на електрична мрежа (off-grid, stand-alone systems) и фотоволтаични системи приклучени на електроенергетска мрежа (on-grid).

Најголемиот дел на денешните фотоволтаични центри се приклучени на електроенергетска мрежа. Приклучокот се изведува преку DC/AC претворувач (инвертор) и приклучна трансформаторска станица. Инверторот, кој во конкретниот случај треба да ги задоволува EN стандардите (виши хармоници, островска работа) во англиската литература го има називот On Grid Inverter.



Слика 1. Компоненти на фотоволтаичен систем поврзан на мрежа

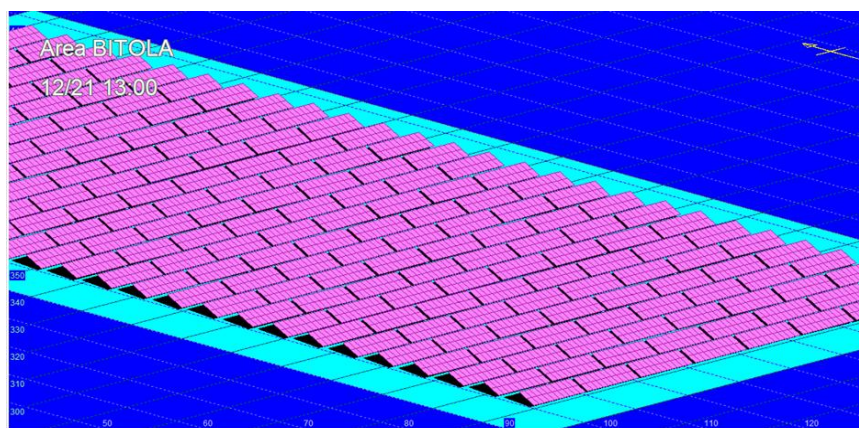
3 СОФТВЕРИ ЗА МОДЕЛИРАЊЕ И СИМУЛАЦИЈА НА ФОТОВОЛТАИЧНИ (ФВ) ЦЕНТРАЛИ

На страната на напредокот на технологијата и развитокот на вештачката интелигенција, многубројни софтверски решенија се достапни во областа на решавање на проблематиката на искористување на обновливите извори на енергија. Информациите за енергетските ресурси се исто така лесно достапни и доста прецизни, преку интерактивните мапи за проценка на распределбата на сончевото зрачење на PVGIS, NASA-SSE, SolarGIS. Во овој труд работата на конкретната фотоволтаична централа ќе биде разгледувана во четирите наведени компјутерски програми во насловот HOMER Pro, PVsyst, Solar Pro и RETScreen.

HOMER Pro и RETScreen спаѓаат во групата на оптимизациони програми за проценка на исплатливоста на хибридни системи кои се состојат од различни видови на обновливи и/или конвенционални извори на енергија. HOMER Pro овозможува споредба на голем број на различни проектантски решенија врз основа на нивните технички и економски карактеристики. Работата на HOMER опфаќа три основни процеси: симулација, оптимизација и анализа на осетливост. Во рамките на интересот на истражување на овој труд опфатен е само првиот процес – симулирањето на производствените капацитети на ФВта централа. RETScreen е систем со софтвер за управување со чиста енергија за анализа на изводливоста на проектите за енергетска ефикасност, обновлива енергија и когенерација, како и анализа на тековните енергетски резултати. Овој софтверски пакет е развиен од страна на владата на Канада, и е еден од ретките кој има можност за работа со македонска поддршка.

PVsyst е компјутерски софтверски пакет за студирање, димензионирање, симулација и анализа на податоци на комплетни ФВ системи. Има можност за автоматско превземање на информациите за интензитетот на сончевото зрачење од глобалните бази на податоци како што се NASA, PVGIS, METEONORM. Располага со широка база на податоци за карактеристиките на фотоволтаичните модули и инвертори кои можат да се најдат на глобалниот пазар, со што овозможува целосна автоматизација на процесот на симулирање на работата на ФВ централа.

Потребата од детални влезни податоци во однос на типот и карактеристиките на ФВте модули и инверторот/ите се случај и при работењето во Solar Pro, кој исто така располага со широка база на податоци за карактеристиките на најразличните компоненти на системот, од која лесно се избира моделот, кој потоа автоматски ги зема во предвид сите карактеристики на избраните компоненти кои се од важност за предстојната анализа на ФВ систем. Solar Pro е препознатлив по тоа што има можност за 3Д моделирање на системот, симулирање на ефектот на сенка 365 денови во годината во зависност од положбата на Сонцето во однос на избраната локација. На слика 2 е прикажан моделот на конкретната фотоволтаична централа во 3Д рамнина, на која исто така може да се забележи ефектот на засенувањето на 21 Декември во 13 часот.



Слика 2. Приказ на 3Д моделот на полето на ФВте модули во Solar Pro

4 ДЕФИНИРАЊЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА ФОТОВОЛТАИЧНА ЦЕНТРАЛА

Во трудот е моделирана фотоволтаична централа (ФЕЦ) [4] поврзана на среднонапонска дистрибутивна мрежа. Централата е лоцирана во Пелагонискиот регион, и е со номинална моќност од 1 MW. Основната структура на централата се состои од поле на фотоволтаични модули (PV Array) кое е прикажано на сликата погоре, DC/AC инвертор и разводна постројка 10/0,4 kV.

4.1 Фотоволтаичен модул

Карактеристиките за фотоволтаичните модули со кои се служи оваа централа се дадени во Табела 1.

Табела 1. Карактеристики на фотоволтаичен модул

Номинална моќност (1 kW/m ² , 250C, AM 1,5)	230 W
Напон на отворено коло	36,75 V
Струја на куса врска	8,50 A
Напон при номинална моќност	28,67 V
Струја при номинална моќност	8,02 A
Коефициент на корисно дејство	14,14 %
NOCT	45 °C ± 2 °C
Материјал на сончевата ќелија	поликристален силициум
Температурен коефициент	- 0,47 %/0C
Работна температура	- 40 0C ~ +85 0C

4.2 Претворувач (Инвертер)

Системот кој содржи еднонасочни (DC) и наизменични (AC) компоненти меѓу себе се поврзува со конвертор. Потребно е да се дефинираат номинална моќност (kW), инвестициони трошоци, трошоци за замена и трошоци за работа и одржување. Коефициентот на корисно дејство се дефинираат зависно од тоа дали конверторот работи како DC/AC претворувач (inverter) или како AC/DC исправувач (rectifier). Фотоволтаичната централа има четири инвертори. Во табела 1 се дадени основните технички карактеристики на употребените инвертори.

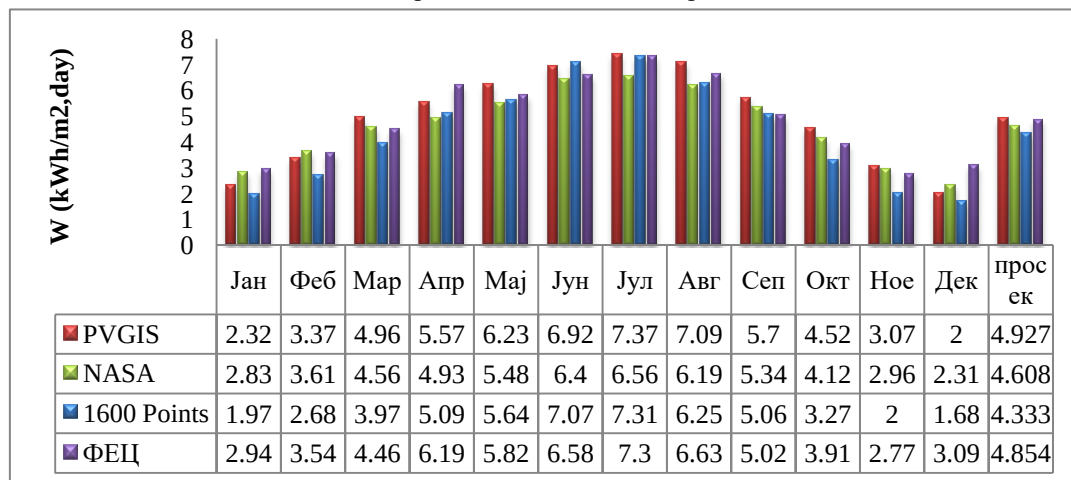
Табела 2. Карактеристики на инвертерот

AC	Номинална моќност (PAC)	250 kW
	Номинален напон	400 V
	Номинална струја	360 A
	Фактор на моќност (cos φ)	- 0,9...+ 0,9
	Номинална фреквенција	50 Hz
	Коефициент на корисно дејство	97,7 %
	Коефициент на хармонични изобличувања	< 3 %
DC	Номинална моќност (PPV)	255 kW
	Управувачка стратегија	трагач на максимална моќност (MPPT)

5 ДЕФИНИРАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКИ РЕСУРСИ

За извршените анализи и симулации користени се податоци за сончевото зрачење превземени од глобалните бази на податоци PVGIS-CMSAF и NASA-SSE. Покрај нив на следната табела прикажани се и вредностите од базата на податоци која ја користи програмот Solar Pro, 1600 Points.

Табела 3. Податоци за вредноста на сончевото зрачење под агол од 25°

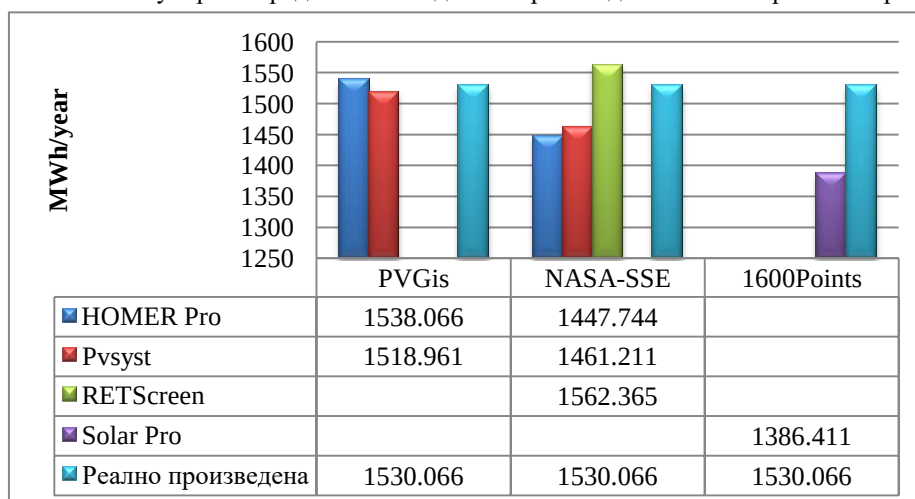


Во табела 3 се прикажани податоците за средно дневно сончевото зрачење по единица површина, а се однесуваат на сончево зрачење врз површина која се однесува на агол на поставување на модулите во ФЕЦ ($\alpha = 25^\circ$). Заради споредба, дадени се и вистинските, локално измерени вредности на сончевото зрачење на анализираната фотоволтаична централа (ФЕЦ) кои се однесуваат на 2016 г.

6 СИМУЛАЦИЈА НА РАБОТАТА НА ФЕЦ

Од интерес е да се спореди произведената електрична енергија која е резултат на симулациите и вистински измерена енергија која ФЕЦ ја предала во дистрибутивна мрежа. Во табела 4 е дадено измереното месечното производство на електрична енергија на ФЕЦ кое се однесува на 2016 г. и симулираното производство во четирите софтверски програми наведени во насловот. Како што може да се забележи во табелите 4 и 5 во софтверските програми HOMER Pro и PVsyst се менуваат влезните податоци за сончево зрачење (добиеени од базите на PVGIS и NASA-SSE), а сите други параметри на ФЕЦ од конструктивен карактер остануваат исти.

Табела 4. Симулирани вредности за годишно производство на електрична енергија



Табела 5. Процентуални отстапувања на симулираните вредности во однос на реално измерените

	Измерено	HOMER (NASA- SSE)	HOMER (PVGis)	PVsyst (NASA- SSE)	PVsyst (PVGis)	RETScreen (NASA- SSE)	Solar Pro (1600 Points)
Сончево зрачење (kWh/m2/year)	1751.11	1687.17	1804.72	1687.11	1804.72	1687.17	1796.87
Процентуално отстапување од измереното	0.00%	-3%	3%	3%	3%	3%	2.6%
Произведена ел. енергија (kWh)	1530066	1447744	1538066	1461211	1518961	1562365	1386411
Процентуално отстапување од измерената	0,00%	-5,38%	0,52%	-4,50%	-0,73%	2,11%	-9,38

7 ЗАКЛУЧОК

Во процесот на проектирање и изработка на студии на изводливост од особена важност е да се обезбедат квалитетни податоци за потенцијалот на сончевото зрачење на дадена локација. Но од друг аспект, процесот на симулација на производните капацитети доста зависи и од програмот во кој е извршена таа симулација, а на светскиот пазар ги има во доста голем број. За да се оцени доверливоста на таквите податоци како и на софтверските пакети кои се нудат на пазарот, во трудот е направено моделирање и симулација на работа на веќе изградена фотоволтаична централа со моќност од 1 MW лоцирана во Пелагонискиот регион во четири софтверски програми (HOMER Pro, PVSYST, Solar Pro, RETScreen). Како што може да се забележи во табела 5 отстапувањата во симулираното производство не зависат директно од тоа која база на податоци за сончевото зрачење е користена (што може да се земе како константа со отстапувања од $\pm 3\%$). Но од друга страна во варијантите со најмали отстапувања моделирањето е направено со базата на PVGIS, што е и единствена променлива во двата

случаеви при работа во еден ист програм. Врз основа на претходни истражувања [4], дојдено е до заклучок дека користењето на базата на PVGIS при моделирање на еден ФВ систем, значително доведува до помали отстапувања во крајните симулирани производствени капацитети. Меѓутоа во конкретниот случај разгледуван во рамките на овој труд, причината за различните отстапувања меѓу секој еден од погоре наведените програми во однос на реално произведената електрична енергија за 2016, се должи на тоа што секој од програмите користи најразлични сложени методологии и постапки врз основа на кои доаѓа до податокот за вредноста на предвиденото (симулирано) производство на електрична енергија што е и предмет на разгледување во овој труд.

8 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Благоја Стеваноски, „Сончева енергија“, скрипта (предавања) по предметот Обновливи извори на енергија, <http://www.tfb.uklo.edu.mk/materials/index> .
- [2] Z. Sen. „Solar Energy Fundamentals and Modeling Techniques“, Springer-Verlag, 2008.
- [3] D.K.Sharma, V.Verma, A.P.Singh. „Review and Analysis of Solar Photovoltaic Softwares“, International Journal of Current Engineering and Technology. Vol. 4, No.2, 2014.
- [4] Симона Николоска, Филип Лазоски, Благоја Стеваноски „Споредба на симулирано и реално произведена електрична енергија од фотонапонска централа“, X советување на МАКО CIGRE, СТК Ц6, Охрид, 24-26 Септември 2017

Ангела Најдоска, Ведран Симовски
Универзитет “Св.Кирил и Методиј”-Скопје
Факултет за електротехника и информациски технологии
anenajd@hotmail.com vedran.simovski@outlook.com

СОЛАРЕН ПОТЕНЦИЈАЛ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА

КУСА СОДРЖИНА

Како резултат на брзиот развој на технологиите, фотоволтаичните системи се повеќе се употребуваат во производството на електрична енергија. Со масовната употреба на фотоволтаичните системи доаѓа до намалување на нивната цена и подобрување на нивната ефикасност.

Во овој труд е презентираан соларниот потенцијал на Република Македонија за производство на електрична енергија од фотоволтаични системи. Анализата е спроведена врз база на осумте плански региони на Република Македонија, при што во секој регион е избрана по една карактеристична локација. Податоците кои што беа употребени се: енергијата на глобалното сончевото зрачење врз хоризонтална површина, дифузната компонента на зрачењето, температурата на воздухот и брзината на ветрот. Овие податоците се земени во просек месечно од 1983 до 2005 год. Врз база на овие податоци, направени се пресметки за количеството на електрична енергија кое може да се добие од фотоволтаичен систем со определена моќност, соодветно во избраните локации. На пример за локацијата Петровец пресметано за 10 kW систем се добива 14,2 MWh годишно. Инвестицијата за овој систем изнесува околу 9.640 евра. Резултати од пресметките со употреба на програмата PVsyst се презентирани во вид на соодветни графици.

Целта на овој труд е да се зголеми користењето на фотоволтаичните системи за производство на електрична енергија, а со тоа да се придонесе за заштита на животната средина и за зголемување на економскиот развој на Република Македонија.

Клучни зборови: соларен потенцијал, фотоволтаични системи, електрична енергија.

7 ВОВЕД

Ефектите од глобалното затоплување, како и масовната употреба на конвенционалните извори на енергија се повеќе и повеќе стануваат влијателни врз животната средина. Со тоа се создава и потребата за производство на електрична енергија од обновливи извори на енергија, а со цел да се зачува животната средина. Познато е дека со употреба на фосилните горива во производството на електрична енергија во атмосферата се испушта големо количество на CO₂, кое што придонесува во зголемување на глобалното затоплување [1]. Соларната енергија е една од најветувачките обновливи извори на енергија. Последниве 10 год., соларната енергија зема силен замав како извор на електрична енергија во Европа и во САД. Свесни за последиците од глобалното затоплување економски развиените земји го потпишале Парискиот договор со цел да се зголеми употребата на обновливите извори на енергијата [2].

Една од земјите кои што го потпишале овој договор е Германија. Со повеќе од 1,5 милиони фотоволтаични системи и со вкупниот номинален капацитет од 38 GWp, Германија е земјата која што има најмногу инсталирани фотоволтаични системи. Таа до 2020 година ќе се стреми да достигне капацитет од 52 GWp. Фотоволтаичните системи произведуваат 6,5% од вкупната потрошувачка на енергија во Германија. Моќноста која што ја добиваат е 20-23 GW просечно, додека пак во сончевите летни денови таа изнесува околу 50- 75 GW [3]. Наспроти неа вкупната моќност која што ја добива Македонија од употребата на фотоволтаични системи

изнесува 18 MW годишно. Македонија со својата географска положба и климатски услови има многу поволни услови за употреба на фотоволтаичните системи како извори на електрична енергија.

Во овој труд е претставен соларниот потенцијал со кој што располага Република Македонија.

8 СОЛАРЕН ПОТЕНЦИЈАЛ

Сонцето претставува огромен нуклеарен реактор кој работи на принцип на фузија, претворајќи околу 4 милиони тони водород во хелиум во секоја секунда, при што се генерира топлина од 6000°C која радијално се зрачи во вселената. Вкупната енергија што доаѓа до земјата изнесува 174 PW, од неа околу една третина се рефлектира назад во вселената, а останатите две третини од енергијата ги загреваат копното и водените површини на нашата планета [4]. Дел од оваа енергија повторно се зрачи кон вселената и притоа се постигнува температурна рамнотежа од која што произлегува просечна температура на земјата од околу 15 °C и на атмосферата од околу -20 °C. Количеството на сончева енергија кое што доаѓа до површината на земјата е двапати поголемо од количеството на енергија што се добива од необновливите ресурси, вклучувајќи ги фосилните и нуклеарните горива.

8.1 Соларен потенцијал на Република Македонија

За систематско пресметување на соларниот потенцијал на Република Македонија беше прифатена поделбата на нејзината територија на осумте плански региони усвоени од Собранието на Република Македонија на 30.09.2009 година [5]. Во регионите беа избрани по една карактеристична локација за која што се врши анализата. Карактеристичните локации се:

1. Скопски регион – Петровец (Lat 41,96; Lon 21,16)
2. Североисточен регион – Крива Паланка (Lat 42,21; Lon 22,26)
3. Полошки регион – Гостивар (Lat 41,81; Lon 20,9)
4. Пелагониски регион – Прилеп (Lat 41,34; Lon 21,5)
5. Југоисточен регион – Гевгелија (Lat 41,17; Lon 22,51)
6. Југозападен регион – Охрид (Lat 41,14; Lon 20,81)
7. Источен регион – Кочани (Lat 41,97; Lon 22,4)
8. Вардарски регион – Кавадарци (Lat 41,4; Lon 22)

Со цел да се пресмета соларниот потенцијал, податоците кои што беа потребни поединечно за локациите се: енергија на глобалното сончевото зрачење врз хоризонтална површина, дифузната компонента на зрачењето, температурата на воздухот и брзината на ветерот. Овие податоците се земени во просек месечно од 1983 до 2005 год. Податоците беа преземени од веб страната на НАСА [6]. Податоците се прикажани во табелите подолу, поединечно за сите локации.

Lat 41,96 Lon 21,16	Петровец											
	Јан	Феб	Мар	Апр	Мај	Јун	Јул	Авг	Сеп	Окт	Ное	Дек
Зрачење врз хоризонтална површина	1,83	2,56	3,54	4,22	5,17	6,31	6,43	5,63	4,29	2,90	1,81	1,44
Дифузно зрачење	0,75	1,05	1,50	1,99	2,33	2,35	2,19	1,92	1,58	1,19	0,84	0,67
Температура на воздух	-1,48	0,08	4,19	9,40	15,1	19,4	22,1	22,0	17,2	11,2	4,72	-0,46
Брзина на ветер	4,00	4,16	3,92	3,68	3,28	3,19	3,36	3,41	3,36	3,69	3,92	4,17

Lat 42,21 Lon 22,26	Крива Паланка											
	Јан	Феб	Мар	Апр	Мај	Јун	Јул	Авг	Сеп	Окт	Ное	Дек
Зрачење врз хоризонтална површина	1,74	2,49	3,46	4,23	5,18	6,17	6,39	5,61	4,26	2,78	1,74	1,38
Дифузно зрачење	0,72	1,02	1,48	1,97	2,32	2,38	2,19	1,91	1,55	1,17	0,81	0,64
Температура на воздух	-2,63	-0,95	3,62	9,13	14,6	18,5	20,9	20,9	16,3	10,3	3,69	-1,54
Брзина на ветар	4,12	4,24	4,01	3,89	3,51	3,33	3,57	3,57	3,67	3,92	3,93	4,21
Lat 41,81 Lon 20,9	Гостивар											
	Јан	Феб	Мар	Апр	Мај	Јун	Јул	Авг	Сеп	Окт	Ное	Дек
Зрачење врз хоризонтална површина	1,93	2,63	3,82	4,51	5,72	6,88	6,98	6,04	4,49	3,15	1,96	1,54
Дифузно зрачење	0,73	1,05	1,46	1,97	2,25	2,19	2,01	1,79	1,54	1,14	0,83	0,67
Температура на воздух	-0,37	1,06	4,99	9,88	15,4	19,5	22,5	22,4	17,7	12,0	5,69	0,67
Брзина на ветар	3,94	4,13	3,92	3,73	3,22	3,19	3,25	3,34	3,31	3,64	3,92	4,17
Lat 41,34 Lon 21,5	Прилеп											
	Јан	Феб	Мар	Апр	Мај	Јун	Јул	Авг	Сеп	Окт	Ное	Дек
Зрачење врз хоризонтална површина	1,83	2,56	3,54	4,22	5,17	6,31	6,43	5,63	4,29	2,90	1,81	1,44
Дифузно зрачење	0,75	1,06	1,50	2,00	2,34	2,36	2,19	1,92	1,59	1,19	0,84	0,68
Температура на воздух	-1,48	0,08	4,19	9,40	15,1	19,4	22,1	22,0	17,2	11,2	4,72	-0,46
Брзина на ветар	4,00	4,16	3,92	3,68	3,28	3,19	3,36	3,41	3,36	3,69	3,92	4,17
Lat 41,17 Lon 22,51	Гевгелија											
	Јан	Феб	Мар	Апр	Мај	Јун	Јул	Авг	Сеп	Окт	Ное	Дек
Зрачење врз хоризонтална површина	1,89	2,72	3,77	4,55	5,51	6,53	6,68	5,94	4,58	2,90	1,90	1,50
Дифузно зрачење	0,74	1,03	1,47	1,97	2,29	2,30	2,12	1,83	1,51	1,19	0,84	0,67
Температура на воздух	-1,32	0,35	4,75	10,3	16,0	20,4	22,9	22,7	18,1	11,8	5,03	-0,3
Брзина на ветар	4,05	4,17	3,92	3,64	3,33	3,19	3,47	3,47	3,42	3,75	3,92	4,17

Lat 41,14 Lon 20,81	Охрид											
	Јан	Феб	Мар	Апр	Мај	Јун	Јул	Авг	Сеп	Окт	Ное	Дек
Зрачење врз хоризонтална површина	1,93	2,63	3,82	4,51	5,72	6,88	6,98	6,04	4,49	3,15	1,96	1,54
Дифузно зрачење	0,74	1,05	1,46	1,97	2,26	2,20	2,01	1,80	1,54	1,15	0,83	0,67
Температура на воздух	-0,37	1,06	4,99	9,88	15,4	19,5	22,5	22,4	17,7	12,0	5,69	0,67
Брзина на ветар	3,94	4,13	3,92	3,73	3,22	3,19	3,25	3,34	3,31	3,64	3,92	4,17
Lat 41,97 Lon 22,4	Кочани											
	Јан	Феб	Мар	Апр	Мај	Јун	Јул	Авг	Сеп	Окт	Ное	Дек
Зрачење врз хоризонтална површина	1,89	2,72	3,77	4,55	5,51	6,53	6,68	5,94	4,58	2,90	1,90	1,50
Дифузно зрачење	0,74	1,03	1,47	1,96	2,29	2,30	2,11	1,83	1,51	1,19	0,84	0,67
Температура на воздух	-1,32	0,35	4,75	10,3	16,0	20,4	22,9	22,7	18,1	11,8	5,03	-0,3
Брзина на ветар	4,05	4,17	3,92	3,64	3,33	3,19	3,47	3,47	3,42	3,75	3,92	4,17
Lat 41,97 Lon 22,4	Кавадарци											
	Јан	Феб	Мар	Апр	Мај	Јун	Јул	Авг	Сеп	Окт	Ное	Дек
Зрачење врз хоризонтална површина	1,89	2,72	3,77	4,55	5,51	6,53	6,68	5,94	4,58	2,90	1,90	1,50
Дифузно зрачење	0,74	1,03	1,47	1,97	2,29	2,30	2,11	1,83	1,51	1,19	0,84	0,67
Температура на воздух	-1,32	0,35	4,75	10,3	16,0	20,4	22,9	22,7	18,1	11,8	5,03	-0,3
Брзина на ветар	4,05	4,17	3,92	3,64	3,33	3,19	3,47	3,47	3,42	3,75	3,92	4,17

Врз база на овие податоци беше пресметан соларен потенцијал за избраните локации, со употреба на програмот PVsyst. Со внесување на овие податоци програмот ги генерира резултатите врз база на аголот на поставеност на фотоволтаичниот систем, видот на системот, поставеност на системот и колкава моќност има системот. Добиените резултати се за агол на поставеност од 33 степени, стандарден силициумов фотоволтаичен систем, поставен на земја и со моќност на системот 10 kW. Со овие податоци програмот пресметува колкаво е количеството на електрична енергија кое што може да се добие во одредената локација (за 10 kW систем) годишно, инвестициски трошоци и површината која што ја зафаќа овој систем.

9 СИМУЛАЦИЈА НА ФОТОВОЛТАИЧЕН СИСТЕМ

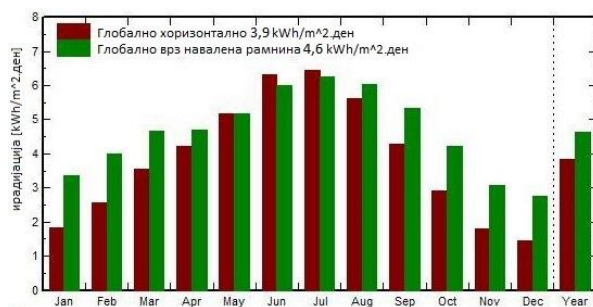
Пресметаните резултати за годишната електрична енергија се претставени во вид на графици прикажани на сликите нумерирани од 1 до 8. Од резултатите беше воочено дека инвестицијата за 10 kW фотоволтаичен систем изнесува 9.640 евра и фотоволтаичниот систем

ќе зафаќа површина од 67 m² подеднакво за сите осум региони. Електричната енергијата која што годишно ќе се добива од системите во секоја од избраните локации е прикажана во табела 1.

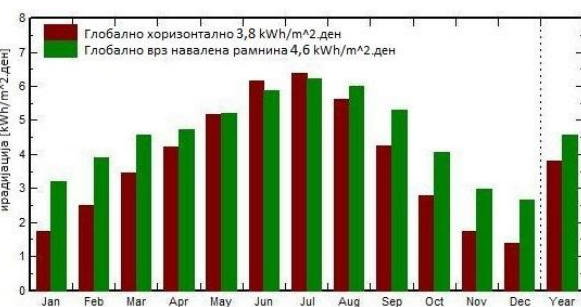
Избрани локации	Електрична енергија произведена на годишно ниво (MWh)
Петровец	14,2
Крива Паланка	14,0
Гостивар	15,3
Прилеп	14,1
Гевгелија	14,9
Охрид	15,2
Кочани	14,5
Кавадарци	14,3

Табела. 1. Електрична енергија произведена на годишно ниво во локациите

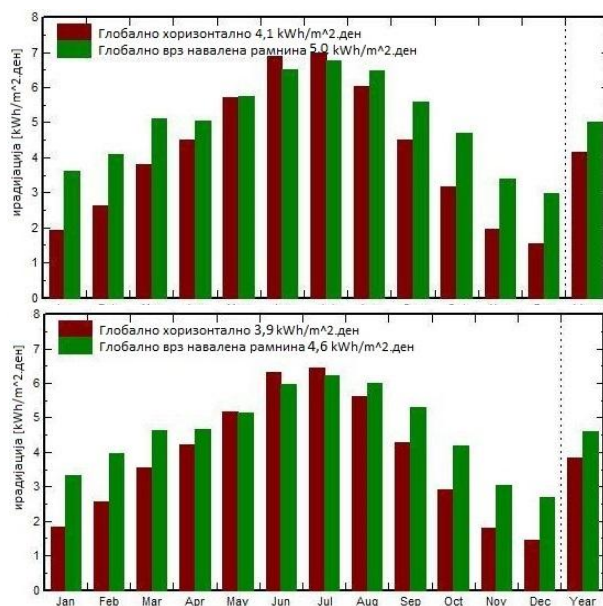
Месечно сончево зрачење по област



Слика 1. Резултати Петровец

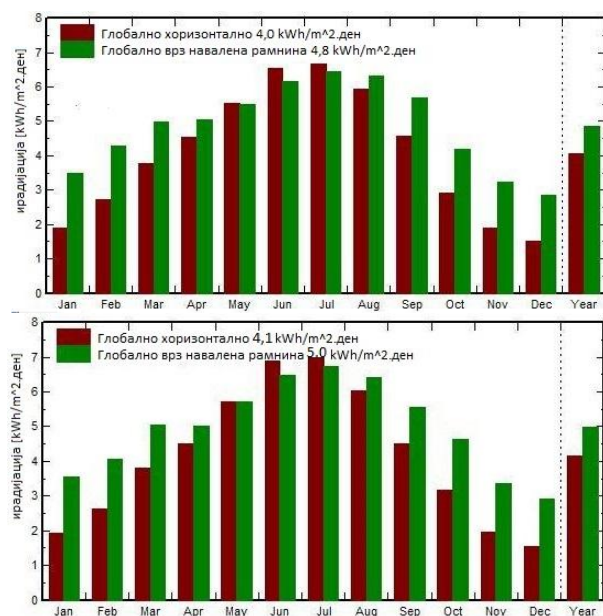


Слика 2. Резултати Крива Паланка



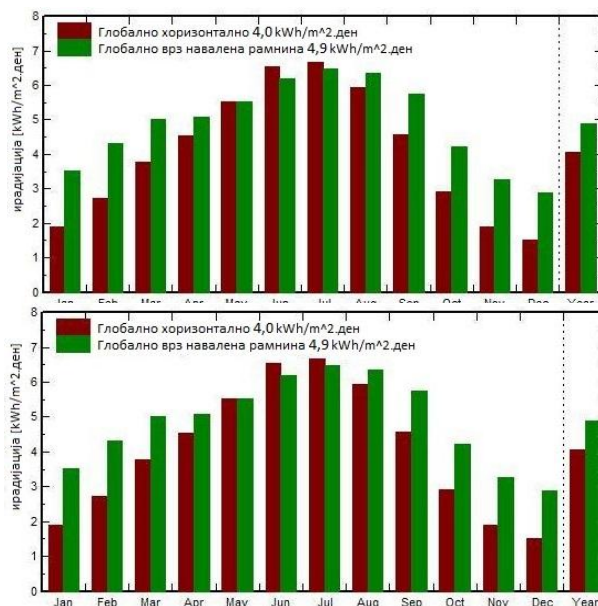
Слика 3. Резултати Гостивар

Слика 4. Резултати Прилеп



Слика 5. Резултати Гевгелија

Слика 6. Резултати Охрид



Слика 7. Резултати Кочани

Слика 8. Резултати Кавадарци

10 ЗАКЛУЧОК

Во овој труд е претставен соларниот потенцијал на Република Македонија. Според бројот на сончеви денови и климатските услови Република Македонија е поволна територија за инсталирање на фотоволтаични системи за производство на електрична енергија. Пресметаните резултатите укажуваат дека за 10 kW фотоволтаичен систем инвестицијата изнесува 9.640 евра, површината која што ќе ја зафаќа овој систем е 67 m². Од испитуваните карактеристични локации резултатите покажаа дека локацијата со највисоко производство на електрична енергија на годишно ниво ќе биде Гостивар со 15,3 MWh. Како најповолен регион од територијата на Република Македонија е Полошкиот регион. Од овие симулации може да заклучи дека територијата на Република Македонија претставува непресушен ресурс на сончева енергија која што треба да се искористува. Со искористувањето на сончевата енергија за производство на електрична енергија, не само што се зајакнува економијата на државата, туку и се намалува загадување на животната средина.

11 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [5] Reja Amaty, Fikile Brushett, „The Future of Solar energy“, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2015.
- [6] Markus Gehring, Freedom-Kai Phillips, „Intersection of the Paris Agreement and Carbon Offsetting: Legal and Functional Consideration“, Policy Brief No. 88, 2016.
- [7] Thomas Stetz, Jan von Appen, Fabian Niedermeyer, „Twilight of the Grids“, IEEE, Power & Energy, 2015.
- [8] Aidan Tuohy, John Zack, Sue Ellen Haupt, „Solar Forecasting“, IEEE, Power & Energy, 2015.
- [9] Собрание на Република Македонија, „Стратегија за регионален развој на Република Македонија 2009- 2019 година“, Службен весник на Република Македонија, 2009.
- [10] <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>, 15.08.2017 год.

Андриана Ивановска
ivanovska.andriana@gmail.com

ТЕХНИЧКИ ВЛИЈАНИЈА НА ДИСПЕРЗИРАНОТО ПРОИЗВОДСТВО НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА ВРЗ ДИСТРИБУТИВНИТЕ МРЕЖИ

КУСА СОДРЖИНА

Една од целите на енергетската политика во ЕУ се нарекува „20-20-20 до 2020 година“, со која се предвидува 20% пораст на енергетската ефикасност, 20% намалување на емисијата на стакленички гасови и 20% производство од обновливи извори на електрична енергија до 2020 година. Како резултат на тоа, доаѓа до зголемување на учеството на обновливите (и дисперзирани) извори на електрична енергија во крајната потрошувачка, забрзано инвестирање во обновливи извори на енергија и нивно интегрирање во електроенергетскиот систем. Дисперзираните производни единици (ДПЕ) не се централно планирани и управувани како конвенционалните производни постројки и нивната инсталирана моќност е релативно мала, меѓу 50 kW и 100 MW. Поради ограничената инсталирана моќност како и целта производството да е поблиску до потрошувачите, со што би се намалиле загубите при пренос на електричната енергија на поголеми далечини и би се зголемила енергетската ефикасност, ДПЕ се приклучени на дистрибутивна мрежа, иако, при развојот на дистрибутивните мрежи не било планирано приклучување на производни единици. Покрај предностите, ДПЕ имаат и свои недостатоци. Нивното производство е тешко да се предвиди, а исто така можат да предизвикаат различни проблеми во работата на мрежата, вклучувајќи проблеми со контрола на напонот, координација на заштитата, како и негативно влијание врз квалитетот на електричната енергија.

Во овој труд, со помош на софтверскиот пакет NEPLAN, се прикажува влијанието на дисперзираното производство на електрична енергија врз напонските прилики и загубите на електрична енергија во дистрибутивна мрежа.

1 ВОВЕД

Поради зголемување на свеста за животната средина и следењето на глобалните трендови за исполнување на една од целите на енергетската политика во ЕУ „20-20-20 до 2020 год.“, учеството на обновливите (и дисперзирани) извори на енергија во електроенергетскиот систем значително се зголемува. Ако учеството на дисперзираните производни единици (ДПЕ) е големо, дистрибутивната мрежа која до тогаш била пасивна со еднонасочна распределба на моќностите преминува во активна мрежа со можност за распределба на моќноста во двете насоки, од повисоките кон пониските напонски нивоа и обратно, во зависност од моменталното производство и потрошувачка. Интегрирањето на ДПЕ во дистрибутивната мрежа може да ги намали загубите на моќност во мрежата и на тој начин да ја зголеми енергетската ефикасност, но зголеменото присуство на ДПЕ наметнува и прашања од технички аспект кои доведуваат до преиспитување на постоечките методи за управување и планирање на дистрибутивните системи.

2 ДИСПЕРЗИРАНО ПРОИЗВОДСТВО НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА

ДПЕ обединуваат различни технологии кои овозможуваат дисперзиран начин на производство на електрична енергија. Поголем дел од технологиите користат обновлив извор на енергија како: мали хидроелектрични центри, фотоволтаици, соларни центри, ветерни центри, геотермални центри; додека пак, во технологиите кои не користат обновливи извори на енергија спаѓаат: мотори со внатрешно согорување, горивни ќелии, когенеративни постројки, микротурбини.

Со оглед на денешната состојба, развојот на дисперзираното производство е одреден со следните карактеристики: ДПЕ имаат релативно мала инсталирана моќност (50kW – 100MW), вообичаено се сместени во близина на потрошувачите и во голем број случаи се приклучени на среднапонска или нисконапонска дистрибутивна мрежа, а исто така и постапката за нивно планирање не е централизирана, како и распоредот на нивното производство.

3 ВЛИЈАНИЕ НА ДИСПЕРЗИРАНОТО ПРОИЗВОДСТВО НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА ВРЗ ДИСТРИБУТИВНИТЕ МРЕЖИ

Со приклучување на ДПЕ, дистрибутивната мрежа веќе не се разгледува како пасивен елемент задолжен за пренос на електричната енергија до потрошувачите, туку и на дистрибутивно ниво се произведува електрична енергија. Ако ДПЕ, кои се инсталирани кај потрошувачите во дистрибутивниот систем, произведуваат онолку енергија со која би се компензирала побарувачката, тие овозможуваат намалување на загубите на моќност, односно зголемување на енергетската ефикасност од аспект на електрични мрежи. Доколку нивното производство ја надмине потрошувачката, произведената моќност се распределува во дистрибутивниот систем и до останатите потрошувачи кои се приклучени во таа мрежа или текот на моќноста може да се насочи кон повисоките напонски нивоа со што значително се намалува ефикасноста на системот.

Приклучувањето на ДПЕ бара и разгледување на прашања од аспект на квалитет на напон, зголемен интензитет на грешките и адекватност на применетата заштита.

Доколку при приклучување и исклучување на производни единици во мрежата се дозволени релативно големи струјни промени, ДПЕ може да предизвикаат транзиентни напонски промени. Најголем проблем се јавува при нагло исклучување на ДПЕ, при максимално оптоварена мрежа, кога доаѓа до значителни падови на напонот.

Приклучувањето на дисперзирано производство може и да го подобри квалитетот на електрична енергија. Кога ќе се приклучи ДПЕ на дистрибутивна мрежа, поради зголемените струи на куси врски, транзиентните промени на напонот или грешки предизвикани од другите корисници на мрежата ќе бидат помали.

Исто така, ДПЕ кои се приклучени на мрежа преку електронски уреди, можат да го нарушат квалитетот на напонот со инјектирање на хармоници. Меѓутоа, директно приклучените ДПЕ можат да ја намалат хармониската импеданса на дистрибутивната мрежа и така да ја намалат напонската дистрозија за сметка на повисоките струјни хармоници во генераторите.

Синхроните и асинхроните генератори ја зголемуваат струјата на куса врска во дистрибутивните мрежи. Во урбаните области, каде вредностите на струите на куса врска се приближни со вредностите на расклопната струја на прекинувачите, зголемувањето на струјата на куса врска може да биде значителен проблем за заштитната опрема, која ќе треба да се надогради или замени, а тоа ќе ги зголеми трошоците за приклучок на ДПЕ.

3.1 Влијание на дисперзираното производство на електрична енергија врз напонските прилики во дистрибутивната мрежа

Дистрибуираните извори, кои инјектираат моќност во мрежата, го зголемуваат напонот во точката на приклучување на мрежа. За слабо оптоварени дистрибутивни мрежи порастот на напонот поради приклучување на ДПЕ може приближно да се одреди преку:

$$\Delta U = (PR + XQ)/U \quad (1)$$

каде, P , Q – моќности на генератор, R, X – карактеристики на вод, U – номинален напон на дистрибутивна мрежа

Ако мрежата е преоптоварена, т.е. на нејзиниот крај напонот е понизок од дозволиениот, со приклучување на производна единица напонот ќе се зголеми, т.е. ќе се поправаат напонските прилики во мрежата. На тој начин дисперзираното производство има позитивно влијание бидејќи помага во одржувањето на напонските прилики во рамките на дозволените граници.

Меѓутоа, ако мрежата е слаба и подоптоварена, зависноста на напонските прилики од моменталната моќност на дистрибуираните извори расте. Во периодите на мало оптоварување и големо производство на дистрибуираните извори, напонот во поедини делови во мрежата ќе порасне. Тоа значи дека поради подоптовареноста на мрежата, ДПЕ предизвикуваат пораст на напонот во целата мрежа. Ако разликата меѓу моменталната потрошувачка и производството во јазолот во кој е приклучена ДПЕ е доволно голема, напонот во одделни точки на мрежата ќе ги надмине дозволените граници. На тој начин производната единица ги нарушува напонските прилики во мрежата, што значи дека пред да се одобри максималната моќност на производната единица треба да се направи проверка на нејзиното влијание на напонските прилики.

3.2 Влијание на дисперзираното производство на електрична енергија врз загубите на моќност во мрежата

Влијанијето на дисперзираното производство на загубите зависи од карактеристиките и усогласеноста на производството од ДПЕ со потрошувачката на местото на приклучување, како и од локацијата, односно местото во мрежата на кое се приклучува ДПЕ.

До намалување на загубите (и текови на моќност во мрежата) доаѓа ако производството временски и квантитативно се совпаѓа со потрошувачката на или блиску до местото на приклучок на ДПЕ, додека загубите се зголемуваат во водовите блиску до местото на приклучок ако нема потрошувачка или таа е многу помала од производството на ДПЕ.

4 ПРИКЛУЧУВАЊЕ НА ДПЕ НА ДИСТРИБУТИВНА МРЕЖА

Кога станува збор за приклучување на ДПЕ на дистрибутивната мрежа во Република Македонија, постојат документи со кои се уредуваат техничко – технолошките и комерцијалните услови за приклучок врз основа на транспарентни и недискриминаторни принципи. Тоа се Мрежните правила за дистрибуција на електрична енергија [1] од 2012 година и документот за Измени и дополнувања на мрежните правила за дистрибуција на електрична енергија [2] од 2014 година.

Производителот на електрична енергија е должен најпрво да поднесе барање за согласност за приклучување до операторот на дистрибутивниот систем (ОДС), кој е задолжен за проверка и утврдување на техничките услови, и притоа да ги достави сите податоци за техничките карактеристики на производната постројка.

ОДС изготвува оптимално економско и техничко решение за овозможување на приклучувањето во најповолната точка според претходно извршена анализа на состојбите во ДМ, при што обезбедува приоритет за производителите на електрична енергија од обновливи извори.

4.1 Карактеристични состојби и напони во стационарен режим на работа

Во стационарен режим на работа како карактеристични состојби на работа на ДМ се дефинираат:

- минимално оптоварување на мрежата и минимална моќност на производната постројка;
- минимално оптоварување на мрежата и максимална моќност на производната постројка;
- максимално оптоварување на мрежата и минимална моќност на производната постројка;
- максимално оптоварување на мрежата и максимална моќност на производната постројка.

Во сите нормални режими на работа, при приклучувањето на ДПЕ, напоните во сите јазли на разгледуваната ДМ треба да бидат во согласност со границите:

- во мрежите со номинален напон 35 kV, помеѓу 31,5 и 38 kV;
- во мрежите со номинален напон 20 kV, помеѓу 19 и 21,4 kV;
- во мрежите со номинален напон 10 kV, помеѓу 9,5 и 10,7 kV;

- на нисконапонските собирници во трансформаторските станици среден/низок напон, помеѓу 0,4 и 0,44 kV.

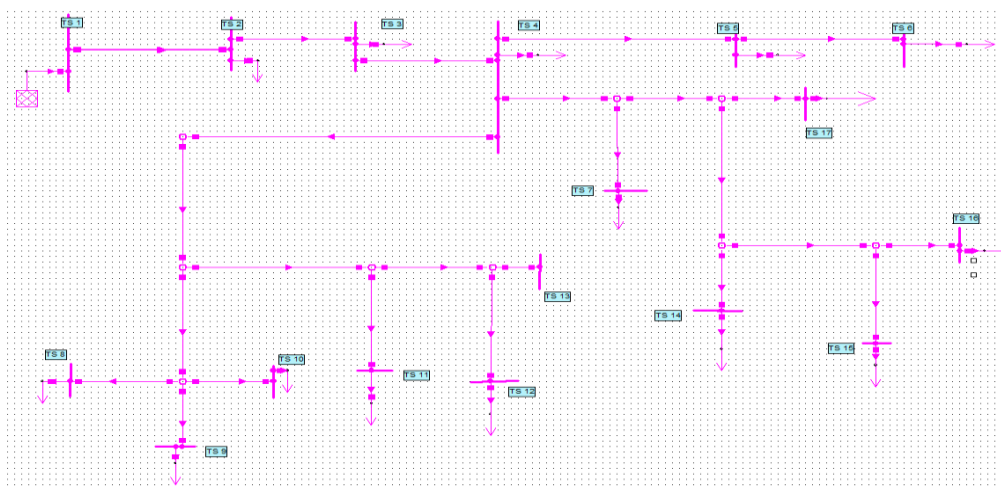
5 АНАЛИЗА НА ТИПИЧНА ДИСТРИБУТИВНА МРЕЖА

За пресметка на тековите на моќност и вредностите на напоните во дистрибутивната мрежа која е предмет на анализа се користи софтверскиот пакет NEPLAN.

5.1 Опис на разгледуваната дистрибутивна мрежа

На слика 1 е претставена еднополна шема на радијална дистрибутивна мрежа со номинален напон $U_n = 10$ kV.

Мрежата е составена од 17 дистрибутивни трансформаторски станици со преносен однос 10/0,4 kV, а преку трансформаторската станица TS 1 е поврзана со останатиот дистрибутивен систем. Преку дистрибутивната мрежа се напојуваат 15 потрошувачи. Оптоварувањето е поврзано директно на 10 kV страна на дистрибутивните трансформаторски станици, односно нисконапонскиот дел не е разгледуван.



Слика 1. Еднополна шема на радијална дистрибутивна мрежа, напонско ниво 10 kV

5.2 Дистрибутивна мрежа без приклучени ДПЕ

Во ова сценарио се извршени пресметки на напоните и тековите на моќности во разгледуваната дистрибутивна мрежа кога не се приклучени ДПЕ. Во споредба со ова сценарио понатаму се разгледува како се менуваат напонските прилики и загубите на моќност во мрежата со приклучување на дисперзирано производство на електрична енергија.

Табела 1. Вредности на напони во јазолот 9 и загуби на моќност во дистрибутивната мрежа без приклучени ДПЕ

Режим на работа	Најниска вредност на напонот [kV]	Загуби на моќност	
	Јазол 9	ΔP [MW]	ΔQ [MVar]
Минимално оптоварување	9,816	0,018	-0,112
Средно оптоварување	9,734	0,038	-0,104
Максимално оптоварување	9,593	0,088	-0,083

Во табела 1 се прикажани резултатите за вредностите на напон и загубите на моќност добиени со пресметките извршени при минимално, средно и максимално оптоварување на мрежата. Тука е земена најниската вредност на напонот која се појавува во јазолот 9 за да се увиди дека вредноста на напоните е над дозволениот минимум од 9,5 kV во 10 kV мрежа. Од добиените резултати може да се види дека највисоки вредности на напоните во мрежата се добиваат при минимално оптоварување, кога и загубите на моќност се најмали, а најниските вредности при максимално оптоварување, кога загубите на моќност се најголеми.

5.3 Вклучување на една ДПЕ во дистрибутивната мрежа со $S_n = 1.102 \text{ MVA}$

Понатаму е разгледан случајот кога на 10 kV собирница на дистрибутивната трансформаторска станица во јазолот 16 е приклучен синхрон генератор со номинални параметри: $S_n = 1,102 \text{ MVA}$, $0,8_{\text{cap}} \leq \cos\varphi_n \leq 0,8_{\text{ind}}$ и $U_n = 10 \text{ kV}$.

Во согласност со [2] треба да бидат разгледани вредностите на напоните во сите јазли, како и тековите на моќности во гранките на разгледуваната дистрибутивна мрежа, во четирите карактеристични состојби на мрежата во стационарен режим на работа. Бидејќи во режимот кога производството на приклучената ДПЕ е минимално, резултатите во состојбите максимално оптоварување и минимално производство како и минимално оптоварување и минимално производство ќе бидат слични на резултатите од претходно разгледуваните случаи со максимално и минимално оптоварување без приклучени ДПЕ, ќе бидат разгледувани само состојбите при максимално оптоварување и максимално производство, како и при минимално оптоварување и максимално производство.

5.3.1 Режим на минимално оптоварување на дистрибутивната мрежа и максимално производство на ДПЕ

Во овој случај, дистрибутивната мрежа ќе се разгледува во услови кога генераторот инјектира активна моќност $P = 1,102 \text{ MW}$, а $\cos\varphi = 1$.

Табела 2. Вредности на напонот во јазолот 16 и загуби на моќност пред и по приклучување на ДПЕ на дистрибутивната мрежа при минимално оптоварување

Режим на работа	Вредност на напонот во јазолот во кој е приклучена ДПЕ [kV]	Загуби на моќност	
	Јазол 16	ΔP [MW]	ΔQ [MVar]
Минимално оптоварување без ДПЕ	9,816	0,018	-0,112
Минимално оптоварување и максимално производство на ДПЕ	10,207	0,027	-0,112

Во табела 2 е направена споредба на вредноста на напонот во јазолот 16 пред и по вклучување на ДПЕ, при минимално оптоварување, бидејќи таму се очекува најголема промена на напонот, исто така споредени се и загубите на моќност во мрежата. Се забележува дека во овој случај доаѓа до повратен тек на моќноста низ гранките на мрежата. Оваа појава е последица на тоа што ДПЕ која е приклучена во јазолот 16 произведува поголема активна моќност од активната моќност која ја троши потрошувачот приклучен на истата дистрибутивна трансформаторска станица и вишокот се инјектира во мрежата. Поради големата активна моќност што ДПЕ ја инјектира во мрежа се создаваат дополнителни текови на моќност кон напојниот јазол, односно сега водовите се пооптоварени во однос на случајот без ДПЕ. Како резултат на тоа загубите на активна моќност во оваа состојба се поголеми.

5.3.2 Режим на максимално оптоварување на дистрибутивната мрежа и максимално производство на ДПЕ

Следната состојба во која се извршени пресметки на вредностите на напоните во јазлите и тековите на моќност низ гранките на разгледуваната мрежа е состојбата при максимално оптоварување на мрежата и максимално производство на ДПЕ.

Табела 3. Вредноста на напонот во јазолот 16 и загуба на моќности пред и по приклучување на ДПЕ на дистрибутивна мрежа

Режим на работа	Вредност на напонот во јазолот во кој е приклучена ДПЕ [kV]	Загуби на моќност	
	Јазол 16	ΔP [MW]	ΔQ [MVar]
Максимално оптоварување без ДПЕ	9,593	0,088	-0,083
Максимално оптоварување и максимално производство на ДПЕ	9,762	0,06	-0,180

Во овој случај активната моќност која ја произведува ДПЕ не е многу поголема од оптоварувањето приклучено на истата ТС. Како резултат на тоа се задоволува локалната потрошувачка и се намалуваат загубите на моќност во мрежата. Поради помалите загуби на моќност, вредноста на напонот во јазолот 16 е помала од случајот со минимално оптоварување но сепак поголема во однос на случајот кога ДПЕ не е приклучена.

6 ЗАКЛУЧОК

Во согласност со направените анализи може да се заклучи дека интегрирањето на ДПЕ во дистрибутивната мрежа, кои ја задоволуваат локалната потрошувачка, резултира со намалување на загубите на моќност, односно поголема енергетска ефикасност во дистрибутивната, но и во дел од преносната мрежа поради намалување на оптоварувањето. Доколку пак, произведената моќност на приклучените ДПЕ е многу поголема од локалната потрошувачка, доаѓа до појава на дополнителни текови на моќност кон напојниот јазол кои ги зголемуваат загубите на моќност во мрежата. Бидејќи со приклучок на ДПЕ, напоните во мрежата добиваат поголема вредност, во преоптоварена мрежа нивното приклучување може да има позитивно влијание врз напонските прилики, но во подоптоварена мрежа можна е појава на напони чија вредност е поголема од дозволената, со што се оневозможува нормално функционирање на мрежата.

7 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Мрежни правила за дистрибуција на електрична енергија, Службен весник на Република Македонија бр. 87/12
- [2] Измени и дополнувања на мрежните правила за дистрибуција на електрична енергија, Службен весник на Република Македонија бр. 30/14
- [3] Nick Jenkins, Ron Allan, Peter Crossley, Daniel Kirschen, Goran Strbac, "Embedded Generation", The Institution of Engineering and Technology, 2008
- [4] Андриана Ивановска, "Регулација на напони во дистрибутивни мрежи со дисперзирано производство на електрична енергија", Дипломска работа, Скопје, 2017.

Тамара Трајковска¹, Игор Стерјовски²

¹Технички факултет/Универзитет “Св. Климент Охридски”, Битола

¹tmr.t.t@hotmail.com

²isterjovski@hotmail.com

ИЗБОР НА ТИП НА ДИСПЕРЗИРАНО ПРОИЗВОДСТВО ЗА ПРИКЛУЧОК НА ДИСТРИБУТИВНА МРЕЖА

КУСА СОДРЖИНА

Во категоријата дисперзирано производство (ДП) припаѓаат неколку типови на електроцентрали. Секоја од нив има свои специфичности на дневниот дијаграм на производство и возможно е да се типизираат дневните дијаграми за одредени типови на електроцентрали. На пример фотоволтаичните електроцентрали (ФНЕЦ) имаат типичен дијаграм на производство во вид на свон, проточните мали хидроелектроцентрали (МХЕЦ) и когенеративните (гасните) централи имаат најчесто константна моќност и можност за регулација на напонот, ветерните електроцентрали (ВЕЦ) исто така имаат карактеристичен дијаграм на производство кој може да се типизира. Целта на овој реферат е да се одреди најсоодветен тип на ДП за приклучок на одредена дистрибутивна мрежа врз основа на неговиот типичен дневен дијаграм на производство и неговото влијание врз напонските прилики и загубите во дистрибутивната мрежа.

Клучни зборови: Дисперзирано производство, дневен дијаграм на производство, дистрибутивна мрежа..

1 ВОВЕД

Изградбата на мали генераторски единици е позната од многу порано и со нив всушност се поврзани почетоците на електроенергетската индустрија. Во последната деценија на минатиот век се појавува забележително оживување на интересот за поврзување на генераторски единици директно на дистрибутивната мрежа (ДМ). Оваа појава со едно име е наречена ДП. Тоа е производство кое: не е централно планирано, не е централно управувано од диспечерски центар, во најголем број случаи е поврзано на ДМ и е со моќност од 50 kW до 100 MW. Тоа што ДП не е централно планирано и диспечерирано, значи дека ангажирањето на овие генератори во производството на активна или реактивна електрична енергија е надвор од контролата на операторите на ЕЕС. Моќноста на ДП во најголема мерка влијае на кое напонско ниво истото ќе биде поврзано. Напонските нивоа на кои ДП се поврзува се типичните дистрибутивни напонски нивоа кои се движат од 400 V до 110 kV [1].

Технологиите кои спаѓаат во категоријата на ДП можат да се поделат во две групи, во зависност од тоа дали примарниот извор кој го користат за производство на електрична енергија е обновлив или не. Во групата на технологии кои користат обновлив извор на енергија спаѓаат: МХЕЦ, ФНЕЦ, ВЕЦ, геотермални централи, океански централи и електроцентрали на биомаса и биогаз. Во групата на технологии кои користат необновлив примарен извор на енергија спаѓаат: микротурбините, горивните ќелии, моторите со внатрешно согорување, когенеративните постројки, гасните електроцентрали [1].

Секоја од нив има свои специфичности на дневниот дијаграм на производство и возможно е да се типизираат дневните дијаграми за одредени типови на електроцентрали. На

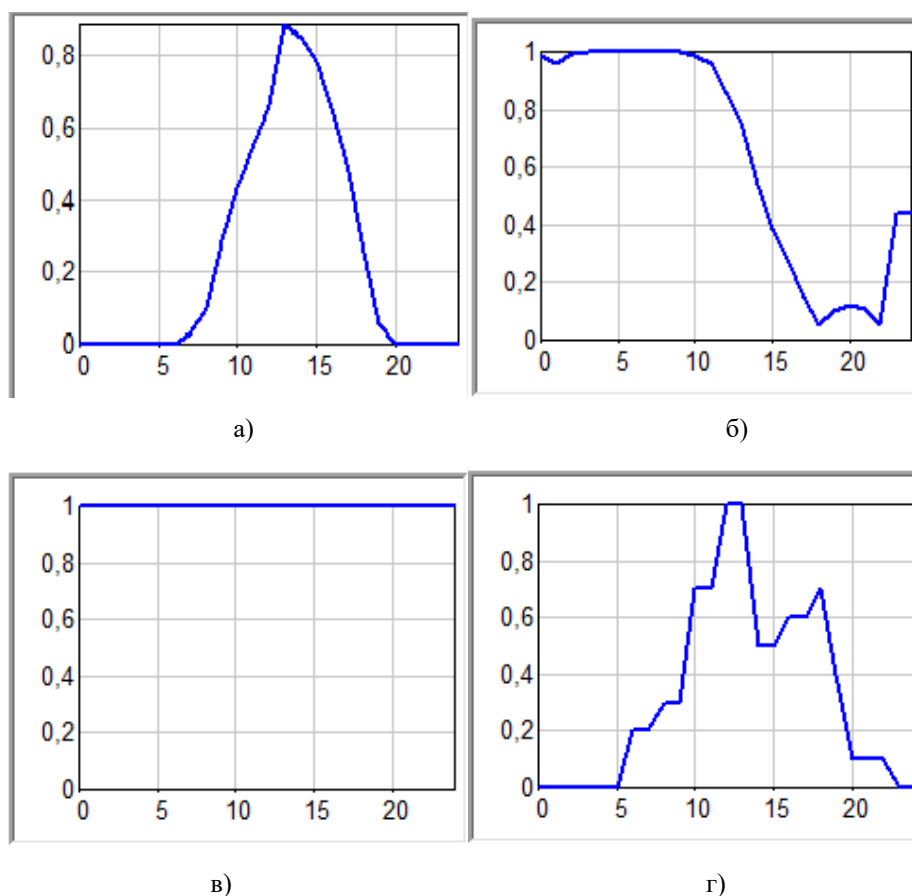
пример ФНЕЦ имаат типичен дијаграм на производство во вид на свон [2], проточните МХЕЦ, гасните електроцентрали и когенеративните постројки имаат најчесто константна моќност и можност за регулација на напонот, ВЕЦ исто така имаат карактеристичен дијаграм на производство кој може да се типизира.

Целта на овој реферат е да се одреди најсоодветен тип на дисперзирано производство за приклучок на одредена дистрибутивна мрежа врз основа на неговиот типичен дневен

дијаграм на производство и неговото влијание врз напонските прилики и загубите во дистрибутивната мрежа. Рефератот е концепиран во 5 поглавја. Во второто поглавје се опишани користените типови на дисперзирано производство со нивните основни оперативни карактеристики и типичните дијаграми на производство. Во третото поглавје се прикажани и коментирани добиените резултати на користената тест мрежа. Четвртото поглавје ги презентира заклучоците од трудот, а на крајот е дадена користената литература.

2 КОРИСТЕНИ ТИПОВИ НА ДИСПЕРЗИРАНО ПРОИЗВОДСТВО

Конструкцијата и типизацијата на дневните дијаграми на производство на генераторите на ДМ не е толку едноставна бидејќи нивниот дијаграм зависи од повеќе фактори (типот ДП, расположливоста на погонското гориво, договорот на ДП со ДМ и контролниот статус на ДП). Сепак одредени типови на ДП имаат свој карактеристичен дијаграм на производство.



Слика 1. Типични дијаграми на ДП од типот: а) ФНЕЦ; б) ВЕЦ; в) проточна МХЕЦ и мала когенеративна гасна централа; г) МХЕЦ која не е проточна

На пример ФНЕЦ се карактеристични по нивната типична дневна крива на часовно производство, која има облик на своно. Во овој реферат за ДП од типот на ФНЕЦ е користен типичниот дијаграм прикажан на сликата 1 а). ВЕЦ се далеку понепредвидливи и потешки за прогноза во однос на типизација на дневниот дијаграм на производство [2]. Сепак и кај нив може да се забележи одреден карактеристичен дијаграм, кој е прикажан на сликата 1 б).

Когенеративните постројки, малите гасни електроцентрали, проточните МХЕЦ и некои други типови на ДП вообичаено работат со константен или со многу мала промена на дневен дијаграм на производство. Сите тие најчесто користат синхрони генератори кои имаат можност за регулација на напонот и можат да работат како PQ и PU генератори. Нивниот типичен дијаграм на производство е прикажан на сликата 1 в). Исто така постојат МХЕЦ кои не се

проточни, како и некои други типови на ДП кои работат со променлив дијаграм на производство, кој може да се типизира со дијаграмот прикажан на сликата 1 г).

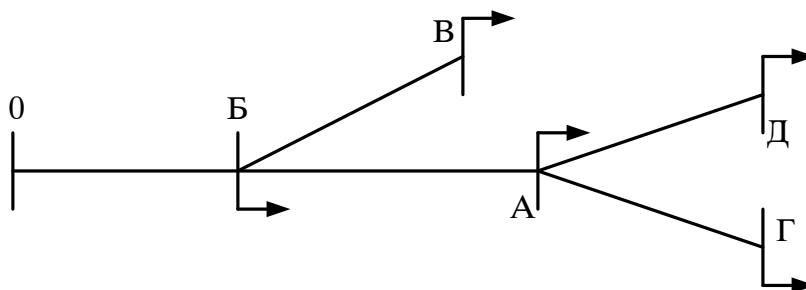
Во рамките на овој реферат се користени споменатите типични дијаграми за одредени типови на ДП. Номиналната моќност е претпоставена за сите 1 MVA, а режимот на работа е менуван во зависност од типот на ДП: ФНЕЦ се моделирани како PQ генератори со фактор на моќност 1, ВЕЦ се моделирани како PQ генератори со фактор на моќност 0,9 индуктивен гледано од мрежата, ДП кое работи со константна моќност е моделирано како PQ генератор со фактор на моќност 0,95 капацитивен гледано од мрежата, МХЕЦ со променлив дијаграм се моделирани и како PQ и PU генератори.

3 АНАЛИЗА НА СЛУЧАЈ

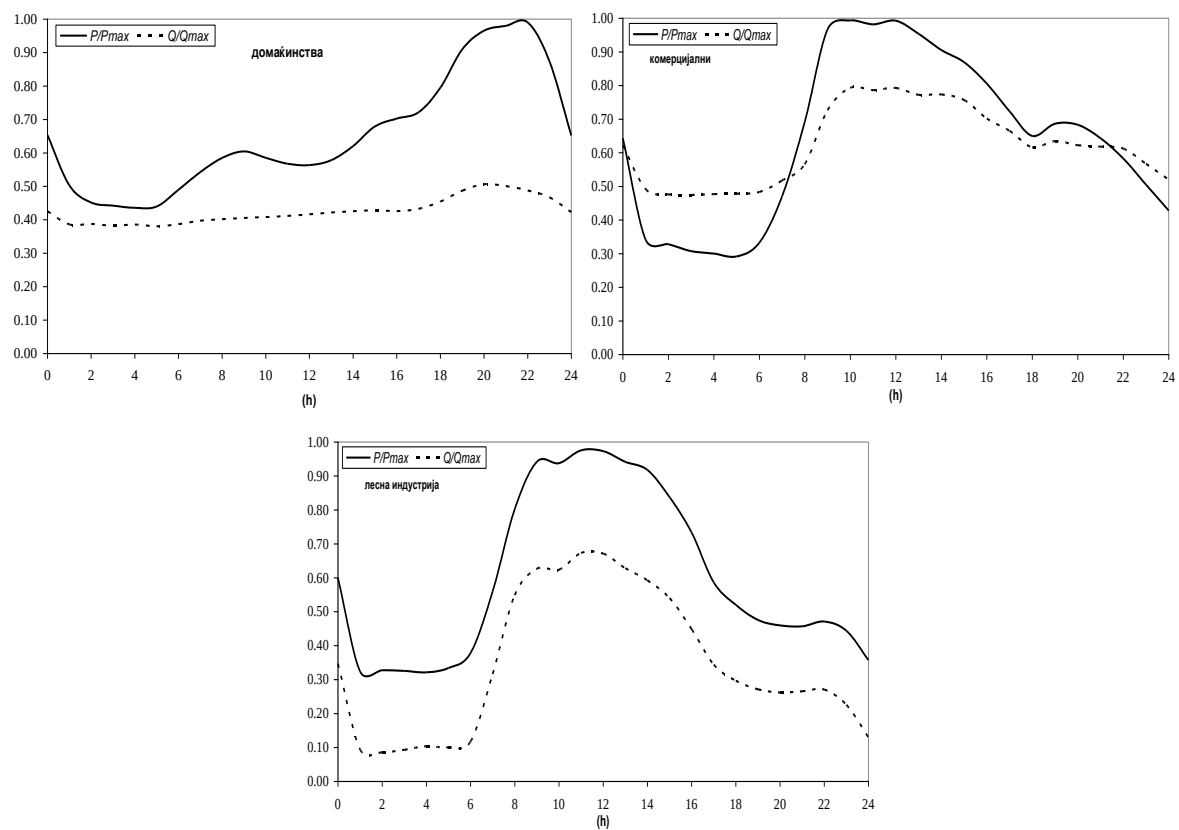
Анализираната мрежа која е користена во рефератот е преземена од [3] и е прикажана на сликата 2. Напонот на јазолот 0 се одржува константен и еднаков на 10 kV. Потрошувачите се моделирани со типични дијаграми преземени од [4] и тоа: јазол В – домаќинства (Д), јазол А – комерцијални (К), јазол V – (Д), јазол G – лесна индустрија (И), јазол D – (И). Типичните дијаграми на потрошувачите се дадени на сликата 3. Целокупната анализа е изработена со софтверскиот пакет NEPLAN 5.2.2 со користење на модулот за пресметка на текови на моќности со потрошувачки профили за 24 часа load flow with load profiles [5]. Планирано е ДП да се поврзе во јазолот А и целта е да се одредеди кој тип на ДП со типични дијаграми прикажани на сликата 1 е најсоодветно да се приклучи во јазолот А на оваа мрежа, од аспект на минимум загуби на енергија и напони на јазлите во рамките на дозволените граници (9,5 – 10,5) kV.

Во табелата 1 се дадени добиените резултати за загубите на електрична енергија (kWh) за 24 h за режим без ДП и со ДП во јазолот А со различен типичен дијаграм на производство, согласно сликата 1. Минимални загуби на електрична енергија 174,2 kWh се добиваат кога во јазолот А е поврзана МХЕЦ со променлив дијаграм (прикажан на сликата 1 г)), која работи како PQ генератор. Исто така мали загуби на електрична енергија од 200 kWh со добиваат во случајот кога во јазолот А е поврзано ДП од типот ФНЕЦ со дијаграм прикажан на сликата 1 а).

На сликата 4 се дадени напонските профили за различните разгледувани режими без ДП и со ДП во јазолот А со различен типичен дијаграм на производство. Напоните за сите разгледувани случаи се во рамките на дозволените граници, освен за случајот г) проточна мала ХЕЦ со константен дијаграм на производство, кога во часовите на ниски оптоварувања 01 – 06 часот, напоните во јазлите D, A и G се над горната граница. Гледано од аспект на одржување на напонот во што потесни граници, се гледа дека најтесен интервал на промената на напонот во јазол А има ФНЕЦ, а потоа МХЕЦ со променлива моќност (PQ).



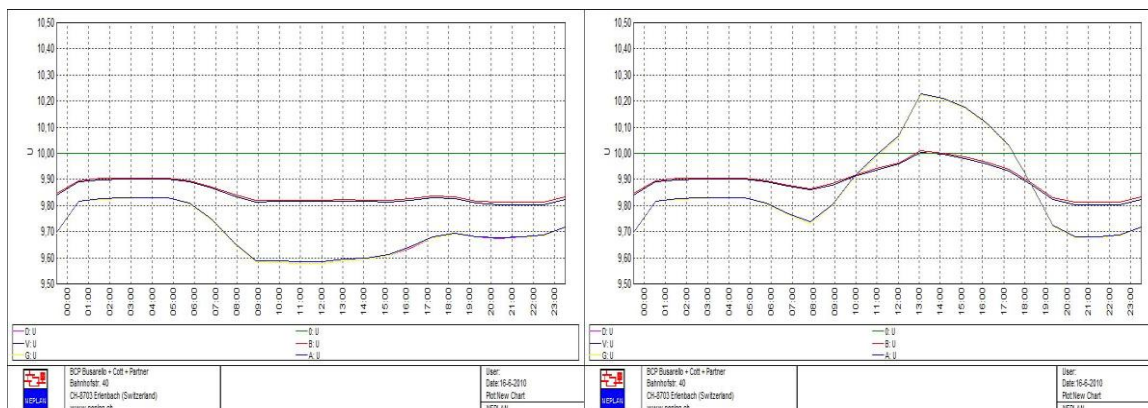
Слика 2. Анализираната ДМ



Слика 3. Користени типични дневни дијаграми за потрошувачите

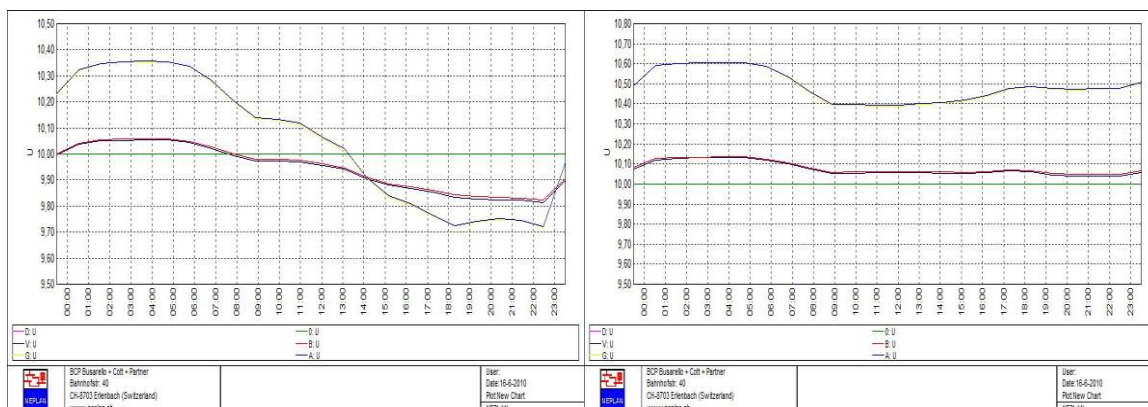
Табела 1. Загуби на електрична енергија (kWh) за режим без ДП и со ДП со различен тип на дијаграм на дневно производство

Тип на ДП	Загуби на енергија (kWh)
Без ДП	348,22
ФНЕЦ	200,03
ВЕЦ	782,18
Проточна МХЕЦ (PQ)	722,12
МХЕЦ со променлив дијаграм (PQ)	174,18
МЕХЦ со променлив дијаграм (PV)	284,62



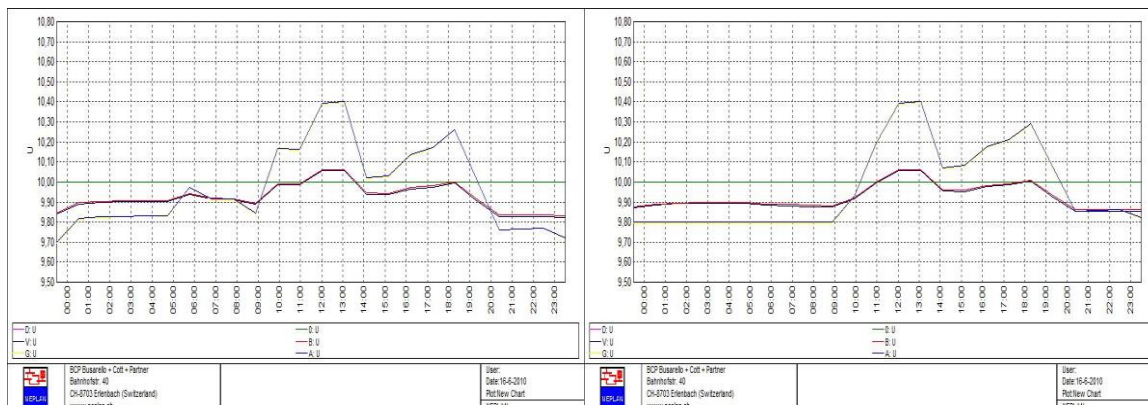
а) без ДП

б) ФНЕЦ



в) ВЕЦ

г) проточна МХЕЦ



д) МХЕЦ со променлива моќност (PQ)

е) МХЕЦ со променлива моќност (PU)

Слика 4. Напонски профили за различните режими на работа без ДП и со ДП приклучено во јазолот А

4 ЗАКЛУЧОК

Согласно извршената анализа од аспект на минимални загуби и напонски прилики за разгледуваната мрежа во јазолот А е најсоодветно да се приклучи МХЕЦ со променлив дијаграм на производство (слика 1 г)) која ќе работи како PQ генератор или ФНЕЦ со типичен дијаграм на производство на слика 1 а).

Типизацијата на дијаграмите на производство на различните технологии на ДП може да овозможи оптимално планирање на типот на ДП и локацијата на негов приклучок на одреден тип на ДМ. Проширувањето на ваквиот тип на анализа за временски хоризонт од повеќе години во иднината, со користење на сезони во годината и типични дијаграми на

потрошувачите може да овозможи многу ефикасно планирање на типовите на ДП кои ќе се поврзат на ДМ и оптимално одредување на локациите (јазлите) на нивно поврзување.

5 БЛАГОДАРНОСТ

Посебна благодарност сакаме да изразиме кон вонр. проф. д-р Методија Атанасовски кој е ментор на овој труд и несебично ни помогна во неговата изработка.

6 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Nick Jenkins, Ron Allan, Peter Crossley, Daniel Kirschen and Goran Strbac: “*EMBEDDED GENERATION*,” , Published by The Institution of Electrical Engineers, London, United Kingdom, 2000.
- [2] Давор Бајс, Методија Атанасовски: “*Студија за проценка на вкупните трошоци за интегрирање на ОИЕ во ЕЕС на Република Македонија*“, Енергетски институт Хрвоје Пожар, Загреб/Скопје, април 2017.
- [3] Драгослав А. Рајичиќ: „*Вовед во дистрибутивни електроенергетски системи*“, учебник ЕТФ–Скопје, 1995.
- [4] A. L. Shenkman, "Energy Loss Computation by Using Statistical Techniques," *IEEE Trans. on Power Delivery*, vol. 5, no.1, pp. 254–258, January 1990.
- [5] BCP NEPLAN www.neplan.ch

Владо Георгиевски¹

¹ Факултет за електротехника и информациски технологии, Скопје

vlatce.georgievski@gmail.com

МЕНАЏМЕНТ НА РИЗИК ВО ПРОЕКТИ ОД ОБЛАСТА НА ОБНОВЛИВИ ИЗВОРИ

КУСА СОДРЖИНА

Обновливите извори на енергија играат важна улога во транзицијата кон мала употреба на фосилни горива и обезбедување на сигурно снабдување со енергија. Клучен предизвик во остварувањето профит е способноста да се да се менаџираат различните елементи на ризик (т.е. организациски, технички, политички, комерцијални) поврзани со проектирањето на обновливи извори на енергија. Во овој труд ќе бидат дадени насоки за класификација, проценка и менаџмент на различни елементи на ризик при проектирање на системи на обновливи извори на енергија, со цел зголемување на вредноста на проектот. Анализа на специфичните цели во овој труд вклучуваат: идентификација и пристап кон големи проблеми при проектирање на обновливи извори на енергија; дефинирање на методите и потенцијалите за менаџирање на различни елементи на ризик; пристап кон веќе постоечки инструменти за намалување на ризик; идентификација и пристап на иновативни мерки за поддршка кои можат да ги намалат финансиските трошоци преку менување на профилот на ризик за конкретен проект, поточно споредба на ризици во Република Македонија и Европа кај ОИЕ.

Клучни зборови: ризик, менаџмент, методологија

12 ВОВЕД

Иако во последните години има значителен пораст во изградбата на системи на обновливи извори на енергија (ОИЕ), тоа не мора да значи исполнување на нивниот целосен потенцијал. Различни перцепции на ризик од страна на инвеститори, развивачи и останати засегнати страни, го ограничуваат потенцијалот кај ОИЕ. Постојат повеќе предизвици специфични за ОИЕ кои треба да бидат разгледани за да се разберат бариерите позади обезбедувањето финансиски заклучок на даден проект, прикажани во Табела 1.

13 ПРЕПОРАЧАНА МЕТОДОЛОГИЈА ЗА МЕНАЏМЕНТ НА РИЗИЦИ ВО ПРОЕКТИТЕ КАЈ ОИЕ

Пристапите кон менаџирање на ризици кај проектите кај конвенционалните електрани, со соодветно прилагодување се применуваат кај проектите/технологиите кај ОИЕ, со цел да се презентира предлог методологија за менаџирање на ризици кај овој тип проекти. Како студија на случај се зема проект на веќе постоечка фотоволтаична централа во Шпанија со цел да се илустрира пристапот и да се евалуираат бенефициите од менаџментот.

Треба да се напомене дека пристапот е секогаш репродуктивен, спротивно на резултатите кои не се. Всушност, несигурностите се специфични за поединечна инвестиција со уникатни карактеристики и затоа може истиот пристап да даде целосно поинакви резултати од еден кај друг проект, дури и ако се планира во истата држава или на истото технолошко поле. Така, процесот треба да биде повторен за секоја инвестиција посебно, и резултатите не треба да бидат генерализирани.

Табела 1 Бариери при проектирање на ОИЕ [1]

Инхерентни бариери кај ОИЕ:	Инхерентни предизвици кај спонзори на проектите од областа на ОИЕ:	Надворешни предизвици во енергетскиот сектор:	Бариери во финансиски сектор (особено во послабо развиени држави):
Трошоци: капитални трошоци кај интензивни		Политички:	

структури; Анализи: недоволно податоци за разумни проектни анализи; Ризик: Висок или не јасен ризик, вклучувајќи потешкотии во гарантирање готовински тек и извршни залози.	Слаби развивачи на проекти и недостиг на искуство при проектирање; Лимитирани финансиски/ менаџерски капацитети; Лимитирани кредити, особено поради недостиг на комплементарни сопствени средства; Обезбедување дозволи за работа, долгорочни договори за купување на енергија, проценка на влијанието врз животната средина и договори со кои се ублажуваат ризици при изградба и оперирање.	регулаторно или политичко прашање кое ги поддржува конвенционалните типови на енергија или ги намалува ОИЕ, несигурно законодавство во енергетскиот сектор; Пазар на енергија: недостатоци во финансиските, правните и институционалните рамковни услови исто и имперфекции во пазарниот механизам; Недостаток на доверлив партнер за почетни договори / feed in закони; Проблеми со прифаќање кај јавноста против имплементација на проектот.	Недостиг на средства и/или несоодветни финансиски услови за ОИЕ во однос на каматните стапки; Локални финансиски институции често имаат недостаток на инструменти за да го стимулираат развитокот кај ОИЕ; Недостаток на знаење во секторот и волја за инвестиција во ОИЕ поради мала свест и познавање на ОИЕ како и недоволни информации за неопходни инвестициски анализи.
---	--	---	---

13.1 Дефиниција на проектот и барањата

Првиот чекор на процесот на менаџмент на ризик е дефиниција на проектот со цел да се оформи комплетна слика за обемот на проектот и предизвиците. Оваа слика исто мора да содржи различни проектни перспективи, движејќи се од оние на инженерот до оние на банкарот.

Овој чекор вклучува собирање на проектна документација (техничка, финансиска, организациска, легална и сл.). Критичните податоци за споредување вклучуваат:

Опис на проектот. Документи кои го опишуваат обемот на проектот, главни учесници, стратешки цели, трети лица, фактори за животната средина (физички, социјални и легални) и разгледувања за безбедност, околина и квалитет. Овие описи можат да бидат илустрирани на различни начини: скици, мапи, слики итн.

Процес дијаграм. За континуиран тек на проектот, важен е дијаграм на тек кој ќе ја покажува врска меѓу опремата, приливи/одливи на процесот, физички параметри (температура, притисок, брзина, радијација и сл.). Нивото на деталност на ваков дијаграм треба постојано да се развива со зголемување на животниот циклус на проектот. На почетните фази на проектот, дијаграмот може да биде синтетички.

Капитални и операциони трошоци. Капиталните трошоци се поврзани со иницијалната инвестиција за спроведување на објектот (истражување, изградба, инсталација, тестови и сл.). Операционите трошоци се поврзани со трошоците потребни за работа на веќе изградената централа (персонал, сервис, одржување и сл.)

Трошоци за затворање и напуштање на објектот (деконструкција, рециклирање, чистење и сл.)

Распоред на проектот. Распоред на проектот треба типично да биде претставен преку Гант шема. Друг формат на приказ е PERT (Project Evaluation and Review Technique), кој исто така е соодветен. Целта е да се прикажат пресвртниците во проектот, критичниот пат,

времепловот и логичните врски меѓу активностите во проектот. Врз база на PERT приказот, може да биде направена и PERT анализа, на база на веројатни настани.

Дисконтиран готовински тек. Тоа е секвенца на движења на готовина од и кон проектниот ентитет. Тоа е ултиматимниот документ кој ги комбинира повеќето трошоци, приходи и финансии. Одлука за рентабилност на проектот се донесува врз база на компјутерски односи и пресметки (Нето сегашна вредност, Внатрешна стапка на рентабилност и сл.).

13.2 Идентификација на ризик

Дефиницијата на ризикот на проектот е несигурен настан или услов кој или има позитивен или негативен ефект на барем еден параметар на проектот. Почетната точка е да се дефинираат и квалифицираат целите на проектот (може да бидат профитабилност, време, трошоци, приходи и сл.).

Идентификацијата на ризикот вклучува идентификација на сите потенцијални ризици поврзани со целите на проектот, и ваквиот процес резултира во Регистар на ризик на проектот, каде што ризиците се опишани и квалифицирани.

Техники на идентификација на ризик:

- Brainstorming е метода на собирање на сите учесници во проектот (stakeholders)/експерти со цел да генерираат и класифицираат идеи на потенцијален ризик.
- Делфи методот е начин на оценување на проблем од страна на експерти, така што го изнесуваат нивното мислење за проблемот (ризикот) и администраторот на процесот ги собира мислењата и ги враќа повторно анонимно кај експертите. Процесот се повторува 4-5 пати и се формира обејктина размисла за проблемот.
- Интервјуирање на експерти при што им се поставуваат прашања на кои тие даваат свои одговори.
- Причинско-последични дијаграми, се дијаграми во кои се анализира коренот на ризикот на кој стратегијата за контрола треба да реагира.

13.3 Евалуација на ризик

Ризиците можат да бидат евалуирани на два комплементарни начини: квалитативно и квантитативно. Квалитативниот пристап се справува со поединечни ризици, додека квантитативниот пристап се справува со евалуација на сите ризици комбинирани. Кај квалитативната евалуација, информациите се релативно описливи и се базираат главно на експертиза и искуства па најчесто се прикажуваат преку Регистар на ризици или во графички формат. Во овој труд ќе биде направена квалитативна анализа на два проекта на фотоволтаични центри во Македонија, и ќе бидат наведени нивоата на ризик при проектирањето и при оперирањето на централата.

13.4 Контрола на ризик

Следејќи ја идентификацијата на ризик и евалуацијата, логичен следен чекор е предложување на некои акции на контролирање со цел да се минимизира влијанието на ризикот до едно разумно ниво. Овој процес вообичаено е спроведен од учесниците во проектот и се разгледуваат следните стратегии за секој идентифициран ризик поединечно:

- Избегнување на ризик. Да се промени планот на проектот со цел да се заштитат целите на проектот од овој ризик. Ова може да се постигне преку промена на обемот на проектот додавајќи непредвидени околности на проектот или додавање дополнително време на активности кои припаѓаат на критичниот пат.
- Ублажување на ризик. Намалување на веројатноста и/или влијанието на поединечен ризичен настан до едно прифатливо ниво, најчесто преку превземање предвремени мерки за заштита и спречување на настанот.

- Пренасочување/Споделување. Премостување на ризикот на трето лице, најчесто осигурителна компанија. гаранции, други изведувачи и сл.
- Прифаќање. Прифаќање на ризикот доколку или е не е можно да се елиминира ризикот или доколку трошоците во време или средства не се гарантирани од влијанието на ризикот.

13.5 Следење на ризик

Следење на ризикот вклучува три различни цели:

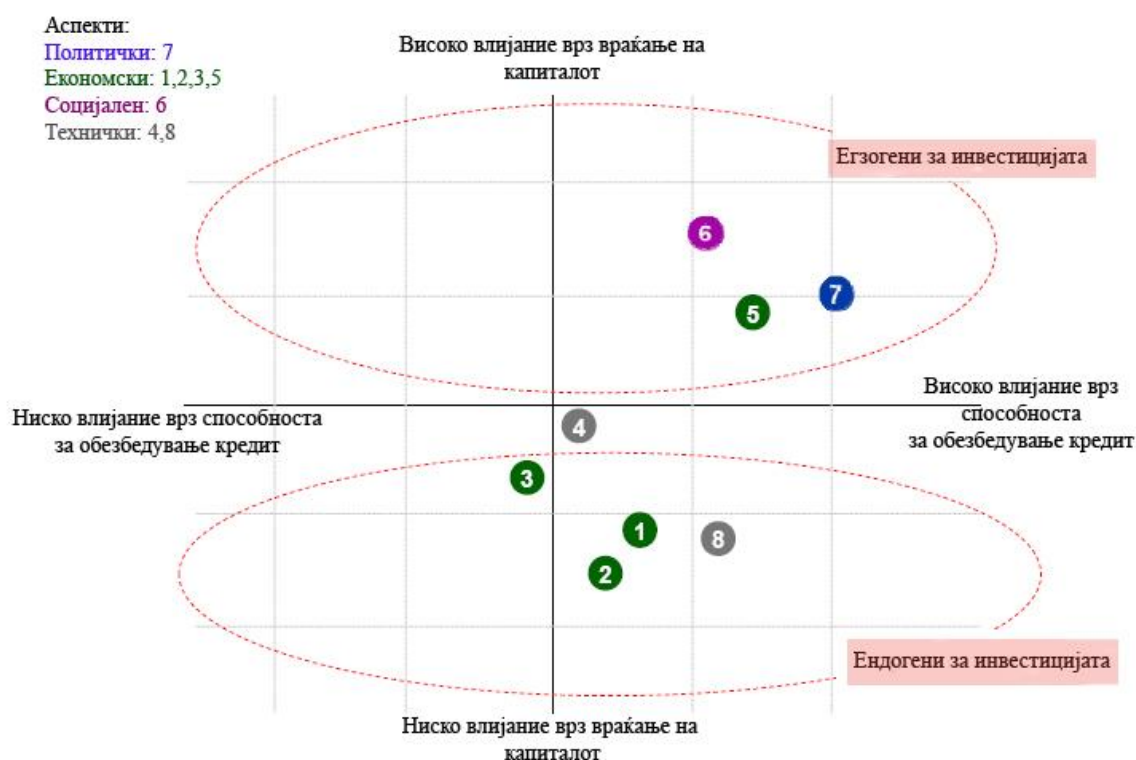
- Ажурирање на анализите согласно еволуцијата на инвестиционата околина
- Мониторинг на планот за активностите со кои се контролира проектот
- Известување на учесниците на проектот (stakeholders)

14 РИЗИЦИ ПРИ ПРОЕКТИРАЊЕ НА ФОТОВОЛТАИЧНИ СИСТЕМИ

Во овој дел ќе бидат наведени карактеристиките на фотоволтаичните системи, ризиците кои се идентифицирани и сместени во рамнината на ризици на Слика 1.

14.1 Карактеристики на технологијата

- Сончевата енергија директно се конвертира во еднонасочна струја
- Системот е многу модуларен, т.е. може да се прошири со мали чекори
- Можен е широк спектар на излезни напони
- Технологијата е соодветна за зелени површини и интегрирање на објекти
- Структурите и електричната топологија многу зависат од видот на апликацијата. [1]



Слика 1 Влијание на Фотоволтаичните технологии [1]

14.2 Ризици

14.2.1 Добавувач

1. Тесни граници на капацитетот на снабдување и нестабилност на цените

2. Среднорочна достапност / трошоци за некои од клучните сировини (силикон, стакло, траки, паста за лемење итн.)
3. Многу нови учесници во производството на модули што резултира во нееднаков квалитет на модулите низ пазарите (животен век, загуба на енергија, водопропустливост и сл.).

14.2.2 Оперирање и одржување

4. Времето на оперирање во голема мера зависи од ниска цена на компонентите (инвертори). Непропорционалното влијание на сигурноста на инверторите врз ефективното производство често се занемарува поради релативно ниската цена на компонентите. Ова може да резултира со лоша селекција и / или несоодветни програми за одржување на инверторот кои влијаат негативно на производството.
5. Ризична цена на пазарот (Снабдувачите на пазарот сеуште се во фаза на развиток)
6. Вандализам

14.2.3 Проект

7. Нестабилни политики за поддршка
8. Преценета ефикасност доаѓајќи од соодносот на дадена моќност со модулите/системот

14.3 Студија на случај на две фотоволтаични центри

По претходно наведените методи за менаџмент на ризиците, направена е квалитативна анализа врз две постоечки фотоволтаични центри во Македонија, притоа е користен Делфи методот за рангирање на идентифицираните ризици.

Табела 2 Рангирање на идентифицирани ризици

			Во која фаза влијае ризикот?					Ниво на ризик	
Бр.	Фактор	Ризик	Концепт	Набавка	Градба	Погон	Престанување со погон	А	Б
1	П	Намалување на Feed-in тарифа за 25% во време од 5 години				X		Н	Н
2	П	Данок на додадена вредност зголемен за 2% во време од 6 месеци		X	X			В	В
3	П	Одложување од 6 месеци во трансфер на лиценца од Лице со посебна намена кон операторот				X		С	С
4	Е	Дополнителни гаранции за лимитирање на готовинската распределба				X		В	С
5	Е	Трошоци за осигурување од екстремни временски услови				X		В	В
6	Е	Зголемување на трошоците за достапност на модулите на краток рок		X				С	Н
7	Е	Соларното зрачење може да се намали за 3% во 12 години				X		Н	В
8	Е	Способност да се спроведе гаранција од клучните добавувачи (заменувајќи 10% од модулите)				X		В	Н
9	С	Регулатива за рециклирање/затворање на						В	С

		централата							
10	C	Вандализам и кражба на модули доведува до зголемени трошоци за осигурување и обезбедување на објектот				X		H	B
11	T	Гаранција ефикасноста дадена од производителот на модулите да не се исполнува над 3%				X		C	H
12	T	Загуби на моќност во 10% од модулите				X		H	H
13	T	Несоодветно оддржување и сервис од страна на компанијата одговорна за тоа, доведува до потребна за повторно преговарање				X		B	B
14	T	Приклучок среден напон - доцнење за 6 месеци			X			B	H

Фактор: П-Политички, Е-Економски, С-Социјален, Т-Технички

A = Централа со моќност од 1 [MW];

B = Централа со моќност од 50 [kW];

Ниво на ризик: B-Висок, C-Среден, H-Низок.

15 ЗАКЛУЧОК

Иако многу од техниките и пристапите се веќе познати на банки и останати страни, постои реална потреба за клучните учесници да зборуваат на исти јазик. Кога ова ќе биде постигнато, тогаш е возможно да се одржи дебата која има смисла за тоа кои ризици да се прифатат, избегнат или пренасочат. Конечно, пристапот ќе овозможи клучните учесници да имаат реалистично разбирање за ризиците инволвирани во технологиите кај ОИЕ и да развијат соодветни мерки за поддршка на овие технологии или да спречат контрапродуктивни мерки. Во истовреме развивањето на структурен и ригорозен пристап кон проценка и менаџмент на ризик ќе дозволи инволвирани страни како помали промотери на проекти од ваков тип да се соединат ефикасно со потенцијалните инвеститори.

16 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Konstantin Graf "Risk Quantification and Risk Management in Renewable Energy Projects", IEA-RETD, Hamburg, Germany, 14.06.2011
- [2] Gustav Resch "The impact of risks in renewable energy investments and the role of smart policies", ECOFYS, Wien, Austria, 02.2016
- [3] Lee Cheuk Wing, Zhong Jin "Risk management methods applied to renewable and sustainable energy: A review", Journal of Electrical and Electronic Engineering, Hong Kong, China, 16.10.2014
- [4] Edward Vine, Evan Mills, Allan Chen "Energy - efficiency and renewable energy options for management and insurance loss reduction", Pergamon, Berkeley, CA 94720 USA, 12.04.1999

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Божан Тодоров¹, Марија Апостоловска²

¹Факултет за електротехника и информатички технологии – Скопје, УКИМ

¹bozantod@gmail.com ²marija.apostolovska96@yahoo.com

ПРЕГЛЕД НА ПРОЕКТ ЗА ПРОЦЕНКА НА ВЕТЕРНИТЕ РЕСУРСИ

КУСА СОДРЖИНА

Проценката на ветерните ресурси претставува прв чекор при развивање на проект за изградба на ветерна централа. Ваквата проценка се реализира со помош на соодветен проект кој како и другите технички проекти, се темели на внимателно планирање и координирање водејќи се од низа на однапред јасно поставени цели. Секако, ваквиот проект за проценка на ветерните ресурси е проследен со разни ограничувања, како што се буџетот и расположивоста, дополнително, успешноста на ваквиот проект лежи во квалитетот на неговите составни делови, имено: одредување на локацијата и техниките на мерење, стручниот кадар, висококвалитетната опрема, како и соодветната анализа на податоците и техниките на моделирање.

Во овој труд се дава краток преглед на дизајнот и имплементацијата на проектот за проценка на ветерните ресурси кој е поделен на три основни фази, и тоа: одредување на локација, мониторирање на ресурсите и нивно анализирање.

Добиените податоци од овој проект имаат значајна улога во физибилити студијата, што го прави овој проект круцијален при донесувањето одлука за изградба на една ветерна централа.

Клучни зборови: проценка, ветерни ресурси, одредување локација, мониторирање, анализирање

1 ВОВЕД

Дизајнирањето на ветерен проект и проценувањето на производството на енергија од истиот зависи од детална и точна проценка на ветерните ресурси, што е и тема на овој труд. Во продолжение е даден прелиминарен водич за методите и етапите на еден проект за проценка на ветерните ресурси, притоа концизно објаснувајќи ги истите. Овие етапи се меѓусебно зависни и имаат подеднаква улога во донесувањето на конечната одлука за изградба на ветерна централа. Проектот за проценка на ветерните ресурси претставува почетна фаза од животниот циклус на една ветерна централа, што може да се види на слика 1.



Слика 1. Животен циклус на ветерна централа

Во продолжение се наведени трите основни фази на проектот за проценка на ветерните ресурси, и тоа: одредување на локација, мониторирање на ресурсите и нивно анализирање.

2 ОДРЕДУВАЊЕ ЛОКАЦИЈА

Во првата фаза од проектот за проценка на ветерните ресурси се одредуваат една или повеќе потенцијални локации. Ова вклучува истражување на релативно голем регион (пр., област, провинција или држава). Главно нешто што се зема во предвид е ветерниот ресурс, што може да се процени со користење на ветерни мапи и јавно достапни податоци за ветрот. Други работи што се земаат во предвид се: состјба на пазарот, пристап до преносна мрежа и капацитет, услови за изградба и пристап, поддршка од заедницата и владата, како и сензитивноста на животната средина и културата. Техниките и критериумите за скенирање на терен се дефинирани според соодветни стандарди. Како прв чекор се препорачува податоците за географијата да бидат собрани и составени во GIS проект (Geographic Information System). Откога ќе се креира GIS проектот, се применува соодветен критериум за ефикасно и систематско селектирање на потенцијални локации. Друга предност при креирање GIS е тоа што кога веќе ќе се селектира потенцијалната локација, голем дел од дизајнот на проектот за мониторирање на ветер и следствено, дизајнот на ветерниот проект, може да бидат изведени во виртуелна околина. Без разлика дали еден GIS проект ќе биде искористен или не, конечната селекција на локацијата треба да биде утврдена преку посета на теренот, со цел да се потврдат физичките услови врз основа на кои е направена селекцијата (како што се условите за патиштата и преносната мрежа), и начелно да се проценат политичките, регулаторните, културните и сите останати фактори кои можат да го спречат развојот.

3 МОНИТОРИРАЊЕ НА РЕСУРСИ

Откако ќе се одреди локацијата, следната фаза вклучува мерење и карактеризација на ветерните ресурси. Токму во оваа фаза најчесто се инсталираат мерните станици за мониторирање на ветрот. Најчестите цели на мониторирањето се:

- Да се потврди дали има доволно ветерни ресурси за понатамошното истражување да биде оправдано;
- Да се споредат и рангираат ветерните ресурси меѓу различни потенцијални локации;
- Да се добијат меродавни податоци за проценка на перформансите и економската одржливост на различните модели на ветерни турбини;
- Да се обезбеди реална основа за анализа на ветерните ресурси.

3.1 Дизајн на проект за мониторирање на ветер

Главната цел на проектот за мониторирање на ветрот е да се добие најточен можен податок за ветерниот ресурс долж целата површина опфатена со перките на роторот и долж целата површина на локацијата опфатена со проектот. Сето ова треба да биде во согласност со буџетот и распоредот на проектот. Ова се постигнува со поставување на метеоролошки кули (мерни станици) и стационирани далечински управувани сензорски системи на соодветни локации, и обезбедување на доволна количина на податоци за карактеризација на ресурсите.

Број на кули и поставување. Главната цел при одредување на бројот на кули што ќе бидат инсталирани и каде ќе бидат поставени во рамките на локацијата опфатена со проектот е да се минимизира степенот на неизвесност на ветерниот ресурс на потенцијалната локација. Постигнувањето на оваа цел побарува не само мониторирање на местото каде ветрот е најсилен, туку и опфаќање на целосниот диверзитет на ресурсите, од најдобрите до најлошите, кои се можни при експлоатација на турбините. Големината на локацијата, топографијата, покриеноста на земјата и други фактори имаат улога при носењето на одлуката.

Висина на инструменти. Мерењата на ветерните ресурси на висина на гондолата (и пожелно долж целата површина опфатена со перките), за разлика од екстраполацијата на мерењата од пониска височина, ги намалуваат несигурностите во проценките за енергетското производство. Изборот на висината зависи од бројни фактори вклучувајќи ја големината на

проектот, цената на кулата, локалните регулации (пр., ограничувања поради прелети на авиони), како и познавањето на ветерните услови (анг. wind shear). За големи ветерни проекти (>100 MW), препорачливо е барем една од трите метеоролошки кули да биде најмалку на висина на гондолата.

Инструментација на мерната станица (кула). Главната задача на проектот за мониторирање е собирање на точни податоци за брзината, правецот, насоката на ветерот, како и температурата на воздухот. Податоците за брзината на ветерот се најважен индикатор за ветерните ресурси на дадената локација. Потребни се мерења на различни висини за да се одредат ветерните услови на локацијата. Информацијата за фреквенциската зачестеност на насоката на ветерот е важна за оптимизирање на надворешниот изглед на ветерните турбини во рамки на ветерното поле и за спроведување на модели за проток на ветерот и ефектите на бразда и поле. Мерењата за температурата на воздухот обезбедуваат дополнителни информации за условите на локацијата и помагаат да се одреди густината на воздухот. При анализите се достапни различни пакети на инструменти. Избирањето на соодветниот пакет зависи од целите и буџетот на проектот. Ова ја демонстрира потребата за детален дизајн на проектот што ги зима во предвид сите варијабли.

Стационарни далечински управувани сензори. SoDAR (Sonic Detection and Ranging) и LiDAR (Light Detection and Ranging) технологиите, две релативно нови технологии достапни за мерење на брзината на ветерот, може да бидат корисни за проверка на ветерните ресурси во различни точки во рамките на локацијата и за мерење на ветерниот профил долж целата површина опфатена со перките. Краткотрајните проекти (4-12 недели) се типични, иако се препорачуваат подолгорочните проекти, како и концептот на неколку проекти, за големи ветерни проекти (>100 MW), комплексен терен или за проекти каде има значајни сезонски варијации во ветерните услови.

3.2 План за мерење

Заедничко за сите проекти за мониторирање е потребата од план за мерење. Неговата намена е да осигура дека сите аспекти од проектот за мониторирање на ветерот ќе се комбинираат за да се обезбедат податоците потребни за остварување на целите на проектот. Пред да биде имплементиран, треба да биде писмено документиран, прегледан и прифатен од страна на учесниците во проектот. Планот треба да ги специфицира следниве елементи:

- параметри на мерење (пр., брзина, насока, температура)
- тип, квалитет и цена на опрема
- висина на поставеност на опремата за мониторирање и нејзина насоченост
- број и локации на јарболи за мониторирање
- минимално посакувана точност и траење на мерењето, како и минимално преземање на податоци
- семплирање на податоците и интервали на снимање
- страни одговорни за инсталација на опремата, нејзино одржување, валидација на податоците и приложување на извештаи
- пренос, скрининг и процедури на процесирање на податоците
- мерки за контрола на квалитетот
- интервали на праќање и формат на податоците

Генерално се препорачува мониторирањето на ветерот да трае најмалку една година (12 последователни месеци), иако подолг период би дал посигурни резултати. Количината на преземените податоци за сите измерени параметри треба да биде што е можно поголема, па така за повеќето мерни станици треба да биде најмалку 90%, со минимални пропусти во податоците. Исходот од целата постапка всушност зависи од бројни фактори како што се оддалеченоста од локацијата, временските услови, типот на инструментите, како и методите на прибирање на податоци.

3.3 Стратегија за мониторирање

Основите на добрата стратегија за мониторирање се добар менаџмент, квалификуван персонал и адекватни ресурси. За успешно спроведување на процесот најдобро е доколку сите, кои се вклучени во процесот, ги знаат своите (и на сите преостанати учесници) улоги и одговорности. Секој треба да биде запознаен со општите цели на проектот, планот за мерење и распоредот. Меѓусебната комуникација на учесниците треба да биде отворена и честа. Препорачливо е во тимот да биде вклучена најмалку една особа која има практично искуство од областа на мерењето. Анализата на податоци, интерпретацијата и компјутерските вештини се исто така важни фактори. Достапниот персонал и материјални ресурси мора да бидат пропорционални на целите на проектот. Високите стандарди поврзани со точноста на податоците и нивната комплетност бараат соодветни нивоа на кадровско екипирање, инвестирање во висококвалитетна опрема и алатки, брза реакција при непланирани настани (пр., гасење на опремата), достапност на резервни делови, рутински посети на локацијата и повремени прегледи на податоците. Работата и одржувањето на станицата и прибирањето на податоците се интегрални компоненти на стратегијата за мониторирање.

Работа и одржување на станицата. Континуираното одржување и уредно документирање на секоја станица за мониторирање на ветерните ресурси се потребни за да се зачува интегритетот и да се постигнат целите на проектот за мерење. Се препорачува (преку работа и одржување) воспоставување на едноставен план. Овој план треба да вклучи различни мерки за обезбедување квалитет и да обезбеди напатствија за целиот персонал.

Прибирање на податоци и ракување. Целта на прибирањето на податоци и процесот на ракување е да осигура дека податоците се достапни за анализи и дека тие се заштитени од евентуални оштетувања или нивно губење.

3.4 План за обезбедување квалитет

Есенцијален дел на секој проект за мерење е планот за обезбедување квалитет кој претставува детална и организирана агенда за сигурно и успешно собирање на висококвалитетни податоци. Планот за обезбедување на квалитет треба да биде напишан писмено откако ќе биде комплетиран планот за мерење.

- *Полиса за обезбедување квалитет.* Менаџерот на проектот треба да го утврди и одобри планот за обезбедување на квалитет, со што му дава кредибилитет на целиот персонал.
- *Координатор за обезбедување квалитет.* Врската меѓу планот и проект менаџментот е координаторот за обезбедување на квалитет. Тој треба да биде запознаен со рутинските барања за собирање на податоци. Ако планот за обезбедување на квалитет се анализира сериозно, координаторот мора да биде овластен да осигура дека целиот персонал е соодветно обучен, следени се точни процедури и се превземени соодветни мерки за корекција во случај на проблеми. Дополнително, координаторот треба уредно да ја одржува соодветната документација.

Квалитетот на податоците најчесто се оценува преку точност и комплетност. Планот за обезбедување на квалитет се потпира на документацијата на постапките вклучени за поддршка на тврдењата за квалитетот на податоците. Се препорачува планот за обезбедување на квалитет да ги содржи следниве компоненти:

- набавка на опрема според спецификациите на проектот
- метод на калибрирање на опремата, фреквенција и праќање на повратни информации
- инсталација, верификација и листи за проверка на работата и одржувањето на мониторинг станицата
- прибирање, скрининг и архивирање на податоци
- упатства за анализа на податоци

- методи за валидирање, критериуми за означување, фреквенција на известување и формат на податоците
- -внатрешни ревизии за документирање на перформансите на одговорните за инсталација и за работа и одржување, како и за прибирање и ракување со податоци

Друга цел на обезбедувањето на квалитет е да се минимизираат несигурностите кои неизбежно се јавуваат во секој чекор од процесот на мерење. Ниту една кула не ја претставува совршено областа за која е наменета, ниту еден сензор не мери со идеална точност и ниту еден податок кој е собран во даден временски период не ги прикажува идеално условите со кои може да се соочи ветерното поле за време на работата. Како и да е, ако размерот на овие несигурности е познат и се контролира преку усогласен план за обезбедување на квалитет, заклучоците можат да бидат соодветно квалификувани така што ќе обезбедат корисни информации.

4 АНАЛИЗА НА ВЕТЕРНИТЕ РЕСУРСИ

Третата фаза од проектот за проценка на ветерните ресурси се состои од опис на ветерниот ресурс на сите релевантни временски и просторни размери, со што ја поддржува оптималната распределба на турбини во рамките на локацијата опфатена со проектот, и најточната можна проценка на енергетското производство. Во оваа фаза е вклучено: валидирање на податоците, карактеризација на испитуваниот ресурс, прилагодувања кон ветерните услови и долгорочната ветерна клима, нумеричко моделирање на протокот на ветер, дизајн на проект и калкулации за енергетското производство.

4.1 Валидирање на податоците

Откако податоците од системот за мониторирање ќе бидат успешно префрлени во компјутерската база на податоци, се проверува нивната точност и се валидираат. Дополнително, се врши проценка на комплетноста и разумноста на податоците, а невалидните и сомнителните податоци се пријавуваат. Овој процес служи исто така за детектирање на потенцијални проблеми со инструментацијата или дата логерот.

4.2 Карактеризација на испитуваниот ветерен ресурс

Откако податоците за ветерниот ресурс ќе бидат валидирани, тие се анализираат за да се генерираат различни статистики кои помагаат да се карактеризира ветерниот ресурс на таа локација. Вообичаените статистики вклучуваат: просечни брзини, фреквенциска распределба на брзините и правците, ветерни услови, интензитет на турбуленции и моќност на ветрот.

4.3 Проценка на ресурсот на висина на гондолата

Со оглед на тоа што мерните кули се пониски од реалната висина на која е поставена турбинската гондола (центарот на роторот), за која висина е дефинирана кривата на моќност, често е потребно мерењата меѓу различните висини да се екстраполираат. Оваа задача бара внимателна, а и често субјективна анализа на информациите за јарболот и локацијата, вклучувајќи ги и набљудуваните ветерни услови, локалната метеорологија, топографијата и покриеноста на земјата.

4.4 Климатски прилагодувања

Целта на климатското прилагодување е да се изврши корекција на мерењата, извршени во ограничен временски период, во долгорочни временски податоци. Ова е важно бидејќи брзините на ветрот може значително да варираат од вообичаените дури и во текот на една година или подолго. Процесот кој е познат како мери, поврзи, предвиди (measure, correlate, predict -MCP) е типично користен за поврзување и прилагодување на мерењата на терен со долгорочна референца. Ова ја намалува несигурноста во проценката на енергетското производство.

4.5 Моделирање на протокот на ветер

Со оглед на фактот што мерењата на терен се вообичаено ограничени на неколку локации во рамките на областа опфатена со проектот, ваквото моделирање, кое најчесто направено со компјутерски софтвер, вообичаено мора да биде искористено за проценка на ветерниот ресурс на сите локации на кои е можно распоредување на ветерните турбини. Достапни се повеќе софтвери кои овозможуваат моделирање на протокот на ветер, како и соодветни симулациони апликации со кои се овозможува запознавање со несигурностите и предизвиците кои може да се јават.

4.6 Дизајн на проект и енергетско производство

Последната фаза е да се дизајнира проектот и процени неговото енергетско производство. Ова често претставува комплициран процес и вообичаено се реализира со специјален софтвер кој, почнувајќи од резултатите добиени од нумеричкото моделирање на протокот, дозволува корисникот доста брзо да тестира различни модели на турбини и да одбере една која одговара на максимално енергетско производство. Софтверот исто така ги калкулира загубите од ефектот на брада и поле.

5 ЗАКЛУЧОК

Оваа почетна фаза, проектот за проценка на ветерните ресурси, претставува круцијален сегмент во севкупниот проект за изградба на ветерна централа. Како таква го обврзува одговорното лице доследно да ги следи сите чекори, дефинирани во проектот за проценка на ветерните ресурси, кои меѓу другото изобилуваат со многу барања. Од горенаведените фази можеме да ја согледаме комплексноста на проектот, изразена преку строго дефинираните услови. Иако навидум различни, тие сепак претставуваат нераскинлива врска во проектот. Комплексноста на градицијата на фазите е клучот на прецизноста на овој проект, која прецизност претставува основен услов за добивање на реалните карактеристики за дадената локација. Сето ова ни овозможува да донесеме правилна одлука за понатамошниот тек на проектот за изградба на ветерна централа.

6 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Michael C. Brower, „*Wind Resource Assessment*“, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2012
- [2] Gipe P. „*Wind Energy Basics Revised: A Guide to Home- and Community-scale Wind Energy Systems*“ Chelsea Green Publishing, USA 2009

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Игор Стерјовски¹, Тамара Трајковска²

¹Технички факултет –Битола, Универзитет “Св. Климент Охридски” - Битола

¹isterjovski@hotmail.com

²tmr.t.t@hotmail.com

**ПРИКЛУЧОК НА ВЕТЕРНАТА ЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛА ПЕЛИСТЕР НА ЕЕС НА
РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА**

КУСА СОДРЖИНА

Овој реферат има за цел да разгледа и симулира една можна локација за изградба на ветерна електроцентрала (ВЕЦ), а тоа е планината Баба, односно нејзиниот врв Пелистер. Рефератот прво се занимава со перформансите на ВЕЦ од техничко економски аспект. Анализата на перформансите на ВЕЦ Пелистер е изработена во два софтверски пакети HOMER и RETscreen expert. Предвидено е да се постават 25 турбини од тип Vestas V52 со номинална моќност од 850 kW или вкупно инсталирана моќност на ВЕЦ би била 21,25 MW. Во продолжение на рефератот е покажана анализата на приклучокот на ВЕЦ Пелистер на електроенергетскиот систем (ЕЕС) на Република Македонија (РМ). На моделот на ЕЕС на РМ за 2020 година изработен во NEPLAN, спроведени се анализи на текови на моќност за состојбите на максимално зимско врвно оптоварување, минимално системско оптоварување и максимално летно оптоварување, при максимална анагажираност на ВЕЦ Пелистер. Испитано е влијанието на ВЕЦ Пелистер врз напоните во околните јазли во ЕЕС, како и на оптоварувањето на елементите на мрежата. Исто така пресметани се струите на куси врски во југо западниот регион на ЕЕС на РМ пред и после вклучувањето на ВЕЦ.

Клучни зборови: *Ветерна електроцентрала, ЕЕС.*

1. ВОВЕД

Првата ВЕЦ во РМ и досега единствена, изградена е и пуштена во работа во 2014 година. ВЕЦ Богданци е лоцирана на југоистокот на земјата и се состои од 16 Siemens ветротурбини со поединечна моќност од 2,3 MW, сместени на столбови со висина 80 m, што дава вкупна инсталирана моќност од 36,8 MW. ВЕЦ Богданци се планира да се прошири до вкупна моќност од 50 MW. Таа произвела во 2015 година 120,8 GWh електрична енергија, што дава еквивалентен број на часови работа годишно со максималната моќност од 3281 часа и укажува на исклучително поволната локација на оваа ВЕЦ [1]. Преостанатата моќност на електричната централа од 13,20 MW (втора фаза) е во реализација и се очекува да биде пуштена во употреба во периодот од 2016 - 2017 година. Поволните локации со оглед на климатските, тополошките и останатите карактеристики, се наоѓаат во долж долината на реката Вардар.

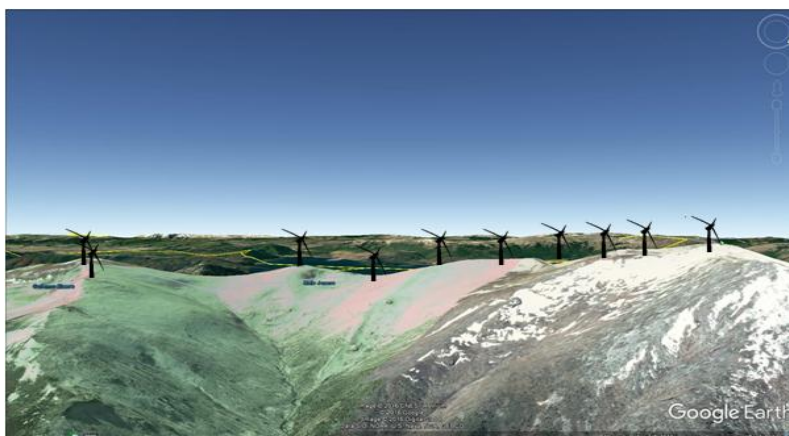
Во овој реферат е разгледана и симулирана една можна локација за изградба на ВЕЦ, а тоа е планината Баба, односно нејзиниот врв Пелистер. Рефератот прво се занимава со перформансите на ВЕЦ од техничко економски аспект. Анализата на перформансите на ВЕЦ Пелистер е изработена во два софтверски пакети HOMER и RETscreen expert. Предвидено е да се постават 25 турбини од тип Vestas V52 со номинална моќност од 850 kW или вкупно инсталирана моќност на ВЕЦ би била 21,25 MW. Во продолжение на рефератот е покажана анализата на приклучокот на ВЕЦ Пелистер на ЕЕС на РМ. На моделот на ЕЕС на РМ за 2020

година изработен во NEPLAN[3], спроведени се анализи на текови на моќност за состојбите на максимално зимско врвно оптоварување, минимално системско оптоварување и максимално

летно оптоварување, при максимална анагажираност на ВЕЦ Пелистер. Испитано е влијанието на ВЕЦ Пелистер врз напоните во околните јазли во ЕЕС, како и на оптоварувањето на елементите на мрежата. Исто така пресметни се струите на куси врски во југозападниот регион на ЕЕС на РМ пред и после вклучувањето на ВЕЦ.

2. ТЕХНИЧКО ЕКОНОМСКИ ПЕРФОРМАНСИ НА ВЕЦ ПЕЛИСТЕР

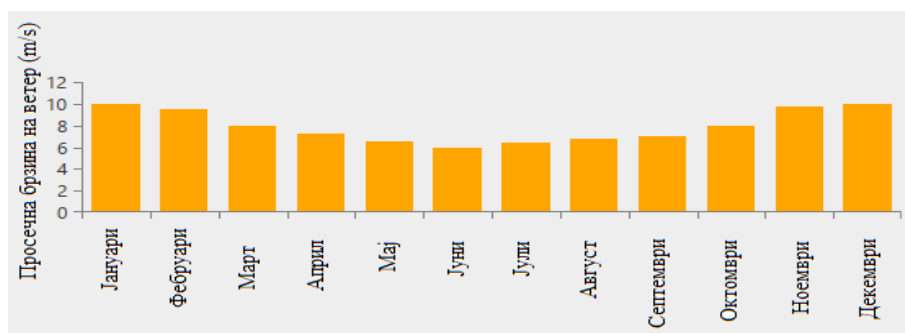
Техничко економската анализа на ВЕЦ е изработено со два софтверски пакети HOMER[4] и RETScreen expert [5]. Локацијата е избрана на планината Баба поточно од врвот Пелистер до врвот над Големо езеро. Според Google maps должината на трасата по која ќе бидат поставени ветерните турбини изнесува 5 километри до Мало езеро и тука се предвидени 20 турбини на ветер и на растојание од 1km над Големо езеро предвидени се уште 5 турбини (слика 1). По правило турбините се поставуваат на растојание 4 пати поголемо од елисата на турбината. При проектирањето избрана е турбина Vestas V52. На овие турбини дијаметарот на елисата е 52 метри, па според тоа турбините ќе бидат поставени на растојание 200 m една до друга. Предвидено е да се постават 25 турбини од тип Vestas V52 со номинална моќност од 850 kW или вкупно инсталирана моќност на системот би била 21,25 MW.



Слика 1. Локација на објектот според Google Earth

Цената на инвестицијата (турбини и вклучена инсталација) предвидена е 1.598,19 US \$ по инсталиран kW и според пресметката со RETScreen expert инвестиција би изнесувала околу 34.000.000 US \$. Притоа во цената за вкупната инвестиција внесени се и трошоците за работа и одржување кој изнесуваат 11,18 US \$ по инсталиран kW.

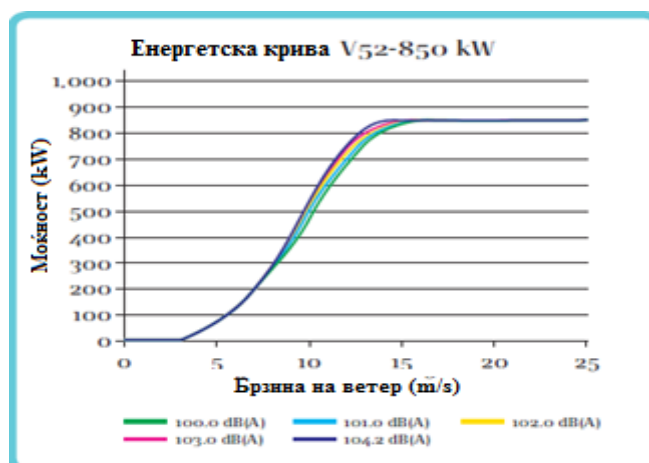
Од аспект на ресурси според [2], извлечен е податок дека на висини од 2500 m надморска висина просечната брзина на ветер изнесува 8 m/s. Овај податок е искористен во понатамошните пресметки (слика 2).



Слика 2. Средни вредности на брзини на ветер според NASA Surface meteorology за локацијата

Продажбата на електричната енергија за ВЕЦ утврдена од регулаторната комисија за енергетика изнесува 0,089 €/kWh или тоа претворено во американски долари според потребите на софтверите изнесува 0,1 \$/kWh.

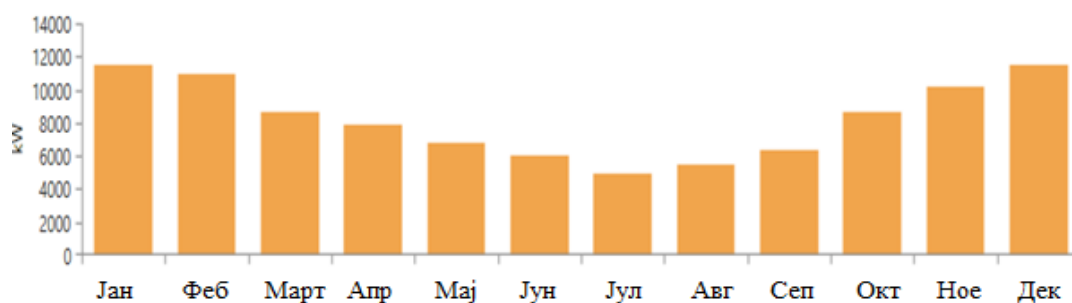
Стандардната крива на оптоварување за Vestas V52 прикажана е на сликата 3. Погонот на ветротурбината е автоматизиран во целост. Генераторот самостојно почнува со производство на електрична енергија кога брзината на ветерот ќе достигне просечна брзина од 4 m/s (cut-in speed). Во текот на работата со моќност помала од номиналната, аголот на лопатките и брзината на роторот константно се нагудуваат за да се максимизира аеродинамичкото искористување на ветерот. Излезната моќност на генераторот се зголемува со брзината на ветерот приближно линеарно, сè дури ветерот не достигне брзина од 16 m/s. Во таа точка, моќноста е ограничена на номиналната вредност од 850 KW.



Слика 3. Енергетска крива на оптоварување на генераторот

Доколку просечната брзина на ветерот ја премине границата до која турбината може да работи во нормален погон (25 m/s), турбината автоматски се исклучува со закосување на лопатките во положба на воздушно кочење (cut-out speed).

Просечното производство на ВЕЦ Пелистер по месеци во годината е дадено на сликата 4. Вкупното годишно производство би изнесувало 71,147 GWh годишно, што за инсталираната моќност од 21,25 MW дава еквивалентен број на часови на работа со максимална моќност од 3348 h.



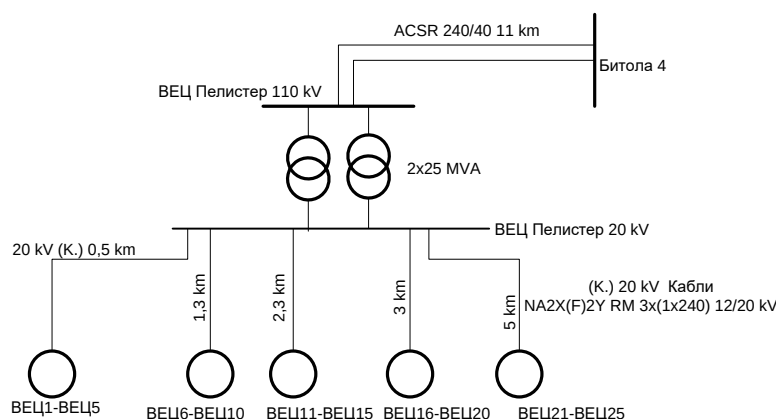
Слика 4. Просечно производство на ВЕЦ Пелистер по месеци

Со софтверот RETScreen expert разгледан е случај кога долгот би изнесувал 100%. Ако се земе во предвид цената за инвестицијата и цената за продажба на електричната енергија, повратот на капиталната инвестиција ќе се изврши за 10 години. Просечно годишниот приход би изнесувал 7.117.019 \$ US, а цената за враќање на долгот со вклучени трошоци за работа и одржување би изнесувале 5.746.659 \$ US. Па според горе кажаното по истекот на 10 години

наредните 20 години додека трае векот на инвестицијата профитот е многу поголем со единствено трошоци за работа и одржување.

3. АНАЛИЗА НА ПРИКЛУЧОКОТ НА ВЕЦ ПЕЛИСТЕР

Сите анализи се спроведени врз основа на изработениот модел на македонскиот ЕЕС за состојба за 2020 година [1], во софтверскиот пакет NEPLAN. Користена е работа со повеќе дијаграми со цел поголема прегледност на работата и затоа некои од новите јазли, ТС и ВЕЦ Пелистер не можат да се видат на основниот дијаграм. За анализите е користен Њутн Рафсоновиот метод и брзиот метод со раздвојување. Сите електроцентрали се дефинирани како PV јазли со напон еднаков на 1,00 р.у. На сликата 5 е прикажан начинот на можно приклучување на ВЕЦ Пелистер на ЕЕС на РМ.



Слика 5. Приклучок на ВЕЦ Пелистер на ТС Битола 4

Анализите на тековите на моќност се спроведени за три карактеристични режими на работа на ЕЕС [1], сите при максимално производство на ВЕЦ Пелистер при фактор на моќност (1; 0,9_{cap}; 0,9_{ind}): максимално зимско врвно оптоварување (системски максимум), максимално летно оптоварување и минимално оптоварување на системот (системски минимум).

Максималното зимско оптоварување се карактеризира со следниот биланс за 2020 година (со вклучена ВЕЦ Пелистер) [1]: Производство: 1209 MW; Потрошувачка: 1506 MW; Загуби: 28 MW; Размена (Увоз): 325 MW.

Во табелата 1 се дадени напоните на јазлите (р.у.) во југозападниот регион во ЕЕС на РМ (регион IV согласно [1]), за четири сценарија: без ВЕЦ ($P_{vec}=0$), со ВЕЦ со максимум моќност и фактор на моќност капацитивен гледано од мрежата ($P_{vec}=P_{max}$ при $\cos\phi=0,9_{cap}$), со ВЕЦ со максимум моќност и фактор на моќност индуктивен гледано од мрежата ($P_{vec}=P_{max}$ при $\cos\phi=0,9_{ind}$), со ВЕЦ со максимум моќност и фактор на моќност 1 ($P_{vec}=P_{max}$ при $\cos\phi=1$).

Табела 1. Напони на јазлите во југозападниот регион на ЕЕС за системски максимум за четири сценарија

Име на јазол	$P_{vec}=0$	$P_{vec}=P_{max}$ $\cos\phi=0,9_{cap}$	$P_{vec}=P_{max}$ $\cos\phi=0,9_{ind}$	$P_{vec}=P_{max}$ $\cos\phi=1$
BITOLA 2 110	1,0555	1,0597	1,0521	1,0561
BITOLA 2 400	1,0175	1,0201	1,0156	1,018
BITOLA1	1,0487	1,0536	1,0451	1,0496
Bitola3	1,0488	1,0541	1,045	1,0498
Bitola4	1,0483	1,0546	1,0441	1,0496
SUVODOL 1	1,0552	1,0593	1,0517	1,0557

VEC Pelister	-	1,0598	1,0418	1,0513
--------------	---	--------	--------	--------

Со оглед што границите на промена на напоните во р.и. се од 0,9-1,1 р.и. за 110 kV односно 0,95-1,05 р.и. за 400 kV, може да се заклучи дека независно од режимот на работа на ВЕЦ Пелистер, за системскиот максимум сите напони се во дозволените граници. Оптоварувањето на елементите е во рамките на дозволените вредности. Направени се анализи и за режим N-1, за кој може да се заклучи дека нема проблеми со напоните на јазлите и оптоварувањето на елементите, освен оние кои се нотирани во [1], а не се поврзани со приклучокот на ВЕЦ Пелистер.

Максималното летно оптоварување се карактеризира со следниот биланс за 2020 година (со вклучена ВЕЦ Пелистер) [1]: Производство: 817 MW; Потрошувачка: 1126 MW; Загуби: 22 MW; Размена (Увоз): 331 MW. Во табелата 2 се дадени напоните на јазлите (р.и.) во југозападниот регион во ЕЕС на РМ, за четирите споменати сценарија. Може да се заклучи дека независно од режимот на работа на ВЕЦ Пелистер за летниот максимум сите напони се во дозволените граници. Оптоварувањето на елементите е во рамките на дозволените вредности. Направени се анализи и за режим N-1, за кој може да се заклучи дека нема проблеми со напоните на јазлите и оптоварувањето на елементите, освен оние кои се нотирани во [1], а не се поврзани со приклучокот на ВЕЦ Пелистер.

Табела 2. Напони на јазлите во југозападниот регион на ЕЕС за максимално летно оптоварување за четирите сценарија

Име на јазол	Pvec=0	Pvec=Pmax cosφ=0,9cap	Pvec=Pmax cosφ=0,9ind	Pvec=Pmax cosφ=1
BITOLA 2 110	1,0456	1,0495	1,0413	1,0456
BITOLA 2 400	0,9972	0,9997	0,9947	0,9973
BITOLA1	1,0388	1,0435	1,0345	1,0392
Bitola3	1,0397	1,0446	1,0351	1,0401
Bitola4	1,0387	1,0447	1,0338	1,0395
VEC Pelister	-	1,0494	1,0316	1,041

Системското минимално оптоварување се карактеризира со следниот биланс за 2020 година (со вклучена ВЕЦ Пелистер): Производство: 477 MW; Потрошувачка: 555 MW; Загуби: 10,5 MW; Размена (Увоз): 88,5 MW. Во табелата 3 се дадени напоните на јазлите (р.и.) во југозападниот регион во ЕЕС на РМ, за четирите споменати сценарија. Може да се забележи дека напоните на јазлите во разгледуваниот регион, како и во целиот систем се блиски до горната дозволена вредност од 1,1 р.и., а најкритично е влијанието на ВЕЦ Пелистер на напоните во нејзините точки на приклучување, односно самата ТС ВЕЦ Пелистер и ТС Битола 4. За случајот на режим на работа N-1, може да се заклучи дека нема проблеми со напоните на јазлите и оптоварувањето на елементите.

Табела 3. Напони на јазлите во југозападниот регион на ЕЕС за системско минимално оптоварување за четирите сценарија

Име на јазол	Pvec=0	Pvec=Pmax cosφ=0,9cap	Pvec=Pmax cosφ=0,9ind	Pvec=Pmax cosφ=1
BITOLA 2 110	1,0972	1,0991	1,0949	1,0971
BITOLA1	1,0934	1,0963	1,0909	1,0938
Bitola3	1,0944	1,0975	1,0918	1,0948
Bitola4	1,0938	1,0979	1,0907	1,0945
VEC Pelister	-	1,103	1,0886	1,0961

Во табелата 4 се прикажани пресметките на максималните трифазни и еднофазни струи на куси врски на јазлите во Битолскиот регион и тоа со и без ВЕЦ Пелистер. Може да се забележи мал пораст на струите на куси врски, меѓутоа сите вредности се во рамките на расклопната моќ на прекинувачите во разгледуваните постројки.

Табела 4. Струи на куси врски во Битолскиот регион без и со ВЕЦ Пелистер

Име на јазол	3Ф-СКВ (kA)		1Ф-СКВ (kA)	
	без ВЕЦ	со ВЕЦ	без ВЕЦ	со ВЕЦ
B.GNEOTINO	9,802	9,841	8,04	8,059
BITOLA 2 110	27,808	28,139	34,191	34,567
BITOLA 2 400	23,498	23,573	23,389	23,444
BITOLA1	19,418	19,698	16,401	16,865
Bitola3	14,169	14,339	11,398	11,563
Bitola4	17,118	17,548	14,748	16,093
VEC Pelister	-	11,323	-	10,004

4. ЗАКЛУЧОК

Во трудот е покажана и симулирана една можна локација за изградба на ВЕЦ, а тоа е планината Баба, односно нејзиниот врв Пелистер. Предвидено е да се постават 25 турбини од тип Vestas V52 со номинална моќност од 850 kW или вкупно инсталирана моќност на ВЕЦ би била 21,25 MW. Вкупното годишно производство на оваа ВЕЦ би изнесувало 71,147 GWh годишно, што за инсталираната моќност од 21,25 MW дава еквивалентен број на часови на работа со максимална моќност од 3348 h. Вкупниот број на работни часови на ВЕЦ годишно би изнесувале 7820 h. Цената на инвестицијата (турбини и вклучена инсталација) предвидена е 1.598,19 US \$ по инсталиран kW и според пресметката со RETScreen expert инвестиција би изнесувала околу 34.000.000 US \$.

Приклучокот на ВЕЦ Пелистер на ЕЕС на РМ може да се изврши во ТС Битола 4. Во трудот се извршени анализи на текови на моќност без и со ВЕЦ за три карактеристични режими за 2020 година, при максимално производство на ВЕЦ при различен фактор на моќност. Анализите покажаа дека ВЕЦ може да се приклучи без никакви проблеми со напоните на јазлите, оптоварувањата на елементите. Вреди да се напомене дека за системскиот минимум во блиску до горната дозволена вредност.

Сите анализи за тековите на моќност покажуваат дека влијанието на ВЕЦ Пелистер врз загубите во ЕЕС на РМ е незначително.

Пресметката на струите на куси врски покажа дека влијанието на новата ВЕЦ би било минимално.

5. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Стипе Микулич, Давор Бајс, Методија Атанасовски. Студија со концепти за развој на преносната мрежа во одделни региони за долгорочен период. Енергетски институт Хрвоје Пожар, Загреб/Скопје 2017.
- [2] Стратегија за искористувањето на обновливите извори на енергија во Република Македонија до 2020 година, Министерство за економија, 2010.
- [3] BCP NEPLAN www.neplan.ch
- [4] HOMER http://www.homerenergy.com/HOMER_pro.html
- [5] RETScreenExpert <https://www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools/7465>

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Даниела Евтимовска¹, Игор Стерјовски²

¹Технички факултет-Битола, Универзитет “Св. Климент Охридски” - Битола

¹daniela_evtimovska@hotmail.com

²isterjovski@hotmail.com

УЧЕСТВО НА ДИСПЕРЗИРАНОТО ПРОИЗВОДСТВО ВО БИЛАНСОТ НА ЕНЕРГИЈА И МОЌНОСТ ВО ЕЕС НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

КУСА СОДРЖИНА

Билансот на електрична енергија (ЕЕ) и моќност претставува еднаквост на вкупната ЕЕ/моќност на влез излез ЕЕС во/од еден ЕЕС. Влезот на ЕЕ во ЕЕС на Република Македонија се состои од низа категории: производството на сите електроцентрали на преносната мрежа, производството на производители на дистрибутивна мрежа (дисперзирано производство (ДП)) и влезот на ЕЕ од соседните ЕЕС-и. Билансот на моќности вообичаено се изработува за часот во кој се случува максималното оптоварување во ЕЕС за разгледуваната година. Категориите во влезот на билансот на моќности на ЕЕС во разгледуваниот момент се: вкупната моќност на сите електроцентрали приклучени на преносната мрежа и разменатана моќности со соседните ЕЕС-и. Врвното оптоварување на ниво на преносната мрежа е еднакво на врвното оптоварување на ниво на ЕЕС намалено за часовното производство на електроцентралите приклучени на дистрибутивната мрежа во часот на настанување на врвното оптоварување. Овој труд има цел да покаже како може да се одреди учеството на ДП во опишаните биланси на енергија и моќност. Имено, користени се две основни величини за одредување на учеството на ДП во билансот на енергија и моќност. За билансот на ЕЕ е користен еквивалентниот број на часови на работа со максимална моќност, додека за билансот на моќност е користена величината доверба во производството, за секој тип на електроцентрала во категоријата ДП. Во трудот покажан начинот на пресметка и дадени се типичните вредности за овие две величини за секој тип на електроцентрала во категоријата ДП.

Клучни зборови: Дисперзирано производство, биланс на енергија и моќност, ЕЕС.

1 ВОВЕД

Напредокот на технологијата, далечинскиот надзор и управување на електроцентралите кои спаѓаат во категоријата на ДП го проширија неговиот опсег на примена. Достигнувањата во технологијата во комбинација со променливите потреби на потрошувачите и реструктурирањето на пазарите на големо и мало за ЕЕ, отворија уште повеќе можности за зголемување на учеството на ДП [1]. ДП е производство кое: не е централно планирано, не е управувано од диспечерски центар, во најголем број случаи е поврзано на ДМ и со моќност од 50kW до 100 MW. Тоа што ДП не е централно планирано и диспечерирано, значи дека ангажирањето на овие генератори во производството на активна или реактивна електрична енергија е надвор од контролата на операторите на ЕЕС. Моќноста на ДП во најголема мерка влијае на кое напонско ниво истото ќе биде поврзано. Напонските нивоа на кои ДП се поврзува се типичните дистрибутивни напонски нивоа кои се движат од 400 V до 110 kV.

Во овој труд ќе биде разгледан начинот на пресметка на учеството на ДП во билансот на енергија и моќност во ЕЕС на Република Македонија. Биланс на ЕЕ и моќност претставува

еднаквост на вкупната ЕЕ/моќност на влез излез ЕЕС во/од еден ЕЕС. Вкупниот влез на ЕЕ во ЕЕС на Република Македонија, се состои од категориите[2]: производството на термоелектроцентрали (ТЕЦ), хидроелектроцентрали (ХЕЦ) и ветерните електроцентрали (ВЕЦ) на преносната мрежа, производството на производители на дистрибутивна мрежа и влезот на ЕЕ од соседните ЕЕС. Вкупниот излез на ЕЕ во ЕЕС на Република Македонија се состои од категориите: потрошувачка на ЕЕ на потрошувачите директно приклучени на преносна дистрибутивна мрежа, загубите во преносната и дистрибутивна мрежа и излез на ЕЕ спрема соседните ЕЕС. Со цел да се одреди учеството на ДП во билансот на енергија, покажан е начинот на пресметување на еквивалентниот број на часови на работа со максимална моќност во одреден период и дадени се типичните вредности на оваа величина за секој тип на ДП. Прикажани се и поединечните категории на билансот на моќности. За да се одреди учеството на ДП во билансот на моќност користена е величината доверба во производството и покажано е како таа се пресметува за секој тип на ДП.

2 БИЛАНСОТ НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА И УЧЕСТВОТО НА ДП ВО НЕГО

Во рамките на електроенергетскиот биланс, секоја година мора да биде задоволена еднаквоста на вкупниот влез на ЕЕ во ЕЕС на РМ и вкупниот излез на ЕЕ од ЕЕС на РМ, односно:

$$W_{\text{влезЕЕС}}(t) = W_{\text{излезЕЕС}}(t) . \quad (1)$$

$$W_{\text{влезЕЕС}}(t) = W_{\text{ТЕЦ}}(t) + W_{\text{ХЕЦ}}(t) + W_{\text{ВЕЦ}}(t) + W_{\text{дистрибуција}}(t) + W_{\text{влез}}(t) . \quad (2)$$

$$W_{\text{излезЕЕС}}(t) = C_{\text{дистрибуција}}(t) + C_{\text{загуби_дистрибуција}}(t) + C_{\text{директно_пренос}}(t) + C_{\text{загуби_пренос}}(t) + W_{\text{излез}}(t) . \quad (3)$$

каде што се: $W_{\text{влезЕЕС}}$, $W_{\text{излезЕЕС}}$ - вкупен влез/излез на ЕЕ во/од ЕЕС на РМ, $W_{\text{ТЕЦ}}$, $W_{\text{ХЕЦ}}$, $W_{\text{ВЕЦ}}$ - производствена ТЕЦ, ХЕЦ и ВЕЦ, на преносната мрежа, соодветно, $W_{\text{дистрибуција}}$ - производство на производители на дистрибутивна мрежа (ДП), $W_{\text{влез}}$, $W_{\text{излез}}$ - влез/излез на ЕЕ од/кон соседните ЕЕС, $C_{\text{дистрибуција}}$ - потрошувачка во дистрибутивната мрежа, $C_{\text{загуби_дистрибуција}}$ - загуби во дистрибутивната мрежа, $C_{\text{директно_пренос}}$ - потрошувачка на директно приклучените потрошувачи на преносната мрежа, $C_{\text{загуби_пренос}}$ - загуби во преносната мрежа.

Годишното производство на електроцентрали приклучени на дистрибутивната мрежа, мора да се изрази преку една од следните типови на ДП: мали ХЕЦ, фотонапонски електроцентрали (ФНЕЦ), електроцентрали на биогаз, биомаса, комбинирани (когенеративни) постројки за секој тип потребно е да се пресмета еквивалентниот број на часови работа годишно со максимална моќност:

$$T_{\text{екв_малиХЕЦ}} = \frac{W_{\text{малиХЕЦ}} * 1000 [GWh]}{P_{\text{малиХЕЦ}} [MW]} . \quad (4)$$

$$T_{\text{екв_ФЕЦ}} = \frac{W_{\text{ФЕЦ}} * 1000 [GWh]}{P_{\text{ФЕЦ}} [MW]} . \quad (5)$$

$$T_{\text{екв_биогаз}} = \frac{W_{\text{биогаз}} * 1000 [GWh]}{P_{\text{биогаз}} [MW]} . \quad (6)$$

$$T_{\text{екв_биомаса}} = \frac{W_{\text{биомаса}} * 1000 [GWh]}{P_{\text{биомаса}} [MW]} . \quad (7)$$

$$T_{\text{екв_ТЕТО}} = \frac{W_{\text{ТЕТО}} * 1000 [GWh]}{P_{\text{ТЕТО}} [MW]} . \quad (8)$$

каде што: $W_{\text{малиХЕЦ}}$, $W_{\text{ФЕЦ}}$, $W_{\text{биогаз}}$, $W_{\text{биомаса}}$ и $W_{\text{ТЕТО}}$ се вкупното годишно производство на малите ХЕЦ, ФНЕЦ, електроцентрали на биогаз, биомаса и комбинираните постројки, соодветно, приклучени на дистрибутивна мрежа, а $P_{\text{малиХЕЦ}}$, $P_{\text{ФЕЦ}}$, $P_{\text{биогаз}}$, $P_{\text{биомаса}}$ и $P_{\text{ТЕТО}}$ се вкупните инсталирани моќности на малите ХЕЦ, ФНЕЦ, електроцентрали на биогаз, биомаса и комбинираните постројки, соодветно, приклучени на дистрибутивната мрежа.

Прогнозата на годишното производство на секој поединечен тип на ДП се врши преку просечните еквивалентни часови на работа со максимална моќност во одреден период (5 години) [2]:

$$\overline{T_{\text{екв_малиХЕЦ}}} = \frac{\sum_{j=1}^N T_{\text{екв_малиХЕЦ}}(t-j)}{N} . \quad (9)$$

$$\overline{T_{\text{екв_ФЕЦ}}} = \frac{\sum_{j=1}^N T_{\text{екв_ФЕЦ}}(t-j)}{N} . \quad (10)$$

$$\overline{T_{\text{екв_биогаз}}} = \frac{\sum_{j=1}^N T_{\text{екв_биогаз}}(t-j)}{N} . \quad (11)$$

$$\overline{T_{\text{екв_биомаса}}} = \frac{\sum_{j=1}^N T_{\text{екв_биомаса}}(t-j)}{N} . \quad (12)$$

$$\overline{T_{\text{екв_ТЕТО}}} = \frac{\sum_{j=1}^N T_{\text{екв_ТЕТО}}(t-j)}{N} . \quad (13)$$

каде што $T_{\text{екв_малиХЕЦ}}(t-j)$, $T_{\text{екв_ФЕЦ}}(t-j)$, $T_{\text{екв_биогаз}}(t-j)$, $T_{\text{екв_биомаса}}(t-j)$ и $T_{\text{екв_ТЕТО}}(t-j)$ се еквивалентниот број на часови работа годишно со максимална моќност на малите ХЕЦ, ФЕЦ, електроцентралите на биогаз, биомаса и комбинирани електроцентрали, соодветно, во годината $(t-j)$, а N е број на години во разгледуваниот изминат период ($N=5$).

Прогнозата на годишното производство на поединечните типови на електроцентрали, приклучени на дистрибутивната мрежа, во годината се пресметува како:

$$W_{\text{малиХЕЦ}}(t) = P_{\text{малиХЕЦ}}(t) * \overline{T_{\text{екв_малиХЕЦ}}} . \quad (14)$$

$$W_{\text{ФЕЦ}}(t) = P_{\text{ФЕЦ}}(t) * \overline{T_{\text{екв_ФЕЦ}}} . \quad (15)$$

$$W_{\text{биогаз}}(t) = P_{\text{биогаз}}(t) * \overline{T_{\text{екв_биогаз}}} . \quad (16)$$

$$W_{\text{биомаса}}(t) = P_{\text{биомаса}}(t) * \overline{T_{\text{екв_биомаса}}} . \quad (17)$$

$$W_{\text{ТЕТО}}(t) = P_{\text{ТЕТО}}(t) * \overline{T_{\text{екв_ТЕТО}}} . \quad (18)$$

Вкупното производство на електроцентралите приклучени на дистрибутивната мрежа во годината изнесува:

$$W_{\text{дистрибуција}}(t) = W_{\text{малиХЕЦ}}(t) + W_{\text{ФЕЦ}}(t) + W_{\text{биогаз}}(t) + W_{\text{биомаса}}(t) + W_{\text{ТЕТО}}(t) . \quad (19)$$

Во табелата 1 се дадени типичните вредности на еквивалентниот број на часови на работа со максимална моќност за секој тип на ДП, согласно [2].

Табела 1. Типични вредности на еквивалентниот број на часови работа со максимална моќност на ДП приклучено на дистрибутивната мрежа

Бр.	Тип	еквивалентен број на часови на работа со максимална моќност
1	мали ХЕЦ	3.000
2	ФЕЦ	1.200
3	електроцентрали на биогаз	5.000
4	електроцентрали на биомаса	4.000
5	комбинирани постројки	1.000

3 БИЛАНСОТ НА МОЌНОСТИ И УЧЕСТВО НА ДП ВО НЕГО

Билансот на моќности вообичаено се изработува за часот во кој се случува врвното оптоварување во системот за разгледуваната година (P_{max}), но биланси можат да се изработуваат и за некои други карактеристични деновислема потребите на специфичните анализи (трети среди во месецот во 19 часот, летен максимум, минималното оптоварување на ЕЕС и слично).

За изработка на билансот на моќности за одреден разгледуван момент, потребно е да се соберат следниве податоци[2]:

- Моќност на поединечните ТЕЦ, ХЕЦ и ВЕЦ приклучени на преносната мрежа во разгледуваниот момент ($P_{ТЕЦ,i}$), ($P_{ХЕЦ,i}$) и ($P_{ВЕЦ,i}$)
- Разменана моќности со соседните ЕЕС-и односно салдото увоз/извоз ($P_{размена}$),
- Нето моќностите на поединечните ТС 110/x kV кои ја напојуваат дистрибутивната мрежа во разгледуваниот момент, вклучувајќи ги загубите во дистрибутивната мрежа, без моќностите на производството приклучено на дистрибутивната мрежа во разгледуваниот момент (P_i),
- Моќноста на поединечните ТС 110/x kV кои ги напојуваат потрошувачите директно приклучени на преносната мрежа во разгледуваниот момент ($P_{Ди}$),
- Загубите на моќност во преносната мрежа ($P_{загуби_пренос}$).

Бидејќи, врвното оптоварување на ниво на преносната мрежа е еднакво на врвното оптоварување на ниво на ЕЕС намалено за часовното производство на електроцентралите приклучени на дистрибутивната мрежа во часот на настанување на врвното оптоварување, се воведува нова величина која ја нарекуваме доверба во производството.

Довербата во производството се изразува во проценти како просечен однос на вкупното часовно производство во MWh/h на сите електроцентрали од одреден тип (мали ХЕЦ, ФНЕЦ, биогаз, биомаса, комбинирани постројки) во разгледуваниот час на настанување на врвното оптоварување на системот и вкупната инсталирана моќност на поединечните типови на разгледувани електроцентрали во разгледуваната година.

$$\text{доверба во производство}_{\text{малиХЕЦ},j}(t) = \frac{P_{\text{малиХЕЦ},j}(t)[MWh/h]}{P_{\text{малиХЕЦ}}(t)[MW]} * 100\% . \quad (20)$$

$$\text{доверба во производство}_{\text{ФЕЦ},j}(t) = \frac{P_{\text{ФЕЦ},j}(t)[MWh/h]}{P_{\text{ФЕЦ}}(t)[MW]} * 100\% . \quad (21)$$

$$\text{доверба во производство}_{\text{биогаз},j}(t) = \frac{P_{\text{биогаз},j}(t)[MWh/h]}{P_{\text{биогаз}}(t)[MW]} * 100\% . \quad (22)$$

$$\text{доверба во производство}_{\text{биомаса},j}(t) = \frac{P_{\text{биомаса},j}(t)[MWh/h]}{P_{\text{биомаса}}(t)[MW]} * 100\% . \quad (23)$$

$$\text{доверба во производство}_{\text{ТЕТО},j}(t) = \frac{P_{\text{ТЕТО},j}(t)[MWh/h]}{P_{\text{ТЕТО}}(t)[MW]} * 100\% . \quad (24)$$

каде што $P_{\text{малиХЕЦ},j}(t)$, $P_{\text{ФЕЦ},j}(t)$, $P_{\text{биогаз},j}(t)$, $P_{\text{биомаса},j}(t)$ и $P_{\text{ТЕТО},j}(t)$ сечасовните производства на сите мали ХЕЦ, ФНЕЦ, електроцентрали на биогаз, електроцентрали на биомаса и комбинирани постројки во MWh/h приклучени на дистрибутивната мрежа во часотј на настанување на врвното оптоварување во ЕЕС, соодветно, во разгледаната година. $P_{\text{малиХЕЦ}}(t)$, $P_{\text{ФЕЦ}}(t)$, $P_{\text{биогаз}}(t)$, $P_{\text{биомаса}}(t)$ и $P_{\text{ТЕТО}}(t)$ се вкупните инсталирани моќности во MW на сите мали ХЕЦ, ФНЕЦ, електроцентрали на биогаз, електроцентрали на биомаса и комбинирани постројки приклучени на дистрибутивната мрежа, соодветно, во разгледуваната година.

Бидејќи часовната ангажираност на поединечните типови на електроцентрали приклучени на дистрибутивната мрежа во поединечните разгледувани часови може значително да се менува во разгледуваните години, потребно е да се пресмета просек на вредноста на

довербата на производство во дефинираниот изминат период (5-годишен), врз основа на кој покасно ќе се процени ангажираноста на поединечниот тип на електроцентрала во разгледуваниот час јна настанување на врвното оптоварување[2].

$$\overline{\text{доверба во производство}_{\text{малиХЕЦ},j}} = \frac{\sum_{j=1}^N \text{доверба во производство}_{\text{малиХЕЦ},j}(t-j)}{N}. \quad (25)$$

$$\overline{\text{доверба во производство}_{\text{ФЕЦ},j}} = \frac{\sum_{j=1}^N \text{доверба во производство}_{\text{ФЕЦ},j}(t-j)}{N}. \quad (26)$$

$$\overline{\text{доверба во производство}_{\text{биогаз},j}} = \frac{\sum_{j=1}^N \text{доверба во производство}_{\text{биогаз},j}(t-j)}{N}. \quad (27)$$

$$\overline{\text{доверба во производство}_{\text{биомаса},j}} = \frac{\sum_{j=1}^N \text{доверба во производство}_{\text{биомаса},j}(t-j)}{N}. \quad (28)$$

$$\overline{\text{доверба во производство}_{\text{ТЕТО},j}} = \frac{\sum_{j=1}^N \text{доверба во производство}_{\text{ТЕТО},j}(t-j)}{N}. \quad (29)$$

Вкупната часовна ангажираност (производство) на електроцентралите приклучени на дистрибутивната мрежа во моментот на настанување на врвното оптоварување во часот ј во разгледуваната година, е еднаква на:

$$\begin{aligned} P_{\text{дистрибуција},j}(t) = & \overline{\text{доверба во производство}_{\text{малиХЕЦ},j}} * P_{\text{малиХЕЦ}}(t) + \\ & + \overline{\text{доверба во производство}_{\text{ФЕЦ},j}} * P_{\text{ФЕЦ}}(t) + \overline{\text{доверба во производство}_{\text{биогаз},j}} * P_{\text{биогаз}}(t) + \\ & + \overline{\text{доверба во производство}_{\text{биомаса},j}} * P_{\text{биомаса}}(t) + \overline{\text{доверба во производство}_{\text{ТЕТО},j}} * P_{\text{ТЕТО}}(t) \end{aligned} \quad (30)$$

Во табелата 2 се дадени типичните вредности на величината доверба во производство за секој тип на електроцентрала приклучена на дистрибутивната мрежа, согласно [2]. Секако дека овие вредности треба точно да се утврдат за секој тип на ДП во нашата држава, преку следење на производството на поединечните електроцентрали на ДП во часот на настанување на врвното оптоварување во ЕЕС.

Табела 2. Типични вредности на довербата во производство на ДП на дистрибутивната мрежа во часот на настанување на врвното оптоварување

Бр.	Тип	Доверба во производство
1	мали ХЕЦ	10%
2	ФНЕЦ	0%
3	електроцентрали на биогаз	50%
4	електроцентрали на биомаса	50%
5	комбинирани постројки	20%

4 ЗАКЛУЧОК

Во овој беше разгледан начинот на одредувањето на учеството на ДП во билансот на енергија и моќност во ЕЕС на Република Македонија. Беше прикажан еден начин за прогнозата на годишното производство на ЕЕ на секој поединечен тип на ДП. Во трудот се дадени типичните вредности на еквивалентниот број на часови работа со максимална моќност.

Билансот на моќности вообичаено се изработува за часот во кој се случува максималното оптоварување во системот за разгледуваната година (P_{max}). Бидејќи, врвното оптоварување на

ниво на преносната мрежа е еднакво на врвното оптоварување на ниво на ЕЕС намалено за часовното производство на електроцентралите приклучени на дистрибутивната мрежа во часот на настанување на врвното оптоварување, се воведува нова величина која ја нарекуваме доверба во производството. Величината довербата во производството има клучна улога при одредувањето на производство на дистрибутивната мрежа во набљудуваниот час. Во трудот беа прикажани типичните вредности за довербата во производството на секој тип на ДП и покажан е начинот за одредување на учеството на ДП во билансот на моќности за врвното оптоварување.

5 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Nick Jenkins, Ron Allan, Peter Crossley, Daniel Kirschen and Goran Strbac: „EMBEDDED GENERATION,” , Published by The Institution of Electrical Engineers, London, United Kingdom, 2000.
- [2] *Давор Бајс, Методија Атанасовски, „Студија за прогноза на биланс на електрична енергија и моќност за долгорочен период и анализа на адекватност на преносната мрежа на РМ“, Енергетски институт Хрвоје Пожар, Загреб/Скопје, декември 2016.*

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Емилија Стојановска, Сандра Јосифовска
/Институција, Скопје

[1 emilijastojanovska02@hotmail.com](mailto:1emilijastojanovska02@hotmail.com) [2 sandra_bt_8@hotmail.com](mailto:2sandra_bt_8@hotmail.com)

АНАЛИЗА НА ПЕРФОРМАНСИТЕ НА ФОТОВОЛТАИЧНИ СИСТЕМИ ПОСТАВЕНИ ВО ОБЈЕКТИ

КУСА СОДРЖИНА

Во последниве години цената на компонентите на фотоволтаичните системи е значително намалена со што нивното подрачје на примена е зголемено[1]. Производната цена на електричната енергија добиена од овие системи е на ниво на цената што се нуди од електродистрибутивните снабдувачи со електрична енергија. ФВ панели имаат специфични предности како извор на енергија. Добиената енергија од ФВ панели е во константен пораст и покрива мал дел од годишната потрошувачка. Со нивно користење не се генерира загадување и нема емисии на стакленични гасови.

Во овој труд се анализирани перформансите на фотоволтаични системи што се интегрирани во објекти (куќи, комерцијално-административни објекти, индустриски хали и сл.). Притоа анализите се фокусираат на начините на поставување, т.е. на местото, ориентираноста и аголот на наклон на ФВ панелите. Притоа, со помош на софтверска алатка се симулирани енергетските перформанси.

Од добиените резултати се извлечени заклучоци во однос на поставување на панелите на покривните површини, сидовите и сл. Овие резултати може да му послужат на идните инвеститори за оправданоста за поставување на фотоволтаичен систем на постојни или идни објекти.

Клучни зборови: сонце, фотоволтаични панели, производство, електрична енергија

1 ВОВЕД

1.2 Фотоволтаични системи

Со зголемувањето на цената на јагленот, мазутот, природниот гас а со тоа и цената на електричната енергија се голем придонес за светската енергетска криза во која малите земји како што е Македонија се наоѓаат во тешка ситуација[1]. За да се ослободиме од зависноста за добивање на енергија од фосилните горива, многу земји како и нашата се ориентирани кон алтернативни извори на енергија, особено енергијата на Сонцето. Со ова се поставува прашањето како оваа енергија да се претвори во електрична? Одговорот е во принципот на Фотоволтаична конверзија.

Фотоволтаиците (PV) се уреди кои вршат конверзија на сончевата енергија во електрична енергија со користење на полупроводнички материјали. Фотоволтаичните системи

користат соларни панели така што секој од нив содржи голем број на соларни ќелии, кои генерираат електрична енергија, соларен инвертер за промена на електричната струја од еднонасочна струја во наизменична струја. PV инсталациите може да се монтираат на земја, на покривот или на сид. Монтажата може да биде фиксирана, или да се користи соларен трекер за следење на сонцето преку небото.

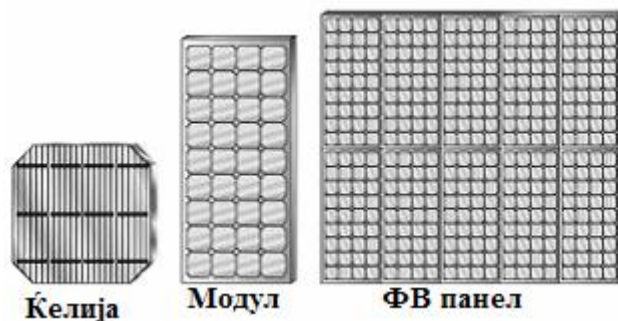
Соларните PV има специфични предности како извор на енергија бидејќи со нивното функционирање не се генерира загадување и нема емисии на стакленички гасови, но имаат голем недостаток затоа што излезната моќност зависи директно од сончевата светлина, бидејќи ќелијата не може да биде постојано свртена кон сонцето. Атмосферските влијанија исто така можат да ја намалат излезната моќност.

2 КАРАКТЕРИСТИКИ НА PV СИТЕМИ

2.1 Карактеристики на составните делови на PV систем

2.1.1 Соларна ќелија

Фотоволтаичниот извор претставува оптичко-механичко-електрична конструкција која се состои од неколку делови. Електричниот дел од фотоволтаичниот панел ги вклучува сите полупроводнички елементи заедно со контактните делови и водови. Снагата на една фотоволтаична ќелија е релативно мала па во пракса се поврзуваат повеќе ќелии во група која формира фотонапонски модул. Модулите потоа се поврзуваат при што се формира фотонапонски панел кој претставува извор на поголема струја, напон и моќност (Слика 1).



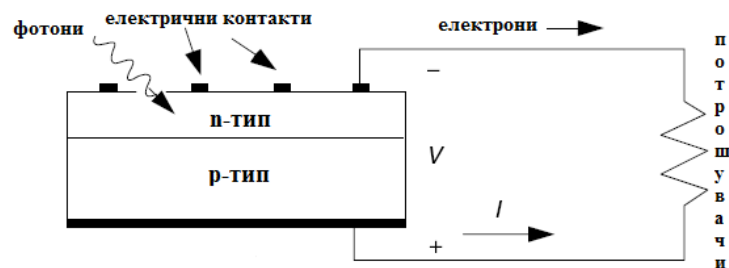
Слика 1. Соларна ќелија, модул, панел

Кога сончевата ќелија апсорбира сончево зрачење, со принципот на фотонапонскиот ефект на нејзините краеве се создава електромоторна сила така што сончевата ќелија станува извор на електрична струја.

Соларната ќелија (Слика 2) претставува полупроводничка диода со голема површина. Фотоелектричен ефект се јавува кога ќелијата ќе се изложи на сончево зрачење.

Квантите на светлината (фотони) со доволна енергија создаваат парови електрон-шуплина на двете страни од $p-n$ спојот. Ако парот се формира далеку од преодната област, брзо доаѓа до негова рекомбинација, но ако тоа се случи во или во близина на преодната област, внатрешното електрично поле ги раздвојува електроните и шуплините. Притоа, електроните се движат кон n страната, а шуплините кон p страната. Како последица на ова движење, на краевите на соларната ќелија се јавува потенцијална разлика (напон), а исто така се намалува контактниот потенцијал на $p-n$ спојот. На тој начин се воспоставува нова рамнотежна состојба на $p-n$ спојот со потенцијална разлика на неговите краеве која зависи од интензитетот на сончевото зрачење. Ако на краевите (контактите) од соларна ќелија се

приклучи потрошувач низ колото ќе протече струја. Горната контактна структура е просирна и направена во облик на широко раздвоени метални ленти за да овозможи непречен премин на сончевото зрачење.



Слика2. Соларна ќелија во електрично коло

2.1.2 Сончев трекер

Сончев трекер (Слика 3.) претставува уред кој се користи за насочување на сончевите панели кон сонцето со цел зголемување на нивната ефикасност. Иако панелите кои не користат уред за следење на сонцето можат да бидат доста ефикасни, имплементацијата за уред за следење овозможува искористување на сончевата енергија во деловите од денот како што се раните утра и доцното пладе.. За рамни фотоволтаични системи, тракерите се користат за минимизирање на аголот инциденца помеѓу влезната сончева светлина и фотоволтаичниот панел. Различни видови на сончеви колектори и нивната локација (ширина) бараат различни видови на механизам за следење.

Според начинот на следење трекерите можат да бидат со една или со две оски на ротација.



Слика3. ФВ со систем за следење

2.2 Карактеристики на PV панели во зависнот од нивната поставеност

Според експерименталните анализи PV меѓусебно се разликуваат по изградбата, големината, изолацијата, висинската положба и локацијата каде што се поставени. Од сите овие карактеристики најголемо влијание врз ефикасноста на овие системи има висината на која што се поставени.

Фотоволтаичните системи се генерално категоризирани во три различни пазарни сегменти: станбени кровни (Слика 4), комерцијални кровни и земјени системи за полесна

употреба. Нивните капацитети се движат од неколку киловати до стотици мегавати. Типичен станбен систем е околу 10 киловати и е монтиран на косина, додека комерцијалните системи може да достигнат мегаватна скала и обично се инсталираат на ниски наклони или дури рамни покриви. Иако системите монтирани на покривот се мали и покажуваат повисоки трошоци по вати за разлика од големите инсталации за комунални размери, тие го сочинуваат најголемото учество на пазарот. Покрај тоа нивната изведба може да биди и на сидни (Слика 5.) и земјени (Слика 3.) површини.



Слика3. Земјена инсталација на ФВ-систем



Слика4. Кровна инсталација на ФВ



Слика5. Сидна инсталација на ФВ

3 СИМУЛАЦИЈА СО ПОМОШ НА ПРОГРАМАТА NSOLVX

Во овај труд симулиравме поставување на фотоволтаичен систем во нашиот факултет. За таа цел ја користевме програмата NSolVX[3]. Најпрво симулацијата ја извршивме за агли во опсег од 0-90 за фотоволтаичен систем со фиксна поставеност. Резултатите се прикажани во следната табела:

Табела 1. N/S тракер со единечна оска

агол на наклон	0	15	30	45	60	75	90
електрична енергија [kWh]	29858,07	31097,41	31468,57	30946,42	29.603,46	27617	25297,7

Од добиените резултати заклучивме дека фотоволтаичниот систем би бил најповолно поставен ако неговиот агол на наклон е 30 степени така што добиената енергија на годишно ниво изнесува 31468,57kWh.

Истата постапка ја повторивме ја извршивме за фотоволтаичен ситем со промена на аголот на наклон (0-90) и азимут (-120;120).

	-120	-90	-60	-30	0	30	60	90	120
0	23422,	23422	23422	23422	23422	23422	23422	23422	23422
15	22140,	23100	23970	24543	24734	24525	23936	23056	22099
30	20270	22162	23721	2466	24955	24631	23658	22084	20194
45	18177	20734	22677	23755	24057	23714	22592	20630	18079
60	16094	18896	20895	21877	22092	21828	20797	18779	15986
75	14078	16730	18492	19160	19187	19111	18397	16614	13973
90	12114	14337	15647	15810	15534	15769	15559	14230	12017

Со ова се заклучува дека за агол на наклон 30 и азимут 0 се добива максимална енергија и тоа 24955 kWh . Покрај тоа доста ефикасно искористување на ФВ панелите се овозможува и при други комбинации на овие параметри како на пример алог на наколн 15 и азимут -30 (24543 kWh) , агол на наклон 45 и азимут 0 (24057 kWh) и сл.

4 ЗАКЛУЧОК

Од приложеното може да се заклучи дека еден од најперспективните алтернативни извори на енергија е Сонцето кое овозможува искористување на неговата енергија во различни поднебја. Овој вид на така наречени обновливи извори на енергија се почесто се користат во електро-енергетските системи и притоа задоволуваат еколошки стандарди со тоа што не испуштаат стакленички гасови. Исто така со анализата за најефективна поставеност на ФВ панелите во одредени програми се овозможува значително подобра искористеност на сончевата енергија.

Едно е сигурно, а тоа е дека овај начин за добивање на енергија во иднина би бил примарен извор за добивање на електрична енергија. Со тоа употребата на јагленот, мазутот ,природниот гас би се намалила така што ќе има поголема заштеда и поздрава околина.

5 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] <http://www.erc.org.mk/>
- [2] <https://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaics>
- [3] https://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaic_system
- [4] <http://www.nsolpv.com/>
- [5] William B. Stine and Michael Geyer, *Power From The Sun*, 2001, <http://www.powerfromthesun.net/book.html>
- [6] John A. Duffie and William A. Beckman, *Solar engineering of thermal processes*, John Wiley & Sons Ltd., 1980.
- [7] Antonio Luque, Steven Hegedus, *Handbook of photovoltaic science and engineering*, John Wiley & Sons Ltd, London, 2002.

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Наталија Петрова¹, Вангел Фуштиќ², Невенка Китева Роглева³

Факултет за електротехника и ИТ, Скопје

natalija.petrova11@yahoo.com vfustic@feit.ukim.edu.mk nkiteva@feit.ukim.edu.mk

**МЕНАЏМЕНТ НА РИЗИК ПРИ ПРОЕКТИРАЊЕ И ГРАДБА НА МХЕ ВО Р.
МАКЕДОНИЈА**

КУСА СОДРЖИНА

Во трудот се анализираат најчестите можни реални ризици при проектирање и градба на мали хидроелектрани (МХЕ). Со примена на техниките на менаџмент на ризик е специфицирано нивното влијание врз успешноста на проектот. Идентификувани се поедините типови ризици, како на пр. техничките и сигурносните ризици. Посебно се анализираат техничките ризици и е покажано нивното влијание и веројатност на појава земајќи ја во предвид актуелната проектна практика на МХЕ кај нас. Во трудот е извршена алокација на ризиците со најголем импакт во проектот и со матрица на идентификувани ризици е овозможено планирање и одлучување за справување со истите.

Клучни зборови: менаџмент на ризик, мали хидроелектрични центри, квалитативна анализа, матрица на ризици

1 ВОВЕД

Како клучен фактор за успешноста во реализација на проектот на една мала хидроцентрала, од особена важност е да се разгледува менаџирањето на ризиците. Целта на менаџментот на ризик е да ја зголеми веројатноста и импактот на позитивните настани, а намали веројатноста и импактот на настаните кои се одвиваат во спротивност од целите на проектот и директно влијаат врз критериумите за успешност на проектот [1]. Тој вклучува планирање, идентификација, анализа, одговор и следење и контрола на проектот.

Според PMI PMBOK¹, планирање на менаџментот на ризик се дефинира како процес на одлучување како да се пристапи, планира и како да се реализираат активностите на менаџментот на ризик на соодветен проект. Идентификацијата е процес кој се состои од идентификување и детерминирање на тоа кои ризици може да влијаат на доверливоста на објектот и документирање на нивните карактеристики. По квантитативната и квалитативната проценка, кои се составен дел од анализата на ризикот, следи одговор на ризиците кој претставува процес на развивање опции и дефинирање на акции за подобрување на можностите и намалување на загубите на проектните објективи. Следењето и контролата на ризикот се процеси на идентификување, анализирање и планирање на ново постоечки ризици, следење на идентификуваните ризици и оние на надгледната листа, мониторинг на индукционите состојби за условните планови и на резидуалните ризици и преглед на извршувањето на одговорите на ризик додека се развиваат нивните ефективности [2].

Посебно треба да се нагласи дека примената на менаџментот на ризик кај МХЕ е итеративен процес кој треба да започне во раната фаза на проектот и да се спроведува низ целиот економски век на проектот. Притоа, типови на ризик кои се разгледуваат во тек на овој

¹ PMI PMBOK - Project Management Body of Knowledge by Project Management Institute

процес може да бидат: Финансиски ризик како инвестирање, финансирање, профит и сл; Ризици од правен аспект како процедури, законска регулатива, измени и ограничувања; Природни и физички ризици; Човечки ресурси, знаење, разни релации помеѓу заинтересираните страни; Технички ризици; Сигурносни ризици и др.

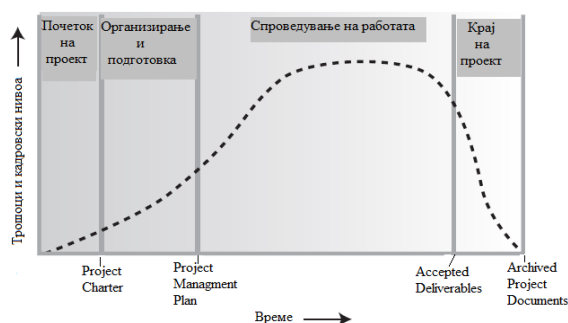
2 РИЗИЦИ ВО ПРОЕКТИТЕ

Искуството со работа на поголеми проекти покажува дека животниот циклус на еден проект може да биде многу динамичен, карактеризиран со брза промена, како резултат на влијанието на ризик факторите.

2.1 Влијание на ризиците на животниот циклус на проектите

Животниот циклус на проектот, генерално се состои од секвенцијални и преклопувачки фази чиј број и назив зависи од управувањето и контролата на организацијата или организациите вклучени во проектот, од природата на самиот проект и од неговата област на примена. Секој проект има дефиниран почеток и дефиниран крај. Проектната работа која се извршува измеѓу е поделена на специфични активности кои може во голема мера да варираат. Животниот циклус ја обезбедува основната рамка за управување со проектот, без оглед на специфичната работа.

Проектите се разликуваат по големина и сложеност. Без разлика на тоа колку се големи или мали, едноставни или комплексни, сите проекти можат да се прикажат на структурата на животен циклус која се состои од (сл. 1), [2]: почеток на проектот, организирање и подготовка, спроведување на работата на проектот (проектната работа) и крај на проектот.



Сл.1 Животен циклус на проект



Сл.2 Влијание на ризици на ж. циклус на проект

На прикажаната општа структура на животниот циклус на проектот на сл.1 може да се забележи дека трошоците и кадровските (организациските) нивоа се мали на почетокот, а врвот го достигнуваат кога се извршува работата на проектот. Потоа, повторно брзо се намалуваат кога проектот се приближува до крајот. Испрекинатата крива го илустрира овој типичен процес.

Влијанието на засегнатите страни, ризикот и неизвесноста (сл.2) се најголеми на почетокот на проектот. Овие фактори се намалуваат во текот на животниот циклус на проектот. Способноста да се влијае на крајните карактеристики на производот на проектот, без значително влијание на трошоците, е највисока на почетокот на проектот и се намалува како процесот на проектот се движи кон крајот на проектот. Исто така, графички е илустрирана и идејата дека трошоците за промени и справување со грешки обично значително се зголемуваат со приближување на проектот кон својот завршеток.

Во контекст на општата структура на животен циклус, проектниот менаџер може да ја утврди потребата за повеќе ефективна контрола врз одредени резултати. Посебно, кога станува збор за големи и комплексни проекти може да се бара ова дополнително ниво за контрола. Во

вакви случаи, работата што се спроведува за да ги исполни проектните цели ќе има поголем бенефит ако формално се подели во фази.

2.2 Квалитативна наспроти квантитативна анализа на ризиците

Кога станува збор за проценка на ризикот, може да се разгледуваат два модели на проценка: квалитативен и квантитативен модел.

Квалитативна анализа на ризиците – процес на приоритизација на ризиците за понатамошна анализа преку проценка и комбинирање на нивната веројатност на појава и влијание. Извршувањето на квалитативната анализа на ризик вообичаено е брзо и економично средство за утврдување на приоритетите на планот за одговор на ризик и поставува основа за извршување на квантитативна анализа на ризик, доколку е потребно. Изведувањето на процесот на квалитативна анализа треба да се ревидира за време на животниот циклус на проектот за да остане актуелен со промените во проектните ризици [3, 4].

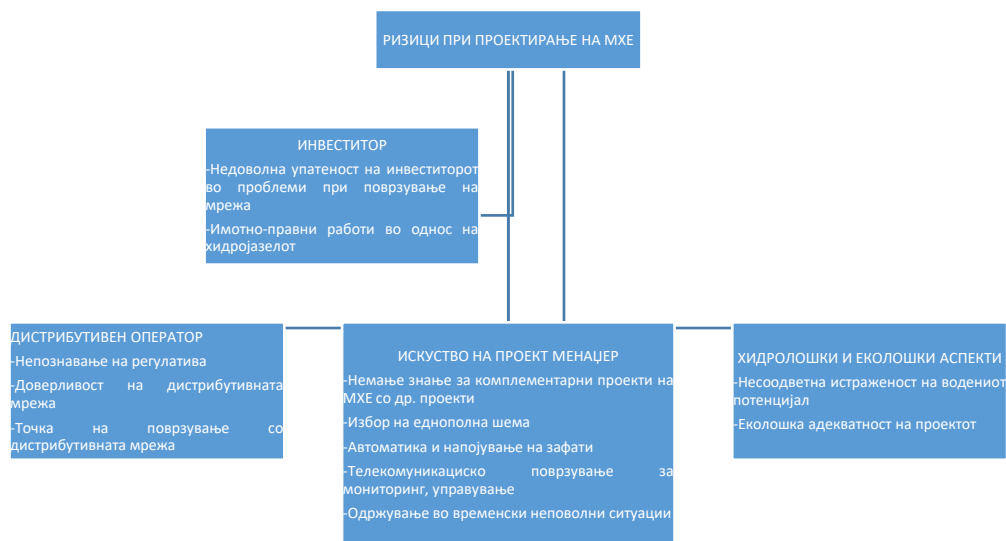
Квантитативна анализа на ризиците – процес на нумеричко анализирање на ефектите од идентификуваните ризици врз целокупните цели на проектот. Преку квантитативната анализа на ризиците се очекува да се добијат некои нумерички резултати кои ќе ја изразат веројатноста за секој ризик фактор и неговите последици врз целите на проектот, но исто така и ризикот на целото ниво на проектот [3, 4].

3 ИДЕНТИФИКУВАНИ РИЗИЦИ КАЈ МХЕЦ ВО Р. МАКЕДОНИЈА

За да се направи идентификација на ризиците при проектирање на МХЕ, за целите на овој труд е направено истражување со користење на делфи метода² кое опфаќа 8 МХЕ кои се наоѓаат на територијата на Р. Македонија. При тоа се ангажирани и интервјуирани проектните тимови, проектни менаџери, стејкхолдери кои биле вклучени во процесот на проектирање и градба, како и надворешни експерти за ризик менаџмент. При тоа, земени се во предвид различните искуства при справување со ризиците и комплексноста и мултидисциплинарноста на проектите од ваков тип.

3.1 Ризици при проектирање на МХЕЦ

Според истражувањето и според искуството со работа на проекти од ваков тип, како најзастапени ризици при изградба на нов проект се издвоени ризиците прикажани на сл.3.



Сл.3. Ризици при проектирање на МХЕ

² Делфи метода – структуриран пристап за донесување став на низа експерти за специфично прашање.

Исто така од ризиците поврзани со човечки ресурси, како најзастапени се честа промена на менаџерите и нивно несоодветно разбирање на комплексната проблематика на МХЕЦ, особено поради мултидисциплинарноста на ваквиот проект.

3.2 Ризици при градба на МХЕЦ

По изготвување на проектот на МХЕ, следи период на негова изведба, реализација. Според направено истражување, во овој период како најчести ризици кои се јавуваат се: Лоша комуникација помеѓу учесниците во проектот и помеѓу проект менаџерот и учесниците; Незапазување на мисијата на проектот; Ненавремено завршување на проектот; Лоша проценка на трошоците; Користење на несоодветна и неквалитетна опрема; Политичка вмешаност; Голем број на дозволи и законска регулатива; Засегнати страни (граѓани кои поседуваат површини, министерства, граѓански здруженија, локална самоуправа и сл.).

4 АНАЛИЗА НА РИЗИЦИТЕ

Во [5, 6] се дава преглед на можна анализа на менаџирање на ризиците во проектите на електроенергетските постројки каде е потребен менаџмент на ризик, при што за поважните параметри на проектниот менаџмент кои се афектирани од поедини ризици може да се направи и соодветен „радар“ дијаграм според промената на поедините параметри како трошок, времетраење, квалитет и др. (сл. 4).



Сл. 4 Ризици и параметри на ПМ

Таб. 1 Категории на веројатност на појава и импакт на одреден настан на ризик

Веројатност на појава	Импакт
Висока (H, High)	Висока (High) – може многу да ги загрози проектните параметри
Средна (M, Medium)	Среден (Medium) – може средно да влијае
Ниска (L, Low)	Низок (Low) – релативно мал импакт

Најмногу користен израз за оценка на ризикот или статус на ризикот (RES –Risk event status) е: Ризик (\$/год.) = Импакт (\$) x Фреквенција на појава (1/год.). Таквата бројка ни овозможува да се изврши приоритизација на ризиците при подготовка на планот за одговор на таквите ризици. Веројатноста на појава на определен настан како и импактот на секој поединечен настан врз проектните параметри можат да се проценат во по три (или повеќе) категории [6], (таб. 1).

Врз основа на ваквата категоризација се пополнува матрицата на ризиците (Risk matrix), според која се определува кои се маргините на справување со потенцијалните ризици. Оние ризици означени со црвена боја се тие кои бараат одговор и справување како не би го загрозиле проектот и неговата успешност, според претходно дефинирани критериуми.

4.1 Анализа на ризиците на МХЕЦ

Техничките ризици често достигнуваат високо ниво на специфичност бидејќи се засегнати од опремата или карактеристиките на МХЕ и мора да бидат добро проучени од стручни лица и компании кои имаат специфично експертско знаење потребно да ги квантифицираат и егзактно прикажат. Овие ризици имаат економско влијание на буџетот на нареданата работа. Техничките ризици може да се различни и многубројни и пред сè, се однесуваат на опремата и постројките па како такви (иако често со зголемен ризик на пр. кај

недоказани во пракса технологии) се интерни (внатрешни) ризици на компаниите и се контролабилни од страна на проектниот менаџмент [1, 6].

Надворешните ризик фактори се предизвикани од надворешни услови пазарната економија, политиката и сл. и како такви се не-контролабилни. Тука спаѓаат и социо-економските ризици.

Таб. 2 Поделба на идентификувани ризици кај МХЕ и нивен импакт фактор и веројатност³

Технички ризици	Финансиски ризици
¹ Ризик од сушни години и намалено количество на вода (Н,М)	³ Ненавремено завршување на проектот и пораст на трошоците (Н,Н)
Геодетски ризици и влажност на почвата (М,Л)	Ризик од инфлација (Л,Л)
² Ризици при градежните работи (М,М)	Проблеми со цена на материјали (Л,М)
Пукање на цевководи (М,Л)	⁴ Ненавремено враќање на инвестицијата (Н,М)
Хидраулични удари (М,Л)	⁵ Ненавремено враќање на кредит (Н,М)
Појава на големи статорски струи (М,Л)	Социо-економски ризици
Оштетување на проводниците (каблите) (Н,Л)	Ризик од промени во законите (М,Л)
Испад на централите од погон (Н,Л)	Ризик од промени во оданочувањето (М,Л)
Ризици без сопствено напојување (М,Л)	⁶ Политичка вмешаност (Н,М)
Ризици при реагирање на заштитата (М,Л)	⁷ Ризици од засегнати страни (Н,Н)
Проблеми при автоматизирано работење (М,Л)	⁸ Ризици со дозволи и лицеци (Н,Н)
Надворешни ризици	
Ризик од поплави (Н,Л)	Елементарни непогоди (Н,Л)
Бучава и вибрации (Л,М)	Виша сила (Н,Л)
Рибен фонд (Л,Л)	⁹ Инфраструктурни ризици (М,М)
Квалитет на вода (Л,Л)	¹⁰ Ризици од загадување на околината (Н,М)

Во таб.2 е дадена поделбата на идентификуваните ризици кај МХЕ од направеното истражување според класификацијата опишата погоре. Во заграда е наведен соодветниот импакт фактор и веројатноста за појава на секој поделен ризик.

Врз основа овие податоци се пополнува матрица на ризици прикажана на сл.5. Може да се забележи дека издвоени се само оние ризици кои имаат висок и среден импакт и веројатност на појава (нумерирани во таб.2). Тоа се оние ризици кои имаат најголемо влијание врз успешноста на проектот, врз кои треба најбрзо да се реагира и да се даде одговор за справување со истите.

Веројатност					3
				7	8
		4	5	1,10	
			9	2	6
Импакт фактор					

Сл.5 Матрица на ризици

³ Импакт факторот и веројатноста се категоризираат со: High (H), Medium (M), Low (L).

4.2 Одговор на ризици, мониторинг, контрола

Поради сложеноста и комплексноста, динамиката на проектот од ваков тип при неговиот животен циклус од воспоставувањето до неговото затварање треба да биде насочена кон добра комуникација помеѓу проект менаџерот и подредените за правилно координирање на трите параметри на проектниот менаџмент: време, квалитет и трошоци, со цел навремено завршување на проектот и испорака со одредениот квалитет без надминување на планираниот буџет. Секако при тоа избегнувајќи ги или намалувајќи ги ризиците кои можат да дојдат до пречки или застој во проектот.

При проектирање на МХЕЦ потребно е да се избере најсовремена дигитална заштита за да се намалат ризици од дефекти, испади, несоодветно реагирање и сл. Заземјувањето да се врши на сите метални делови и по должината на трасата на кабелот и да се спречат ризиците од пренапони, атмосферски празнења и сл. За автоматизација на МХЕЦ да се предвиди SCADA систем при што се спречуваат ризици од појава на испади, дефекти, прегревање на уреди. При напојување на помошните системи или задоволување на сопствената потрошувачка покрај приклучување на мрежа и напојување од неа кога електраните не работат за дополнителна заштита во случај на проблеми со мрежа пожелно е инсталирање на дизел-агрегати или акумулаторски батерии со што целосно се намалува ризикот за прекин во напојувањето [7].

5 ЗАКЛУЧОК

Многупати ризикот кој се појавува во настанот може со мала инвентивност и предвидување да се пренасочи кон можност. Но, може да се констатира дека најчесто ризиците се игнорираат или се третираат на многу арбитрарен начин па така и многу од можностите остануваат несогледани. Доброто познавање на проектниот менаџмент служи како основа за менаџментот за ризик во проектите на МХЕ. Како научен пристап, менаџментот на ризик се повеќе се докажува во пракса и овозможува континуирано подобрување на процесите за донесување на одлуки при непланирани или несакани ситуации. Поради интензивноста на проектите на малите ХЕЦ, менаџментот на ризиците и потребата од стратегија за справување со истите е неопходен за комплексен пристап при нивно проектирање, градба и експлоатација и определување на специфичните ризици како и нивна алокација за успешно справување. Преку овој труд со користење на делфи метода и матрица на ризици се издвоени оние ризици кај МХЕ во Р.Македонија кон кои треба да се насочи проект менаџерот и да даде одговор и стратегија за справување со истите.

6 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] В. Фуштиќ, „Менаџмент на ризик“, Предавања мастер студии, ФЕИТ, Скопје, 2016.
- [2] PMI, „*Project Management Book of Knowledge*“, Edition 2010.
- [3] Невенка Китева, Вангел Фуштиќ, Методи на пресметка на ризици кај хидроелектраните, Мако-Сигре 6. Советување, Охрид, 4-6 октомври 2009
- [4] Tom Kendrick, „*Identifying and Managing Project Risk: Essential Tools for Failure-Proofing Your Project*“, AMACOM © 2003
- [5] R. Max Wideman, „*Project and Program Risk Management – Guide to Managing Project Risks and Opportunities*“, PMI, Pennsylvania, USA, 1992.
- [6] В. Фуштиќ, Н. Китева Роглева, „Менаџмент на ризик во високонапонски енергетски постројки“, 7. Советување МАКО-СИГРЕ, Охрид, 2011.
- [7] Н. Китева, „*Методологија за пресметка на ризик кај мали хидроцентрали*“, магистерски труд, ФЕИТ, Скопје, 2009.

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Ристо Ефремоски, Проф.Д-р Влатко Стоилков
Факултет за електротехника и информациски технологии, Скопје
risto_efremoski@yahoo.com / stoilkov@feit.ukim.edu.mk

АНАЛИЗА БАЗИРАНА НА СЛУЧАЈ ЗА ОЦЕНКА НА ЕНЕРГЕТСКИТЕ ПАРАМЕТРИ НА ВЕТРОГЕНЕРАТОРИТЕ

КУСА СОДРЖИНА

Во трудот ќе биде изведена анализа на енергетските параметри на верогенераторите преку примерот на една ветерна турбина од првата ветроелектрична централа во Р. Македонија, ПВЕ Богданци. Целта е да се споредат теоретскиот енергетски потенцијал и реално произведената електрична енергија на една ветерна турбина, односно коефициентот на искористување на енергијата во реални услови. Анализата ќе се изведе за една од 16-те ветерни турбини од ПВЕ Богданци од производителот Siemens - Германија, со инсталирана моќност од 2,3 MW, висина на столбот од 80 m, и дијаметар на перките од 93 m. Анализата се базира на реално измерени податоци за период од еден, случајно избран месец, добиени од SCADA системот на електраната. На крајот ќе се изнесе заклучок за процентуалната отстапка на реалните резултати од теоретски добиените, односно за причините кои влијаат на истата и можните насоки за подобрување на енергетските параметри на ветрогенераторите.

Клучни зборови: Ветрогенератор, ветерна турбина, обновливи извори на енергија, енергија на ветерот.

1 ПРЕДНОСТИ И ПРЕДИЗВИЦИ НА ВЕТЕРНАТА ЕНЕРГИЈА

Енергијата на ветерот е една од првите форми на енергија која ја користел човекот. Енергијата на ветерот е чиста, обновлива и нуди низа предности, кои го објаснуваат брзиот развој на технологијата за нејзино искористување. Денес, истражувањата се насочени кон подобрување на технологијата, намалување на трошоците и решавање на предизвиците за сè поголемо искористување на енергијата на ветерот [1].

Како и сите обновливи извори, искористувањето на енергијата на ветерот во текот на експлоатацијата не создава штетни емисии и кисели дождови кои неповолно влијаат врз здравјето на човекот и животот на Земјата. Како единствени влијанија врз животната средина може да се споменат создавањето на одредено ниво на бучава и визуелно влијание врз пејзажот. Покрај тоа, некои еколошки здруженија го истакнуваат и фактот што перките на ветерната турбина често убиваат птици кои се движат во правец нормален на површината на перките. Во време кога светот е насочен кон намалување на потрошувачката на вода, ветерните турбини се вистинско решение, бидејќи немаат потреба од вода при својата работа, дури ниту за ладење како што е случај во нуклеарните електрани и електраните на јаглен и природен гас [1].

Енергијата на ветерот претставува индиректна форма на сончевата енергија од каде произлегува фактот за неговата неисцрпност. Сепак, како основен проблем е стохастичката природа на ветерот од која во голема мера зависи енергијата што ветерната електрана може да ја произведе.

Енергијата на ветерот треба да биде конкурентна во однос на конвенционалните извори на енергија од аспект на трошоците. И покрај фактот што во изминатите 10 години трошоците за инсталирање на вакви енергетски капацитети се драстично намалени, сепак технологијата за искористување на енергијата на ветерот подразбира доста повисоки инвестициски трошоци во однос на конвенционалните извори, иако “горивото” - ветерот е бесплатен и операционите трошоци при работата на електраната се мали. Доколку одредена држава има изразит ветерен потенцијал, истата може значително да ја намали својата зависност од фосилните горива што е доста поволно од аспект на намалување на зависноста од увоз (доколку горивото се увезува), но и од аспект на заштита на животната средина. Подрачјата со поволни услови за производство на електрична енергија од ветер често се доста оддалечени од потрошувачите, па оттука се јавува потребата за соодветно поврзување на истите во електроенергетскиот систем, паралелно зголемувајќи ги инвестициските трошоци. Од друга страна пак, ветерните турбини честопати се правилно решение за снабдување со електрична енергија во рурални и непристапни средини.

Креирањето на нови работни места е значајна карактеристика за секој тип производство. Искористувањето на енергијата на ветерот подразбира ангажирање на различен професионален кадар при инсталирањето и работењето на ветерната електрана [1].

Поради предностите и насоченоста кон решавање на предизвиците пред кои стои технологијата за искористување на енергијата на ветерот, инсталирањето на енергетски капацитети од ваков тип и зголемено учество на обновливите извори во производството на електрична енергија во развиените земји е веќе факт, додека пак во земјите во развој наидува на интерес и постепена имплементација.

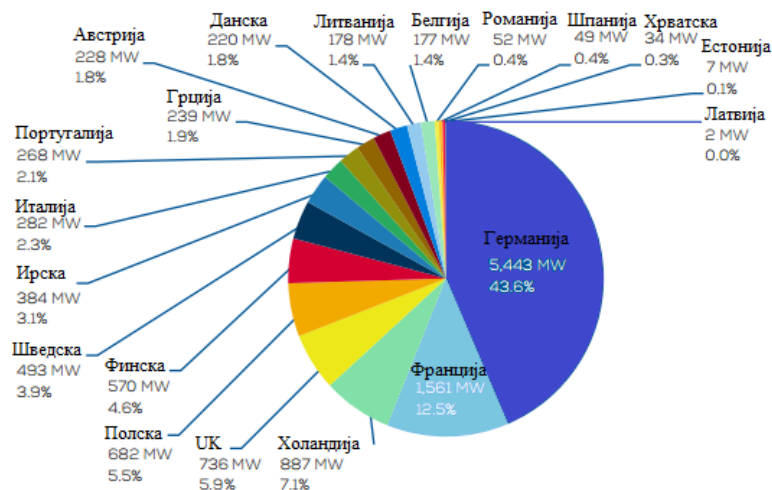
Во продолжение ќе бидат изложени податоци за инсталираните енергетски капацитети за искористување на енергијата на ветерот како и нивното учество во вкупното производство во Европа и во Република Македонија.

2 ИНСТАЛИРАНИ ЕНЕРГЕТСКИ КАПАЦИТЕТИ И ПРОИЗВЕДЕНА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА ОД ВЕТЕР ВО ЕВРОПА ВО 2016 ГОДИНА

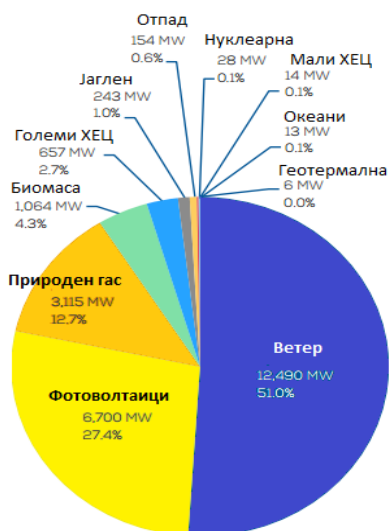
На територијата на Европа во 2016 година обновливите извори на енергија учествуваат со 86% од вкупните годишни нови инсталирани капацитети, односно истите опфаќаат 21.1 GW од вкупно инасталирани 24.5 GW. Заклучно со минатата година, вкупните инсталирани капацитети за добивање на електрична енергија од ветер во Европа изнесуваат 153.7 GW, од вкупно инсталиран производствен капацитет од 918.8 GW. Тоа значи дека со генерирани 300 TWh во текот на годината, производството на електрична енергија од ветер покривало 10.4% од вкупната побарувачка на електрична енергија во Европа [2].

Гледано на годишно ниво, во текот на 2016 година во Европа биле инсталирани 13.9 GW, од кои 12.5 GW се инсталирани во земјите членки на Европската Унија. Од вкупните 13900 MW нови ветроенергетски капацитети, 10923 MW се инсталирани како копнени (onshore), а само 1567 MW се нови вонкопнени (offshore) капацитети. Споредено со 2015, кога биле инсталирани 12.8 GW, во 2016 се забележува благо опаѓање за 3%. Лидер во зголемувањето на енергетските капацитети за производство на електрична енергија од ветер е Германија со инсталирани 5443MW во 2016 година. Следуваат Франција со 1560 MW и Холандија со инсталирани 887MW [2].

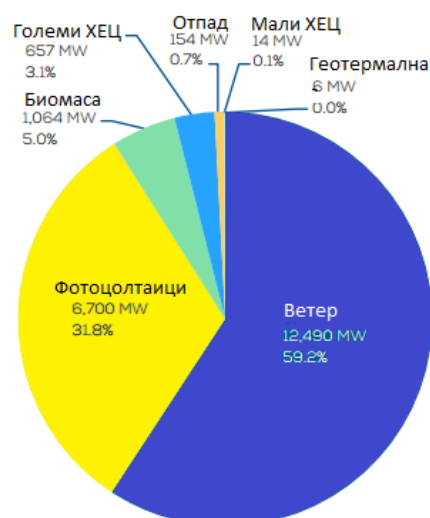
Во однос на вкупно инсталираните нови капацитети, во 2016 на прво место со инсталирани 12.5 GW се капацитетите за искористување на енергијата на ветерот. Следуваат соларните панели со 6 GWp и капацитетите за производство на електрична енергија кои го користат природниот гас како гориво со инсталирана моќност од 3.1 GW на ниво на Европа. Во однос на производствените капацитети од обновливи извори повторно најбројни, со околу 60% се копнените и вонкопнените ветерни турбини [2].



Слика 2 Нови инсталирани енергетски капацитети за искористување на енергијата од ветерот во земјите од Европа во 2016 година [Извор: <https://windeurope.org/>]



Слика 3 Процентуална застапеност на нови инсталирани капацитети за производството на електрична енергија од ветер наспроти останатите извори [Извор: <https://windeurope.org/>]



Слика 4 Процентуална застапеност на нови инсталирани капацитети за производството на електрична енергија од ветер наспроти останатите обновливи извори [Извор: <https://windeurope.org/>]

Како што беше претходно изложено, искористувањето на енергијата на ветрот покрива 10.4% од вкупната потрошувачка на електрична енергија во Европа во 2016 година [2].

Табела 3 Потрошувачка на електрична енергија и вкупно произведена електрична енергија од ветер во Европа во 2016 година [Извор: <https://windeurope.org/>]

Вкупна потрошувачка на електрична енергија (TWh)	Копнени – произведена електрична енергија од ветер(TWh)	Вонкопнени – произведена електрична енергија од ветер (TWh)	Вкупно произведена електрична енергија од ветер (TWh)	Учество на енергијата произведена од ветер во покривање на вкупната потрошувачка (%)
2860	259	37	296	10,4

3 ИНСТАЛИРАНИ ЕНЕРГЕТСКИ КАПАЦИТЕТИ И ПРОИЗВЕДЕНА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА ОД ВЕТЕР ВО МАКЕДОНИЈА ВО 2016 ГОДИНА

Република Македонија како една од земјите во развој е се уште енергетски зависна од јаглен. Покрај производство од јаглен, се користи енергијата на водата, во поново време и енергијата на сонцето и ветерот, а има и пројави на производство на електрична енергија од биомаса.

Споредено со останатите земји во Европа, во 2016 година нема некои значителни инвестиции во нови енергетски капацитети на територијата на Република Македонија, освен некои мали индивидуални инвестирања во фотоволтаици, кои се користат за сопствени потреби. Ветерниот парк Богданци кој започна со работа во септември 2014 година, во текот на 2016 година остварил производство од 109.4 GWh од вкупно произведени 4951.6 GWh од домашниот расположлив енергетски капацитет, односно 2.21% од вкупната произведена електрична енергија отпаѓа на производството на електрична енергија од ветер, односно со ова производство се покрива 1.08 % од вкупната потрошувачка на електрична енергија во нашата земја, која изнесува 10130.4 GWh [4].

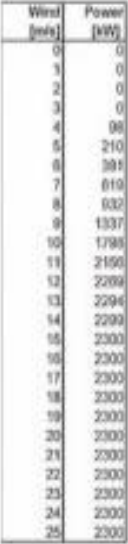
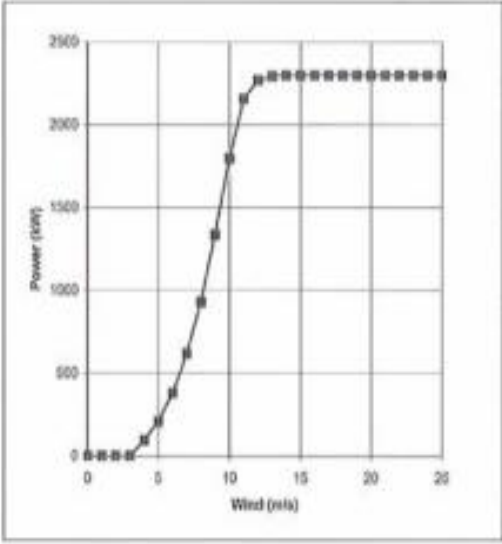
4 ВЕТЕРНА ЕЛЕКТРАНА БОГДАНЦИ

Првиот енергетски капацитет за искористување на енергијата на ветерот во Македонија започна со работа во септември 2014 година. Во сопственост на компанијата АД ЕЛЕМ, ветроелектраната Богданци е сместена во јужниот дел на Македонија, во близина на Валандово и Гевгелија. Во проектот за изградба, се планирани две ветерни полиња со 16 и 6 ветерни турбини, од кои полето со 16 ветерни турбини веќе трета година испорачува електрична енергија во мрежа, а полето со 6 ветерни турбини е планирано да се гради во иднина.

5.2. Карактеристики на инсталираните ветерни турбини

Секоја од постоечките ветерни турбини е со инсталирана моќност од 2.3 MW, односно вкупната инсталирана моќност на целото ветерно поле е 36.8 MW. Ветерните турбини се од производителот SIEMENS, тип SWT 2.3-93, чии техничките карактеристики и енергетска крива се дадени во табелата 3.

Табела 2 Технички карактеристики и енергетска крива на ветерна турбина SIEMENS SWT 2.3-93 [3]

Номинална моќност	2300 kW		
Номинална привидна моќност	2690 kVA		
Номинална брзина на ветерот	13 – 14 m/s		
Номинален напон	690V		
Површина на роторот	6800m ²		
Висина на столбот	80 m		
Дијаметар на перките	93 m		

Роторот на турбината е самостојна конструкција со три перки монтирана на столбот наспроти ветерот. Моќноста се регулира со регулација на закосеноста на перките. Брзината на роторот е варијабилна со цел да се максимизира аеродинамичната ефикасност и да се намали оптоварувањето на системот на запчестиот пренос во текот на регулација на моќноста. Перките се монтираат во лежиштата на системот за закосување и нивната закосеност може заради исклучување да се движи до 80°. Секоја од нив има свој сигурносен независен механизам способен за закосување на перката под секакви услови на работа. Ваквиот механизам врши оптимизација на моќноста во текот на работниот опсег, а при застој на турбината перките се навалуваат за да се минимизира влијанието на ветерот. Вкупниот дијаметар на перките

изнесува 93 m. Генераторот на турбината е целосно затворен, асинхрон, тип “Siemens Lohr” со номинална моќност од 2300 kW, номинален број на вртежи 1550 vrt/min, брзина 600-1800 vrt/min, номинален напон 690 V и фреквенција 16.5-60 Hz. Генераторот има кафезен ротор без лизгачки прстени. Ветерните турбини се монтирани на конусни челични столбови со висина од 80 m и се опремени со Siemens WebWPS SCADA систем. Ваквиот систем нуди можност за далечинско управување, пристап и увид во различни статуси и корисни извештаи преку стандарден интернет веб пребарувач. Увидот вклучува електрични и механички податоци, погонски статуси и аларми, метеоролошки податоци и податоци од мрежната станица.

5.3. Пресметка на теоретскиот енергетски потенцијал на ветерот

Теоретскиот енергетски потенцијал, како важен параметар е пропорционален со третиот степен од брзината на ветерот v , густината на воздухот ρ и површината на роторот A и се пресметува со следниот израз:

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (1)$$

Со промена на надморската височина се менува воздушниот притисок и температурата на воздухот. На морско ниво, при температура од 15°C и притисок од 1 bar густината на воздухот е $\rho_0 = 1.225 \text{ kg/m}^3$. Ако оваа вредност се земе за референтна, може да се користи приближна релација (за висини до 6000 m) за пресметка на густината на воздухот како функција од надморската височина H :

$$\rho = \rho_0 - 1.194 \cdot 10^{-4} \cdot H \quad (2)$$

Ветерната електрана Богданци се наоѓа на надморска височина од 472 m и според тоа за густината на воздухот се добива:

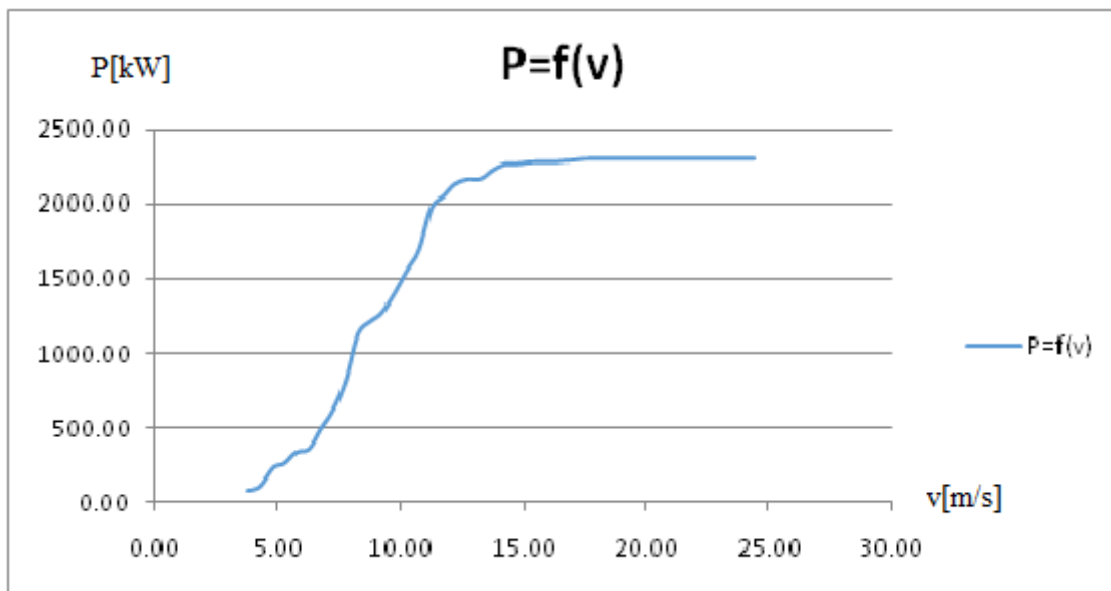
$$\rho = 1.225 - 1.194 \cdot 10^{-4} \cdot 472 = 1.22494 \text{ kg/m}^3 \quad (3)$$

5.4. Споредба на теоретскиот енергетски потенцијал на ветерот и реално произведената електрична енергија на месечно ниво за една ветерна турбина од ВЕЦ Богданци

Во овој труд се дава акцент на пресметка на теоретскиот енергетски потенцијал на ветерот и негова споредба со реално произведената електрична енергија за десеттата ветерна турбина од полето за случајно избран месец, јануари 2017 година.

Податоците добиени од SCADA системот на ветерната турбина ги вклучуваат просечните вредности за брзината на ветерот (изразена во m/s) и активна моќност (изразена во MW) за временски интервали од 10 минути. Се анализираат мерните податоци за брзини од 3.5 m/s до 25 m/s, односно брзини на ветерот за кои ветерната турбина испорачува електрична енергија во мрежа. Се врши пресметка на просечната брзина на ветерот и добиената активна моќност во интервали од 0.5 мерни единици. Со вака добиените резултати се добива реалната енергетска крива на турбината (дадена на слика 4) и се пресметува факторот на искористување на турбината со следниот израз :

$$C_P = \frac{P_{el}}{P_v} \quad (4)$$



Слика 5 Реално добиена енергетска крива на турбината

ЗАКЛУЧОК

Доколку ги споредиме реално добиената енергетска крива на турбината (слика 4) со енергетската крива дадена од производителот (табела 2), забележуваме дека нема значителни разлики меѓу истите, односно десеттата турбина од полето ги задоволува карактеристиките дадени од производителот.

Од податоците за избраниот месец, просечната вредност на факторот на искористување на турбината изнесува 0.266, односно речиси 27% од енергетскиот потенцијал на ветерот се претвора во електрична енергија која се предава во мрежа. Ваквата вредност ги задоволува стандардите кои велат дека вредноста на факторот на искористување се движи од 0.2 до 0.3, односно неговата максимална вредност би изнесувала 0.59.

Искористеноста на ветерната турбина зависи од повеќе фактори поврзани со локацијата, како и со карактеристиките на турбината која се користи. Од аспект на енергетскиот потенцијал, местоположбата на ветерната турбина односно од избраната локација е доста значаен фактор. Изборот на локација е поврзан со рељефната структура на тлото, надморската височина, густината на воздухот и претставува важен чекот при планирањето. Со цел поголемо искористување на ветерната енергија важни се и карактеристиките на избраната ветерна турбина. Дијаметарот на перките, нивната закосеност, регулацијата на брзината, ефикасноста на преносниот систем, коефициентот на корисно дејство на генераторот како и изборот на пропратната опрема можат на влијаат на зголемување на ефикасноста на системот, а со тоа зголемување на факторот на искористеност, што би значело зголемено производство и зголемена атрактивност на ветерните турбини.

5 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [3] Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, „Advantages and Challenges of Wind Energy“, <https://www.energy.gov/eere/wind/advantages-and-challenges-wind-energy>
- [4] Wind Europe, „Wind in power – 2016 European statistics“, February 2017.
- [5] SIEMENS, „Wind Turbine SWT-2.3-93 – Technical specifications“.
- [6] МЕПСО, „Диспечерски извештај за 2016 година“ – www.mepso.com.mk

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017Стефан Трајков ¹

1 Еко Солар-, Штип

¹trajkov-stefan@live.com**СОЛАРНИ СУШАРИ****КУСА СОДРЖИНА**

Сушењето на зеленчук или овошје со помош на сончевата енергија е еден од најстарите начини за да се зачува храната подолг временски период. Поради зголеменото загадување на воздухот и водата, сончевото сушење(директно изложување на сончевите зраци) полека се исфрла од употреба.Сушарите имаат цел да создадат поголема температура од амбиенталната .Доколку не се постигне посакуваната температура се вклучува дополнително ел. грејач. Соларното сушење ни овозможува безбедно и брзо сушење на предходно наведените продукти. Целиот процес е автоматизиран што дополнително го зголемува квалитетот на сушењето.

Цел на ова истражување се соларните сушари со капацитет за сушење од 100 до 120kg/ден. Ќе биде практично објаснета конструкцијата и начин на функционирање на произведена сушара од фирмата ЕКО СОЛАР-Штип. И покрај тоа што имаме инсталирано ел. грејач и вентилатори во самата сушара како примарен извор на енергија останува сончевата. Сушарата е дизајнирана на тој начин што максимална апсорпција од достапната топлина е возможна скоро цел ден. Разгледана е и можноста за поврзување со фотоволтаични модули за сушарата да биде независна од локалната електрична мрежа. Овој тип на сушари е наменет претежно за земјоделци или компании кои имаат поголемо производство, но дел им останува неискористен.

Ќе биде објаснета и SMART CONTROL опцијата на сушарата каде со помош на мобилен телефон можат да бидат контролирани двата внатрешни вентилатори и ел.грејач. Контролата се врши со помош на инсталирање на апликација на телефонот. За дополнително да се олесни процесот на сушење поставена е и температурна сонда со која имате приказ на температурата и влажноста на воздухот на мобилниот телефон.За овој процес да биде возможен потребна е интернет конекција за сушарата и телефонот.

Клучни зборови: сушара,солар,овошје,зеленчук,смарт

1. Енергијата од сончевото зрачење

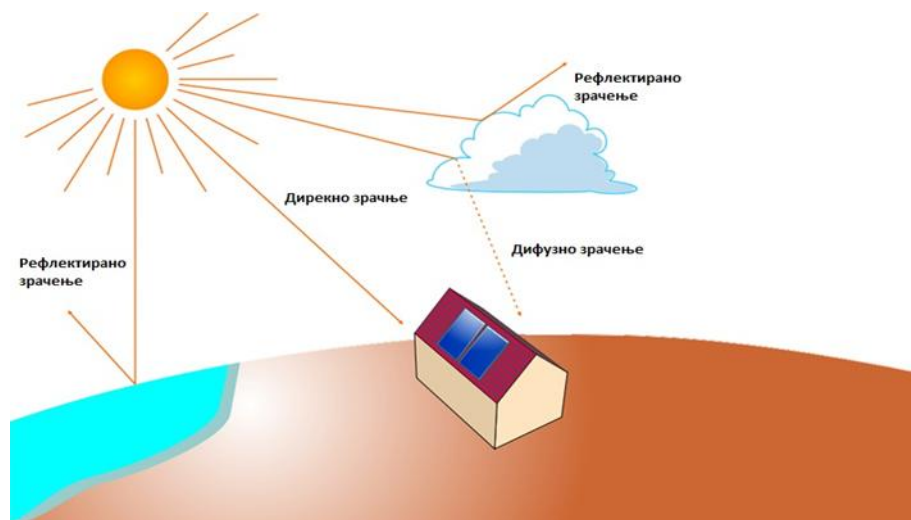
Сонцето е оддалечено од земјата околу 15 милиони километри. На земјата пристигнуваат два компоненти од сончевото зрачење. Едната доаѓа директно од сонцето и се нарекува „Дирекно сончево зрачење“ , а втората настанува со растурње на директното сончево зрачење во атмосферата позната под името „Дифузно сончево зрачење“. Дел од сончевото зрачење се рефлектира, но станува збор за многу мал количина. Збирот од директното и дифузното сончево зрачење ни го дава глобалното сончево зрачење.

$$I_G = I_{DIR} + I_{DIF}$$

I_G – Глобално сончево зрачење

I_{DIR} – Дирекно сончево зрачење

I_{DIF} – Дифузно сончево зрачење



Слика 1. Составни делови на глобалното сончево зрачење

Интензитетот на сончево зрачење зависи од повеќе фактори: периодот од делот, географската ширина, аголот под кои паѓаат сончевите зраци и за кој дел од годината станува збор. Покрај овие фактори големо влијание имаат и состојбата на небото и покриеноста на облаците.

1.1. Интензитет на сончево зрачење во Македонија

Просечното сончево зрачење во Република Македонија е движи од 3,8 до 4,2kWh/m², што е за околу 30% поголемо од просечната вредност од другите земји во Европа. Основни податоци за сончевото зрачење можат да се добијат со програмата PVGIS. Вкупното сончево зрачење во Македонија варира од минимум [1]1250 kWh/m² во северниот дел до максимум 1530 kWh/m². Просечната вредност на сончевото зрачење е 1385 kWh/m².

1.2. Употреба на сончевата енергија во земјоделството.

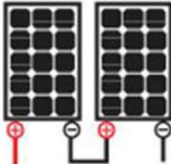
Постојат повеќе начини на кои може да се искористи сончевата енергија во земјоделството. Како главни би ги издвоиле: фотоволтаични системи за наводнување или осветлување, термални системи во млечната индустрија и соларните сушари.

1.2.1 Фотоволтаични системи за наводнување или осветлување

Бројните субвенции и скапиот прикучок за електрична енергија во руралните области ги прави фотоволтаичните системи доста атрактивни. Како дополнителна придобивка може да ја напоменеме и тоа што овие системи немаат штетно влијание кон животната средина. Проблемот околу наводнувањето е актуелен помеѓу земјоделниците. Доколку инсталираат фотоволтаичен систем битно е да се знае моќноста на пумпата и колку време ќе работи. Поради лошото искуство во минатото со овие системи треба да се предвид исто и периодот или временскиот интервал кога нема да имаме доволно сончево зрачење. Дел од произведената електрична енергија може да се искористи и за осветлување на објектот. Составни делови на еден фотоволтаичен систем се : фотоволтаични панели , регулатор за полнење, инвертор и акумулациони батерии. Доколку станува збор за системи само за пумпање на вода тогаш не се употребуваат акумулациони батерии туку директно се искористува произведената електрична енергија.

Табела 1. Карактеристики на пумпа за наводнување поврзана со PV систем

Модел на пумпа	3SSW2.6-40-48-400	Слика од продуктот
Моќност на пумпа	400W	
Волтажа	48V	

Соларна моќност на панели	600W	
Проток	1000l/h	
Длабочина на пумпање	25-30m	
Дијаметар на цевка	1,25"	
Дијаметар на пумпа	3,0"	
Контролер	MPPT	
СОЛАРЕН ПАНЕЛ ЗА ПУМПА 3SSW2.6-40-48-400		
Моќност	300W	
Количина	2	
Начин на поврзување	сериски	
V_{mp}/V_{pm}	36/44 V	

1.2.2 Термални системи

Термалните системи за добивање на топла вода се во главно составени од: сончеви колектори, системи за циркулација, резервоар со ел. Грејач, довод и одвод на вода и носечка контрукција за монтажа[3]. Овие системи можат да имаат принудна или природна циркулација на работниот флуид. Млечната индустрија е најадекватно место каде можат да се применат овие системи. Најчесто има потреба во процесите на миење шишиња, пастеризација или пак чистење на самото место. Овие се нискотемпературни процеси под 80[2]°.

1.2.3 Соларни сушари

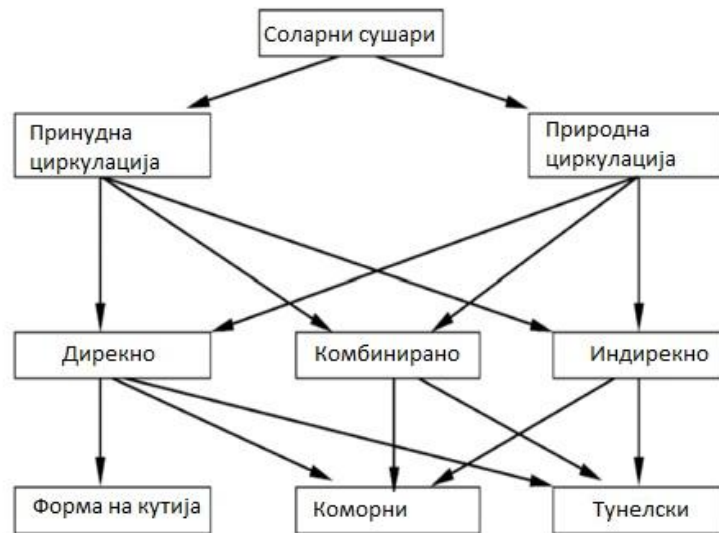
Зголеменото загадување на воздухот и водата се главните причини за изоставување на процесот на сончево сушење(дирекно изложување на сончевото зрачење). Соларното сушење ни овозможува безбеден и брз начин на сушење. Во повеќето сушари процесот е автоматски контролиран што дополнително го зголемува квалитетот и времето на траење на продуктот што се суши.

Соларната сушара функционира на тој начин што топлиот како полесен воздух од ладниот се движи кон врвот на сушарата. Додека го прави ова движење топлиот воздух стапува во контакт со продуктот што се суши. На тој начин се одзема одредена количина на влага од продуктот.

Главни придобивки од соларното сушење споредбено со класичното директно сушење се: храната се заштитува од прашина и инсекти, сушената храна може да биде складирана подолг период, пониска цена за транспорт поради помалиот волумен и зголемен квалитет во поглед на вкус, боја.

1.2.3.1 Типови на сушари

Постојат повеќе типови на сушари. Класификацијата се прави според начинот на циркулацијата на воздухот и тоа дали продуктот е директно/индиректно изложен на сончевото зрачење[4].



Слика 2. Типови на сушари

1.3.ПРОТОТИП СОЛАРНА СУШАРА- ЕСО 120

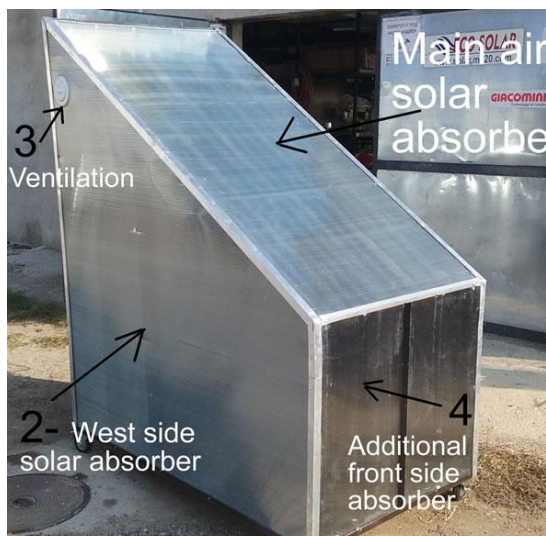
Капацитето за сушење на сушарата ЕСО 120 е 120-150кг на ден. Доколку ја погледнеме предходната класификација оваа сушара спаѓа во групата на сушари со принудна циркулација на воздухот и индиректно сушење на продуктот. Дизајнирана е на тој начин што максимална апсорпција е возможна цел ден. Тоа е возможно бидејќи секоја страна на сушарата е апсорбер.

Останатите конкуренти имаат само еден главен апсорбер. Дополнително е инсталиран и ел.грејач доколку немаме доволно сончево зрачење. Вкупната инсталирана моќност на е

-Моќност на главен и помошен апсорбер 4,1 kW

-Моќност на инсталиран ел.грејач 3,3kW

ВКУПНА ИНСТАЛИРАНА МОЌНОСТ(СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ И ЕЛ.ГРЕЈАЧ)
7,4kW



Слика 3. Соларна сушара ЕСО 120

Целиот процес е автоматизиран со помош на инсталираната електроника-ZT2208. Двата внатрешни вентилатори, ел.грејач и издувните вентилатори се контролираат со помош на оваа електроника. Инсталираните вентилатори ги имаат следните карактеристики

-Проток на воздух од главен вентилатор $476 \text{ m}^3/\text{h}$

-Проток на воздух од двата помошни вентилатори ($2 \times 280 \text{ m}^3/\text{h}$) $560 \text{ m}^3/\text{h}$

ВКУПЕН ПРОТОК НА ВОЗДУХ(ГЛАВЕН И ДВА ПОМОШНИ ВЕНТИЛАТОРИ)
 $1036 \text{ m}^3/\text{h}$

Доколку корисникот сака да ја употреби сушарата на места каде немаме електрична енергија дополнително се инсталира мобилна фотоволтаична единица со следните карактеристики: Фотоволтаичен панел 250W , 24V ; Инвертор 2000W (модифицирана синусоида), акумулаторски батерии $2 \times 72 \text{ Ah}$ и регулатор за полнење MPPT 20A . Битно е да се напомене дека оваа единица ги задоволува потребите за напојување на вентилаторот и електрониката ,но не и за ел.грејач. Доколку сакаме да се приклучи и ел.грејач потребно е инсталација на повеќе панели.



Слика 4. Мобилна фотоволтаична единица инсталирана на соларната сушара

Разгледана е опцијата за смарт контрола на сушарата. Поточно со мобилен телефон или пак таблет да се вклучуваат/исклучуваат вентилаторите или ел.грејач внатре во сушарата. Оваа опција е возможна само доколку има добра интернет конекција помеѓу соларната сушара и телефонот. За корисникот да има целосен увид на моменталната температура и влажност на воздухот во сушарата инсталирана е сонда која е поврзана со смарт уредот.



СЛИКА 5.Смарт опција на сушарата

Постои и опција сушарата да биде контролирана од повеќе уреди во исто време. Доколку корисникот сака да увиде колку време работел ел. Грејач/вентилатор во полето историја ги има сите потребни податоци.

2. ЗАКЛУЧОК

Во иднина се предвидуваат да се произведуваат сушари со поголем капацитет за сушење. Старите сушари на струја/нафта да се заменат со соларни сушари. Македонија е пред се земјоделска земја и одкупува сушено овошје што е незамисливо. Добрите климатски услови и домашните производи се одлични предуслови за сушење. Дополнителните субвенции што ги добиваат земјоделците преку IPARD фондовите само ќе го скратат временскиот интервал за враќање на вложените средства.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА.

[1]Проф. Д-р Славе Арменски. Сончева енергија. Скопје 2012: Јофи-скен ДООЕЛ-Скопје

[2]” Planning and Installing Solar Thermal Systems”, London 2010

[3]Проф. Д-р Славе Арменски. Обновливи извори на енергија. Скопје 2013:БороГрафика-Скопје

[4]Доц. Д-р Сања Поповска-Василевска, Сончева енергија за земјоделството

[5]ЦеПроСАРД, Енергија од земјоделството –енергија за земјоделството.

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

 Трајков Стефан¹
¹ ЕКО СОЛАР, Штип

¹trajkov-stefan@live.com
ВОЗДУШНИ КОЛЕКТОРИ
КУСА СОДРЖИНА

Сончевите колектори кои го имаат воздухот како работен флуид имаат релативно едноставна конструкција. Предноста на овој тип на колектори е тоа што не постои опасност од замрзнување и протекување на работниот флуид. Но поради нискиот топлински капацитет и топлинската спроводливост на воздухот е потребна инсталација со поголеми дијаметри на цевки и поголеми топлино-разменувачки површини.

Овој тип на воздушни колектори најчесто се инсталираат како поддршка на веќе постоечки систем за греење и вентилација. Во овој труд ќе бидат објаснети сите видови на воздушни колектори, начини на циркулација на воздухот и можни локации за инсталација. Начинот на функционирање на воздушниот колектор не се разликува со сончевите колектори кои имаат течен работен флуид. Конструкцијата е иста, па главни делови на еден сончев колектор остануваат: апсорбер, провидна покривка, изолација и тело на колекторот.

Практично ќе биде објаснет прототип на воздушен колектор со ротирачки ќелии. Првата серија е колектор со апсорбер што има две површини: едната е апсорбирачка (црна), втората е рефлектирачка (бела). Втората серија на воздушни колектори е со триаголници ротирачки ќелии. Секоја од трите површини има различна намена: црна (апсорбирачка) за загревање на просторот, фотоволтаична - за производство на електрична енергија (осветлување) и третата се користи како површина за поставување на рекламен материјал.

Клучни зборови: колектори, воздух, загревање, ротирачки, апсорбер, прототип

1. ОПШТО ЗА ВОЗДУШНИТЕ КОЛЕКТОРИ

Сончевите колектори кои имаат работен флуид воздух се нарекуваат воздушни сончеви колектори. Воздухот има доста различни физички карактеристики споредбено со водата. Пример, воздухот се загрева побрзо од водата бидејќи има понизок топлински капацитет, што значи дека можат да се постигнат повисоки температури при релативно мало сончево зрачење.

ТАБЕЛА 1. Карактеристики на водата и воздухот

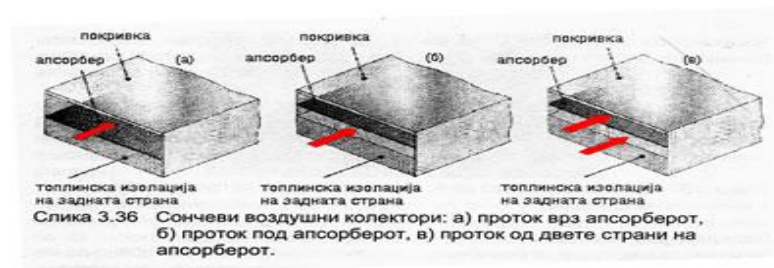
Карактеристики	Воздух	Вода
Густина [kg/m^3]	1.185	998.200
Специфичен топлински капацитет c (масен) [$\frac{Wh}{m^3K}$]	0.28	1.16
Специфичен топлински капацитет c (волуменски) [$\frac{Wh}{m^3K}$]	0.31	1158
Топлинска спроводливост [W/mK]	0.26	0.559

Воздухот како работен флуид ни нуди свои недостатоци и предности. Едноставноста на соларниот воздушен систем може да се смета за голема предност. Споредбено со системите за санитарна топла вода, овде немаме опасност од замрзнување или пак протекување на работниот флуид. Недостаток е тоа што поради нискиот топлински капацитет и слабата топлинска проводливост потребно е инсталација на поголем број на соларни панели.

1.1. Составни делови и начин на функционирање

Еден стандарден воздушен колектор ги има следните составни делови: тело на колекторот, изолација, транспарентна покривка и апсорбер[1]. Главниот дел на колекторот е апсорберот и тој е најчесто изработен од бакар или алуминиум. Постојат различни дименции на воздушни колектори, но во производство најчесто се: $2,5m^2$, $2m^2$ или $1,5m^2$.

Сончевото зрачење паѓа на апсорберот на воздушниот колектор. Тој ја апсорбира енергијата од сончевото зрачење и ја предава на воздухот. Циркулацијата на работниот флуид може да биде природна или пак принудна. Доколку сакаме процесот да се одвива во подинамичен режим тогаш користеме принудна циркулација (со вентилатор). Соларните колектори можат да бидат класифицирани во 4 групи во зависност според местот каде циркулира работниот флуид[2].



Слика 1. Место на циркулација на воздухот во воздушниот колектор [4]

а) Проток над апсорберот-Во овој случај апсорберот лежи директно на термичката изолација и воздухот што треба да се загрева циркулира над апсорберот.

б) Проток под апсорберот-Помеѓу апсорберот и изолацијата постои воздушен џеб. Ова е и практично местото каде што циркулира воздухот.

в) Проток под и над апсорберот-Комбинација од предходните два случаи.

г) Проток низ апсорберот-Овде, апсорберот содржи кружни отвори низ кои струи работниот флуид. Ваквиот тип на колектор најчесто е без термичка изолација, рамка и транспарентна покривка.

1.2. Типови на воздушни колектори во зависност од местото на инсталација

1.2.1 Фасадни

За згради или објекти кои ќе се градат или се под реконструкција воздушните колекторисе доста интересно решение. Доколку се обновува фасадата овие колектори можат да се интегрираат во самата фасадна конструкција. Предноста на ваквите системи е тоа што на некој начин се штити објектот од надворешните штетни влијанија. Инсталацијата на овие колектори е битна не само од економска туку и енергетска гледна точка.



СЛИКА 2. Фасадно инсталиран воздушен колектор

Диференцијалниот термостат е поврзан со вентилаторот. Доколку постои температурна разлика од $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ помеѓу амбиенталната и надворешната температура вентилаторот почнува да работи и топол воздух влегува во просторијата. Се препорачува да се инсталираат на јужната страна од објектот.

1.2.2 Кровно интегрирани воздушни колектори.

Исто како и фасадните така и кровно интегрираните воздушни колектори се интересни за објекти што се под реконструкција или пак ќе се градат. Наједноставниот систем за загревање на воздух се состои во тоа што во колекторите навлегува свеж воздух од околината или од самата просторија, се затоплува низ колекторите и навлегува во просторијата. Искористениот воздух ја напушта просторијата со инфилтрација или низ испусни воздушни отвори.



СЛИКА 3. Кровно интегриран воздушен колектор

1.2.3 Примена на воздушните колектори

- Предгревање на воздух во спортски сали.
- Предгревање на воздух во затворени базени
- Предгревање на воздух за индустриски објекти/работилници

- Предгревање на воздух за греење на комерцијани простори(продавници, канцеларии, гаражи)
- Предгревање на воздух за индивидуални објекти
- Одржување на влажноста на воздухот(Сув воздух во галерии и музеи со уметнички слики)



Слика 4.Локација за инсталација на воздушни колектори

Вградувањето на сончеви воздушни системи е интересно и ефтино решение за фабрики и канцелариски простории. Овде во многу случаи веќе постојат вградени воз-душни канали низ кои би циркулирал загреаниот воздух. Покрај тоа, потребите од топлинска енергија се во исто време со расположивоста на сончевата енергија, бидејќи зградите најчесто се користат преку ден. Значи сончевиот систем одлично се вклопува кај ваквите објекти, особено за нови згради кај кои големите колекторски површини можат да се вклопат во дел од фасадата на зградата, или покривот. Ваквите системи можат да се применат за различни згради, како што се спортски сали, затворени базенти, магацини и фабрички згради, супермаркети, канцелариски простории и училишта. Посебно просперитетна е примената за загревање на воздух кај затворените базенти за пливање. Кај нив постои потреба од енергија за загревање речиси во текот на целата годишна, со истовремена потреба од висока стапка на измена на воздухот заради големата влажност. Во суштина концепцијата на системот е слична на малите системи кои се применуваат кај стамбените објекти. Заради големината на колекторската површина, основно е да се обезбеди адекватна поставеност на колекторскиот круг и колекторските површини за да се овозможи соодветен проток на воздухот. Утврдено е дека паралелно поврзување на колекторите дава поволен распоред. Покрај тоа, треба да се предвидат најкратки можни патеки на цевките, или каналите од колекторските површини до просториите кои го користат загреаниот воздух.

1.3 ВОЗДУШЕН КОЛЕКТОР СО РОТИРАЧКИ КЕЛИИ

1.3.1 Прва серија на воздушни колектори

Анализирајќи ги воздушните сончеви колектори кои се денес произведуваат одлучено е прототипот да има станарни димензии 1x2 и да се постави фасадно на сид, со цел да се избегнат проблемите со појава на влага, сончевиот колектор е поставен 2cm од надворешниот сид. Отворот за воздух има дијамтар 70cm. Келиите во овој прототип може да се ротираат за 180° со помош на посебен рачест клуч. Ротацијата се врши за 6 минути и секогаш има редослед на ротирање.

Воздушен сончев систем со колектор со ротирачки келии од 180° е наменет за загревање на простор или пак одбивање на сончевата светлина во периоди кога нема потреба во просторот да се внесува загреан воздух[5].

ПОЛОЖБА 1. Во лето кога не е потребно загревање на просторот, ќе се врши рефлексија на сончевата енергија. Паралелно со ова ќе се извади горна излезна цевка со дијаметар 100mm за загреаниот воздух да не влегува во просторијата туку да го испушта во околината. Бидејќи сега келиите се бели тоа е идеална шанса за на нив да се направи некоја комерцијална реклама или натпис.

ПОЛОЖБА 2. Во зима кога ќе има потреба од греење келиите се ротираат за 180°. Во тој случај воздушниот колектор си ја врши улогата на сончев колектор. Периодот кога се предвидува да биде во оваа положба е касна есен, зима и рана пролет.



СЛИКА 5. ПОЛОЖБА 1 И 2 НА ВОЗДУШЕН КОЛЕКТОР(ПРВА СЕРИЈА) СО РОТИРАЧКИ КЕЛИИ

Се со цел да се спречи навлегување на инсекти, птици и други мали животни, мора да се постави заштитна решетка на влезот од ладниот воздух. Таа лесно се прицврстува со силиконски кит за пластичната цевка.

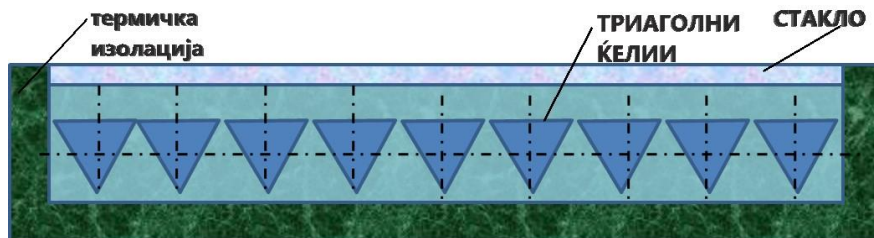
1.3.2 Втора серија(триаголни ротирачки келии)

Новата серија на воздушни колектори е со триаголни ротирачки келии.

ПОВРШИНА 1: ЗА ЗАГРЕВАЊЕ НА ВОЗДУХ(ЦРНА-МАТ)

ПОВРШИНА 2: ПРОИЗВОДСТВО НА ЕЛ.ЕНЕРГИЈА(ФОТОВОЛТАИЧНА)

ПОВРШИНА 3:РЕКЛАМЕН ПРОСТОР



Слика 6. ВОЗДУШЕН КОЛЕКТОР СО ТРИАГОЛНИ РОТИРАЧКИ КЕЛИИ

Овој вид на воздушен колектор практично може да се користи преку целата година (ден и ноќ). Во летниот период кога нема да има потреба од загревање, воздушниот колектор ќе биде изротан на ПОВРШИНА 2. Произведената ел.енергија ќе се користи за осветлување. Во зимскиот период кога ќе имаме потреба од загревање на келиите ги ротираме на ПОВРШИНА 1. Во ноќниот период кога немаме сончево зрачење се поставува на ПОВРШИНА 3 за рекламен простор. Овој прототип е сеуште во фаза на испитување и анализа.



**Слика 7. ПРОТОТИП НА ВОЗДУШЕН КОЛЕКТОР СО ТРИАГОЛНИ РОТИРАЧКИ
ЌЕЛИИ**

2.ЗАКЛУЧОК

Воздушните колектори моментално котираат слабо на пазарот. Новиот тип на сончеви системи со ротирачки ќелии можеби ќе ја смени таа ситуација. Битно е да се напомене дека овие колектори се користат како подршка на веќе инсталиран систем за греење/климатизација/осветлување. Овие колектори не можат во целост да ги задоволат потребите на еден објект.

3.БЛАГОДАРНОСТ

Голема благодарност до фирмата Еко Солар-Штип за податоците во врска со трудот.

4. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

[1]Проф. Д-р Славе Арменски. Сончева енергија. Скопје 2012: Јофи-скен ДООЕЛ-Скопје

[2]” Planning and Installing Solar Thermal Systems”, London 2010

[3]Проф. Д-р Славе Арменски. Обновливи извори на енергија. Скопје2013:БороГrafика-Скопје

[4]Фотографија од СОНЧЕВИ ТОПЛИНСКИ СИСТЕМИ ИНТЕГРИРАНИ ВО ПОКРИВИ И ФАСАДИ , Сања Поповска Васлиевска, Илија Насов, Христина Костадинова Бошкова,Влатко Ристов

[5] Завршен извештај за воздушен колектор со селективен слој и ротирачки ќелии за примена во сончеви системи за загревање на воздух (Институција-Еко Солар)

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

 Божан Тодоров¹, Марија Апостоловска²
¹Факултет за електротехника и информациски технологии – Скопје, УКИМ

¹bozantod@gmail.com ²marija.apostolovska96@yahoo.com
ПРЕГЛЕД НА ПРОЕКТ ЗА ПРОЦЕНКА НА ВЕТЕРНИТЕ РЕСУРСИ
КУСА СОДРЖИНА

Проценката на ветерните ресурси претставува прв чекор при развивање на проект за изградба на ветерна централа. Ваквата проценка се реализира со помош на соодветен проект кој како и другите технички проекти, се темели на внимателно планирање и координирање водејќи се од низа на однапред јасно поставени цели. Секако, ваквиот проект за проценка на ветерните ресурси е проследен со разни ограничувања, како што се буџетот и расположивоста, дополнително, успешноста на ваквиот проект лежи во квалитетот на неговите составни делови, имено: одредување на локацијата и техниките на мерење, стручниот кадар, висококвалитетната опрема, како и соодветната анализа на податоците и техниките на моделирање.

Во овој труд ќе биде даден краток преглед на дизајнот и имплементацијата на проектот за проценка на ветерните ресурси кој е поделен на три основни фази, и тоа: одредување на локација, мониторирање на ресурсите и нивно анализирање.

Добиените податоци од овој проект имаат значајна улога во физибилити студијата, што го прави овој проект круцијален при донесувањето одлука за изградба на една ветерна централа.

Клучни зборови: проценка, ветерни ресурси, одредување локација, мониторирање, анализирање

1 ВОВЕД

Дизајнирањето на ветерен проект и проценувањето на производството на енергија од истиот зависи од детална и точна проценка на ветерните ресурси, што е и тема на овој труд. Во продолжение е даден прелиминарен водич за методите и етапите на еден проект за проценка на ветерните ресурси, притоа концизно објаснувајќи ги истите. Овие етапи се меѓусебно зависни и имаат подеднаква улога во донесувањето на конечната одлука за изградба на ветерна централа. Проектот за проценка на ветерните ресурси претставува почетна фаза од животниот циклус на една ветерна централа, што може да се види на слика 1.

Проценка на ветерен ресурс	Дозвола	Финансирање/ Due Diligence	Конструирање	Операција и затворање
Одредување локација	Локација	Дозволи	Подготовка на локација	Тестирање на перформанси
Прелиминарна проценка	Инсталиран капацитет	Дизајн на проект	Инсталација на турбини	Операција на централа
Одредување на локација на сите турбини поединечно/ енергетски проценки	Сопственост	Енергетски проценки	Поврзување/ пуштање во работа	Отстранување на проект/ ревитализација

Слика 1. Животен циклус на ветерна централа

Во продолжение се наведени трите основни фази на проектот за проценка на ветерните ресурси, и тоа: одредување на локација, мониторирање на ресурсите и нивно анализирање.

2 ОДРЕДУВАЊЕ ЛОКАЦИЈА

Во првата фаза од проектот за проценка на ветерните ресурси се одредуваат една или повеќе потенцијални локации. Ова вклучува истражување на релативно голем регион (пр., област, провинција или држава). Главно нешто што се зема предвид е ветерниот ресурс, што може да се процени со користење на ветерни мапи и јавно достапни податоци за ветерот. Други работи што се земаат предвид се: состјба на пазарот, пристап до преносна мрежа и капацитет, услови за изградба и пристап, поддршка од заедницата и владата, како и сензитивноста на животната средина и културата. Техниките и критериумите за скенирање на терен се дефинирани според соодветни стандарди. Како прв чекор се препорачува податоците за географијата да бидат собрани и составени во GIS проект (Geographic Information System). Откога ќе се креира GIS проектот, се применува соодветен критериум за ефикасно и систематско селектирање на потенцијални локации. Друга предност при креирање GIS е тоа што кога веќе ќе се селектира потенцијалната локација, голем дел од дизајнот на проектот за мониторирање на ветер и следствено, дизајнот на ветерниот проект, може да бидат изведени во виртуелна околина. Без разлика дали еден GIS проект ќе биде искористен или не, конечната селекција на локацијата треба да биде утврдена преку посета на теренот, со цел да се потврдат физичките услови врз основа на кои е направена селекцијата (како што се условите за патиштата и преносната мрежа), и начелно да се проценат политичките, регулаторните, културните и сите останати фактори кои можат да го спречат развојот.[1]

3 МОНИТОРИРАЊЕ НА РЕСУРСИ

Откако ќе се одреди локацијата, следната фаза вклучува мерење и карактеризација на ветерните ресурси. Токму во оваа фаза најчесто се инсталираат мерните станици за мониторирање на ветерот. Најчестите цели на мониторирањето се:

- Да се потврди дали има доволно ветерни ресурси за понатамошното истражување да биде оправдано;
- Да се споредат и рангираат ветерните ресурси меѓу различни потенцијални локации;
- Да се добијат меродавни податоци за проценка на перформансите и економската одржливост на различните модели на ветерни турбини;
- Да се обезбеди реална основа за анализа на ветерните ресурси.

3.1 Дизајн на проект за мониторирање на ветер

Главната цел на проектот за мониторирање на ветерот е да се добие најточен можеен податок за ветерниот ресурс долж целата површина опфатена со перките на роторот и долж целата површина на локацијата опфатена со проектот. Сето ова треба да биде во согласност со буџетот и распоредот на проектот. Ова се постигнува со поставување на метеоролошки кули (мерни станици) и стационирани далечински управувани сензорски системи на соодветни локации, и обезбедување на доволна количина на податоци за карактеризација на ресурсите.

Број на кули и поставување. Главната цел при одредување на бројот на кули што ќе бидат инсталирани и каде ќе бидат поставени во рамките на локацијата опфатена со проектот е да се минимизира степенот на неизвесност на ветерниот ресурс на потенцијалната локација. Постигнувањето на оваа цел побарува не само мониторирање на местото каде ветерот е најсилен, туку и опфаќање на целосниот диверзитет на ресурсите, од најдобрите до најлошите, кои се можни при експлоатација на турбините. Големината на локацијата, топографијата, покриеноста на земјата и други фактори имаат улога при носењето на одлуката.

Висина на инструменти. Мерењата на ветерните ресурси на висина на гондолата (и пожелно долж целата површина опфатена со перките), за разлика од екстраполацијата на мерењата од пониска височина, ги намалуваат несигурностите во проценките за енергетското производство. Изборот на висината зависи од бројни фактори вклучувајќи ја големината на проектот, цената на кулата, локалните регулации (пр., ограничувања поради прелети на авиони), како и познавањето на ветерните услови (анг. wind shear). За големи ветерни проекти (>100 MW), препорачливо е барем една од трите метеоролошки кули да биде најмалку на висина на гондолата.

Инструментација на мерната станица (кула). Главната задача на проектот за мониторирање е собирање на точни податоци за брзината, правецот, насоката на ветрот, како и температурата на воздухот. Податоците за брзината на ветрот се најважен индикатор за ветерните ресурси на дадената локација. Потребни се мерења на различни висини за да се одредат ветерните услови на локацијата. Информацијата за фреквенциската зачестеност на насоката на ветрот е важна за оптимизирање на надворешниот изглед на ветерните турбини во рамки на ветерното поле и за спроведување на модели за проток на ветрот и ефектите на бразда и поле. Мерењата за температурата на воздухот обезбедуваат дополнителни информации за условите на локацијата и помагаат да се одреди густината на воздухот. При анализите се достапни различни пакети на инструменти. Избирањето на соодветниот пакет зависи од целите и буџетот на проектот. Ова ја демонстрира потребата за детален дизајн на проектот што ги зима во предвид сите варијабли.

Стационарни далечински управувани сензори. SoDAR (Sonic Detection and Ranging) и LiDAR (Light Detection and Ranging) технологиите, две релативно нови технологии достапни за мерење на брзината на ветрот, може да бидат корисни за проверка на ветерните ресурси во различни точки во рамките на локацијата и за мерење на ветерниот профил долж целата површина опфатена со перките. Краткотрајните проекти (4-12 недели) се типични, иако се препорачуваат подолгорочните проекти, како и концептот на неколку проекти, за големи ветерни проекти (>100 MW), комплексен терен или за проекти каде има значајни сезонски варијации во ветерните услови.

3.2 План за мерење

Заедничко за сите проекти за мониторирање е потребата од план за мерење. Неговата намена е да осигура дека сите аспекти од проектот за мониторирање на ветрот ќе се комбинираат за да се обезбедат податоците потребни за остварување на целите на проектот. Пред да биде имплементиран, треба да биде писмено документиран, прегледан и прифатен од страна на учесниците во проектот. Планот треба да ги специфицира следниве елементи:

- параметри на мерење (пр., брзина, насока, температура)
- тип, квалитет и цена на опрема
- висина на поставеност на опремата за мониторирање и нејзина насоченост
- број и локации на јарболи за мониторирање
- минимално посакувана точност и траење на мерењето, како и минимално преземање на податоци
- семплирање на податоците и интервали на снимање
- страни одговорни за инсталација на опремата, нејзино одржување, валидација на податоците и приложување на извештаи
- пренос, скрининг и процедури на процесирање на податоците
- мерки за контрола на квалитетот
- интервали на праќање и формат на податоците

Генерално се препорачува мониторирањето на ветрот да трае најмалку една година (12 последователни месеци), иако подолг период би дал посигурни резултати. Количината на преземените податоци за сите измерени параметри треба да биде што е можно поголема, па така за повеќето мерни станици треба да биде најмалку 90%, со минимални пропусти во податоците. Исходот од целата постапка всушност зависи од бројни фактори како што се оддалеченоста од локацијата, временските услови, типот на инструментите, како и методите на прибирање на податоци.

3.3 Стратегија за мониторирање

Основите на добрата стратегија за мониторирање се добар менаџмент, квалификуван персонал и адекватни ресурси. За успешно спроведување на процесот најдобро е доколку сите, кои се вклучени во процесот, ги знаат своите (и на сите преостанати учесници) улоги и одговорности. Секој треба да биде запознаен со општите цели на проектот, планот за мерење и распоредот. Меѓусебната комуникација на учесниците треба да биде отворена и честа. Препорачливо е во тимот да биде вклучена најмалку една особа која има практично искуство од областа на мерењето. Анализата на податоци, интерпретацијата и компјутерските вештини

се исто така важни фактори. Достапниот персонал и материјални ресурси мора да бидат пропорционални на целите на проектот. Високите стандарди поврзани со точноста на податоците и нивната комплетност бараат соодветни нивоа на кадровско екипирање, инвестирање во висококвалитетна опрема и алатки, брза реакција при непланирани настани (пр., гасење на опремата), достапност на резервни делови, рутински посети на локацијата и повремен преглед на податоците. Работата и одржувањето на станицата и прибирањето на податоците се интегрални компоненти на стратегијата за мониторирање.

Работа и одржување на станицата. Континуираното одржување и уредно документирање на секоја станица за мониторирање на ветерните ресурси се потребни за да се зачува интегритетот и да се постигнат целите на проектот за мерење. Се препорачува (преку работа и одржување) воспоставување на едноставен план. Овој план треба да вклучи различни мерки за обезбедување квалитет и да обезбеди напатствија за целиот персонал.

Прибирање на податоци и ракување. Целта на прибирањето на податоци и процесот на ракување е да осигура дека податоците се достапни за анализи и дека тие се заштитени од евентуални оштетувања или нивно губење.

3.4 План за обезбедување квалитет

Есенцијален дел на секој проект за мерење е планот за обезбедување квалитет кој претставува детална и организирана агенда за сигурно и успешно собирање на висококвалитетни податоци. Планот за обезбедување на квалитет треба да биде напишан писмено откако ќе биде комплетиран планот за мерење.

- *Полиса за обезбедување квалитет.* Менаџерот на проектот треба да го утврди и одобри планот за обезбедување на квалитет, со што му дава кредибилитет на целиот персонал.
- *Координатор за обезбедување квалитет.* Врската меѓу планот и проект менаџментот е координаторот за обезбедување на квалитет. Тој треба да биде запознаен со рутинските барања за собирање на податоци. Ако планот за обезбедување на квалитет се анализира сериозно, координаторот мора да биде овластен да осигура дека целиот персонал е соодветно обучен, следени се точни процедури и се превземени соодветни мерки за корекција во случај на проблеми. Дополнително, координаторот треба уредно да ја одржува соодветната документација.

Квалитетот на податоците најчесто се оценува преку точност и комплетност. Планот за обезбедување на квалитет се потпира на документацијата на постапките вклучени за поддршка на тврдењата за квалитетот на податоците. Се препорачува планот за обезбедување на квалитет да ги содржи следниве компоненти:

- набавка на опрема според спецификациите на проектот
- метод на калибрирање на опремата, фреквенција и праќање на повратни информации
- инсталација, верификација и листи за проверка на работата и одржувањето на мониторинг станицата
- прибирање, скрининг и архивирање на податоци
- упатства за анализа на податоци
- методи за валидирање, критериуми за означување, фреквенција на известување и формат на податоците
- внатрешни ревизии за документирање на перформансите на одговорните за инсталација и за работа и одржување, како и за прибирање и ракување со податоци

Друга цел на обезбедувањето на квалитет е да се минимизираат несигурностите кои неизбежно се јавуваат во секој чекор од процесот на мерење. Ниту една кула не ја претставува совршено областа за која е наменета, ниту еден сензор не мери со идеална точност и ниту еден податок кој е собран во даден временски период не ги прикажува идеално условите со кои може да се соочи ветерното поле за време на работата. Како и да е, ако размерот на овие несигурности е познат и се контролира преку усогласен план за обезбедување на квалитет, заклучоците можат да бидат соодветно квалификувани така што ќе обезбедат корисни информации.

4 АНАЛИЗА НА ВЕТЕРНИТЕ РЕСУРСИ

Третата фаза од проектот за проценка на ветерните ресурси се состои од опис на ветерниот ресурс на сите релевантни временски и просторни размери, со што ја поддржува оптималната распределба на турбини во рамките на локацијата опфатена со проектот, и најточната можна проценка на енергетското производство. Во оваа фаза е вклучено: валидирање на податоците, карактеризација на испитуваниот ресурс, прилагодувања кон ветерните услови и долгорочната ветерна клима, нумеричко моделирање на протокот на ветер, дизајн на проект и калкулации за енергетското производство.[2]

4.1 Валидирање на податоците

Откако податоците од системот за мониторирање ќе бидат успешно префрлени во компјутерската база на податоци, се проверува нивната точност и се валидираат. Дополнително, се врши проценка на комплетноста и разумноста на податоците, а невалидните и сомнителните податоци се пријавуваат. Овој процес служи исто така за детектирање на потенцијални проблеми со инструментацијата или дата логерот.

4.2 Карактеризација на испитуваниот ветерен ресурс

Откако податоците за ветерниот ресурс ќе бидат валидирани, тие се анализираат за да се генерираат различни статистики кои помагаат да се карактеризира ветерниот ресурс на таа локација. Вообичаените статистики вклучуваат: просечни брзини, фреквенциска распределба на брзините и правците, ветерни услови, интензитет на турбуленции и моќност на ветрот.

4.3 Проценка на ресурсот на висина на гондолата

Со оглед на тоа што мерните кули се пониски од реалната висина на која е поставена турбинската гондола (центарот на роторот), за која висина е дефинирана кривата на моќност, често е потребно мерењата меѓу различните висини да се екстраполираат. Оваа задача бара внимателна, а и често субјективна анализа на информациите за јарболот и локацијата, вклучувајќи ги и набљудуваните ветерни услови, локалната метеорологија, топографијата и покриеноста на земјата.

4.4 Климатски прилагодувања

Целта на климатското прилагодување е да се изврши корекција на мерењата, извршени во ограничен временски период, во долгорочни временски податоци. Ова е важно бидејќи брзините на ветрот може значително да варираат од вообичаените дури и во текот на една година или подолго. Процесот кој е познат како мери, поврзи, предвиди (measure, correlate, predict -MCP) е типично користен за поврзување и прилагодување на мерењата на терен со долгорочна референца. Ова ја намалува несигурноста во проценката на енергетското производство.

4.5 Моделирање на протокот на ветер

Со оглед на фактот што мерењата на терен се вообичаено ограничени на неколку локации во рамките на областа опфатена со проектот, ваквото моделирање, кое најчесто направено со компјутерски софтвер, вообичаено мора да биде искористено за проценка на ветерниот ресурс на сите локации на кои е можно распоредување на ветерните турбини. Достапни се повеќе софтвери кои овозможуваат моделирање на протокот на ветер, како и соодветни симулациони апликации со кои се овозможува запознавање со несигурностите и предизвиците кои може да се јават.

4.6 Дизајн на проект и енергетско производство

Последната фаза е да се дизајнира проектот и процени неговото енергетско производство. Ова често претставува комплициран процес и вообичаено се реализира со специјален софтвер кој, почнувајќи од резултатите добиени од нумеричкото моделирање на протокот, дозволува корисникот доста брзо да тестира различни модели на турбини и да одбере една која одговара на максимално енергетско производство. Софтверот исто така ги калкулира загубите од ефектот на бразда и поле.

5 ЗАКЛУЧОК

Оваа почетна фаза, проектот за проценка на ветерните ресурси, претставува круцијален сегмент во севкупниот проект за изградба на ветерна централа. Како таква го обврзува одговорното лице доследно да ги следи сите чекори, дефинирани во проектот за проценка на ветерните ресурси, кои меѓу другото изобилуваат со многу барања. Од горенаведените фази можеме да ја согледаме комплексноста на проектот, изразена преку строго дефинираните услови. Иако навидум различни, тие сепак претставуваат нераскинлива врска во проектот. Комплексноста на градацијата на фазите е клучот на прецизноста на овој проект, која прецизност претставува основен услов за добивање на реалните карактеристики за дадената локација. Сето ова ни овозможува да донесеме правилна одлука за понатамошниот тек на проектот за изградба на ветерна централа.

6 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Michael C. Brower, „*Wind Resource Assessment*“, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2012
- [2] Gipe P. „*Wind Energy Basics Revised: A Guide to Home- and Community-scale Wind Energy Systems*“ Chelsea Green Publishing, USA 2009.



СКЕЕОР
skeeor.feit.ukim.edu.mk



Факултет за електротехника и
информациони технологии
Скопје

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Б. ЕНЕРГЕТСКИ ЕФИКАСНИ УРЕДИ, МАТЕРИЈАЛИ, МЕРЕЊА И ДИЈАГНОСТИКА

Milan Stojanović

Faculty of Electronic Engineering, Niš

milanstojanovic@elfak.rs

INFLUENCE OF THE BULK CONCENTRATION AND GEOMETRY ON ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF SOLAR CELL

ABSTRACT

This paper describes a solar cell which is central component for the realization of PV modules. All electrical characteristics and equivalent electrical circuit of solar cell were described in detail. The electrical characteristics depend on materials for making solar cell and its physical structure. Central part of this paper describes change of electrical characteristics with changes of physical structure of solar cell. The bulk concentration and geometry are physical parameters which were changed. Simulations are made by using Silvaco TCAD software package.

Keywords: *solar cell, electrical characteristics, bulk concentration, dimension*

1 INTRODUCTION

A solar cell is semiconductor electronic component which output current depends on intensity of illumination. The operation of solar cell is based on the photovoltaic effect. This effect is closely related with photoelectric effect which was described by Albert Einstein. He explained that light consists of particles of strictly defined energy. These particles were called photons, and energy of one photon is:

$$E_{ph} = h\nu = \frac{hc}{\lambda},$$

where h is Planck's constant, ν is frequency of the light, c is speed of light in a vacuum and λ is wavelength [1].

Photovoltaic effect can be represented by three basic processes. These are: generation of charge carriers due to the absorption of photons, separation of photo-generated charge carriers and collection of photo-generated charge carriers.

2 BASIC PRINCIPLE OF WORK

2.1 Generation of charge carriers due to the absorption of photons

Absorption of photon is process in that it surrenders energy to electron from semiconductor material. The electron which received energy is named excited electron and it passes from energy level E_1 to E_2 (Figure 1).

Absorption is only possible if the condition is met: $E_2 - E_1 = E_{ph}$. In ideal semiconductor there are electrons below edge of valence band (energy of these electrons is $\leq E_v$) or above edge of conductive band (energy of these electrons is $\geq E_c$). Between those two bands there is not energy stated which could be populated by electrons, and difference of energy between those two bands is called bandgap, $E_g = E_c - E_v$. If a photon has smaller energy of E_g it won't be absorbed and it will traverse through material without interaction.

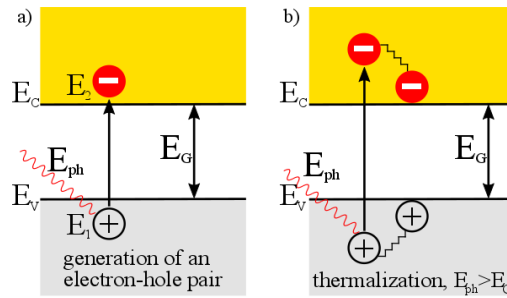


Figure 1: a) Absorption of a photon in semiconductor with bandgap E_G . b) If $E_{ph} > E_G$ a part of absorbed energy is thermalized.

When an electron is excited and it passes from valence to conductive band it creates void in valence band. This void is particle with a positive elementary charge and it is called hole. The absorption of a photon actually represents creation of an electron-hole pair (number 1 on the figure 2). The energy of photon is converted to chemical energy which is necessary to create an electron-hole pair. The maximal conversion efficiency is 67% for non-concentrated and 86% for concentrated sunlight, and it is limited by thermodynamics.

2.2 Separation of photo-generated charge carriers

Usually, a generated pair of electron-hole will recombine (number 2 of figure 2). Actually, the electron will fall back to energy level E_1 and this is the process of electro-neutralization. It releases energy in the form of a photon or transfers energy to other electrons, holes, or other particles in the material.

If a generated electron-hole pair is separated before recombination, the electron and hole would participate in conducting of electric current in an external circuit. An external generator is used for that (number 3 of figure 2). The generated electrons are moving to the n-type of semiconductor and holes are moving to the p-type of semiconductor by the influence of this external generator (number 4 of figure 2). A solar cell must be designed so that the electrons and holes arrive to the appropriate type of material before their recombination. That means that the lifetime of these particles must be longer than the time which is necessary for electrons and holes to pass through the solar cell.

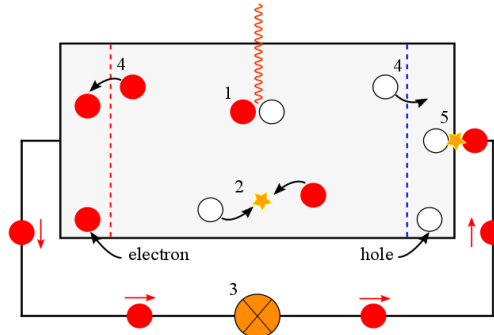


Figure 2. A simple model of a solar cell formed of n-type and p-type semiconductor material. 1) Absorption of a photon and generation of an electron-hole pair. 2) Recombination of electron-hole. 3) The external generator which separates the generated electron-hole pair. 4) The electrons and holes which can be used to drive electric current. 5) Recombination of electron-hole after passing through the external circuit.

2.3 Collection of photo-generated charge carriers

Finally, the charge carriers (electrons and holes) which are extracted from the solar cell make an electric current in an external circuit. In this way, the chemical energy is converted to electrical energy. After the carriers pass through the circuit, they recombine in the solar cell (number 5 in figure 2).

There are two loss mechanisms in a single bandgap solar cell, and they are represented on figure 1 b). The first is the inability to convert a photon's energy to electrical energy, which happens when the energy of the photon is smaller than the energy bandgap. The second is thermalization, which is a consequence of a photon's energy being greater than the bandgap energy.

3 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

3.1 Electrical circuit

The equivalent electrical circuit of solar cell was shown in picture 3.

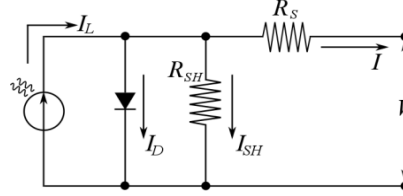


Figure 3. The equivalent electrical circuit of solar cell.

The output current I is equal to the photo-generated current I_L , less diode current I_D and the shunt-leakage current I_{SH} . The R_s represents resistance which depends on the pn junction depth, impurities and contact resistance. The shunt resistance R_{SH} is inversely related to the leakage current. In ideal solar cell $R_s=0$ and $R_{SH}=\infty$. In the real solar cell value for R_s is between 0.05Ω and 0.1Ω , and value for R_{SH} is between 200Ω and 300Ω [2].

The current I , that flows through external circuit, can be obtained from next equation:

$$I = I_L - I_D - I_{sh}. \quad (2)$$

Value of leakage current I_{SH} is much smaller than I_L and I_D , and it can be neglected.

The current I_D is equal to:

$$I_D = I_s \left[e^{\frac{V_{oc}}{kT}} - 1 \right], \quad (3)$$

where is I_s saturation current, V_{oc} open circuit voltage (more detailed below), k Boltzmann constant = $1.38 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$ and T absolute temperature.

Using equation (2) and (3) will be obtained:

$$I = I_L - I_s \left[e^{\frac{V_{oc}}{kT}} - 1 \right]. \quad (4)$$

3.2 The electrical parameters

In the picture 4 were shown the current-voltage (I-V) and power-voltage (P-W) characteristics of solar cell. The main parameters for characterization of solar cell are the open circuit voltage V_{oc} , the short circuit current I_{sc} , the peak power P_{max} , the fill factor FF and the conversion efficiency η .

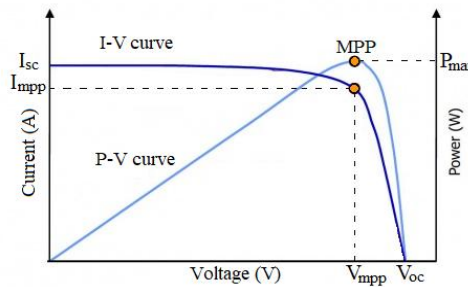


Figure 4. I-V and P-V characteristics of solar cell [3].

The open circuit voltage is the voltage at solar cell when an external circuit is not connected. It is the maximum voltage that a solar cell can deliver. The value of open circuit voltage can be obtained from equation (4) when I is equal zero.

On the basis of that follows:

$$V_{oc} = kT \ln \left(\frac{I_L}{I_s} + 1 \right). \quad (5)$$

The I_{sc} is current that flow through solar cell when its contacts are in short circuit. That means the open voltage is zero. Under this condition value of I_{sc} , from equation (4) is equal to photo generated current I_L .

The fill factor is the ration between the maximum power which solar cell can generate and product of short circuit current with open circuit voltage. This parameter can be calculated by follow equation:

$$FF = \frac{I_{mpp}V_{mpp}}{I_{sc}V_{oc}}. \quad (6)$$

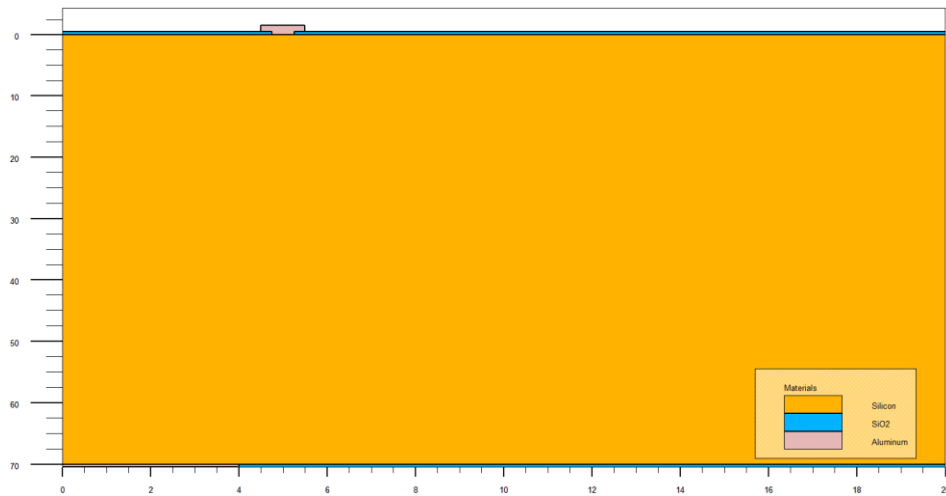
The subscript “mpp” denotes the maximum power point (MPP) of the solar cell. That is point on P-V characteristic when the solar cell has the maximal power output.

Conversion efficiency is ratio between the maximal generated power and incident power. This parameter will be calculated from next equation, where $I_{in}=1000W/m^2$:

$$\eta = \frac{P_{max}}{I_{in}} = \frac{I_{mpp}V_{mpp}}{I_{in}} = \frac{I_{sc}V_{oc}FF}{I_{in}}. \quad (7)$$

4 THE STRUCTURE OF SOLAR CELL

The structure of single-crystal silicon solar cell (figure 5), which was made from *p*-type and *n*-type silicon regions wasdescribed in this paper.This type of solar cell is the most used in the world at the moment. The other types of solar cell are: polycrystalline, thin-film, amorphous silicon and multijunction solar cells.



Slika 5. Structure of single-crystal silicon solar cell simulated in SILVACO.

The structure in figure 5 was realized using several process in simulation. Start material is single-crystal silicon, doped with boron. In this way *p*-type area (bulk) of solar cell was obtained. The next step is implantation of phosphorus for make *n*-type area. Concentration of doped phosphorus is $5 \cdot 10^{15}$ atoms, and energy is 10 KeV. After that process diffusion was made. It is necessary for creation of *pn* junction and increasing mobility of primes. This process takes 30 min at temperature of 1000 °C.

The next step is deposition of oxygen on both of sides which thickness is 0.5 μm. This oxide with silicon creates SiO₂ that represents mask for creation contact. Creating contact was obtained by deposit aluminum, thickness 1 μm in this case. Before that, it needs etch SiO₂ in certain domain, in order to aluminum and *p*-type of silicon create contact directly. After deposition of aluminum, next step is etch it, where it doesn't need. Contact which was formed in this process is cathode.

For making anode contact, should be repeat process from previous paragraph, but it must flip structure firstly, around x-axis. In this way anode contact was made and should flip structure again to return to the start position.

5 THE RESULTS OF SIMULATION

The electrical characteristics of solar cell which were listed previously, depend on physical structure of solar cell. Central part of this paper is simulation value of conversion efficiency versus changing concentration of phosphorus atoms in bulk. The concentration on this primes was changed from $5 \cdot 10^{15}$ to $1 \cdot 10^{16}$ with the step $1 \cdot 10^{15}$, and from $1 \cdot 10^{16}$ to $1 \cdot 10^{17}$ with the step $1 \cdot 10^{16}$. The conversion efficiency must be calculated for illuminated solar cell so the source of illumination must be defined at the beginning of simulation. In this case the multispectral source, which includes sources of light wavelength from 0.3 nm to 1.2 nm, was used. Intensity of this light is $0.099 \frac{W}{cm^2}$. The result of simulation this parameter was shown on figure 6.

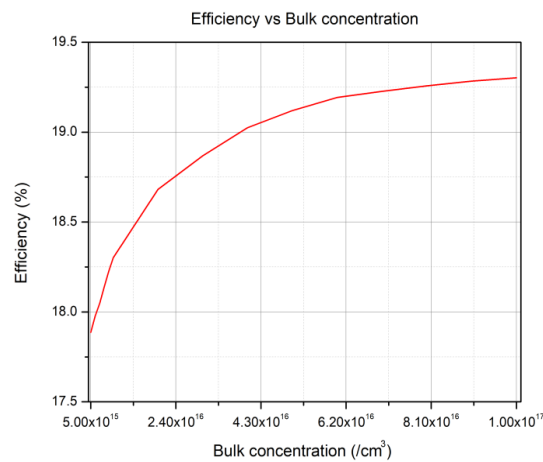


Figure 6. Conversion efficiency for different value of concentration phosphorus atoms in bulk.

Value of conversion efficiency rises with increasing of bulk concentration, that can be seen in figure. The reason for that is next. When bulk concentration is bigger, there are more atoms which can be excited by illumination. That actually means that there are more electrons which are carriers of electrical current, so from equation (7) follows that conversion efficiency is bigger. The biggest value of this parameter is obtained when the bulk concentration is $1 \cdot 10^{17}$. Values of others electrical parameters at this concentration were shown in table 1.

Table 1. Electrical parameters of solar cell for bulk concentration $1 \cdot 10^{17}$.

Parameter	V_{oc} [V]	I_{sc} [A]	P_{max} [W]	FF	η [%]
Value	0.661642	$-6.71 \cdot 10^{-9}$	$-3.73 \cdot 10^{-9}$	83.9962	18.7789

If bulk concentration was bigger ($\approx 1 \cdot 10^{19}$), value of conversion efficiency would fall. The reason for that is a higher level of scattering of generated electron-hole pairs at the atoms of phosphorus.

The shown values were obtained for thickness of solar cell 70 μm . It needs to optimize thickness of solar cell for get maximal conversion efficiency. That was made buy changing this parameter from 30 μm to 70 μm with step 5 μm . The results of this simulation was shown in figure 7.



Figure 7. Conversion efficiency for different value of solar cell thickness at bulk concentration $1 \cdot 10^{17}$.

Value of conversion efficiency is the biggest when thickness of solar cell is 50 μm . The solar cells which have smaller thickness it have smaller volume of active region (bulk) too. The consequence of that is less generated electron-hole pairs, so intensity of electrical current through solar cell is less. The life time of generated electron-hole pairs is smaller than time which is necessary for transport of these pairs to contacts, in solar cells which have bigger thickness. This is reason why the thicker solar cells have smaller value of current and conversion efficiency.

The values of electrical parameters of solar cell, which has bulk concentration $1 \cdot 10^{17}$ and thickness 50 μm were shown in table 2.

Table 2. Electrical parameters of solar cell for bulk concentration $1 \cdot 10^{17}$ and thickness 50 μm .

Parameter	V_{oc} [V]	I_{sc} [A]	P_{max} [W]	FF	η [%]
Value	0.686797	$-6.61 \cdot 10^{-9}$	$-3.83 \cdot 10^{-9}$	84.4484	19.3019

6 CONCLUSION

The electrical characteristics of solar cell depend on several factors. These are: material for *p*-type and *n*-type regions, technology of making, materials for contacts and geometry of the structure of solar cell. In this paper was shown how some of these parameters influence at electrical characteristics of solar cell. It is one way to obtaining high efficiency solar cell. It needs include all parameters in simulation to obtaining the best results.

7 ACKNOWLEDGMENT

This paper was done with the help of Asst. Dr .Sanja Aleksić and Prof.dr. Dragan Pantić, from the department of Microelectronisc at the Faculty of Electronic Engeneering in Niš. The author wish sincere express thanks to themfor support and advices.

8 REFERENCES

- [1] A. Smets, K. Jäger, O. Isabella, R. Van Swaaij, M. Zeman, "SOLAR ENERGY, THE PHYSICS AND ENGINEERING OF PHOTOVOLTAIC CONVERSION TEHNOLOGIES AND SYSTEMS", UIT CAMBRIDGE, ENGLAND, September 2015, pp. 48-50.
- [2] M. R. Patel, "Wind and Solar Power Systems, Design, Analysis and Operation", U.S. Merchant Marine Academy, King Point, New York, U. S. A. 2005. pp 166-168.
- [3] International Journal of Advancements in Research & Technology, Volume 2, Issue 5, M ay-2013 358, ISSN 2278-7763 (www.ijoart.org/papers/Modeling-of-PV-Array-and-Analysis-of-Different-Parameters.html)

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – CKEEOP 2017

Maja Mitevska^{1a}, Mila Kuzmanovska^{2a}, Ljupcho Dimov^{3b}

Supervisor: Ana M. Lazarevska^a

^a Faculty of Mechanical Engineering, ^b Municipality of Karposh, Skopje

¹majamitevska92@gmail.com ²mila_kuzmanovska@hotmail.com ³ljupcho.dimov@karpos.gov.mk

MUNICIPAL ENERGY EFFICIENCY PROGRAMS AS A FIRST STEP TOWARDS IMPLEMENTING THE ENERGY MANAGEMENT SYSTEM

ABSTRACT

The results obtained from the analysis on implementing Energy Efficiency (EE) programs in 80 municipalities on the territory of the Republic of Macedonia and in the City of Skopje as a distinct unit of the local self-government, pointed at a decrease from 10-45% in annual energy consumption. Mainly, this decline is due to the implemented EE measures encompassed in the municipal Programmes for EE, such as thermal insulation of internal walls and buildings' envelops, as well as roof and floor insulation applied to public buildings.

Having in perspective that the initial analysis of the process of implementing the EE program in the Municipality of Karposh led to reduced energy consumption for 30%, this paper focuses on specific measures which contributed to this reduction and examines the potential Karposh holds to further implement a municipal Energy Management System (EnMS) in line with ISO 50001, as a continuation and extension to the already established municipal EE programs. The analysis encompasses elementary schools and kindergartens under jurisdiction of the municipality and street lighting.

Being a useful tool for continuous monitoring, improvement and implementation of EE measures towards more efficient energy use and environmental protection, implementing municipal EnMS in Karposh shall further contribute to its sustainable development.

Keywords: *EE, energy management, municipal energy planning.*

1 INTRODUCTION

The demand for energy is rising daily, becoming one of the most important concerns of the modern civilization. The urban areas are especially faced with a dramatic population growth and if these increasing trends retain, the rapid growth will exceed the capacity of cities and urban centres to provide adequate energy supply for their citizens. The need for energy savings and the requirements for rational use of energy initiate the emerging of numerous international and national legislations and directives that aim to end the tendency of uncontrolled energy consumption and thus, increase the level of implementing energy efficient (EE) technologies and measures. [1]

Barney et al. (2006) [2], define the term energy management as “the judicious and effective use of energy to maximize profits (minimize costs) and enhance competitive positions”. In 2011, the International Organization for Standardization (ISO) released the ISO 50001 Energy Management Systems Standard [3], where the energy management system (EnMS) is defined as: “a set of interrelated or interacting elements to establish an energy policy and energy objectives, and processes and procedures to achieve those objectives.”

As a concept, the Energy Management was primarily created for industry, i.e. intended for industrial plants and facilities, and the commercial sector. Since the public sector was recognized as a significant energy consumer, this concept has also been accepted and implemented by the public administration, giving them, a role of energy saving promoters. The inclusion of the Energy Management concept in the municipalities, as part of the public sector, derives from the fact that the municipal leaders are those who can develop an energy plan for a certain area, towards energy reduction. Further and even more important, since municipalities have direct access to citizens, they have the best insight on how to satisfy their needs and how to influence on their behaviour. The term municipal energy management covers all strategies and actions to achieve a sustainable and efficient use of energy in all municipal fields of activity. [4]

In this paper, the emphasis is set on the potential to implement Municipal EnMS in the Municipality of Karposh, one of the ten municipalities that make up the city of [Skopje](#), the capital of the [Republic of Macedonia](#). The opportunities for implementing the municipal EnMS are recognized in four areas: public buildings, street lighting, transport and waste collection and disposal. Considering the complexity of each of these consumption areas, this paper studies only the public buildings, including kindergartens and elementary schools, and the street lighting, which are under the authority of the local government. The herein elaborated discussion is accomplished in line with the international standard for EnMS – ISO 50001[3], whose framework for continual improvement, is implemented and conducted on the municipality Karposh.

2 BACKGROUND AND METHODOLOGY

2.1 Energy Management System in line with ISO 50001

ISO 50001 [3] is based on the Plan-Do-Check-Act (PDCA) framework and it incorporates energy management into daily organizational practices, as shown on Figure 1.

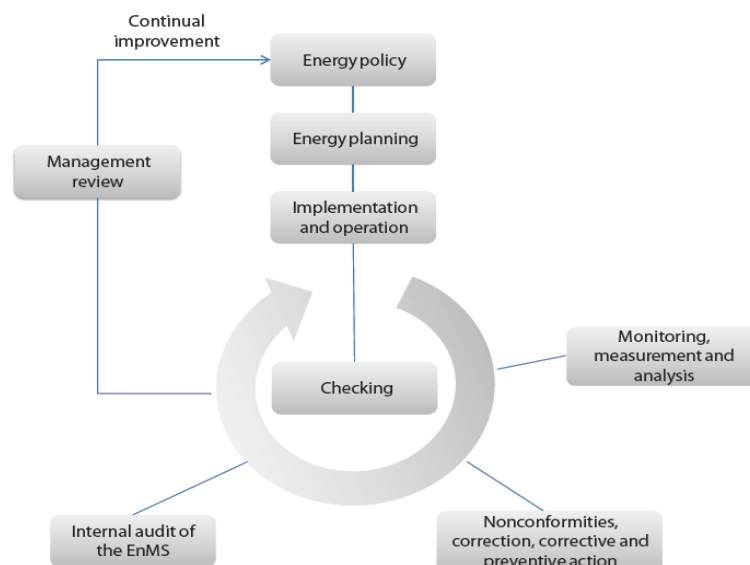


Figure 1- Energy management system model for ISO 50001(source: [3])

According to the standard, the PDCA approach can be outlined as following:

- **Plan:** conduct the energy review and establish the baseline, energy performance indicators (EnPIs), objectives, targets and action plans necessary to deliver results that will improve energy performance in accordance with the organization's energy policy;
- **Do:** implement the energy management action plans;
- **Check:** monitor and measure processes and the key characteristics of operations that determine energy performance against the energy policy and objectives, and report the results; and
- **Act:** take actions to continually improve energy performance and the EnMS.

2.2 Energy Efficiency (EE) Program

The Republic of Macedonia works toward increasing the use of renewable energy sources and improving EE. In 2006 this country signed the Treaty for establishing of the Energy Community that aims at increasing EE and achieving annual savings of 9% in energy consumption till 2018, compared to the average energy consumption in the period from 2002 – 2006. [5] In order to decrease the import dependency on energy carriers, a Strategy for Developing EE until 2020 [6] and a EE Action Plan [7] are created. The national Energy Law [8] obligates each unit of local selfgovernment to prepare a three – year period program for EE and additionally an appropriate annual action plan with timetable to describe the implementation of measures from the program.

In line with the established Strategy for Developing EE and EE Action plan, the council of each unit of local selfgovernment decides to adopt a certain EE Program for the upcoming three years, which is proposed by the municipal mayor and approved by the Energy Agency of the Republic of Macedonia (EARM). Each program covers the following elements:

- Description and evaluation of the current situation and the need for energy;
- List of indicative targets for savings of energy on municipal level;
- Measures for improvement of EE and precise objectives that need to be achieved through the measures;
- Capital investments, activities and deadlines for conducting the measures;
- Responsible personnel.

2.3 Case Study: The Municipality of Karposh

The municipality of Karposh is one of the ten constituent municipalities in the city of Skopje, the capital of Republic of Macedonia. The municipality spreads on an area of 35 km², divided in fifteen local units, from which thirteen belong to the urban part of the city and the other two in the rural part. The total number of inhabitants living in this area, registered in 2002, was 59 666 and the number of households was 19 676. [9]

To fulfil the legal obligations imposed by the Energy Law [8] and the Environmental Law [10], this municipality has prepared a Local Environmental Action plan for the period 2011 – 2017 [9] and an EE Programme for 2008 to 2012 [11] and EE Programme for 2013 to 2015. [12] In the strategy for municipal development till 2019, a commitment for use of renewable energy in all elementary schools and kindergartens is presented.

Since 2007 this municipality is constantly working on improving the existing public facilities. With the Local EE Programme for the period from 2008 till 2012, the municipality realized several projects that increased the EE of the buildings and decreased the energy consumption. Ten elementary schools and four kindergartens were reconstructed in that period. The implemented measures are as follows:

- Thermal insulation of internal walls and building`s envelops;
- Replacement of old windows with new with permeability coefficient of $U=0.9 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- Floor and roof insulation;
- Cleaning or replacement of heating systems;
- Installing energy efficient light bulbs;
- Replacement of electric water heaters with solar systems for sanitary hot water.

Regarding the street lighting, since 2007 the Municipality of Karposh is constantly working on the EE improvement. In the part of the street lightning the following projects were realized:

- Two-stage operation of the street-lamps along the river Vardar;
- Complete separation of the street lighting commands in special command cabinets with digital astronomical clock control mode;
- Replacing the existing lamps with energy-saving light bulbs.

3. Results and discussion

3.1 Elementary schools

Figure 2 gives an overview of the annual electricity consumption in elementary schools of the Municipality of Karposh. In the presented period (2013-2014), due to the small number of working hours, the reduction in energy consumption in some of the buildings is correspondingly low, but from the perspective of internal lighting and the stroboscopic effect of the 50 Hz bulbs, replaced with highly frequent or LED bulbs, it is highly important. The energy consumed for heating for eight elementary schools is presented in Appendix A. The energy savings in the elementary schools illustrated on Figure 4 derived from old windows replacement and thermal insulation of internal walls and building's envelopes, while the schools savings presented on Figure 5 are due to the fuel switch. The energy used for heating in five of the elementary schools is reduced by application of light fuel oil boiler installation. Prior to implementing the EE measures, the elementary school "Avram Pisevski" used this type of heating fuel and after the measures have been implemented, results show a decrease in annual fuel consumption for 37%. In the tenth school, presented in Appendix B on Figure 6, "Vera Ciriviri – Trena", a geothermal heat pump was installed, thus reducing the overall energy consumption due to (1) eliminating district heating as a source of heat energy, (2) implemented measures (thermal insulation and replacement of old windows) and (3) reduced energy input (electricity) vs. energy output (heat) deriving from the physical principles how a heat pump operates.

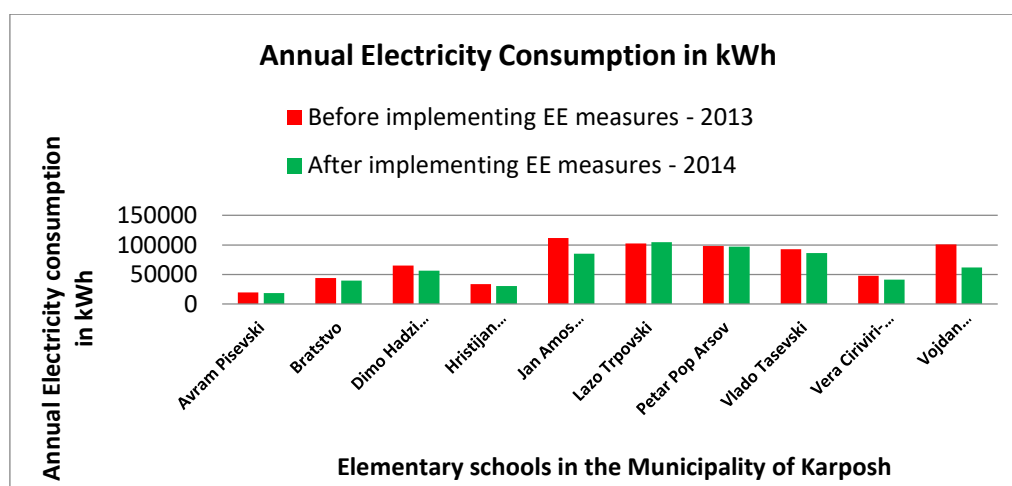


Figure 2 - Annual Electricity Consumption in kWh prior to and after implementing of EE measures in ten elementary schools in the Municipality of Karposh

3.2 Kindergartens

In Appendix B, Figure 7 provides an overview of the annual consumption of electricity, while Figure 8 illustrates the annual consumption of energy used for heating in the kindergartens where EE measures were implemented. In "Prolet" – Vlae kindergarten, a light fuel oil boiler installation is applied and after the measures were implemented, results indicate a decline of around 24% in annual fuel consumption.

3.3 Street lighting

The effectiveness of the implemented EE measures is mostly perceptible from the street lighting presented on Figure 3. The number of installed poles for street lighting through the years is in constant growth reaching 4946 poles in 2016, while the energy consumption at that point is 37% lower than the consumption in 2007, with 3613 poles at place.

The implementation of the EnMS in the public sector, especially within the municipalities, can bring new challenges for the local authorities. The municipalities as promoters of EE and energy conservation should implement several technical and behavioural measures important for increasing the energy savings. With the already presented commitment this municipality has created an enabling

environment for mitigating the energy consumption on a municipal level and increasing the awareness among the stakeholders comprised in the municipal energy management issues. However, energy management as a concept requires establishing a more systematic way of planning and implementing the measures. Accepting the PDCA cycle and conducting EnMS in line with ISO 50001 can be helpful in achieving significant and measurable energy performance improvements.

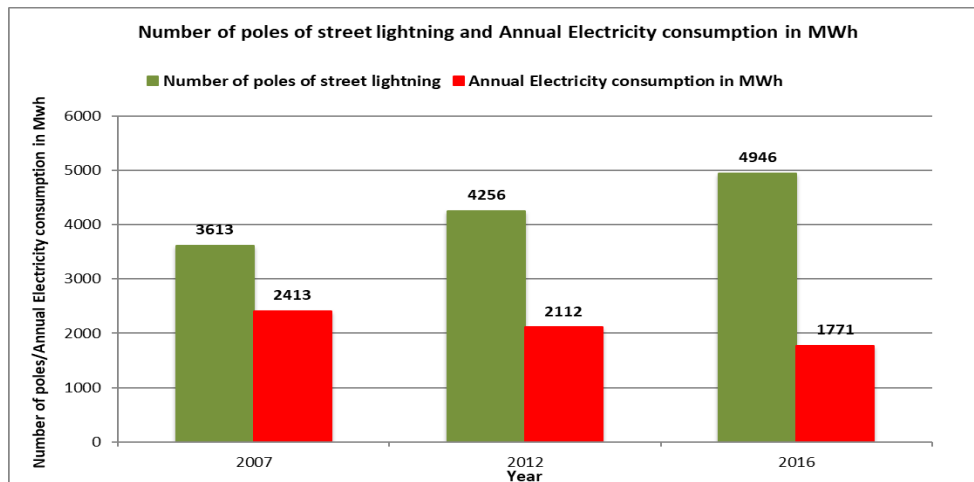


Figure 3 - Number of installed poles and annual electricity consumption for street lighting in the Municipality of Karposh

Creating energy policies for every public building (elementary schools and kindergartens), raising the awareness among employees and students and thus training them appropriately, can have a significant impact on energy conservation. In particular, trainings that address the building users can be exceptionally useful when implementing behavioural or “housekeeping” measures.

On the other hand, EnMS implementation imposes conducting continuous energy review related to the current situation, identifying an optimal energy consumption baseline, corresponding and appropriate energy performance indicators which are monitored and measured for a certain period during the process of implementing the EnMS. The created ExCITE database [13] for monitoring energy consumption in the municipality, provides generating comprehensive energy consumption reports that are the base for establishing the energy baseline and energy performance indicators. From the energy review a variety of opportunities for improvement can derive and they are used to appoint objectives and targets that need to be achieved with the EnMS. Hence, the municipality should establish general objectives and targets for all public buildings and create action plans consisted from applicable technical and behavioral measures.

Finally, to evaluate the EnMS and its implementation process in compliance with ISO 50001 the recommendations to the energy management team is to create its own internal audit and corresponding top management to conduct a management review from where the potential improvements for the next cycle shall derive.

4. CONCLUSION

This paper aims at analysing effectiveness of implemented EE measures, encompassed in municipal Programmes for EE, in public buildings (elementary schools and kindergartens) and street lighting, as consumption areas under jurisdiction of the Municipality of Karposh. Analysed are EE measures in 10 elementary schools and 4 kindergartens, implemented in the period from 2008 to 2015. From the reconstructed public buildings, considered in the paper can be perceived that the implemented EE measures resulted in a decrease in energy consumption, in electricity, as well as heat. The effectiveness of the implemented EE measures is mostly noticeable in the sector street lighting where the reduction in energy consumption reached around 37% compared to 2007, primarily as a result of replacing the existing lamps with energy-saving light bulbs and separation of street lighting commands in special command cabinets with digital astronomical clock control mode.

However, due to the lack of implementing an appropriate measuring plan which separately measures energy consumption of the significant energy users per each type of energy source, the currently existing data do not provide enough space to draw conclusions on how each of the above-mentioned measures implemented in the public buildings contribute to increasing energy savings. Nevertheless, this paper can be a basis for further estimation of the effectiveness of each EE measure through establishment of a more systematic way of planning and implementing the measures that requires accepting the PDCA cycle and creating an EnMS in line with ISO 50001.

5. ACKNOWLEDGEMENT

We would like to acknowledge the Department of Ecology and EE, Mr. Ljupcho Dimov and Ms. Vesna Angeleska from the Municipality of Karposh who provided necessary data regarding the implemented EE measures and continuously assisted in conducting the corresponding analysis. Further, we thank prof. Ana M. Lazarevska, for supervising the work presented here and via constructive comments greatly improved the research.

6. LIST OF ABBREVIATIONS & ACRONYMES

EE	Energy Efficiency(t)
EnMS	Energy Management System
ISO	International Organization for Standardization
LED	Light Emitting Diode
PDCA	Plan – Do – Check – Act

7. REFERENCES

- [8] UNEP, ICLEI-Local Governments for Sustainability UN-HABITAT, "*Sustainable Urban Energy Planning: A Handbook for Cities and Towns in Developing Countries*", UNON, Nairobi, 2009.
- [9] Barney Capehart, Wayne C. Turner, William J. Kennedy, "*Guide to energy management-Fifth Edition*", The Fairmont Press, United States of America, 2006.
- [10] Bureau of Indian Standards, "*Energy Management Systems - Requirements with guidance for use*", BIS, New Delhi, 2011.
- [11] Martin Schweighofer, "*Guidebook for Energy Efficiency in Municipalities*", ENEFMUN, Greece, 2004.
- [12] Energy Agency of R. of Macedonia (orig. in Macedonian "Агенција за Енергетика на РМ"), "*Treaty for establishing of the Energy Community*" (orig. in Macedonian "Договор за основање на Енергетска Заедница"), R. of Macedonia, 2009
- [13] Ministry of Economy of R. of Macedonia (orig. in Macedonian „Министерство за економија на РМ“, "*Strategy for Developing EE until 2020*" (orig. in Macedonian "Стратегија за унапредување на енергетската ефикасност во РМ до 2020 година"), available at http://archive.economy.gov.mk/ministerstvo/sektori_vo_ministerstvo/sektor_za_energetika/3306.html, accessed on 13.10.2017.
- [14] Ministry of Economy of the R. of Macedonia (orig. in Macedonian "Министерство за економија на РМ"), "*EE Action Plan until 2018*" (orig. in Macedonian "Прв Акционен план за Енергетска Ефикасност во РМ до 2018 година"), available at http://www.ea.gov.mk/images/stories/E_Izdanija/11.Prv_Akcionen_Plan_za_EE_na_RM_do_2018_MK.pdf, accessed on 13.10.2017.
- [15] Official Gazette of R. of Macedonia, "*Energy Law*" (orig. in Macedonian "Закон за енергетика"), available at http://www.ea.gov.mk/images/stories/E_Izdanija/Regulativa/SLUZ.VES.BR.16-10.02.2011-ZAKON%20ZA%20ENERGETIKA.pdf, accessed on 13.10.2017.
- [16] Municipality of Karposh, "*Local Environmental Action Plan 2011 – 2017*" (orig. in Macedonian "Локален акционен план за животна средина на општина Карпош 2011 – 2017"), available at <http://www.karpos.gov.mk/page/zivotna-sredina>, accessed on 30.09.2017.
- [17] Official Gazette of Republic of Macedonia, "*Environmental Law*" (orig. in Macedonian "Закон за животна средина"), available at <http://www.moepp.gov.mk>, accessed on 13.10.2017
- [18] Municipality Of Karposh, "*EE Programme for 2008 to 2012*" (orig. in Macedonian "Програма за Енергетска Ефикасност на општина Карпош 2008 - 2012"), 2008.
- [19] Municipality Of Karposh, "*EE Programme for 2013 to 2015*" (orig. in Macedonian "Програма за Енергетска Ефикасност на општина Карпош 2013 - 2015"), available at https://issuu.com/opstinakarpos/docs/konecna_verzija_na_meep_2013-2015, accessed on 30.09.2017.
- [20] Trajce Andreevski, "*Software for Monitoring Energy Consumption in Public Institutions*", available at http://www.locsee.eu/best_practice.php?id=127, accessed on 30.10.2017.

APPENDIX A

1. Annual Heating Energy Consumption in kWh before and after implementing EE measures in four elementary schools in the Municipality of Karposh.

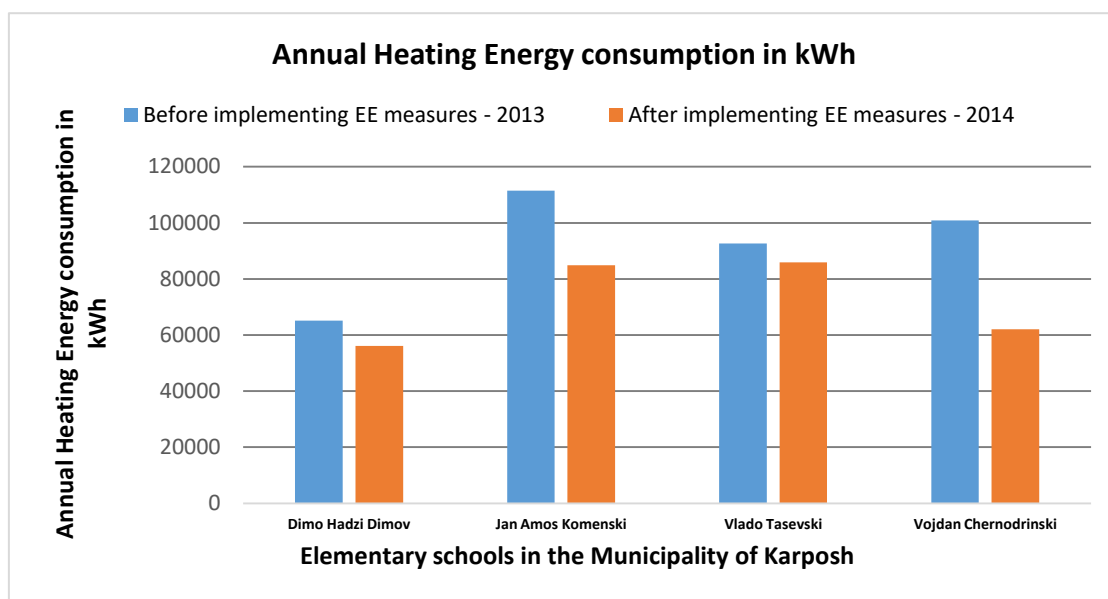


Figure 4 - Annual Heating Energy Consumption in kWh before and after implementing of EE measures in four elementary schools in the Municipality of Karposh

2. Annual Heating Energy consumption in kWh per year before implementing EE measures and consumption of light fuel oil in litres per year after implementing EE measures in four elementary schools in the Municipality of Karposh.

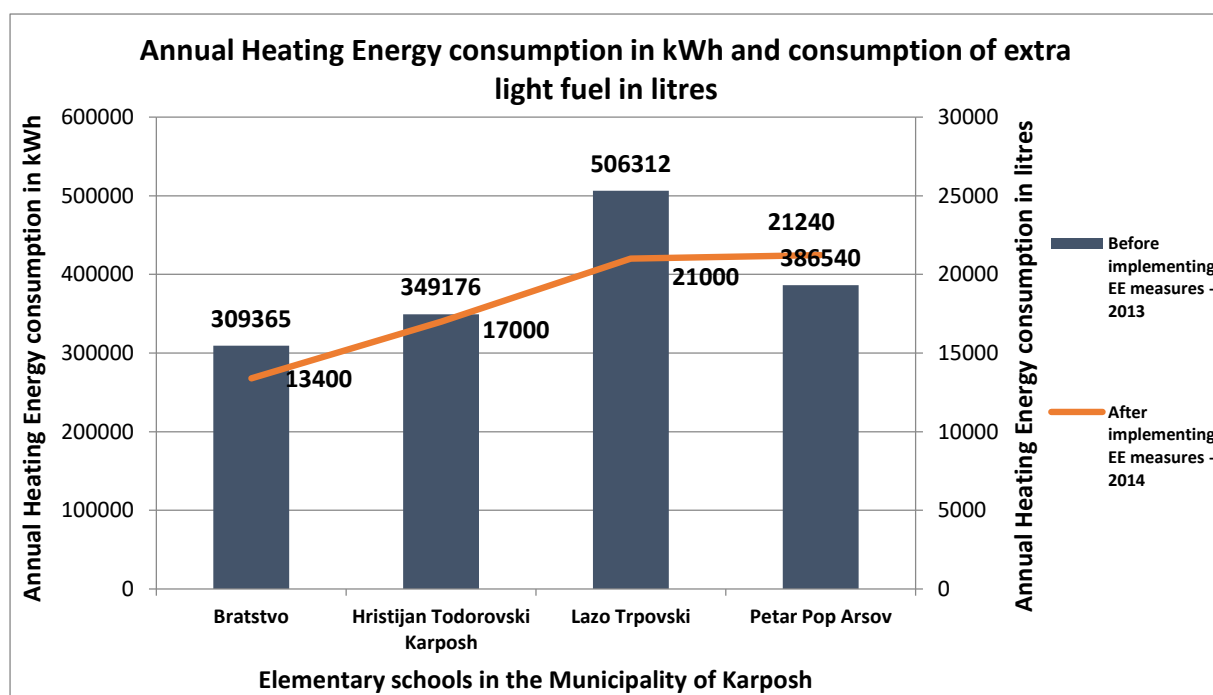


Figure 5 - Annual Heating Energy consumption in kWh per year before implementing EE measures and consumption of light fuel oil in litres per year after implementing EE measures in four elementary schools in the Municipality of Karposh

APPENDIX B

1. Heating energy consumption in kWh before and after implementing EE measures and Electricity consumption in kWh after installing a geothermal heat pump in the Elementary School “Vera Ciriviri - Trena” in the Municipality of Karposh.

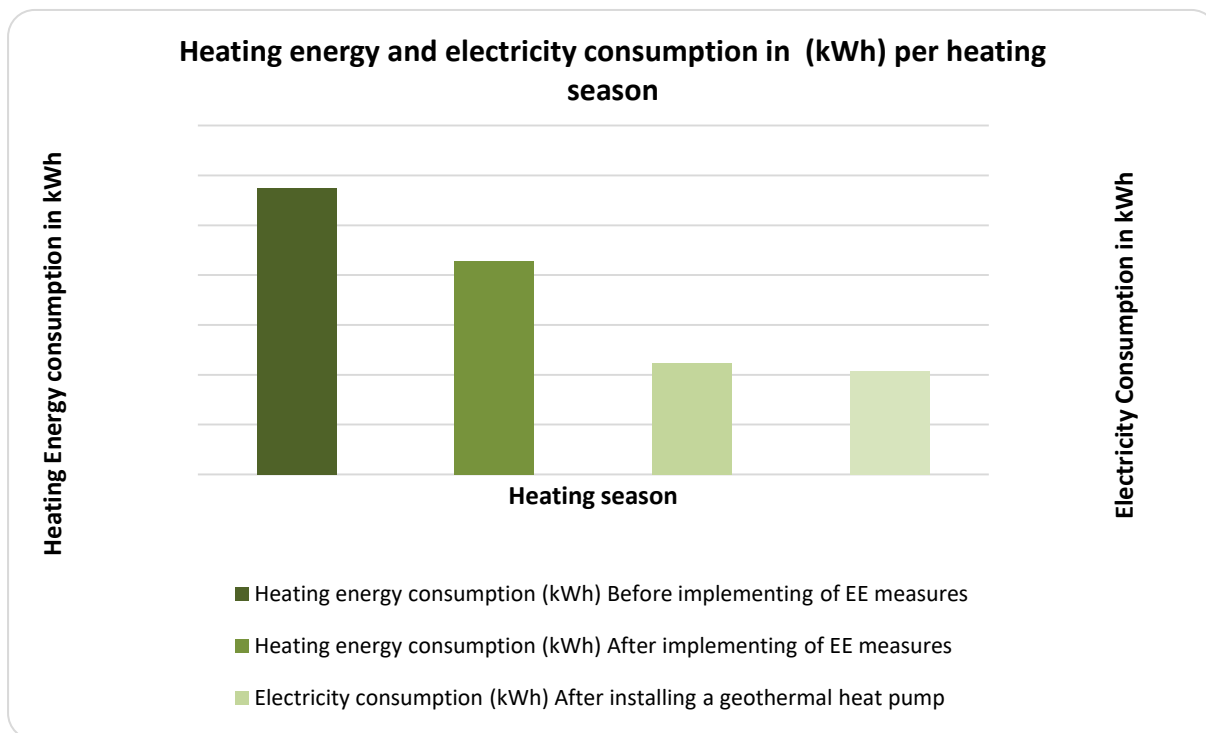


Figure 6- Heating energy consumption in kWh before and after implementing EE measures and Electricity consumption in kWh after installing a geothermal heat pump in the Elementary School “Vera Ciriviri - Trena” in the Municipality of Karposh

APPENDIX C

1. Annual Electricity Consumption in kWh before and after implementing EE measures in four kindergartens in the Municipality of Karposh.

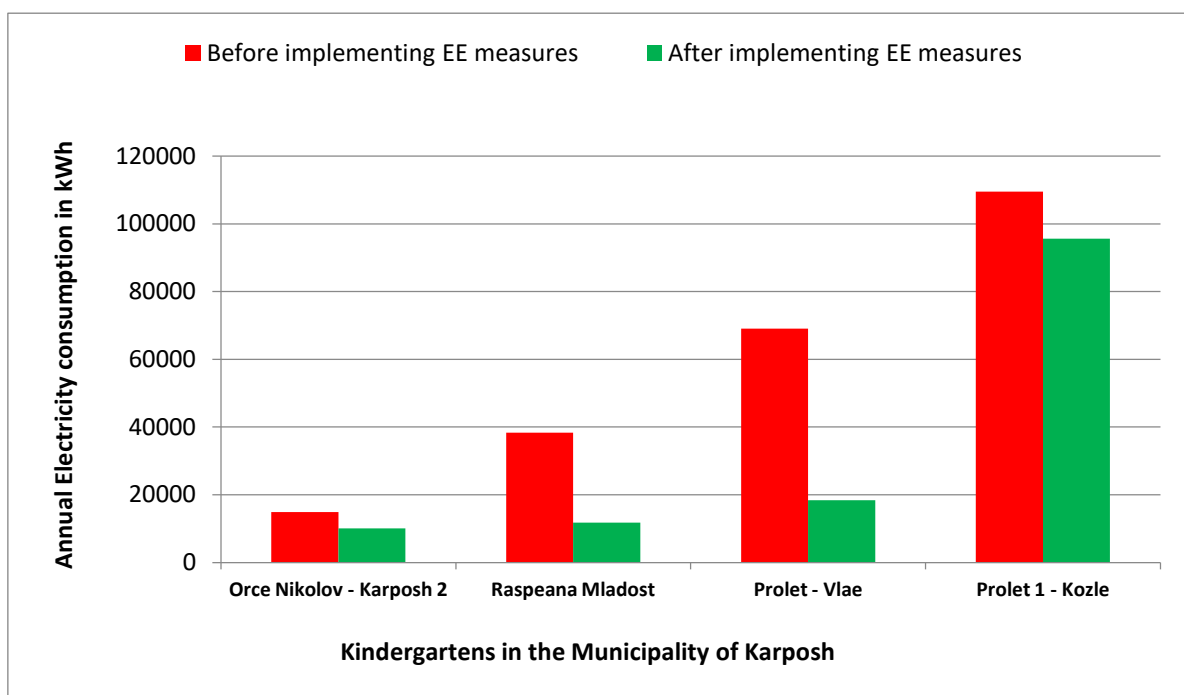


Figure 7 - Annual Electricity Consumption in kWh before and after implementing EE measures in four kindergartens in the Municipality of Karposh

2. Annual Heating Energy Consumption in kWh before and after implementation of EE measures in three kindergartens in the Municipality of Karposh.

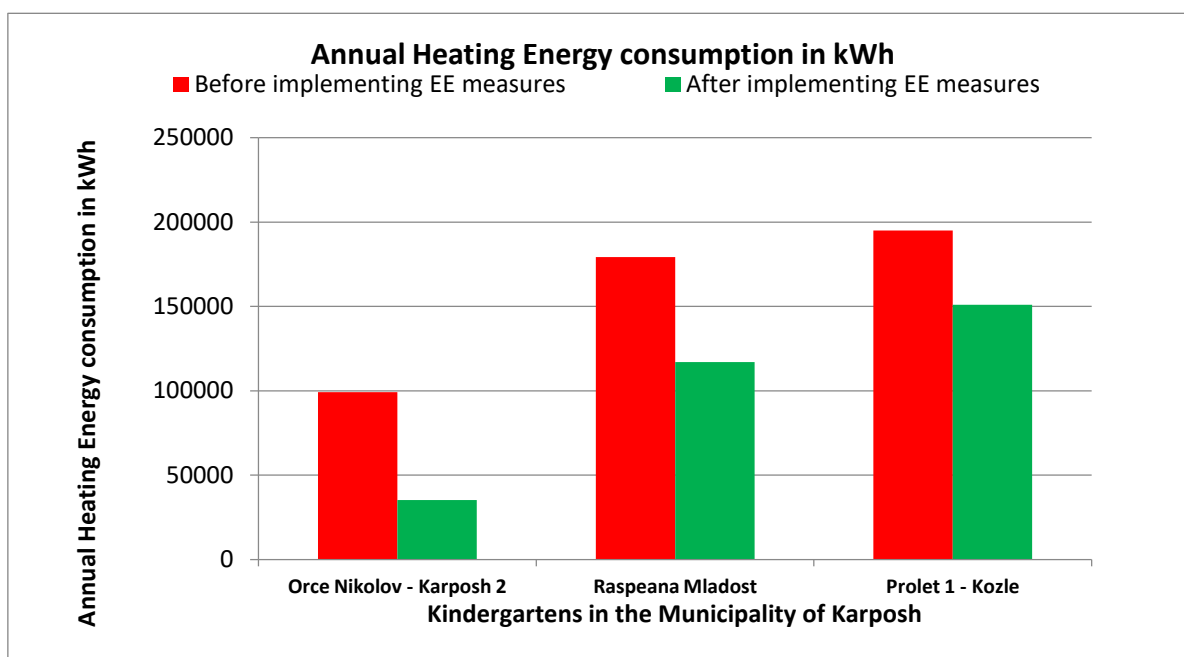


Figure 8 - Annual Heating Energy Consumption in kWh before and after implementing EE measures in three kindergartens in the Municipality of Karposh

Milica Kostić

Faculty of Electronic Engineering, Niš

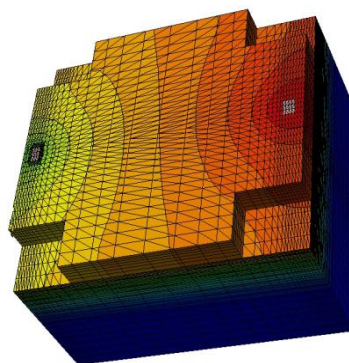
milica.kostic@sicef.info

OPTIMAL DESIGN OF A SILICON CRASS-SHAPED HALL PLATE FOR MAXIMUM SENSITIVITY OF INTEGRATED MAGNETIC SENSORS

ABSTRACT

A magnetic sensor is transducer which converts the magnetic field into an electric signal. Many integrated magnetic sensors use a Hall plates as sensitive element formed by a N-type diffused areas in a P-type silicon substrate of CMOS technology. In spite of relatively large offset and temperature drift, the Hall plates remain a popular magnetic field sensing device in integrated circuits due to their easy integration with other electronic blocks on silicon chips. The different shaped Hall plates exhibit different magnetic sensitivities. In this work, the sensor performance of a particular cross-shaped silicon Hall plate is studied using a three-dimensional magnetic device simulator ATLAS (SILVACO). The optimum design of crass-shaped Hall plate is found in simulations which yields the largest Hall voltage and hence, the highest magnetic sensitivity.

Keywords: *Magnetic, Hall plate, integrated, silicon sensor*



The 3-D potential distribution in cross-shaped Hall Plate

1. INTRODUCTION

Integrated silicon sensors based on a Hall effect belong to the order of special electromagnetic sensors. There are many types of Hall sensors, depending on their geometry, i.e. from the shape of the plate. In this paper, the silicon magnetic sensors with a cruse plate as the most suitable for simple electrode installation is analyzed using numerical device simulation.

2. THE 3-D SIMULATION OF HALL SENSOR PLATES

The research was carried out using the three-dimensional (3-D) numerical device simulator Atlas from SILVACO. Atlas is used as the most compatible option for presenting the desired structures and characteristics.

Fig.1 shows the 3-D potential distribution in N-type silicon Hall plate that is embedded in P-type substrate. Two sensor examples are shown with different plate thicknesses (0.5 μm and 1 μm) and

with and without influence of perpendicular magnetic field $B=1\text{T}$. As expected the iso-potential lines are clearly deformed by the influence of magnetic field inducing the potential difference across the direction normal to the current flowing between the biasing metal contacts.

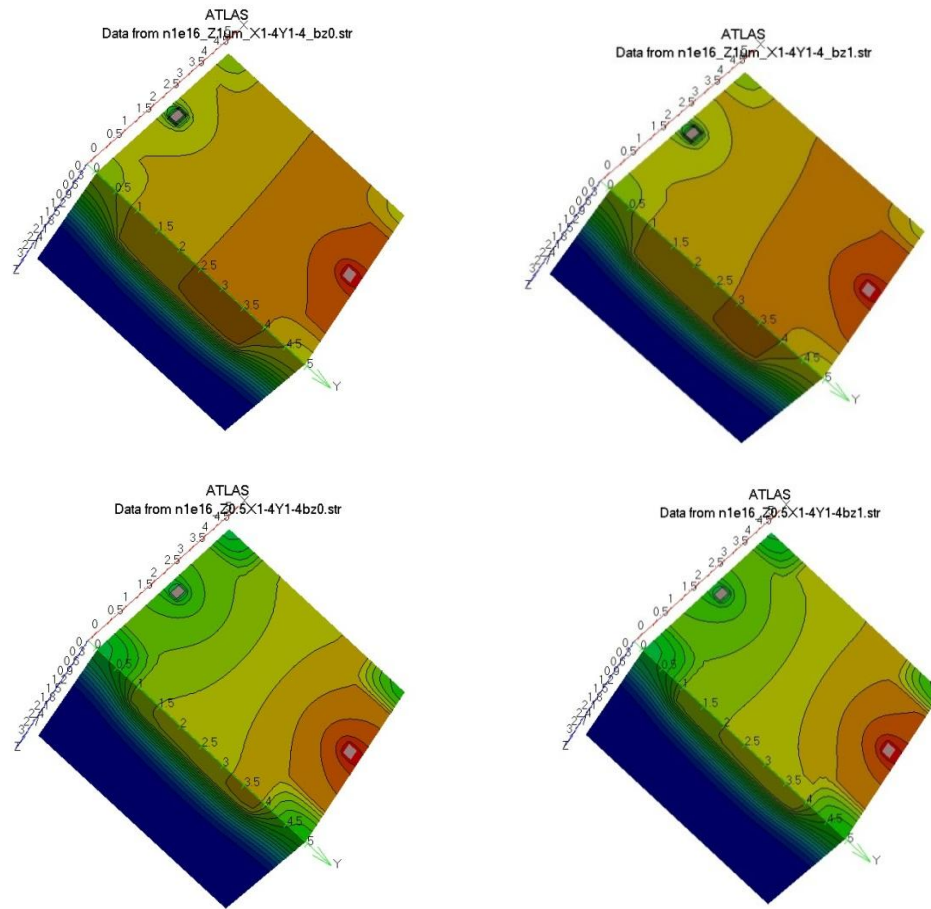


Figure 1: Potential distribution in symmetric Hall sensors. Upper sensor without and with magnetic field $B=1\text{T}$ and thickness $1\mu\text{m}$ (Z-axes); Lower sensor without and with magnetic field $B=1\text{T}$ and thickness $0.5\mu\text{m}$ (Z-axes);

In these simulations, the values of Hall coefficients for holes and electrons was 0.8 and 1.2, respectively. The P-type silicon substrate had the impurity concentration $1\text{E}16\text{cm}^{-3}$. The biasing voltage was changed from 0V to 1V with a step of 0.05. Fig.2 shows the variation of Hall voltage with different geometry and two thicknesses ($0.5\mu\text{m}$ and $1\mu\text{m}$) of cross-shaped sensor plate and for constant perpendicular magnetic field $B=1\text{T}$. The highest Hall voltage and hence the maximum sensor sensitivity in case of $1\mu\text{m}$ and $0.5\mu\text{m}$ thick Hall plates is obtained for cross plates with dimensions for X axis of 1 to 4 μm and for Y axis of 2 to 3 μm , respectively.

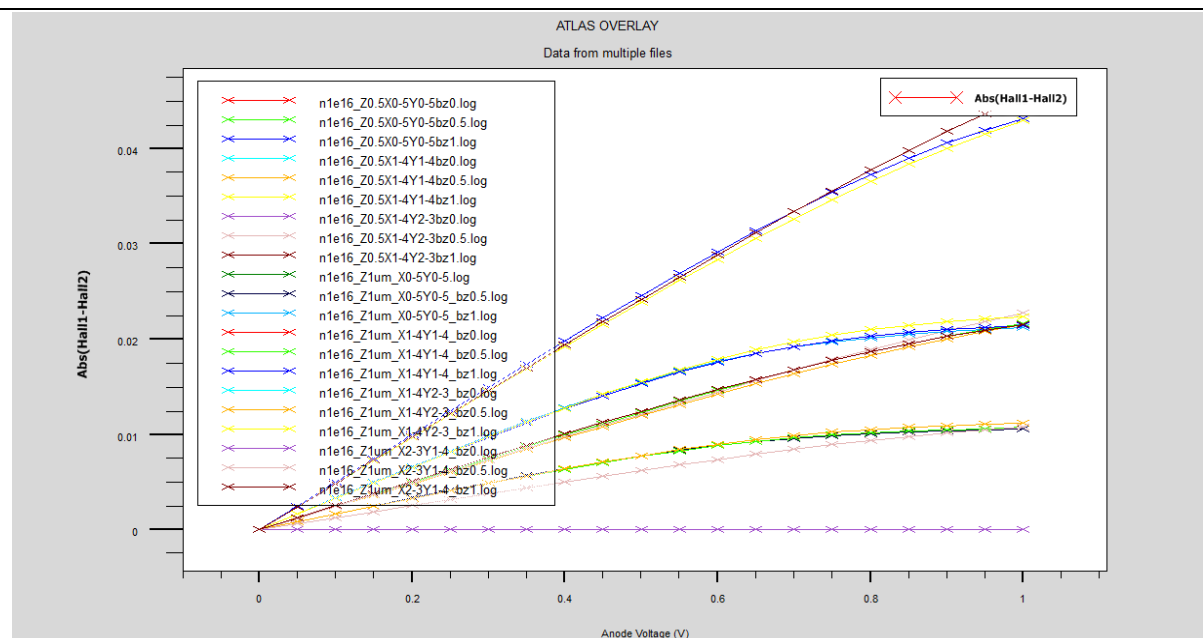


Figure 2: Variation of Hall voltages in relation to the change of the applied biasing voltage. Various cross branches thickness of Hall plates is simulated. The bordered sensors geometry is the square Hall plate with dimensions 5umx5um.

When the anode voltage is fixed to the value of 1V, the Hall voltages expressed in simulation as potential difference of two virtual probes V_{hall1} and V_{hall2} , for different magnetic fields 0T, 0.5T, 1T are presented in Table 1 and in Fig.3.

Table 1. Electrical value of magnetic sensor with cross-shaped silicon Hall plate

V_{anode}	B_z	V_{hall1}	V_{hall2}	$V_{hall1}-V_{hall2}$	Geometry
1	0	0.9036	0.9036	0	X 1-4 Y 1-4
1	0.5	0.8928	0.9143	0.0215	X 1-4 Y 1-4
1	1	0.8818	0.9246	0.0428	X 1-4 Y 1-4

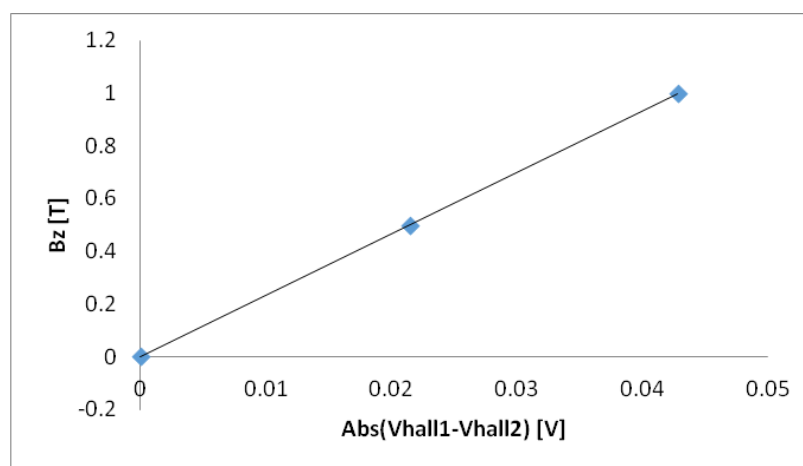


Figure 3: Graph of the Hall voltage versus the strength of the magnetic field

Fig.4 shows the variation of Hall voltage versus magnetic field intensity obtained in simulations of crass plates with different geometry and thicknesses, the same structures as for Fig.2. A linear dependence of Hall voltage with different magnetic field intensities is observed in Fig.4 for all simulated sensor geometries. Most importantly, Fig.4 shows that a twofold higher Hall voltage and sensitivity is obtained in case of thinner Hall plate (0.5um) then the one four in thicker plate (1um).

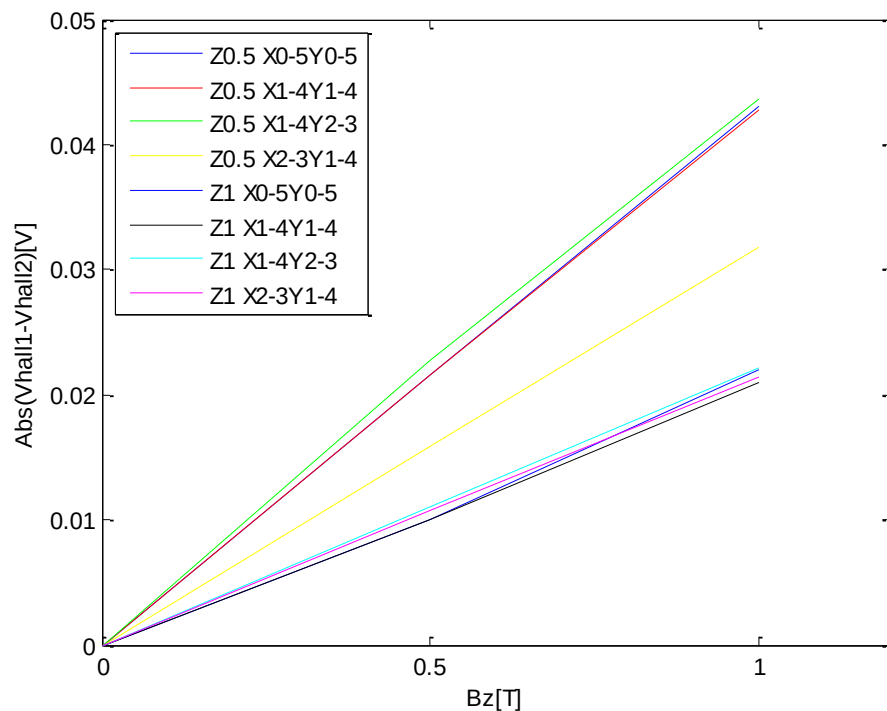


Figure 4. Comparison of the Hall voltages obtained for thick (1um) and thin (0.5um) Hall plates with different geometry of crass branches. The bordered sensors geometry is the square Hall plate with dimensions 5umx5um.

4 CONCLUSION

In conclusions, we have studied the integrated silicon Hall plates by means of commercial numerical device simulator Atlas from Silvaco. It is found that the optimal crass-shaped Hall plate geometry with highest magnetic sensitivity is the one with vertical cross branch width of 1um (along X-axes) and horizontal cross branch width of 3um (along Y-axes). This geometry yields a highest magnetic sensitivity in both cases of thick (1um) and thin (0.5um) Hall plates.

3 ACKNOWLEDGMENT

This paper was done with the help of Prof.Dr Nebojša Janković, from the department of Microelectronisc at the Faculty of Electronic Engineeering in Niš. The author wish sincere express thanks to him support and advices.

4 REFERENCES

- [1] DrMladenPopović, *Senzori i merenje*-četvrtoizdanje, Sarajevo, 2004.
- [2] Prof. drDraganPantić, *Modeliranje i simulacija u mikroelektronici*-drugodopunjenoizdanje, Elektronskifakultet, Niš, 2006.
- [3] Prof. drGoranRistić, *Dozimetrija i dozimetri*, Elektronskifakultet, Niš, 2013.
- [4] Doc. drNenadVeljković, *Kakoradesenzori*, PC PRESS, Beograd, 2017.
- [5] Visokatehničkaškola, *Magnetizam*, Niš, 2012.

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – SKEEOR 2017

Марија Лазаревиќ
Машински факултет, Скопје
marija.lazarevikj@yahoo.com

АНАЛИЗА НА ПРЕНОСОТ НА ТОПЛИНА КАЈ ПЛОЧЕСТ ТОПЛИНОИЗМЕНУВАЧ СО НАНОФЛУИД Al_2O_3 /ВОДА СО ПРИМЕНА НА CFD ТЕХНОЛОГИЈА

КУСА СОДРЖИНА

Плочестите топлиноизменувачи, чија појава датира од 1930-тите поради потребата од високо ниво на хигиенски работни услови во прехранбената индустрија се меѓу најчесто употребуваните уреди за пренос на топлина во многу инженерски и индустриски области благодарение на својата компактност, флексибилност, лесно одржување, едноставна употреба и висока термичка ефикасност. Нивната работа зависи од видот на работен флуид. Потрагата по работен флуид кој дава подобри термички перформанси го насочила научниот интерес кон т.н. нанофлуиди. Tiwari и сор. (2015) експериментално го истражувале преносот на топлина кај плочест топлиноизменувач со нанофлуиди. Во овој труд, со примена на современи нумерички методи е анализирана можноста за интензивирање на преносот на топлина кај истиот противнасочен плочест топлиноизменувач во кој како работен флуид се користи нанофлуид Al_2O_3 /вода, при претходно утврдено оптимално волуменско учество на наночестичките (1%). Притоа, се претпоставува дека нанофлуидот е хомогена смеса. За вреднување на математичкиот модел, добиените резултати се споредуваат со експерименталните податоци добиени од изведба на експеримент што вклучува плочест топлиноизменувач со истата геометрија. Со развиениот нумерички модел на плочестиот топлиноизменувач со примена на CFD технологија може да се предвиди неговата работа со прифатлива прецизност при променливи работни услови (променливи проток, температура на флуидите). Резултатите од симулацијата се користат за пресметка на карактеристиките на пренос на топлина на флуидите, со помош на утврдени пресметковни методи.

Клучни зборови: *плочест топлиноизменувач, нанофлуид, компјутерска динамика на флуиди*

1 ВОВЕД

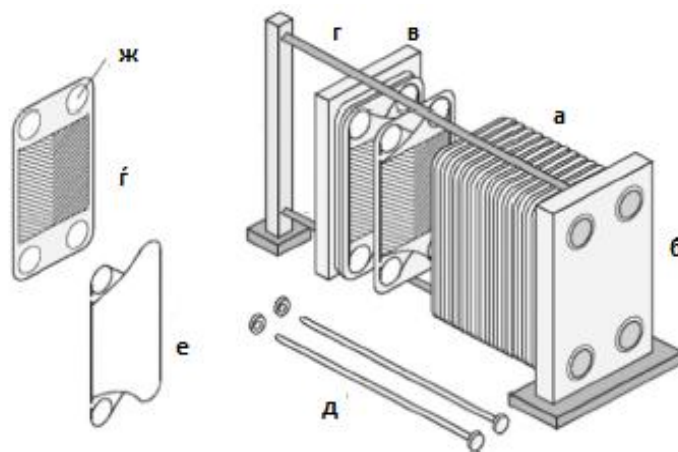
Конзервацијата на енергија е клучна цел на светската економија чии напори се насочени кон намалување на побарувачката на енергија преку унапредување на енергетската ефикасност. Технолошкиот развој, како и интензивирањето на индустриските процеси ја оправдуваат постојаната и сè поголемата побарувачка на поефикасни уреди и системи за размена на топлинска енергија. Топлиноизменувачите, како уреди за пренос на топлина, играат важна улога во многу инженерски апликации како што се енергетските постројки, хемиската и прехранбената индустрија, системите за искористување на отпадна топлина, системите за климатизација и ладење. Унапредувањето на нивниот дизајн е неопходно за постигнување на повисоки термички перформанси на целокупниот систем. Како главно барање при дизајнирањето на топлинските изменувачи се поставува интензивирањето на процесот на пренос на топлина при минимална потребна моќност на пумпата. Развојот и подобрувањето на топлиноразменувачката опрема се главно насочени кон постигнување на енергетски заштеди и заштеди во капиталните инвестиции, преку намалување на енергетските и материјалните трошоци. За да се подобрат перформансите на топлиноизменувачите кои се употребуваат во индустријата и инженерската практика, воведени се повеќе техники за зголемување на коефициентот на пренос на топлина, како главен индикатор за ефикасноста на

топлиноизменувачот. Овие методи опфаќаат предизвикување на турбулентно струење на работните флуиди, проширување на топлиноразменувачката површина со додавање на дополнителни површини – ребра или воведување на прекинати површини – бранови и употреба на работни флуиди со подобри термофизички карактеристики. Според тоа, научниот интерес е насочен не само кон унапредување на индустриската опрема, туку и кон подобрување на термичките својства на работните флуиди што се користат во неа [1,2].

2 ПЛОЧЕСТИ ТОПЛИНОИЗМЕНУВАЧИ

Иновациите поврзани со дизајнот на индустриската опрема понудиле ефикасен и компактен уред наречен плочест топлиноизменувач, којшто е широко распространет на пазарот, благодарение на својата економичност, флексибилност, лесно одржување, едноставна употреба и висока термичка ефикасност. Почетна примена плочестите топлиноизменувачи наоѓале во индустриската опрема за пастеризирана течна храна поради потребата од високо ниво на хигиенски работни услови. Следствено, денес овие топлиноизменувачи најмногу се употребуваат во хемиската и прехранбената индустрија. Плочестите топлиноизменувачи се класифицирани во групата на топлински изменувачи со индиректен контакт бидејќи двата медиума помеѓу кои се разменува топлина се разделени со метална плоча. Во општ случај, се состојат од низа тенки, метални плочи меѓусебно поврзани, кои можат да бидат рамни или профилирани. На краевите на плочите се наоѓаат отвори кои обезбедуваат премини на двата флуида. Плочестите топлиноизменувачи се произведуваат како расклопливи, нерасклопливи и полурасклопливи [1,3].

Најчесто применувана е расклопливата конструкција, особено во прехранбената индустрија каде е потребно често расклопување на топлинскиот апарат заради чистење, дезинфекција или додавање/одземање на топлиноразменувачки површини поради промена на работниот режим. Профилираните плочи со заптивки се притиснати помеѓу фиксна и подвижна плоча (рамка) со помош на завртки, така што по склопувањето се формираат херметички канали (струјни простори меѓу плочите) изолирани еден од друг [1,3,4,5]. Составните делови на плочест топлиноизменувач се прикажани на сл.1.



Слика 1. Основни елементи на плочест топлиноизменувач со расклоплива конструкција

а – пакет плочи; б – фиксна рамка; в – подвижна рамка; г – греда за центрирање на плочите; д – завртки;
ѓ – плоча; е – заптивка; ж – отвор за влез/излез на работен флуид.

3 НАНОФЛУИДИ

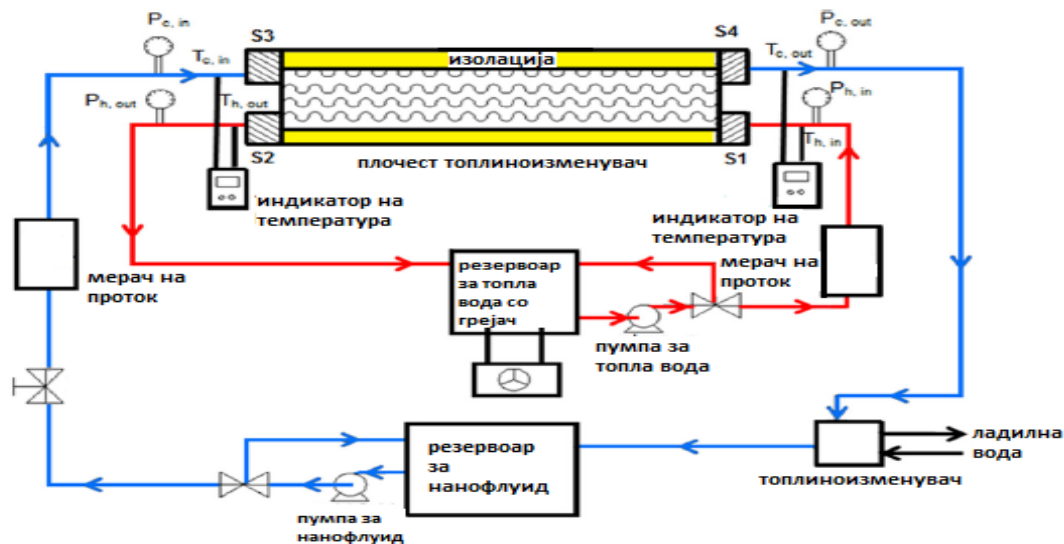
Работата на плочестите топлиноизменувачи не зависи само од геометриската конфигурација, туку и од видот на работниот флуид чијшто избор е од примарно значење при дизајнот на термичкиот систем. Најголемо ограничување на конвенционалните работни флуиди како што се вода, етилен гликол или моторно масло е нивната релативно ниска топлинска спроводливост. Подобрувањето на

конвективниот пренос на топлина и топлинската спроводливост на течностите (конвенционалните флуиди) претходно се постигнувала со додавање на микрочестички во основните флуиди, но брзата седиментација, затнување, ерозија и голем пад на притисок предизвикан од овие честици, ја спречувале нивната практична применливост. Потрагата по работен флуид кој дава подобри термички перформанси во однос на конвенционалните, притоа надминувајќи ги гореспоменатите недостатоци, го насочил научниот интерес кон т.н. нанофлуиди чијшто назив е даден од Choi [6] во 1995 г. Нанофлуидите претставуваат колоидни суспензии на цврсти наночестички со просечни димензии од 1-100 nm во основните флуиди. Како резултат на поголемата топлинска спроводливост, тие придонесуваат кон високоефикасен пренос на топлина. Голем број на експериментални истражувања покажуваат подобрување на преносот на топлина со мал пад на притисок кај плочести топлиноизменувачи при примена на нанофлуиди како работен флуид, наместо вода. Подобрувањето на преносот на топлина со употреба на нанофлуиди се должи на неколку механизми меѓу кои Брауново движење на честичките, седиментација, дисперзија, термофореза, дифузиофореза и др. [7].

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН СИСТЕМ

Tiwarī и сор. експериментално го истражувале процесот на пренос на топлина кај плочест топлиноизменувач со нанофлуид Al_2O_3 /вода за 0,5-3% волуменски удел [7,8]. Тие заклучиле дека 1% е оптимално волуменско учество на Al_2O_3 наночестички во водата, при кое се постигнува максимален пренос на топлина со 19% подобрување на вкупниот коефициент на пренос на топлина во споредба со случај на вода.

Експерименталниот систем (сл.2) се состои од два струјни круга, за ладниот флуид (нанофлуид) и топлиот флуид (дестилирана вода), кои циркулираат со помош на пумпи. За мерење на протоците на двата флуида се користат мерачи на проток, додека температурите на секоја флуидна струја се мерат со високопрецизни термопарови од J – тип лоцирани на влез и излез на соодветните флуидни струи.



Слика 2. Шематски приказ на експерименталниот систем

Во текот на експериментот се мереле 4 крајни температури и протоци на топла вода и нанофлуид во стационарна состојба. Протокот на нанофлуид варираше од $0,000017 \div 0,000068 \text{ m}^3/\text{s}$, додека влезната температура на нанофлуидот била 30°C . Протокот на топла вода изнесуваше $0,000051 \text{ m}^3/\text{s}$ со константна влезна температура од 70°C .

За експерименталните испитувања е користен плочест топлиноизменувач произведен од Alfa Laval India Limited (model M3 FG) чии геометриски карактеристики се дадени во табела 1.

Табела 1. Геометриски параметри на плочестиот топлиноизменувач

Ширина на плочата L_w	100 mm
Вертикално растојание помеѓу центрите на отворите L_w	355 mm
Хоризонтално растојание помеѓу центрите на отворите L_h	60 mm
Дијаметар на отворите D_h	30 mm
Број на плочи N_{cp}	10
Активна топлиноразменувачка површина A	0,3 m ²
Ширина на шара b	2,3 mm
Должина на шара P_c	14,2 mm
Дебелина на плоча δ	0,5 mm
Агол на шара β	30°
Фактор на зголемување на површината ϕ	1,15

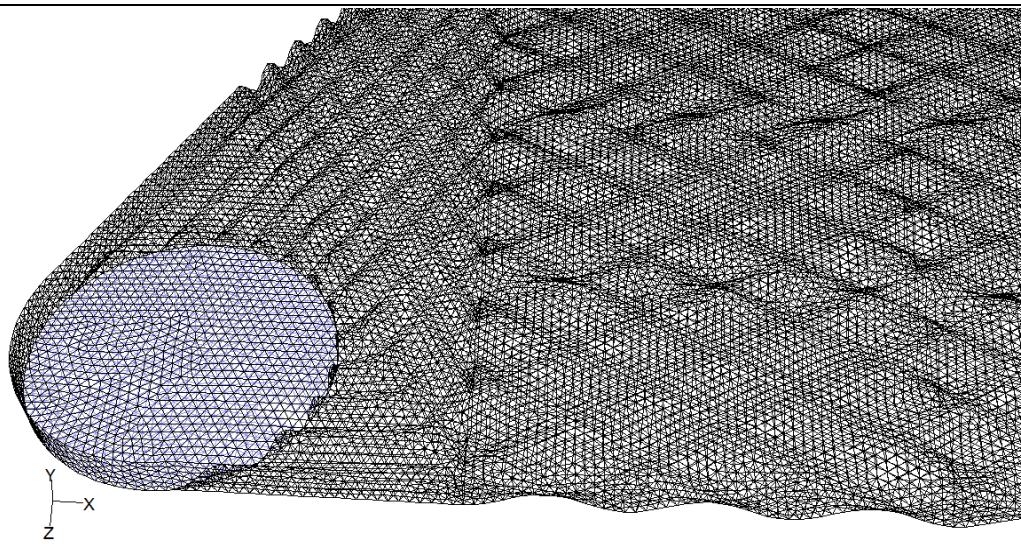
5 МЕТОДОЛОГИЈА

Техниката на компјутерска динамика на флуиди (CFD) претставува моќна истражувачка и инженерска софтверска алатка наменета за моделирање и симулации на термички и струјни процеси.

Со примена на CFD технологија е подготвен тридимензионален модел во улога на виртуелен прототип на плочестиот топлиноизменувач. Оваа геометрија со соодветна нумеричка мрежа е генерирана во претпроцесиращката фаза во предпроцесорот GAMBIT. Како основа за креирање на 3D модел на плочестиот топлиноизменувач се користат геометриските параметри од табела 1 со цел да се постигне реалистичен приказ на геометријата на топлиноизменувачот. Со оглед на постоечките ограничувања, како пресметковен елемент е земен еден репрезентативен елемент на топлинскиот изменувач, составен од две плочи и една флуидна зона, а кој се однесува како топлиноизменувач во целина. На тој начин се моделира струењето на нанофлуидот во просторот помеѓу двете плочи.

По дефинирање на геометријата, следува дискретизација на пресметковниот домен на одреден број контролни волумени (ќелии). Генерирана е неструктурирана тетраедарска мрежа (T-grid) составена од 811540 елементи, со оптимална големина од 1 mm, прикажана на сл. 3. Извршена е контрола на квалитетот на мрежата од која зависи точноста на секоја CFD симулација и дефинирање на граничните површини (влез и излез на нанофлуидот, сидови, флуидна зона).

Изборот на физички модели за одделни процеси и појави се врши во процесирачката фаза. Како процесор се користи софтверот Fluent 6.2. Се активираат моделот за пренос на топлина (energy) и стандардниот $k - \epsilon$ модел за турбулентно струење и се внесуваат граничните услови. Избраните гранични услови за плочестиот топлиноизменувач се дадени во табела 2.



Grid

Sep 11, 2017
FLUENT 6.2 (3d, segregated, ske)

Слика 3. Нумеричка мрежа

Табела 2. Гранични услови

	Гранични услови	Параметри кои се внесуваат
Влез на нанофлуид	Velocity inlet	Брзина, температура, интензитет и хидрауличен дијаметар
Плоча – разделна површина	Wall	Константен топлински флукс Материјал - челик
Излез на нанофлуид	Pressure outlet	Натпритисок, интензитет и хидрауличен дијаметар
Нанофлуид – струен простор	Interior - fluid	Термофизички својства како функции од температурата (p-ки 1-4)

Како материјал на изработка на плочата се дефинира нерѓосувачки челик.

За нанофлуидите како хомогена смеса се дефинираат термофизички својства како функции од температурата според следниве изрази кои ги предвидуваат експерименталните резултати (измерени својства) со доволна прецизност.

$$\rho_{nf} = (1 - \varphi)\rho_f + \varphi\rho_p \quad (1)$$

$$c_{p,nf} = \frac{(1-\varphi)\rho_f c_f + \varphi\rho_p c_p}{\rho_{nf}} \quad (2)$$

$$\lambda_{nf} = \frac{\lambda_f \cdot \lambda_p + 2\lambda_f - 2\varphi(\lambda_f - \lambda_p)}{\lambda_p + 2\lambda_f + \varphi(\lambda_f - \lambda_p)} \quad (3)$$

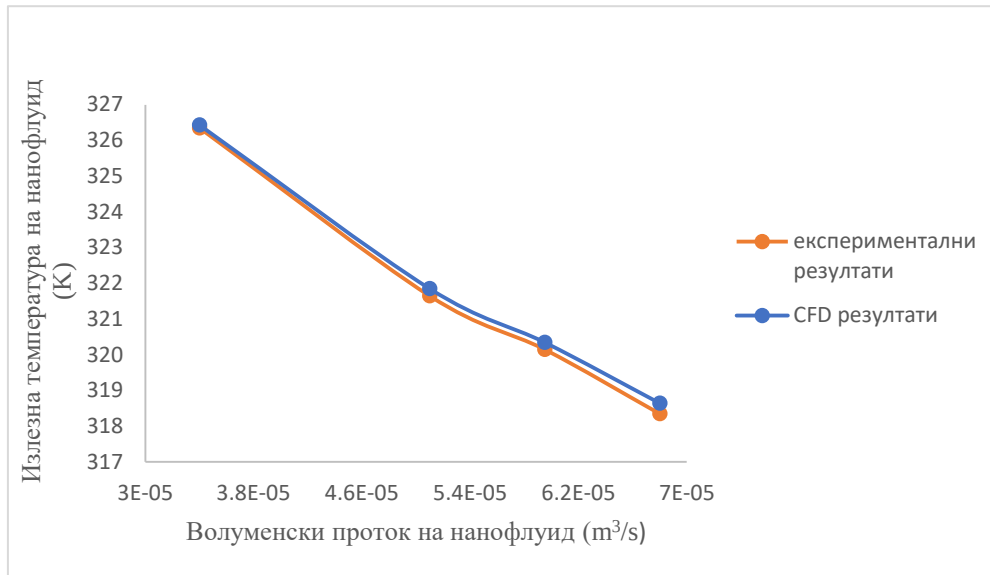
$$\mu_{nf} = \mu_f \frac{1}{1 - 34.87 \left(\frac{d_p}{d_f}\right)^{-0.3} \varphi^{1.03}} \quad (4)$$

каде ρ, c_p, λ, μ се густина, специфичен топлински капацитет, топлинска спроводливост и динамички вискозитет на нанофлуидот (nf), основниот флуид (f) и наночестичките (p), соодветно, φ е волуменски удел на наночестичките, d_p е дијаметар на наночестичка и d_f е еквивалентен дијаметар на молекулата на основниот флуид.

6 РЕЗУЛТАТИ

Како основен параметар за споредба на CFD резултатите со експерименталните податоци е избрана температурата на нанофлуидот на излез од топлиноизменувачот, бидејќи е експериментално измерена и претставува најважен параметар за определување на

карактеристиките на пренос на топлина. Споредбата меѓу експерименталните и CFD резултатите за излезната температура на нанофлуидот во зависност од волуменскиот проток на нанофлуидот е дадена на сл. 4.



Слика 4. Споредба на излезните температури на нанофлуидот

Од дијаграмот може да се забележи дека со зголемување на протокот на нанофлуидот, при константен волуменски проток на топлата вода, се зголемува и излезната температура на нанофлуидот. Трендот на промена на експерименталните резултати е многу сличен со вредностите добиени со нумерички пристап.

Со помош на податоците добиени од CFD анализата и пресметаните термофизички својства на нанофлуидите се пресметуваат карактеристиките на пренос на топлина. Се применуваат следниве изрази:

$$Re = \frac{\dot{m} D_h}{N_{cp} b L_w \mu} \quad (5)$$

$$D_h = \frac{2b}{\phi} \quad (6)$$

$$Q_{nf} = \dot{m}_{nf} c_{p,nf} (T_{nf,o} - T_{nf,i}) \quad (7)$$

$$Nu_h = 0.348 \cdot Re_h^{0.663} \cdot Pr_h^{0.33} \quad (8)$$

$$Pr = \frac{\mu c_p}{\lambda} \quad (9)$$

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{D_h} \quad (10)$$

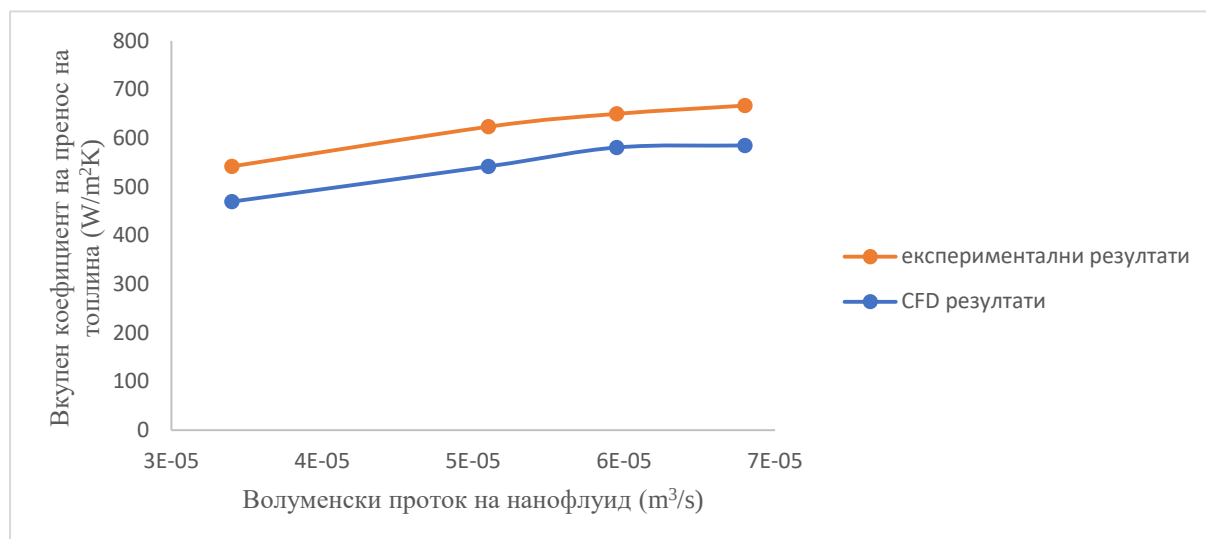
$$k = \frac{Q}{A \cdot LMTD} \quad (11)$$

$$LMTD = \frac{(T_{h,i} - T_{nf,o}) - (T_{h,o} - T_{nf,i})}{\ln \frac{T_{h,i} - T_{nf,o}}{T_{h,o} - T_{nf,i}}} \quad (12)$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_h} + \frac{\delta}{\lambda_{pl}} + \frac{1}{\alpha_{nf}}} \quad (13)$$

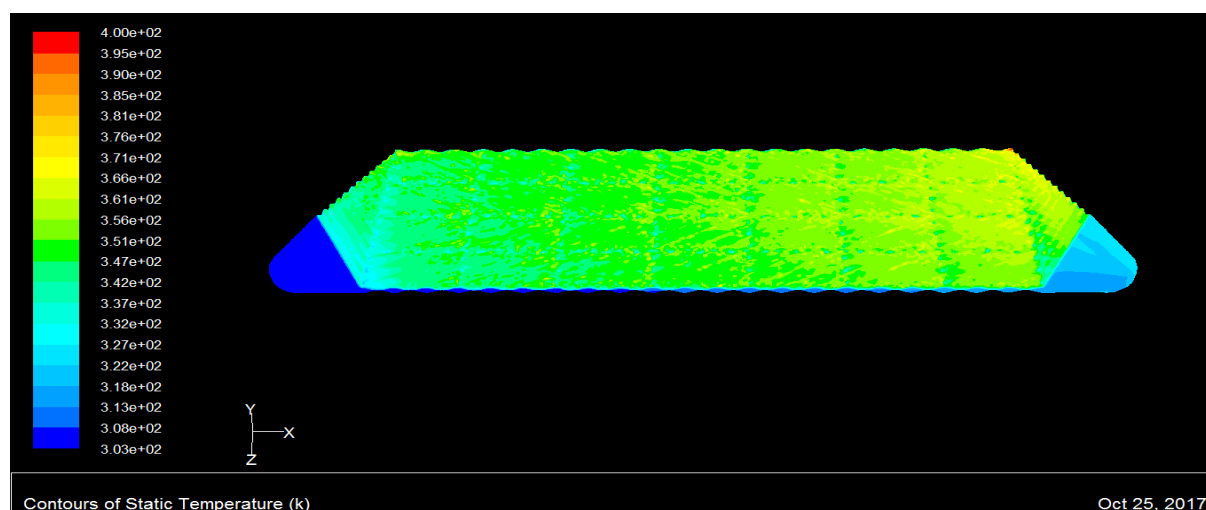
каде Re е Рејнолдсов број, D_h - хидрауличен дијаметар, Q_{nf} - топлина која ја прима нанофлуидот, Nu_h - Нуселтов број за топлиот флуид, Pr - Прантлов број, α - коефициент на конвективен пренос на топлина, k - вкупен коефициент на пренос на топлина и $LMTD$ - средна логаритамска температурна разлика.

Со примена на оваа пресметковна методологија и нумерички добиените резултати, можат да се добијат вредностите на вкупниот коефициент на пренос на топлина, а оттаму и коефициентите на конвективен пренос на топлина од страна на водата и од страна на нанофлуидот, падот на притисок и ефективноста на плочестиот топлиноизменувач. Споредбата меѓу експерименталните и CFD резултатите за вкупниот коефициент на пренос на топлина во зависност од волуменскиот проток на нанофлуидот е даден на сл. 5.

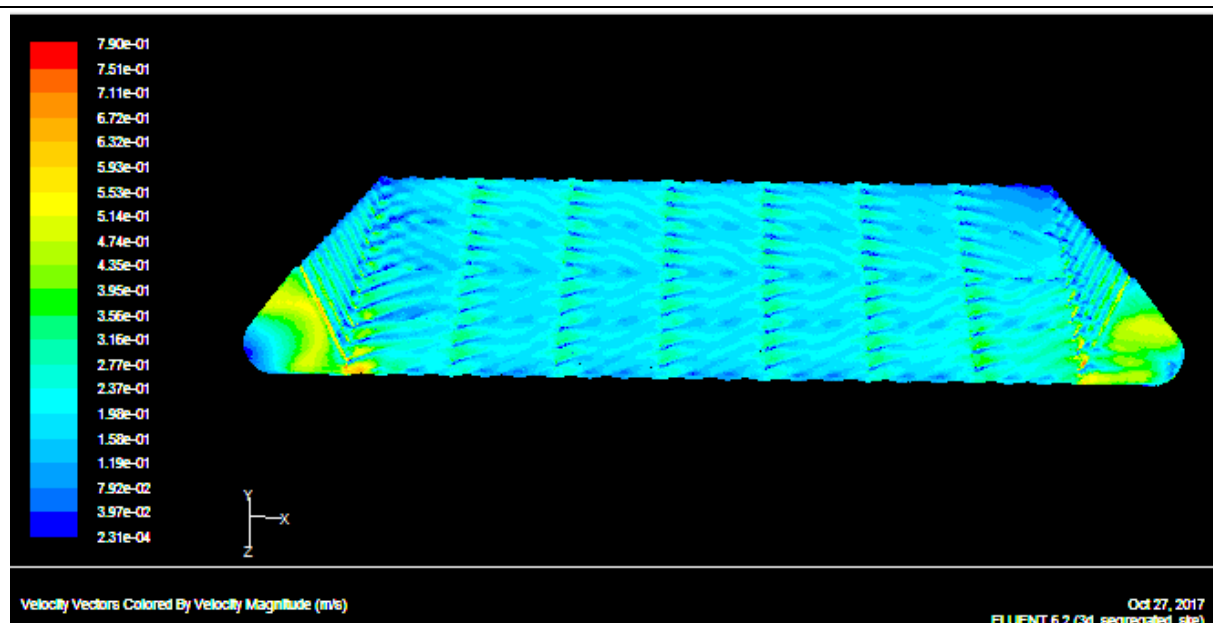


Слика 5. Споредба на вкупниот коефициент на пренос на топлина

Може да се забележи дека резултатите добиени од CFD анализата го следат трендот на промена на експерименталните податоци. Максималната грешка изнесува 12,3%. На сл. 6 и 7 се прикажани полето на температури и полето на брзини за плочестиот топлиноизменувач.



Слика 6. Температурна распределба



Слика 7. Поле на брзини

7 ЗАКЛУЧОК

Во овој труд е разгледана можноста за употреба на нанофлуиди како работни флуиди во плочестите топлиноизменувачи, кои би придеонеле кон високоефикасен пренос на топлина, благодарение на нивната поголема топлинска спроводливост како резултат на присуството на наночестички. Во трудот беше анализирана можноста за проценка на карактеристиките на пренос на топлина кај противнасочен плочест топлиноизменувач во кој како работен флуид се применува нанофлуид, со примена на CFD технологија. За таа цел се употребени софтверските пакети GAMBIT и Ansys Fluent. Од анализата на резултатите може да се заклучи дека со употребата на CFD техника може да се предвидат експерименталните резултати со доволна прецизност.

8 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Kumar V., Tiwari A. K., Ghosh S. K., „Application of nanofluids in plate heat exchanger: A review“, Energy Conversion and Management, 08.09.2015, стр. 1017-1036.
- [2] Elmaaty T., Kabeel A. E., Mahgoub M., „Corrugated plate heat exchanger review“, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 31.12.2016, стр. 852-860.
- [3] Јаћимовић Б. М., Генић С. Б., „Топлотне операције и апарати Део 1: Рекуперативни размењивачи топлоте“, 2004, Београд
- [4] Marriot J., „Where and how to use plate heat exchangers“, Chem. Eng., 05.04.1971, стр.156-162.
- [5] Барановский Н. В., Коваленко Л. М., Ястребенецкий А. Р., „Пластиначные и спиральные теплообменники“, 1973, Москва
- [6] Choi S., „Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles“, ASME FED 231/MD 66, 1995, стр. 99-103.
- [7] Tiwari A. K., Ghosh S. K., Sarkar J., „Performance comparison of the plate heat exchanger using different nanofluids“, Experimental Thermal and Fluid Science, 09.05.2013, стр. 141-151.
- [8] Tiwari A. K., Ghosh S. K., Sarkar J., „Particle concentration levels of various nanofluids in plate heat exchanger for best performance“, International Journal of Heat and Mass Transfer, 19.06.2015, стр. 1110-1118.

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Ана Марија Петроска, Христина Захаријева
Универзитет „Св.Кирил и Методиј“, Машински факултет, Скопје

anna.maria373@hotmail.com

christinezahar@yahoo.com

ИСКОРИСТУВАЊЕ И СКЛАДИРАЊЕ НА НИСКОТЕМПЕРАТУРНА ЕНЕРГИЈА СО ПРИМЕНА НА ТОПЛИНСКИ ПУМПИ**КУСА СОДРЖИНА**

Телата со релативно ниска температура може да содржат значителна складирана енергија во себе. Таквата нискотемпературна енергија, со одредена трансформација, може ефикасно да се користи за греење на објекти. Трансформацијата се одвива со примена на постројки познати како топлински пумпи. Тие, според своите основни составни компоненти и според принципот на работа во ништо не се разликуваат од ладилните постројки, меѓутоа намената им е целосно спротивна, односно топлинските пумпи се наменети за греење наместо за ладење.

Во трудот се изложени теоретските основи на функционирањето на топлинските пумпи. Даден е приказ на можностите за користење на топлински пумпи кај системите за греење. Освен тоа, презентираан е потенцијалот на топлинските пумпи за искористување на нискотемпературна топлина. Посветено е особено внимание на складирањето на енергија, кое помага во совладување на тешкотиите поврзани со усогласување на понудата и побарувачката на енергија, кое на различни начини се практикува со векови, а станува се поважно прашање во енергетиката. Системите за складирање на енергија ќе го зголемат потенцијалот за искористување на обновливите извори на енергија како што се геотермалната и сончевата енергија, како и на т.н. отпадна топлина.

Клучни зборови: обновливи извори на енергија, геотермална енергија, топлинска пумпа, нискотемпературна енергија, енергетска ефикасност

1 ВОВЕД

Енергијата претставува неопходност за постигнување економски развој и за подобрување на квалитетот на животот. Кога станува збор за начинот на користењето на енергијата, поразвиените земји се карактеризираат со релативно голема потрошувачка на енергија по жител, а мала потрошувачка на единица бруто домашен производ (БДП), што до некаде е одраз на фактот дека побогатите ја имаат привилегијата да можат да штедат.. Со оглед на степенот на развиеност, во однос на потрошувачката на енергија во целина, Република Македонија се карактеризира со [1]:

- (1) релативно ниска потрошувачка на енергија по жител, но многу висок енергетски интензитет, односно голема потрошувачка на енергија на единица БДП.
- (2) земјата е силно зависна од увозот на речиси сите видови на енергетски ресурси.

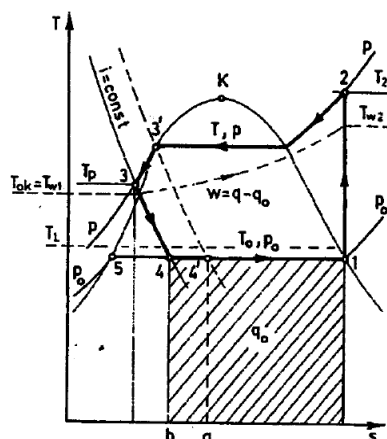
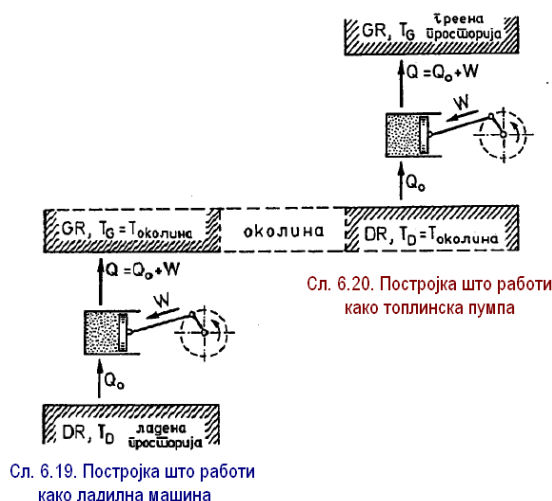
Како еден од трендовите во современата енергетика, се смета дека системите за складирање на енергија ќе го зголемат потенцијалот за искористување на обновливите извори на енергија, како што се геотермалната и сончевата топлина, но и отпадната топлина. Најчесто користени технологии за складирање на топлина и енергија со потенцијал за ладење ("ладнина" или студ) е складирањето на подземна топлинска енергија, Underground Thermal Energy Storage (UTES). Земјата се покажува како идеален медиум за складирање на топлина и студ во големи количини за неколку сезони или години. UTES системи во скандинавските земји најчесто се користат во комбинација со геотермални топлински пумпи, т.н. Ground-Source Heat Pumps (GSHP). Изработени се неколку различни UTES системи и истите се соодветно тестирани. Два

типа на системи за складирање, Aquifer (ATES) и Borehole (BTES), веќе имаат општо прифатлив комерцијален пробив.

2 ТОПЛИНСКИ ПУМПИ - ТЕОРЕТСКИ ОСНОВИ

Термодинамички, топлинските пумпи, како и ладилните постројки, функционираат врз основа на обратни (или леводвижни, левосмислени) кружни процеси, сл. 1 [2]. За одвивање на обратните кружни процеси е неопходно да се вложува работа или да се доведува енергија од надвор во дел на циклусот. Топлината може да преминува од поладно кон потопло тело, но не „сама од себе“, туку само како резултат на вложување компресорска работа (W).

Во суштина, топлинските пумпи и ладилните постројки работат помеѓу два топлински резервоари со константни температури: (1) **долен топлински резервоар** е ладениот простор, од кој се одведува топлина, која ја презема работниот флуид и (2) **горен топлински резервоар** е просторот на кој се предава топлината на повисоко температурно ниво. Вообичаено, работниот флуид испарува на низок притисок при преземањето топлина од ладениот простор, а кондензира на повисок притисок при предавањето топлина кон околината. Температурата на работниот флуид секогаш мора да биде пониска од температурата во просторот од кој се одзема топлина (ладениот простор), а температурата на кондензација t секогаш мора да биде повисока од температурата на просторот во кој се предава топлината. Разликата помеѓу топлинските пумпи и ладилните постројки е само во температурното ниво на одвивање на циклусот и целта. Имено, кај топлинските пумпи целта е преземање топлина од околината и оддавање топлина во просторот што се грее, а кај ладилните постројки топлината се одзема од ладениот простор и се оддава кон околината, сл. 1 [2].



Слика 1. Принципен приказ на функционирање на топлинска пумпа и ладилна постројка и соодветен T,s -дијаграм (дијаграм „температура-ентропија“)

Топлинските пумпи најчесто не се главен извор на топлина во системите за централно греење, но се клучни за оптимизација на работниот режим на другите обновливи извори на енергија, како на пример соларната енергија. Топлинските пумпи може да се централизирани или децентрализирани. Во првиот случај, топлински пумпи со поголем капацитет се поставуваат централизирано и од едно место се регулира нејзината работа, додека децентрализираните топлински пумпи се лоцираат кај потрошувачите, заедно со топлински изменувачи и останатата опрема. За да функционира, процесот има потреба од дополнителен извор на топлинска или електрична енергија. Она што ги прави топлинските пумпи корисни е нивната способност за искористување на отпадната топлина, или на енергијата од околината која во друг случај би останала неискористена. Изворот на топлина треба да биде достапен и соодветен за потрошувачката. Ефикасноста на топлинската пумпа зависи од температурата на топлината која од едната страна е влез во пумпата, а тоа може да влијае врз комплексноста на системот. Како извори на топлина може да се користат воздухот од околината, површинска или подземна вода, земјата или отпадната топлина.

3 ЕФИКАСНОСТ НА ТОПЛИНСКИТЕ ПУМПИ

За оценка на ефикасноста на термичките постројки што функционираат според обратен, левосмислен циклус се користат т.н. ладилен и греен коефициент:

(1) Случај кога циклусот се користи за ладење (ладилна постројка, фрижидер, ...)

Ладилен коефициент = однос помеѓу одведената топлина од ладениот простор Q_0 и вложената работа за одвивање на циклусот W

$$\varepsilon_L = \frac{Q_0}{W} = \frac{Q_0}{Q - Q_0}$$

(2) Случај кога циклусот се користи за греење (топлинска пумпа)

Греен коефициент = однос помеѓу доведената топлина во греениот простор Q и вложената работа за одвивање на циклусот W

$$\varepsilon_g = \frac{Q}{W} = \frac{Q}{Q - Q_0}$$

Ефикасноста, односно степенот на корисност на постројка што работи според обратен кружен процес, ладилна постројка или топлинска пумпа, генерално, се дефинира со т.н. коефициент на перформанси CoP (Coefficient of performance), кој ги обединува претходните параметри ε_L и ε_g .

4 КОМПОНЕНТИ НА ТОПЛИНСКА ПУМПА

Системот за греење со топлинска пумпа ги содржи следните основни компоненти: изворот на топлина, самата топлинска пумпа и системот за дистрибуција и акумулирање на топлината. Топлинските пумпи имаат способност да обезбедуваат повеќе топлинска енергија отколку што трошат механичка, односно електрична енергија за работа на компресор, преку користење на конвекционалниот ладилен циклус, кој апсорбира топлина од околината и ја зголемува до соодветно температурно ниво за греење.

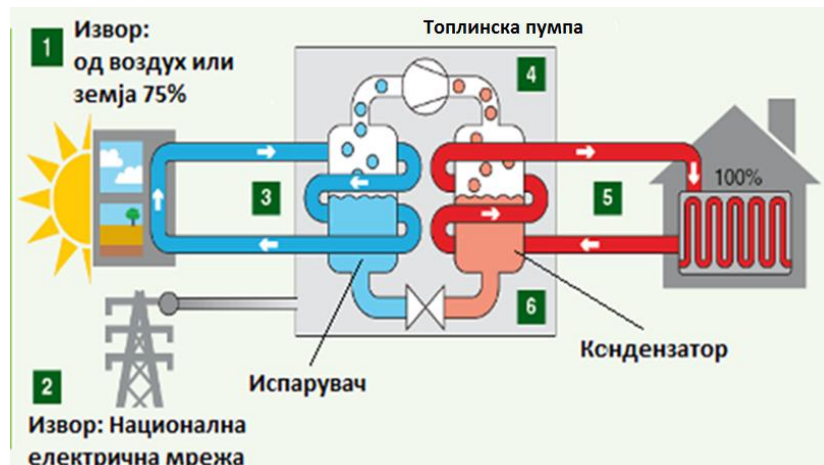


Слика 2. Приказ на внатрешноста на куќиштето на геотермална пумпа со 4 топлински разменуваачи

4.1. Начин на работа на компонентите на топлинската пумпа

Во продолжение се наведени некои основни поставки на функционирањето на топлинските пумпи и нивните компоненти.

Во точка број 1 околу 75% од енергијата се зема од околината т.е. од воздухот или земјата и се пренесува кон топлинската пумпа, потоа околу 25% од енергијата е обезбедена од националната електрична мрежа преку директно вклучување. Оваа енергија е искористена за да оперира со топлинската пумпа за ниска потрошувачка. Во точка 3 енергијата од воздухот или земјата се пренесува на ладилното средство внатре во испарувачот на топлинската пумпа. Ова предизвикува зголемување на температурата на ладилното средство и промена на агрегатната состојба од течна во гасна. Ладилниот гас потоа се компресира, со посредство на електрично погонувачен компресор, притоа намалувајќи го неговиот волумен, а покачувајќи ја значително неговата температура. Топлинскиот изменувач (кондензатор) ја одзема топлинската енергија од загреаното ладилно средство за загревање на водата за централно греење, подно греење или пак санитарна топла вода. После ослободување на својата топлинска енергија ладилното средство се претвора во течност и е способно повторно да ја апсорбира енергијата од околината, овозможувајќи на процесот да започне одново.



Слика 3. Сливот принцип на работа на топлинска пумпа

4.2. Топлински пумпи во склоп на термички системи за греење и ладење

Земјата акумулира огромна количина на соларна енергија од соларната радијација и дождот. За одземање на оваа енергија земјените колектори кои содржат флексибилни полиетиленски цевки се закопани во земјата, поставени хоризонтално или вертикално. Смесата на вода и фреон (ладилно средство) циркулира низ цевките преземајќи ја топлинската енергија и предавајќи ја кон топлинската пумпа.

4.2.1. Системи за складирање на нискотемпературна енергија

Технологиите за складирање на топлинска енергија (резервоарите) служат за снабдување на топлинскиот конзум во периоди кога нема соодветно производство, како и за справување со флукуациите на производството од обновливи извори. Постојат различни технологии за складирање на топлинската енергија:

- Складирање на сензибилна топлина: се користи топлинскиот капацитет на материјалот. Најчесто се користи вода заради високиот специфичен топлински капацитет, но и затоа што е нетоксичноста и релативно евтина.
- Складирање на латентна топлина: се користи латентната топлина на материјалот која се ослободува при промена на неговата агрегатната состојба, при константна температура. Најчесто се користат материјали која ја менуваат агрегатната состојба (анг. phase change materials (PCM)).
- Термохемиско складирање на топлина: се користи топлината складирана во реверзибилните хемиски реакции.
- Сорпциони технологии: се користи топлината од адсорпција или апсорпција на парови материјали како зеолит/вода (адсорпција) или литиум бромид/вода (апсорпција).

Резервоари за краткорочно складирање на топлинска енергија

Постојат разни видови на резервоари за краткотрајно складирање на топлината. Нивната примена овозможува оптимизација на работниот режим на топлинските извори. Најчесто користен е челичниот резервоар (TTES) кој се изработува од нерѓосувачки челик.

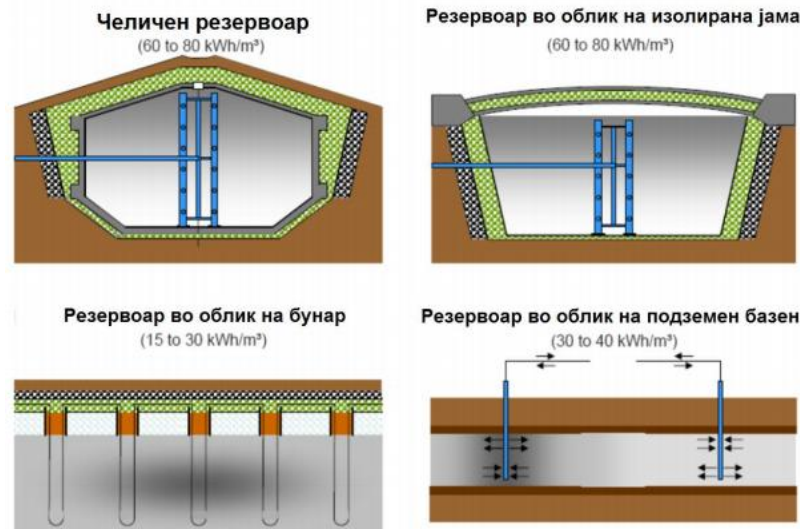
Водата е најчесто користениот медиум за складирање на топлинска енергија при температури помали од 100°C. Под притисок, таа може да се користи и за складирање на енергија чија температура е повисока од 100°C. Водата се користи поради предностите кои ги има во однос на другите материјали - не е токсична, евтина е и има висок специфичен топлински коефициент - околу 4,18 kJ/(kgK). Топлинскиот капацитет на водата е поголем е од топлинскиот коефициент на другите релативно евтини материјали како песок, железо или бетон.

Резервоари за сезонско складирање на топлинска енергија

Резервоарите за сезонско складирање на топлинска енергија (сезонски резервоари) се користат за балансирање на понудата и побарувачката на сезонско ниво, т.е. од една во друга сезона. Во нив се складира топлинската енергија произведена во лето од соларните термални колектори, со што се овозможува нејзино искористување во зима.

Во продолжение се наведени некои примери за технологии кои се користат кај резервоарите за сезонско складирање на топлинска енергија:

- Резервоар во облик на изолирана јама (анг. Pit thermal energy storage - PTES): Дронинглунд, Марстал, Грам (Данска)
- Резервоар во облик на бунар (анг. Borehole thermal energy storage - BTES): Бредскуп (Данска)
- Резервоар во облик на подземен базен (анг. Aquifer thermal energy storage - ATES)



Слика 5. Технологии кои се користат кај резервоарите за сезонско складирање на топлинска енергија

5 ЗАКЛУЧОК

Топлинските пумпи, во најголем дел, покажуваат вредности блиски но и еднакви во однос на очекуваното ниво на ефикасност, барем за учесниците на програмата C & RD / ConAug. Перформансите на оваа опрема покажуваат постојана редуција на просторот кои го зафаќаат уредите дури и во областите каде што се потребни значителни количини на дрвна топлина, исто така, го неутрализираат оптовареното греење. Исто така, треба да биде истакнат фактот дека повеќето од топлинските пумпи што се разгледуваат во оваа студија не вклучуваат многу напредни компресори и контроли сега недостапни или под развој. Затоа, во природата на овие заклучоци јасно доминира постоечката опрема и технологии со користење на еднофазни компресори. Во иднина програмите ќе мора да се осврнат кон новите технологии како што индустријата оди кон поефикасна опрема и алтернативни ладилни средства како одговор на федералните овластувања. Ако ништо друго, овие потези би ја направиле инсталацијата и спецификациите на опремата во програмата за комунални услуги се поприфатливи и поверодостојно би ја испорачувала квалитетната опрема.

6 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Dimitrov K., Filkoski R. V., et al., *Implementation plan for the energy efficiency strategy of the Republic of Macedonia*, E&E regional energy security and market development project, Prepared with USAID funding by MACEF, TimelProekt, Alliance to Save Energy and IRG, Skopje, 2010
- [2] Блажевски Атанас, Термодинамика, трето издание, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, 2006
- [3] Черепналковски Илија, Ладилна техника, основен универзитетски учебник, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, 1995
- [4] Cherepnalkovski Ilija, *Modern Refrigerating Machines*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1991
- [5] Ciconkov Risto, *Refrigeration: Solved Examples*, ASHRAE, 2004
- [6] Effective Utilization of “Heat” = Trump Card to Improve Energy Efficiency 20.10.2017
[https://www.hptcj.or.jp/Portals/0/english/Learning/%E2%97%8BCase%20study%20of%20heat%20pump%20introduction%20to%20the%20industrial%20sector\(Food%20sector\).pdf](https://www.hptcj.or.jp/Portals/0/english/Learning/%E2%97%8BCase%20study%20of%20heat%20pump%20introduction%20to%20the%20industrial%20sector(Food%20sector).pdf)
- [7] Bo Nordell, Mohamed Grein, Mohamad Kharseh, *Large-scale Utilisation of Renewable Energy Requires Energy Storage*, <http://large.stanford.edu/courses/2013/ph240/lim1/docs/grein.pdf>
- [8] Solar Energy Utilization: Fundamentals and Applications, 21.10.2017
https://books.google.mk/books?id=A0LvCAAAQBAJ&pg=PA453&lpg=PA453&dq=Utilisation+and+storage+of+low-temperature+energy+with+application+of+heat+pumps&source=bl&ots=RPB-e-WR-i&sig=7o406dkFB0_iCpz5S2QB5zz_TIM&hl=en&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Utilisation%20and%20storage%20of%20low-temperature%20energy%20with%20application%20of%20heat%20pumps&f=false
- [9] Доминик Руц, Кристијан Дошекал, Мортен Хофмајстер, Лин Лаурберг, Мали модулари системи за централно греење и ладење базирани на обновливи извори на енергија, http://www.coolheating.eu/images/downloads/D4.1_Handbook_MK.pdf, 22.10.2017

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Христина Захаријева, Ана Марија Петроска
Универзитет „Св.Кирил и Методиј“, Машински факултет, Скопје
christinezahar@yahoo.com anna.maria373@hotmail.com

**ПОДОБРУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКАТА ЕФИКАСНОСТ НА ТЕРМИЧКИТЕ СИСТЕМИ
СО ПРИМЕНА НА КОНДЕНЗАЦИСКИ КОТЛИ**

КУСА СОДРЖИНА

Фосилните горива учествуваат со околу 80 % во покривањето на потребите за примарна енергија во светот и таквата состојба веројатно ќе потрае и во наредните децении. Со оглед на важноста на енергетската конверзија на горивните материји, се повеќе се проучуваат можностите за нивно поефикасно користење, со цел енергетските трансформации да се направат поефикасни и да се намали негативното влијание врз животната средина. Во котелските постројки се одвиваат некои од базичните процеси на енергетска конверзија - согорувањето и преносот на топлина од продуктите на тој процес кон работниот флуид. Кондензациските котли се водогрејни или парни котли конструирани така што да овозможат кондензација на водната пара содржана во продуктите на согорувањето, со цел делумно или целосно да се искористи латентната топлина на кондензација, односно горната топлинска моќ на горивото. Во трудот се изложени теоретските основи на функционирањето на кондензациските котли и споредбена анализа помеѓу ефикасноста на кондензациските, нискотемпературните и други водогрејни котли, претежно наменети за системи за греење. Прикажани се предностите и можностите за подобрување на ефикасноста на термотехнички системи со примена на котли што функционираат во кондензациски работен режим.

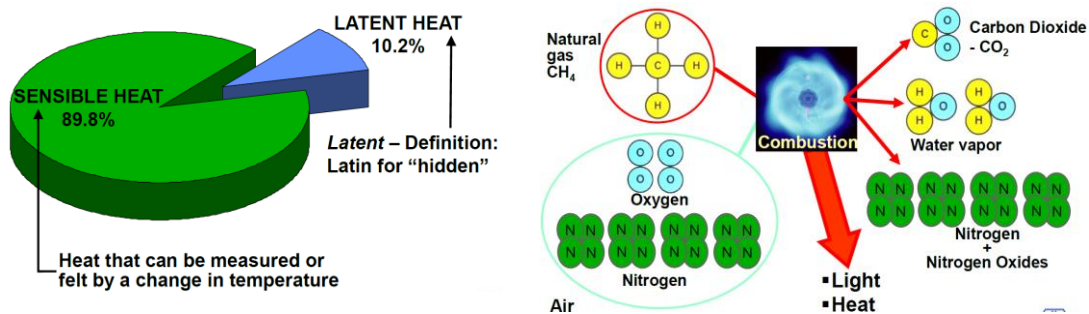
Клучни зборови: енергија, кондензациски котел, енергетска ефикасност, гориво, топлинска моќ, јаглеводородни соединенија

1 ВОВЕД

Кондензациските котли се конструирани така што да овозможат кондензација на водната пара содржана во продуктите од согорувањето, со цел, покрај хемиската енергија на горивото, да се искористи и латентната топлина на кондензација, односно горната топлинска моќ на горивото. Некаде од 1970-тите години во Европа и Северна Америка започнува развојот и се пошироката примена на котли коишто функционираат во т.н. кондензациски режим [1].

Со снижување на температурата на грејните површини под температурата на оросување, доаѓа до кондензација на водената пара која е содржана во чадните гасови, при што се искористува топлината на кондензација на водената пара [2-4]. Од причини што горивата кои се користат во постројките за согорување имаат различен состав, температурите при кои се појавува кондензација на H_2O , се различни, за различни горива. За природен гас, температурата на кондензација е околу $57^{\circ}C$, а за нафта е $47^{\circ}C$.

Претпоставка за искористување на латентната топлина во излезните гасови е горивото да содржи H_2 и/или јаглеводородни соединенија C_mH_n , при што со согорување се добива H_2O . Поголема содржина на водород и C_mH_n во горивото значи повеќе расположлива латентна топлина во продуктите од согорувањето, која во случајот на природен гас изнесува над 10%, а во случај на втечен нафтен гас (ТНГ) 12-14% од вкупната расположлива енергија на горивото, сл. 1 [2].



а) шематски приказ на енергијата содржана во продуктите на согорувањето на природен гас; б) графичка илустрација на согорување на природен гас

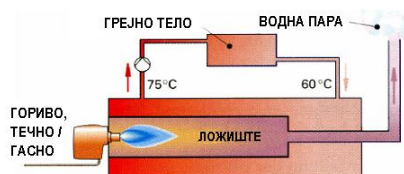
Кај конвенционалните котли, латентната топлина содржана во водената пареа се исфрла со продуктите од согорувањето. Кондензациските котли ја регенерираат таа латентна топлина со кондензација на водена пареа и пренесување на топлината назад во влезната вода или со користење за други потреби. Со овој процес на кондензација на водена пареа ефикасноста на котелот се подобрува дури за 10-14% во зависност од видот на горивото.

2 ПРИНЦИП НА ФУНКЦИОНИРАЊЕ НА ПАРНИ И ВОДОГРЕЈНИ КОТЛИ ВО КОНДЕНЗАЦИСКИ РЕЖИМ

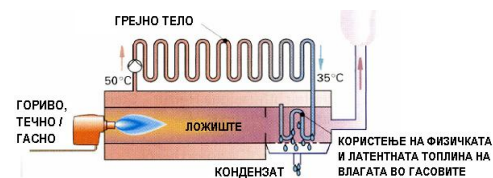
2.1 Искористување на горната топлинска моќ на горивата

Долна топлинска моќ (нето калорична вредност) е топлина што се ослободува при целосно согорување на 1 kg или 1 m³ гориво, кога продуктите од согорување се оладуваат до референтната температура при константен притиок, без искористување на топлината на кондензација на H_2O (водната пара во гасовите не кондензира) [6].

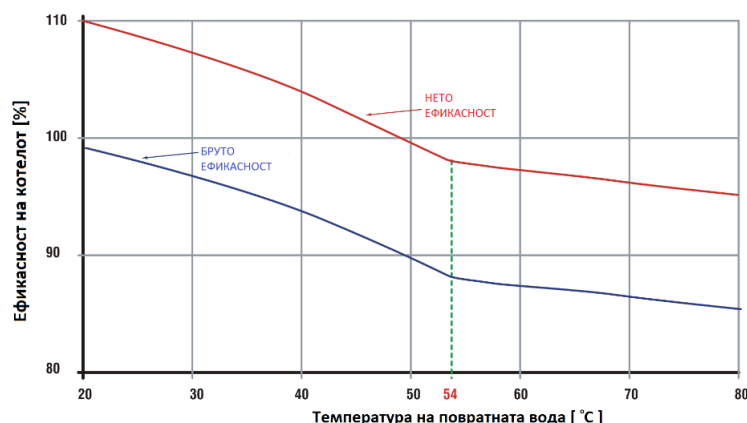
Горна топлинска моќ (брuto калоричната вредност) е топлина што се ослободува при целосно согорување на 1 kg или 1 m³ гориво, со дополнително искористување на топлината на кондензација на H_2O (водната пара од гасовите кондензира) [6].



Слика 2. Искористување на долната топлинска моќ на горивото [5]



Слика 3. Искористување на горната топлинска моќ на горивото [6]

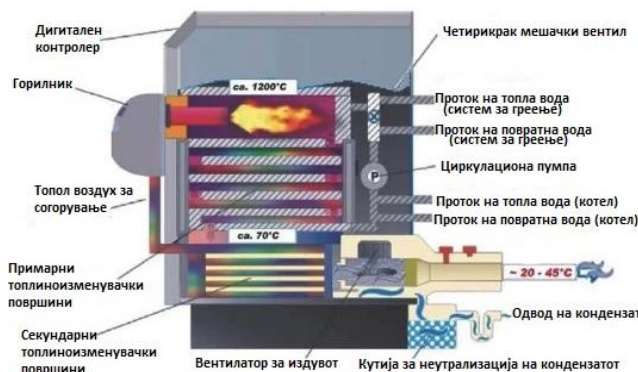


Слика 4. Зависност на ефикасноста на котелот од температурата на повратната вода со две споредбени криви (1 - искористување на брuto топлинската моќ, 2 - искористување на нето топлинската моќ)

Долната топлинска моќ ја покажува количината на сензитивна топлина во продуктите од согорувањето, но не и латентната топлина на водената пареа. Горната топлинска моќ, дополнително ја содржи енергијата од кондензација на водената пареа содржана во продуктите од согорувањето, т.е. топлината на кондензација

2.2 Компоненти на кондензациски котел

На сл.5 е прикажан пресек на еден тип кондензациски котел. Сите делови на комората се опкружени и ладени со вода. Потисниот вентилатор обезбедува довод на воздух и одржување соодветен притисок во ложишниот простор за да се одржува регуларен и константен пламен. Отпадните гасови се водени помеѓу позиционираните процепи околу водениот простор на котелот и како резултат на тоа се постигнува оптимален пренос на топлина.



Слика 5. Конструктивен изглед на современ кондензациски котел со составните компоненти

Низ пластичниот топлиноизменувач има струење на свеж воздух предизвикано од страна на вентилаторот на горилникот. Топлите отпадни гасови струјат во обратна насока со одредена брзина околу цевките на топлиноизменувачот и предаваат топлинска енергија на воздухот, со што се подобруваат условите за согорување и ефикасноста на котелот. Во исто време, дел од латентната топлина содржана во H_2O се предава на воздухот за согорување. На овој начин, температурата на гасовите се снижува за околу $100^{\circ}C$ споредено со конвенционалните котли. Кондензатот што се создава се неутрализира до pH вредност 7, и како безопасен може да оди во системот за дренажа.

Потисниот вентилатор има две функции: да обезбеди соодветен притисок во комората за согорување и струење на продукти од согорувањето низ гасните канали и надвор од котелот, преку оцакот во околината. За да се овозможи непрекината циркулација на загревната вода низ котелот и да се спречи опаѓање на температурата на повратната вода под точката на роса на гасовите, се инсталира циркулациона пумпа и четирикрак мешачки вентил. Во котелот постои сензор за температура кој ја меморира последната температура на водата и го информира дигиталниот контролер. Регулацијата на минимум/максимум температура е пресудна за моментот на вклучување и исклучување на пламеникот.

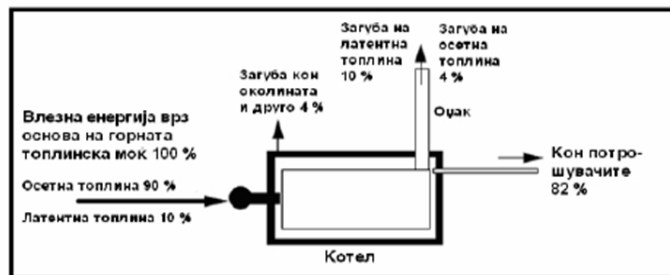
3 ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ НА КОНДЕНЗАЦИСКИТЕ КОТЛИ

3.1 Топлински загуби кај котелски единици кои функционираат во кондензациски режим

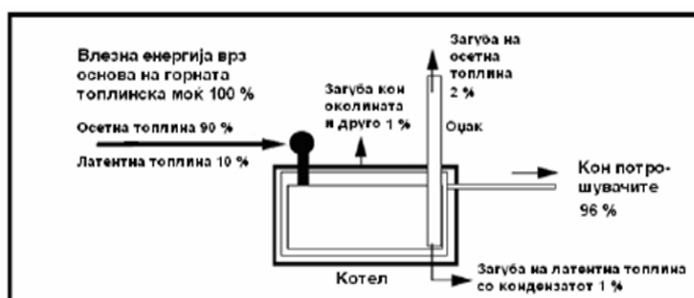
Кај кондензациските котли, со соодветно димензионирани нискотемпературни грејни површини, се постигнува температурата на излезните гасови да биде пониска од точката на кондензација на водената пара содржана во гасовите. Со тоа се овозможува искористување на латентната топлина што се ослободува при кондензирање на парата и следствено, се постигнува значително покачување на термичкиот степен на корисност на котелот. Доколку долната топлинска моќ се земе како основа за пресметка, ефикасноста на котелот може да се приближи до 100%. Освен тоа, одредени штетни материи како што се CO_2 , NO_x , цврсти честици и др., од продуктите од согорувањето, може делумно или дури и целосно да се растворат во настанатиот кондензат, што значи дека кај кондензациските котли, при исти

услови на согорување, емисијата на штетни материи кон околината може да биде значително редуцирана во споредба со класичните котли.

Најголемата енергетска загуба кај котлите во принцип е загубата со излезните гасови, поради што пошироката примена на кондензациските котли претставува потенцијал за големо покачување на ефикасноста на системите за греење и индустриските термички системи. Други позначителни загуби се јавуваат поради оддавање топлина кон околината со конвекција и зрачење, поради неефикасно согорување, поради несоодветна подготовка на водата итн.



Слика 6. Графички приказ на енергетскиот биланс кај конвенционални котли (степенот на корисност е сметан во однос на горната топлинска моќ на горивото)



Слика 7. Графички приказ на енергетскиот биланс кај кондензациските котли

3.2 Споредба на степенот на корисност на кондензациските со останатите котли

Кондензациските котли ја постигнуваат својата поголема ефикасност со кондензација на поголемиот дел од водената пара во излезните гасови. Кога природниот гас согорува во котелот, приближно 90% од енергијата содржана во горивото се претвора во сензибилна (осетна) топлина (топлина што предизвикува промена на температурата) и приближно 10% се претвора во латентна топлина (топлина којашто ја менува агрегатната состојба). Оваа латентна топлина се складира во водената пара која е нус-производ на процесот на согорување.

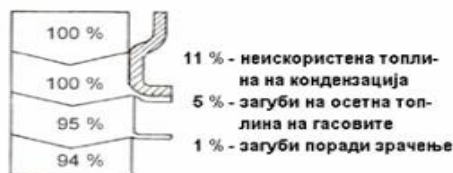
Потенцијалните подобрувања на ефикасноста со примена на кондензациски котли во термичките системи може да се постигнат само ако котелот работи во режим на "кондензација". Режимот за кондензација се постигнува кога температурата на повратната вода во котелот е под точката на роса на водената пара во излезните гасови.

Производителите на кондензациони котли потврдуваат дека може да се постигне степен на корисност и до 96-98%, споредено со конвенционалните котли кои најчесто достигнуваат степен на корисност од 70 до 80% [2, 7, 8]. Кај производителите постои дилема во врска со температурата на кондензација на отпадните гасови, но во секој случај и при делумна кондензација, кондензационите котли се поефикасни од конвенционалните и со помали емисии на отпадни честички придонесуваат за намалено загадување на околината. Кондензациските котли овозможуваат поголема годишна искористливост на топлинскиот уред во споредба со нискотемпературните и, уште повеќе, во споредба со конвенционалните котли.

НИСКОТЕМПЕРАТУРЕН КОТЕЛ

Енергија на горивото
(долна топлинска моќ)

Дополнително искористлива
топлина на кондензација 11 %



КОНДЕНЗАЦИСКИ КОТЕЛ

Енергија на горивото
(долна топлинска моќ)

Дополнително искористлива
топлина на кондензација 11 %



Слика 8. Споредба на ефикасноста на кондензациски котел и на нискотемпературен котел

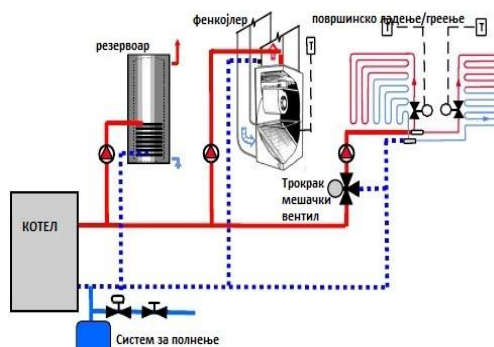
Табела 1. Споредба на ефикасноста на кондензациски котел во однос на ефикасноста на останатите котли (во однос на долната топлинска моќ на горивото)

Тип на котел	Степен на корисност	Енергент
Стандардни(постара изведба)	65 – 72 %	Цврсти горива
Стандардни (комбинирани)	70 – 75 %	Цврсто / течно гориво
Стандардни (едно гориво)	86 – 90 %	Цврсто,течно, гасно гориво
Нискотемпературни	90 – 95 %	Течно и гасно гориво
Кондензациски (пресм. за H_d)	100 – 108 %	Гасно / течно гориво
Котли на биомаса	80 – 95 %	Биомаса

4 ТЕРМОТЕХНИЧКИ ИНСТАЛАЦИИ СО КОНДЕНЗАЦИСКИ КОТЛИ

Во продолжение, на сликата 7 се прикажани некои конструктивни изведби и принципиелни топлински шеми на кондензациски котли.

До пред неколку години, методата на искористување на горната топлинска моќ на горивата била фокусирана на мали кондензациони котли и гасни котли за централно греење и снабдување со топла вода на мали станбени единици и други помали објекти (слика 9). Во меѓувреме, оваа метода се пробила и во поголемите системи, вклучувајќи и термички инсталации од индустриски ранг (слика 10). Новите системи за подно греење и други нискотемпературни системи се соодветни за примена во комбинација со кондензациските котли. Постарите системи со загревни тела со големи димензии кои даваат задоволителен топлински капацитет при пониски работни температури, се исто така соодветни за примена на кондензациони котли.



Слика 9. Конструктивна изведба на кондензациски котел

Слика 10. Термотехнички систем за греење со кондензациски котел

5 ЗАКЛУЧОК

Ефикасноста на котел кој работи на гасно гориво (природен гас или втечен нафтен гас, ТНГ) може значително да се зголеми со вградување на кондензациски топлиноизменувач кој има улога да ја искористи латентната топлина содржана во водената пареа во излезните гасови од согорувањето и голем дел од преостанатата осетна топлина.

Искористувањето на горната топлинска моќ на горивата со помош на кондензациските котли придонесува корисниците да ги намалат вообичаените експлоатациони трошоци, како и емисиите на јаглерод диоксид, со што се намалува загадувањето на животната средина. Редовната употреба на оваа технологија придонесува да се намалат дополнителните трошоци, а периодот на враќање на инвестицијата обично е релативно краток.

Како заклучок, може да се констатира дека, поради потенцијално високите степени на корисност при работењето, со поприфатлива цена, со што се намалува периодот на враќање на инвестицијата, како и намалените емисии на штетни материи во околината, котлите со кондензациски работен режим сериозно влегуваат во игра, како за нови, така и кога станува збор за замена на тари инсталации за греење. Освен тоа, тие се повеќе го наоѓаат своето место и во индустриските термотехнички инсталации.

6 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Introduction to Condensing boilers*, <https://www.automaticheating.com.au/solutions/condensing-boilers-explained/>, последно пристапување на 25.10.2017
- [9] Cooke J., *Condensing boiler technology*, ASHRAE, Seattle, 2005
- [10] Raisch M., *Utilisation of Calorific Value, Expert Report*, LOOS International - The Boiler Company, Gunzenhausen, 2010
- [11] Weishaupt, *Osnove kondenzacijske tehnike, Prirocnik za udelezence*, Max Weishaupt GmbH, Schwendi, Germany, 2001
- [12] Филкоски Р., *Анализа на постоечката состојба на енергетската ефикасност на зградите - Класични извори на енергија, котелски постројки*, Обука за енергетски контролори, Машински факултет, Скопје, 2015
- [13] Петровски И., *Парни котли*, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, 2009
- [14] *Domestic Condensing Boilers - The Benefits and the Myths*, Energy Efficiency Best Practice in Housing, Energy Saving Trust, London, November 2003
- [15] *The Building Regulations 2000*, Approved Document LI, Conservation of Fuel and Power in Dwellings, 2002 Edition, London 2002
- [16] Che D., Liu Y., Gao C., *Evaluation of retrofitting a conventional natural gas fired boiler into a condensing boiler*, Energy Conversion and Management 45, 2004, pp.3251-3266
- [17] Haller M., Konersmann L., Haberl R., Droscher A., Frank E., *Comparison of Different Approaches for the Simulation of Boilers Using Oil, Gas, Pellets or Wood Chips*, 11th International IBPSA Conference, Glasgow, Scotland, July 27-30, 2009
- [18] Филкоски Р., *Енергетски менаџмент*, скрипта со предавања, Машински факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, 2016
- [19] Соколовски В., *Кондензациски котли*, дипломска работа, Машински факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, 2010

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Стојан Спасевски, Живко Кокколоански

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје, Факултет за електротехника и информатички
технологии

stojan.spasevski@outlook.com kokolanski@feit.ukim.edu.mk

АНАЛИЗА НА ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ НА ОБЈЕКТ ОД АДМИНИСТРАТИВЕН КАРАКТЕР

ВОВЕД

Со зголемување на цената на електричната енергија, секоја компанија спроведува мерки со кои што ќе се намалат расходите по основ на енергија. Тие инвестираат во системи што вршат мерење на потрошената енергија (главно електрична енергија) и преглед како таа се искористува во секој момент.

Целта на овој труд е да се покаже дека со мала инвестиција во овие системи на подолг временски период преку спроведување на балансирана потрошувачката на електрична енергија и би се намалиле значително трошоците за истата. Имено, најголем процент од сметката за електрична енергија на компаниите зафаќа максималната ангажирана моќност $P_{\max}$, која што графички се прикажува во зависност од даден временски интервал од еден час, т.н максиграф. Максималната ангажирана моќност може да се намали со балансирана потрошувачка на електрична енергија која се овозможува со распоредување на работата на електричните уреди во различни временски периоди од денот.

Во овој труд се користени податоци од мерења на сите релевантни параметри на електричната енергија добиени од систем поставен во административен објект. Користените мерења се направени во временски период од 12 месеци за да се добие точна временска распределба на потрошената електрична енергија. Со анализата на добиените резултати преку користење на наменски развиен софтвер, изработен е распоред за работа на електричните уреди во зградата. Со ваквото распоредување на работата на електричните уреди се овозможува намалување на расходите по основ на електрична енергија.

Клучни зборови: *Енергетска ефикасност, цена на електрична енергија, систем за мерење енергија, максимална ангажирана моќност, максиграф.*

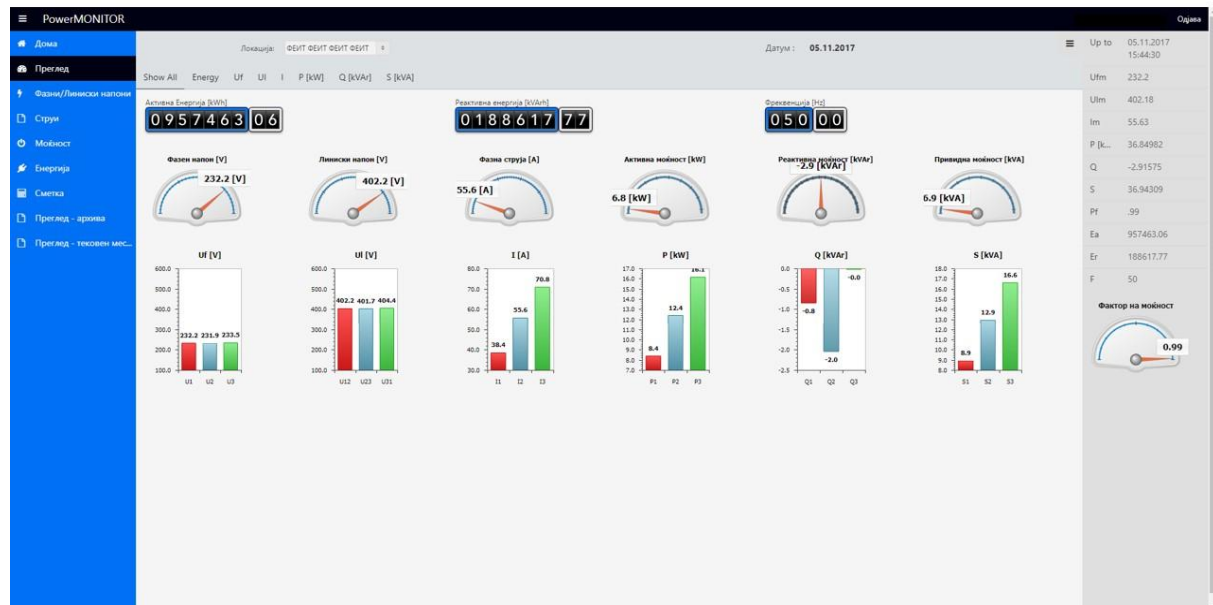
1 СИСТЕМИ ЗА МЕРЕЊЕ, АНАЛИЗА И УПРАВУВАЊЕ СО ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА

Системите за мерење, анализа и управување со електричната енергија најчесто ги вградуваат компании со производни погони или административни објекти што трошат големо количество енергија. Тие се содржат од хардверски дел што се состои од мерни инструменти и софтвер со апликација за мониторинг и анализа.

Мерните инструменти се поставуваат во мерен ормар што се наоѓа веднаш до броилото за наплата на потрошената енергија. Тие ги мерат параметрите: струја I , напон U , активна моќност P , реактивна моќност Q , привидна моќност S , фактор на моќност $\cos \varphi$, потрошена енергија E и фреквенција f . Исто така во ормарот има и уред за процесирање и комуникација со базата на податоци до која се пристапува преку апликацијата. Периодот на исчитување на податоците може да се нагодува во интервалот 1 s до 15 min и зависи од карактерот на потрошувачот како и од други специфични технички барања. Вообичаено интервалот на исчитување во компании од административен карактер изнесува околу 30s за да може да се добие целосна слика за потрошената енергија. Вредностите на измерените

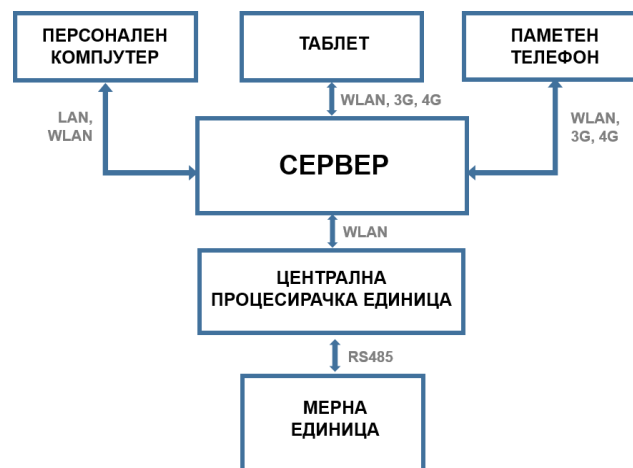
параметри се меморираат во базата на податоци до која што може да се пристапи преку интернет, со соодветната апликација. Таа се користи за отчитување на измерените вредности на параметрите и за спроведување најразлични анализи, како на пример да се определи кога потрошувачот побарува најголема моќност или пак колку е вкупната потрошена енергија и во која тарифа, што би помогнале за подобро управување и поефикасно искористување на електричната енергија во даден објект.

На слика 1 е даден приказот на апликацијата од која можат да се прочитаат измерените параметри.



Слика 1. Приказ на апликацијата на персонален компјутер

Решението за апликацијата е прилажано на слика 2 [1].



Слика 2. Архитектура на апликација на системот за мерење, анализа и управување со електричната енергија

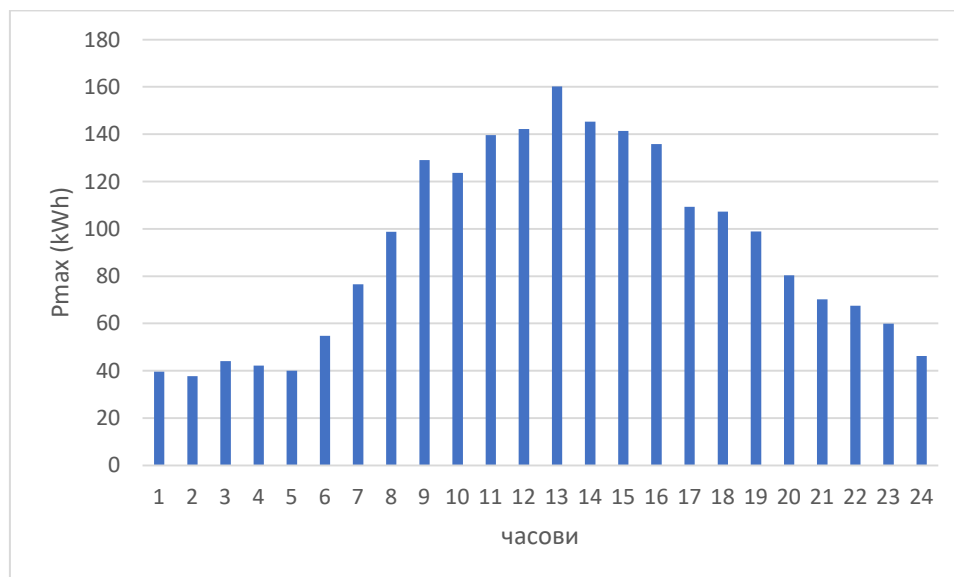
2 ЦЕНА ПОТРОШЕНА НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА

Цената на електричната енергија за индустријата и поголемите потрошувачи во Република Македонија се наплатува во потрошена електрична енергија, што претставува вкупна потрошена енергија од страна на корисникот во текот на интервалот на наплата, изразена во единицата kWh и максимална ангажирана моќност $P_{\max}$, изразена во единицата kW. Максималната ангажирана моќност претставува максималната моќност што е превземена од електроенергетскиот систем во даден момент во интервалот на наплата (месецот). Од 02.11.2017 година цената која ја плаќа ФЕИТ за максималната ангажирана моќност изнесува 746,50 денари по еден kW потрошена електрична енергија, но покрај овој тарифен модел

постојат и други модели во зависност од потрошувачите. Оваа вредност зафаќа значителен буџет од сметката за електрична енергија и затоа сите големи потрошувачи бараат начини како да ја намалат вредноста на максималната ангажирана моќност, а со тоа да ги намалат расходите по основ на електрична енергија.

3 МАКСИГРАФ

Со цел да се постигне балансирана потрошувачка на електрична енергија и со тоа да се намалат расходите по основ на енергија на Факултетот за електроехника и информациски технологии (ФЕИТ) при Универзитетот „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје е поставен систем за мерење, анализа и управување со електричната енергија [2].



Слика 3. Максимална ангажирана моќност (15 минутна средна вредност од активната моќност) превземен од системот на ФЕИТ на 24.02.2016 година

Резултатите од мерењата се прикажуваат со максиграф што претставува начин како графички да се претстави максималната ангажирана моќност $P_{\max}$ во текот на денот, временски распределена на секој час (слика 3). Изгледот на максиграфот овозможува да се направи поценка за балансираноста на потрошувачката на електрична енергија во даден период од денот, месецот или годината. Карактеристичен изглед на максиграфот во објектите на ФЕИТ, т.е. вредноста на максималната ангажирана моќност $P_{\max}$ во еден ден, во кој што треба да се има балансирана потрошувачка на електрична енергија е опишан на следниот начин:

- Во ноќните часови, од 23 часот до 6 часот, вредноста на максималната ангажирана моќност $P_{\max}$ е мала, без поголеми промени бидејќи во објектите на ФЕИТ нема присутни луѓе кои дополнително би коресиле уреди на електрична енергија.
- Во 7 часот наутро настанува значително зголемување на вредноста на максималната ангажирана моќност $P_{\max}$ како резултат на зголемените потреби за електрична енергија, кога доаѓаат првите вработени и вклучуваат одредени електрични апарати.
- Од 7 часот до пладне, со следење на вредноста на максималната ангажирана моќност $P_{\max}$ се констатира константно зголемување на побарувачката на електрична енергија.
- Околу 13 часот се достигнува најголемата вредност на максималната ангажирана моќност $P_{\max}$, бидејќи во тој момент, во објектите на ФЕИТ, има најмногу присутни (вработени, студенти и други посетители) кои на одреден начин влијаат на побарувачката на електрична енергија.
- Од постигнатиот максимум на максималната ангажирана моќност $P_{\max}$ во 13 часот, па до 17 часот настанува намалување на вредностите за $P_{\max}$.
- По 17 часот, кога објектите на ФЕИТ се намалува бројот на присутни, повторно вредностите за максималната ангажирана моќност $P_{\max}$ се приближно исти со оние од вечерната потрошувачка.

Со оглед дека идеален максиграф е права линија дефинираниот временски интервал, што покажува дека ангажираната моќност има иста вредност на дневно, месечно и годишно ниво, потребно е да се воведат метки што ќе овозможат максиграфот во дефиниран временски интервал да се стреми кон права линија, т.е ангажираната моќност да претрпува што помалку промени со текот на времето [3].

Во случаи кога се јавува небалансирана потрошувачка на електрична енергија, т.е. кога вредностите за максималната ангажирана моќност $P_{\max}$ се значително поголеми, се воведуваат мерки што ќе придонесат за соодветно намалување на расходите за потрошената електрична енергија.

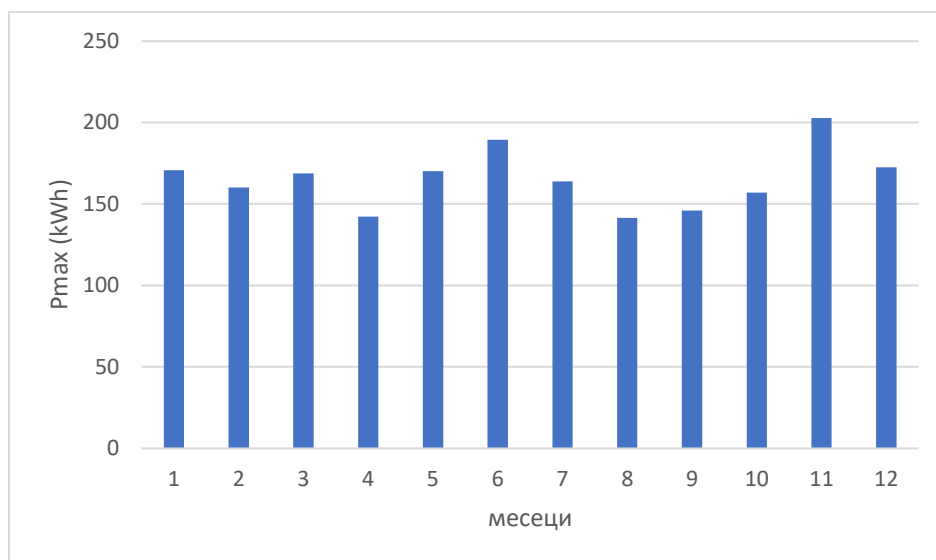
3.1 Мерки за намалување на расходите

Општо постојат две основни мерки, независно од видот и намената на објектот, што би можеле да се применат во услови на небалансирана потрошувачка на електрична енергија:

- распоредување на работата на електричните уреди во едно деноноќие, согласно добиените максиграфи;
- работа на одредени апарати во вечерните часови.

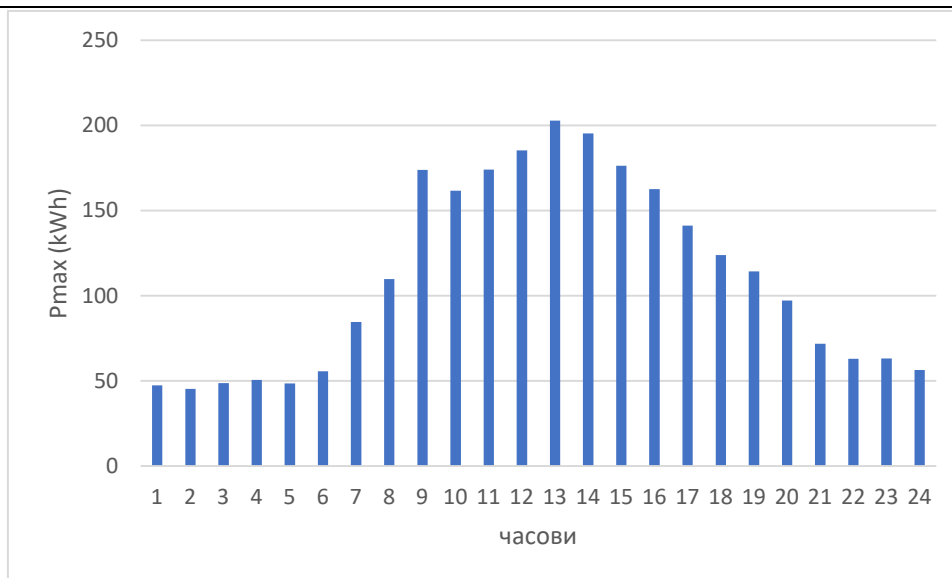
4 РЕЗУЛТАТИ

Во овој труд се користени резултати од мерења преземени од системот инсталиран на ФЕИТ за цела 2016 година. На слика 4 е прикажана максималната ангажирана моќност по месеци во 2016 година на ФЕИТ.



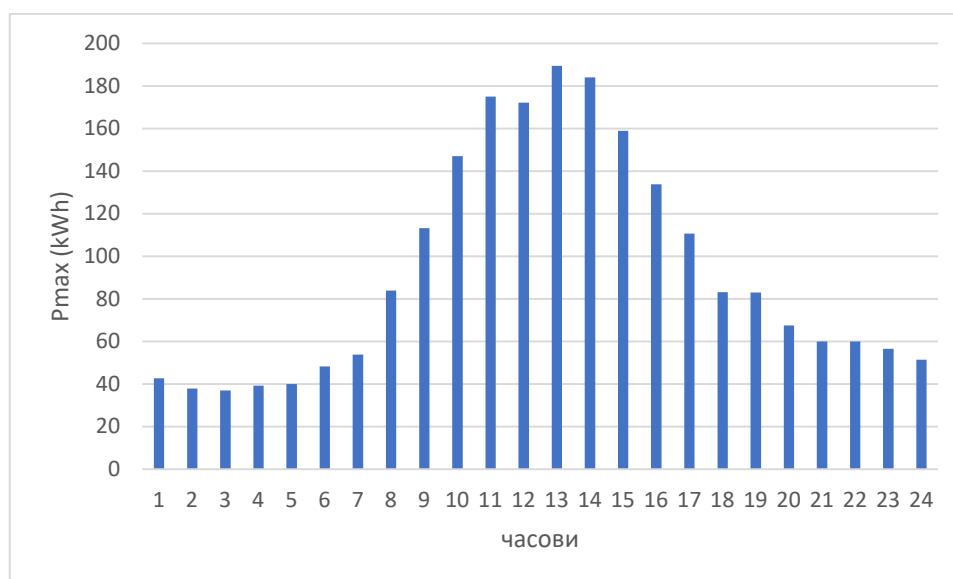
Слика 4. Максимална ангажирана моќност по месеци за 2016 година

Од слика 4 може да се заклучи дека во месец ноември максималната ангажирана моќност има најголема вредност, додека пак најмала вредност се јавува во месец август, кога има најмалку присутни (вработени, студенти и други посетители), кога нема часови и повеќето од вработените се на одмор. Врвот во ноември се јавува како резултат на тоа што покрај парното греење што се исклучува од страна на добавувачот на топлинска енергија во текот на потоплите денови се вклучуваат дополнителни грејни тела во временскиот периодот од 10 до 15 часот, што придонесува за зголемување на вредноста на ангажираната моќност. Оваа анализа се потврдува со Максиграфот превземен од системот на ФЕИТ за ден (вторник) во ноември (29.11.2016) кога се јавува пик на ангажираната моќност (слика 5).



Слика 5. Максиграф превземен од системот на ФЕИТ на 29.11.2016 година (вторник)

Другиот пик на ангажираната моќност, прикажан на слика 4, се јавува во јуни. Во четврток на 23.06.2016 година се јавува еден од најголемите врвот на максимална ангажирана моќност, што достигнува дури и до 190 kW (слика 6). Од направените анализи за ангажирана моќност може да се заклучи дека тој ден бил премногу топол и биле вклучени повеќето клима уреди на факултетот. Исто така ма тој ден е одржан и испитот по Програмирање и алгоритми што се полага на компјутери во 4 училници истовремено преку целиот ден.



Слика 6. Максимална ангажирана моќност за 23.06.2016 година (четврток)

5 МЕРКИ ЗА НАМАЛУВАЊЕ НА РАСХОДИТЕ

Од добиените резултати за преземените вредности за ангажираната моќност од ситемот на ФЕИТ за 2016 година се може да се воведат предлог мерки за намалување на расходите. Тие може да се поделат на два дела:

- намалување на потрошената енергија,
- намалување на максималната ангажирана моќност.

Намалувањето на потрошената енергија може да се постигне со инвестирање во штедливи светилки што трошат многу помалку енергија, но исто така и траат многу подолго од конвенционатните светилки [1].

Намалувањето на максималната ангажирана моќност може да намали со неколку мерки:

- Бидејќи врвот на ангажираната моќност секогаш се јавува во пладневните часови потребно е лабораториски вежби што користат електрични уреди да се одржуваат во утринските часови до 10 часот и попладневните по 16 часот. Тоа ќе овозможи да се избегне голема ангажирана моќност. Оваа мерка се однесува и на времето на одржување испити во Факултетската лабораторија за автоматска обработка на податоци (ФЛАОП), т.е. пред 10 часот, по 16 часот или во сабота.
- Вклучување на клима уредите во кратки временски интервали. Тоа овозможува во текот на работното време континуирано да се да се одржува константна температурата во топлите денови.

6 ЗАКЛУЧОК

Во овој труд се обработува тема која е од големо значење за објектите од административен карактер и има амбиции да даде насоки за анализа на еден сегмент од енергетската ефикасност на објектите од оваа категорија.

Во текот на 2016 година се мерени параметри за потрошувачката на електрична енергија на Факултетот за електротехника и информациски технологии (ФЕИТ) во Скопје со систем за мерење, анализа и управување на електрична енергија.

Од добиените резултати анализата покажува дека за да се намалат расходите за електрична енергија треба да се намали максималната ангажирана моќност, бидејќи таа има голем удел во цената што ја плаќа факултетот на досавувачот на електрична енергија.

Максималната ангажирана моќност може да се намали ако се воведат мерки со кои би се балансираа истата со распоредување на работата на електричните апарати во различни периоди од денот.

7 БЛАГОДАРНОСТ

Благодарност до компанијата ДТК-Смартек – Скопје и ФЕИТ што овозможија да се користат резултатите од систем за мерење, анализа и управување со електрична енергија поставен на ФЕИТ.

8 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бодан Велковски, „Мерење на потрошувачката на осветлението на зградата на ФЕИТ и мерки за нејзино намалување“, ФЕИТ, Скопје, 2016
- [2] Landsberg, Dennis R., Ronald Stewart, „[Improving Energy Efficiency in Buildings: A Management Guide](#).“ SUNY Press. p. 456. ISBN 1438409990, 1980
- [3] Ji-Hye Ryu, Won-Hwa Hong, Youn-Kyu Seo, „A study of the analysis on the properties of electricity peak load of large hotel buildings in consideration of energy efficiency“, Advanced science and technology letters vol.47, 2014
- [4] Филип Симјановски, „Мерки за енергетска ефикасност на ФЕИТ согласно стандардот ISO 50001“, ФЕИТ, Скопје, 2016

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – SKEEOP 2017

Ведран Андонов

¹ Машински факултет, Скопје

¹vedran.andonov@gmail.com

ПРИМЕНА НА ИНФРАЦРВЕНА ТЕРМОВИЗИСКА КАМЕРА ЗА АНАЛИЗА НА ЕНЕРГЕТСКАТА ЕФИКАСНОСТ

КУСА СОДРЖИНА

Ефикасното користење на енергијата е една од клучните цели на светската економија, при што напорите се насочени кон намалување на енергетскиот интензитет преку унапредување на енергетската ефикасност. Во таа насока, во поново време, при енергетските проверки се користат современи средства, како што се термовизиските камери, кои значително ја олеснуваат работата на енергетските експерти. Во овој труд се опфатени теоретските основи на термовизијата, принципот на нејзино работење и нејзината примена во подобрување на енергетската ефикасност на различни системи. Објаснето е како временските услови, рефлексијата, типот на материјал од кој што е изработен анализираниот објект влијаат врз добиените резултати.

Презентирани се можностите за користење на термовизиска камера за подобрување на ефикасноста кај различни термотехнички системи. Претставени се термичките карактеристики на зградите како што се: термофизичките својства на материјалите од кои е изработена зградата, топлинската спроводливост на истите, квалитетот на изолацијата итн., карактеристики преку кои може да се интервенира со цел да се намалат загубите на енергија. Накусо е објаснет принципот на функционирање на најчесто застапените системи за греење и климатизација и образложени се потенцијалните места каде што можат да се преземат мерки со цел зголемување на енергетската ефикасност на објектите. Термовизијата наоѓа широка примена и во индустрискиот сектор, а како карактеристични системи кај кои се користи се: котелските постројки за добивање на топла вода и пара, системи за компримиран воздух под притисок, термички уреди за различни производствени/преработувачки процеси, електромоторни погони и други индустриски системи. За некои од нив се прикажани принципите на функционирање и можностите за примена на мерки за енергетска ефикасност врз основа на лоцираните слаби точки со помош на термовизиска камера. Преку илустративни примери се презентирани техниките за откривање на местата каде што можат да се преземат мерки за подобрување на ефикасноста, со што се потврдуваат потенцијалите за употреба на термовизијата за зголемување на енергетската ефикасност на опишаните системи.

Клучни зборови: енергетска ефикасност, енергетски загуби, термовизија, греење и климатизација, котел, компресор, електромотор.

1 ВОВЕД

Постојаниот пораст на потрошувачката на енергија во светот, поради порастот на населението и континуираното тежнење кон постигнување повисок животен стандард, обично значи и поголема побарувачка за енергија. Модерната технологија целосно е зависна од употребата на енергијата, а директна последица од тоа е потребата од постојани и интензивни вложувања во развојот и унапредувањето на енергетскиот сектор. Од друга страна, претходното сериозно ја наметнува потребата за постојано подобрување на енергетската ефикасност и за рационално користење на енергијата во сите области на човековото делување. Современите средства, во кои спаѓа и термовизиската камера, нудат голем потенцијал и широки можности за лоцирање на енергетските загуби кај различни технички системи, а со тоа и за потрага по начини, мерки и опции за нивно намалување.

Напорите за подобрување на енергетската ефикасност во градежниот сектор имаат за цел намалување на потребите за енергија при изградбата и користењето на новите згради, како и намалување на потребите со санација на постоечките. Во трудот [1] е изложен приказ на примена на инфрацрвена камера за одредување на енергетските загуби. Меѓутоа, авторите сугерираат дека најдобар резултат се постигнува како комбинација од симултано користење на снимки со обична (телевизиска) и термовизиска камера.

Од деновите на пионерска примена за комерцијални потреби, во средината на 60-тите години, термовизиската технологија една од највредните дијагностички алатки за анализа на ефикасноста на индустриските и други технички системи [2]. Во трудот [3] е презентирана евалуација на термичките перформанси на обвивката на станбена зграда. Врз основа на визуелна и инспекција со помош на инструменти се изведени заклучоци за нивото на енергетска ефикасност што го исполнува објектот, што може да послужи за преземање мерки за подобрување на ефикасноста, како и за развој на методологија за проектирање, градба и реконструкција, што ќе резултира со енергетски ефикасни објекти. Експериментални мерења на неколку резиденцијални објекти со помош на термовизиска камера се прикажани во трудот [4]. Мерењата ја индицираат важноста на примена на ефикасни компоненти во градбата или реновирањето на објектот. Преку трудот [5] е опишана имплементација на температурни мерења со примена на инфрацрвени уреди. Прикажани се резултати од анализа на неколку објекти и дискутирани се изворите на грешки и нивното влијание врз конечниот резултат.

Трудот [6] е посветен на истражување на можностите за примена на неструктивни методи за тестирање (методи без разорување) при квантификацијата на загубите поради истекување на компримиран воздух, со цел да се подобри ефикасноста на системот. Нагласок е ставен врз примената на ултразвучен детектор и термографска камера. Анализирани се потенцијалите и ограничувањата на овие технологии за квантификација на истекувањата кај системите за компримиран воздух, како и веродостојноста и доверливоста на резултатите.

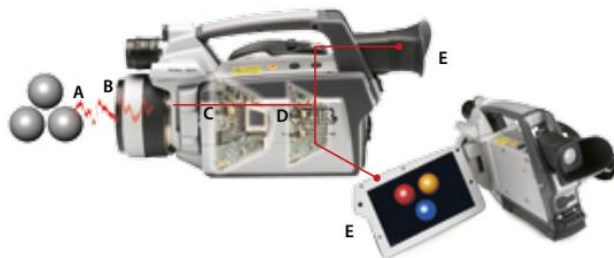
Во трудот [7] е применет систематски пристап со детални енергетски анализи, пресметки и мерења за утврдување на фактичката енергетска состојба, како важен чекор при планирање на значителна реконструкција на старите згради. Ваквиот пристап придонесува за одредување на потенцијалот и оптималните решенија и мерки за подобрување на енергетската ефикасност, односно намалување на потрошувачката на енергија во зградите.

Целта на овој труд е да даде преглед на дел од можностите коишто ги нудат современите уреди, како што е инфрацрвена термографска камера, при спроведување енергетски контроли на термички и други технички системи, за детектирање на енергетски загуби.

2 ТЕОРЕТСКИ ОСНОВИ НА ТЕРМОВИЗИЈА

Нашите очи го детектираат електромагнетното зрачење само во видливиот дел од спектарот. Сите останати форми на електромагнетно зрачење се невидливи за човечкото око. Откриено е дека ако светлосен знак се фокусира низ стаклена призма, температурата на боите од спектарот се зголемува од виолетовиот кон црвениот дел од спектарот. Мерењата покажале дека температурата во делот по црвениот дел од спектарот е највисока. Инфрацрвеното зрачење се наоѓа помеѓу видливиот и микробрановиот дел од електромагнетниот спектар. Главен извор на инфрацрвено зрачење е топлина или топлинско зрачење. Секое тело со температура повисока од апсолутната 0, односно -273.15 степени целзиусови, емитира зрачење во инфрацрвениот регион, па дури и тела кои навидум изгледаат многу ладни, емитираат инфрацрвено зрачење.

Овие својства на инфрацрвеното зрачење се искористени во видео технологијата за производството на термовизиски камери кои се употребуваат во многу сфери. Инфрацрвената термовизиска камера работи на следниот начин. Инфрацрвените зраци (A) кои ги емитира одредено тело се фокусирани од страна на оптиката (B) на инфрацрвен детектор (C). Детекторот потоа ја испраќа информацијата до електронски сензор (D). Електронскиот сензор ја преведува информацијата од детекторот во слика (E) која може да се види на екранот или на било кој стандарден монитор.



Слика 6 Спектар на електромагнетно зрачење

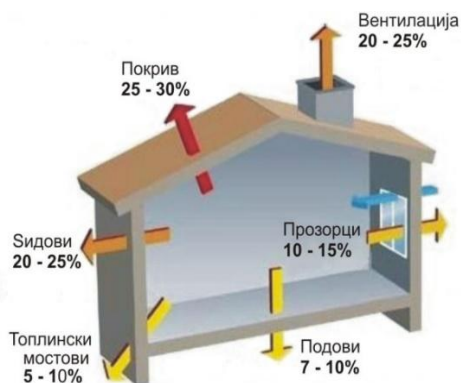
Инфрацрвената термовизиска камера се користи во градежништвото, архитектурата, медицината, индустријата и слично, а термотехничките системи во кои наоѓа најголема примена, со цел анализа на енергетската ефикасност, ќе бидат претставени во продолжение.

3 ТЕРМОТЕХНИЧКИ СИСТЕМИ

3.1 Термички карактеристики на згради

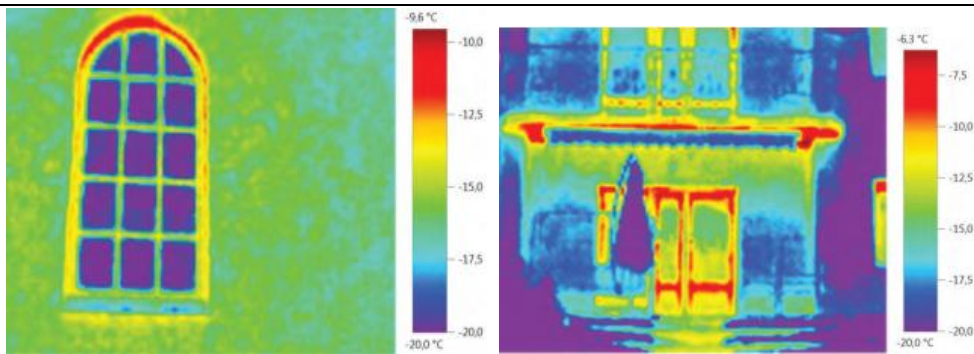
Во развиените земји, потрошувачката на енергија во зградите, како станбени, така и деловни, учествува со 20 – 40% во вкупната потрошувачка на енергија. Според овие податоци, кај овие згради постојат големи можности за заштеда на енергија. Топлината секогаш се пренесува од средина со повисока температура кон средина со пониска температура. Кога внатрешните температури се повисоки од надворешните има проток кон надворешната средина. Интензитетот на овој топлински проток е во директна зависност од температурната разлика помеѓу двете средини.

Делови од градежните објекти каде што има зголемени протоци на топлина се на места каде што: има материјали со различна спроводливост во надворешната конструкција, различна дебелина на некои материјали, како и при поставување на врати и прозорци во самата фасада.



Слика 7 Загуби на топлина во зграда

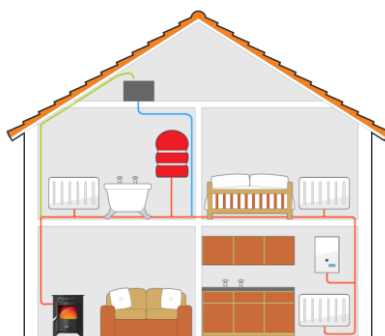
Топлинските мостови не можат да се избегнат, меѓутоа со правилна разработка на проектите, нивното влијание треба да се сведе на минимум. Како последици од топлинските мостови се јавува зголемена потрошувачка на енергија за греење и појава на кондензација во внатрешните површини на објектот, што доведува до појава на мувла и оштетувања на површините. Топлински мостови најчесто се појавуваат на врската помеѓу: балкон со надворешен сид, под со надворешен сид, покрив со надворешен сид, внатрешен сид со надворешен сид или покрив и сл.



3.2 Котелски постројки и системи за греење

Секоја станбена или деловна зграда има систем за греење, климатизација и вентилација (HVAC). Околу 60% од вкупно потрошената енергија во зградите се користи за греење и климатизација. Системот за греење се состои од: котел; цевна мрежа и загревни тела.

Топлоносителот, најчесто вода, пара или воздух се загрева во котелот, преку цевната мрежа се доведува до загревните тела, каде ја оддава топлината на воздухот во просторијата која се загрева и повторно, низ цевната мрежа се враќа кон котелот.



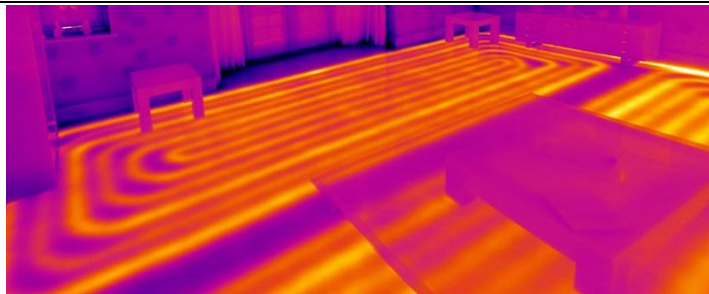
Слика 8 Проста шема на систем за греење

Загуби на енергија можат да се појават во било кој елемент од овој систем. Кај самиот котел, недоволната изолација на надворешната страна од котелот резултира во загуби на енергија, кои на термовизиските фотографии се манифестираат како места со повисока температура од околината.



Слика 9 Загуба на топлина кај котел поради недоволна изолација

Кај сидното греење, при одржување на цевната мрежа употребата на термовизиска камера има голема предност, поради тоа што не е потребно да се прави дупка во сидот да се испита исправноста на истата. Ист е случајот и кај подното греење, каде што со правилна термовизиска фотографија може убаво да се види поставеноста на цевната змија и да се детектираат потенцијални дефекти.



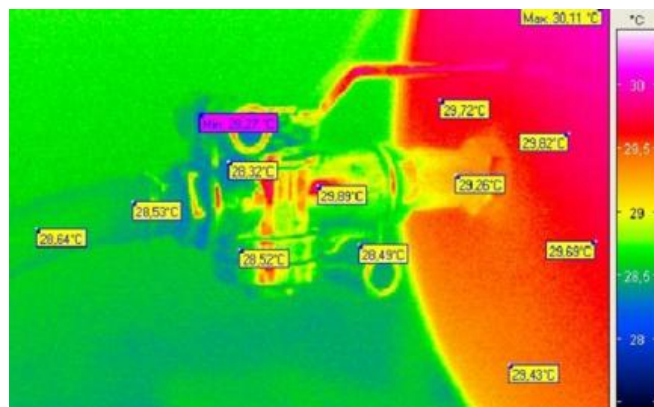
Слика 10 Цевна змија кај подно греење

3.3 Системи за воздух под притисок

Во индустријата, употребата на компримиран воздух е многу честа и учествува со 10% од вкупно потрошената енергија, а во некои индустриски гранки, како на пример стаклената индустрија учествува и со 30%. Истекувањата се најлесно забележителни и најчести загуби во системите за компримиран воздух. Со цел да се зголеми ефикасноста на овие системи потребно е да се детектираат и елиминираат истекувањата. Постојат повеќе начини за откривање на места на истекувања а најчести се:

- Откривање преку сетила (звук, мирис, вид)
- Ултразвучно откривање
- Инфрацрвено откривање

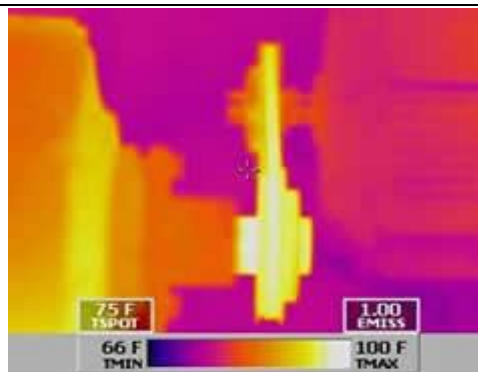
Во многу случаи истекувањата можат да бидат лесни за откривање, меѓутоа за откривање на некои истекувања потребно е комбинирање на некои од методите. Локацијата на дефектот, односно истекувањето во овие системи, при употреба на термовизиска камера, се манифестира како поле со пониска температура од околната. Што е поголема температурата, тоа е поголемо истекувањето на компримиран воздух.



Слика 11 Истекување на воздух кај компресорски вентил

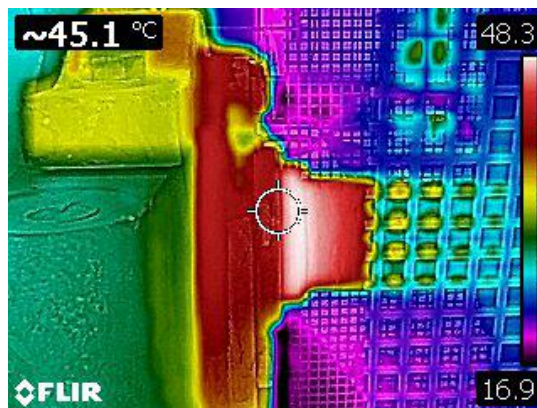
3.4 Други индустриски системи

Термовизиската камера наоѓа примена и во системите за пренос на механичка енергија. Механичките преносници се делат според принципот и начинот на пренос на силата. Еден од претставниците на механички преносници се ремените преносници. Ремениот преносник се состои од најмалку две тркала, ременици (погонска и гонета) меѓусебно поврзани со ремен. Најчести загуби на енергија при овој пренос се случуваат поради непорамнетост и неправилна затегнатост. Постојат два типа на непорамнетост: аголна и паралелна. Непорамнетоста на ремениците доведува до загуба на енергија за повеќе од 2% и овие загуби можат лесно да се прикажат со помош на термовизиска камера.



Слика 12 Паралелна непорамнетост кај ремени преносници

Термовизиската камера се користи и за откривање на дефект кај електромотори. Секој мотор има своја нормалната температура на работење. Инфрацрвената камера не може да види во внатрешноста на моторот, но надворешната температура е индикатор на внатрешната. Со прегревање на моторот, животниот век на намотките се намалува. Всушност, со секое покачување на температурата за 10 степени над проектираната, животниот век на намотките се намалува за 50%, дури и прегревањето да биде привремено. За разлика од системите за воздух под притисок каде што истекувањата се прикажани на фотографијата со пониска температура, кај електромоторите дефектите се на местата со највисока температура. Ако температурата на моторот е многу висока, термовизиската камера може точно да покаже дали прегревањето доаѓа од лежиштата, намотките или спојката. Загревањето на спојката е индикатор на непорамнетост.



Слика 8 Загревање на лежиштето кај електромотор како резултат на лоша монтажа

4 ДИСКУСИЈА

Постојаниот пораст на потрошувачката на енергија во светот, поради порастот на населението и континуираното тежнеење кон постигнување повисок животен стандард, обично значи и поголема побарувачка за енергија. Модерната технологија целосно е зависна од употребата на енергијата, а директна последица од тоа е потребата од постојани и интензивни вложувања во развојот и унапредувањето на енергетскиот сектор. Од друга страна, претходното сериозно ја наметнува потребата за постојано подобрување на енергетската ефикасност и за рационално користење на енергијата. Цените на енергијата имаат големо влијание врз трошоците на производство практично на сите производи, а со тоа и врз сите сегменти на човековото секојдневие. Термовизијата е една од алатките која се покажува како многу ефикасна во анализата на загубите на енергија и анализа на резултатите од примена на мерки за подобрување на енергетската ефикасност. За користење на термовизијата е потребно знаење на процесите на конверзија на енергија и оптичките карактеристики на телото или објектот што се анализира. Доколку тие услови не бидат исполнети, добиените резултати можат да бидат целосно погрешни или воопшто да не се идентификуваат загубите. Употребата на термовизиска камера зема се поголем замав како безбеден, економичен и прецизен начин за анализа на енергетски процеси, исправност на машини, нивна правилна монтажа и слично.

5 ЗАКЛУЧОК

Во овој труд е даден преглед на некои можности што ги нуди инфрацрвена термографска технологија, при спроведување енергетски контроли на термички и други технички системи, за детектирање на енергетски загуби. Анализата покажува дека можностите за примена на оваа технологија се широки и никако не се ограничени само на термотехничките системи, а потенцијалот за лоцирање на изворите на енергетски загуби кај различни технички системи е голем.

6 БЛАГОДАРНОСТ

Би сакал да се заблагодарам на мојот ментор Проф. Д-р Ристо Филкоски, за советите, материјалите и несебичната поддршка при пишување на овој труд. Без него овој труд не би бил таков каков што е. Исто така би сакал да се заблагодарам на фирмата Екомозаик за довербата да ме вклучат во проектот за изготвување на енергетска контрола за Рудникот Бучим и можноста да ги проширам моите знаења во областа на енергетска ефикасност.

7 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Pavlović A., Barbarić Ž., *Application of G100/120 Thermal Imaging Camera in Energy Efficiency Measuring in Building Construction*, Serbian Journal of Electrical Engineering, Vol. 10, No. 1, 2013, 153-164.
- [2] FLIR, *Thermal Imaging Guidebook for Industrial Applications*, An informative guide, FLIR Systems AB, 2011.
- [3] Korniyenko S., *Evaluation of Thermal Performance of Residential Building Envelope*, Procedia Engineering, Elsevier, Vol. 117, 2015, 191-196.
- [4] Coric S., Perovic Z., Sumarac D., *Improvement of Energy Efficiency of Buildings in Urban Areas*, 4th International Conference Contemporary achievements in civil engineering, Subotica, Serbia, 2016.
- [5] Antczak Izabela, Banas Anita, Kapuscinska Izabela, *The Use of Thermovision in the estimation of Thermal Energy Losses of Buildings*, Environment, Kielce, Polska, 2012, 24-30.
- [6] Dudić S.P., Ignjatović I.M., Šešlija D.D., Blagojević V.A., Stojiljković M.M., *Leakage Quantification of Compressed Air on Pipes Using Thermovision*, Thermal Science, Vol. 16, Suppl. 2, 2012, S555-S565.
- [7] Козинакова Ничевска Саша, *Подобрување на енергетската ефикасност со примена на метод за динамичко моделирање на енергетските карактеристики на згради*, магистерски труд, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Машински факултет, Скопје, 2015

BEHAVIOR OF ELECTRICAL PARAMETERS OF SOLAR CELLS IN RELATION TO CHANGES IN GEOGRAPHICAL AND METEOROLOGICAL CONDITIONS

ABSTRACT

Different geographical conditions in which certain cities have been built lead to the fact that conditions for using different forms of renewable energy sources, including solar, are different. In this paper the results of measurements in different cities of our country are compared, depending on the different geographical, atmospheric and geometric parameters. It was concluded that in Serbia, due to the difference in geographical characteristics that are negligible in relation to the size of the Earth, there are no crucial differences between the solar radiation and therefore the efficiency of the use of solar energy, from the south to the north.

Keywords: *Solar cells, energy, solar radiation, efficiency, short circuit current.*

1. INTRODUCTION

The utilization of fossil fuels (coal, oil and natural gas), which is particularly intensified during the 20th century, has resulted in a reduction in their reserves. It is estimated that there will be coal for the next 70 years, and oil reserves for the next 50 years. Except for the fact that there is no possibility of their renewal, fossil fuels are also large environmental pollutants. That imposes the need for finding new sources of energy, especially those that can be renewed during exploitation. In addition to wind power, biomass energy, hydropower, geothermal energy, tidal energy power, etc., special attention should be paid to the energy of the sun, because it is available in all parts of the world and during all seasons. Solar radiation is responsible for the constant renewal of wind power, sea currents, waves, water flow and thermal gradients in the oceans. For decades, solar energy has been used to produce heat energy used for water and space heating. However, despite the enormous potential, a very small percentage of the energy needs of humanity is currently settled by using solar energy, primarily due to the poor development of the current technologies for the use of solar energy, which also entails the problem of the high current price of the system for the wide use of solar energy in everyday life. This is most noticeable in areas on the planet Earth that have a small number of sunny days during the year, and at the same time belong to the economically poor regions [1] – [3].

Due to the great possibilities offered by solar energy, solar components and systems have been intensively studied in recent decades, especially in economically and culturally developed countries, which invest heavily in technologies for various uses of solar energy. The most commonly used are:

1. technologies for the production of heat energy for space heating, preparation of domestic hot water, for various uses in industry, agriculture, etc., and they represent the simplest and cheapest way of using solar energy;
2. technologies for the production of electricity by direct conversion of solar into electrical energy, by conversion into photovoltaic cells, which enables the supply of households and other facilities, so that they can function independently or as systems that are connected to the electricity distribution network of the country;
3. technologies for the production of electricity by indirect conversion of solar energy into electrical energy: first, solar energy is converted into heat energy, and then heat energy is converted into electrical (so-called concentrated solar thermal power plants);
4. production of heat energy used in systems of solar absorption cooling, etc.

2. SOLAR CELL

For the purpose of practical use of solar radiation energy in everyday life solar panels are produced, the main component of which is the solar cell in which the energy conversion of solar radiation into electrical or thermal energy is made. A solar cell represents p-n junction (semiconductor diode), which operates in the inverse mode. In a silicon solar cell, the primers are diffused on the surface of a p-type silicon wafer, for example phosphorus, so that the n-type semiconductor is formed on the thin surface layer. In order to collect the charges generated by the absorption of photons from solar radiation, there is a metal grid on the front surface, and the back side is covered with a metal contact. The lattice contact on the front side is made in a way that it does not cover more than 5% of the surface and it almost does not affect the absorption of solar radiation. The front surface of the cell can also be covered with a transparent anti-reflection layer, in order to reduce optical reflection and the loss of incident light, thereby increasing the efficiency of the solar cell. One solar cell generates the voltage of about 0.5V with the current density of about 20mA/cm^2 . Since these values of voltage and current are insufficient for any practical application in everyday life, a large number of solar cells can be connected in two ways:

- Parallel - parallel connection leads to an increase in current intensity by increasing the active surface on which the sunlight falls, and is performed connecting positive (+) poles of all individual solar cells on the same conductor, or all negative (-) on the other conductor.

- Serial - serial connection increases the output voltage by increasing the active surface, and is performed alternately connecting the (+) and (-) poles of the cells in the series.

Thus, the solar cell modules are obtained where the cells are fixed and protected from atmospheric and other influences. The modules are arranged next to each other in the photovoltaic flat collectors, and the collectors, together with other necessary elements (converters, regulators, accumulators, etc.), make the photovoltaic system [4]-[6].

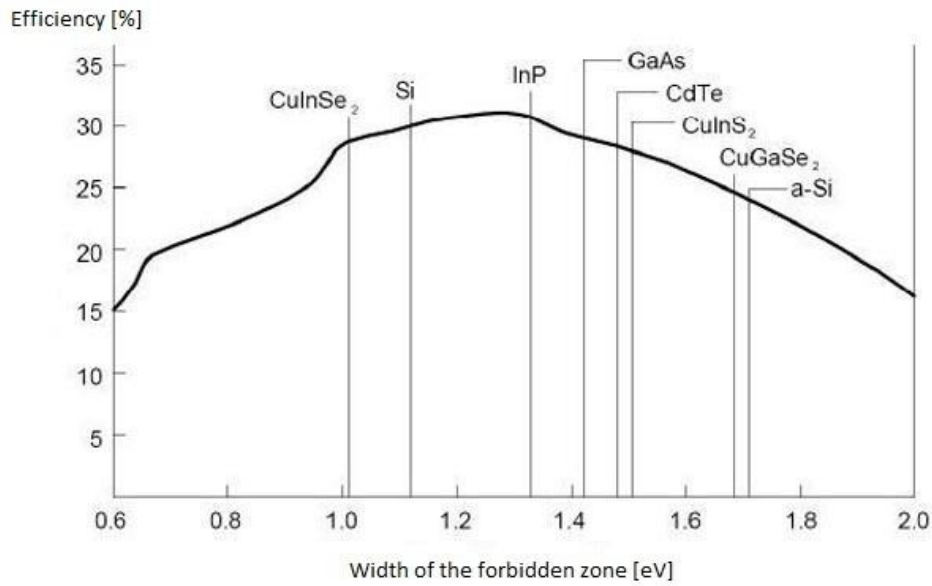
3. MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF SOLAR CELLS

Today, solar cells are most commonly produced on the basis of monocrystalline, polycrystalline and amorphous silicon, Gallium-Arsenide (GaAs) and Copper-Sulphides / Cadmium-Sulfides (Cu_2S / CdS). Apart from silicon, germanium (Ge) is used for the production of monocrystalline solar cells, Cadmium-Sulphide (CdS), Cadmium-Telurid (CdTe), Aluminum-Antimonide (AlSb), Gallium-Phosphide (GaP), Cadmium-Selenide (CdSe) and others.

Appropriate physical quantities, which enable the study and analysis of the behavior of the current and voltage characteristics of solar cells, are used for the description and characterization of solar cells and systems, in order to achieve the most optimal values of certain technological parameters. Namely, technological parameters should provide the optimum link between investments in the production and construction of photovoltaic systems and economic benefits during their exploitation.

Efficiency of all solar cells initially increases with the increase of the width of the forbidden zone of the given material E_g , it reaches the maximum, and then with the further increase in the width of the forbidden zone E_g , efficiency decreases (Picture 1) [8]. The maximum efficiency of 20% is achieved for $E_g = 1.5\text{eV}$, or when the photons have a wavelength

$\lambda = 0.83\mu\text{m}$. In the case of monocrystalline silicon, the width of the forbidden zone is 1.1eV, which corresponds to the efficiency of about 20%. Silicon is not theoretically the most suitable material for the production of solar cells. Theoretically, it would be the best to use semiconductor materials with the width of the forbidden zone between 1.4eV and 1.6eV for the production of solar cells. However, in practice, materials with this width of the forbidden zone have achieved lower efficiency than theoretically predicted [5].



Picture 1. Dependence of the solar cell efficiency (in percent) of the value of the width of the forbidden zone [8].

4. SOLAR CELL EFFICIENCY

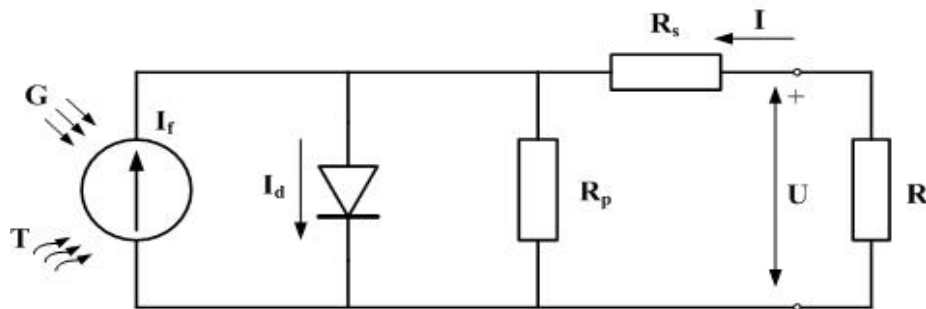
Photovoltaic cells work on the principle of photoelectric effect, where, under the influence of solar radiation, in photovoltaic cells, which are made mostly from silicon, the direct voltage is generated. The photovoltaic cell produces the voltage of about 0.5 [V] at the current density of a few dozen [mA / cm²] depending on the intensity of solar radiation, but also on the radiation spectrum. The efficiency of the photovoltaic cell is defined as the ratio of the electric power produced by the photovoltaic cell and the power of solar radiation and is given by the equation (1) [8]:

$$\eta = \frac{P_{el}}{P_{sol}} = \frac{U \cdot I}{E \cdot A}, \quad (1)$$

where:

- P_{el} [W] – output electrical power of the photovoltaic cells
- P_{sol} [W] – power of solar radiation
- U [V] – effective value of the output voltage
- I [A] – effective value of the output current
- E [W/m²] – intensity of solar radiation
- A [m²] – surface of the cell

In order to better understand the basic characteristics of the photovoltaic cell, the ideal photovoltaic cell can be modeled (represented) by a parallel connection of the ideal current source and the diode, since the illuminated photovoltaic cell behaves as a source of constant current by nature. In order to obtain a real photovoltaic cell, the parallel and serial resistance R_s and R_p should be added to this model, thus taking into account the power losses in the cell itself (Picture 2) [1]. The model is usable for any type of photovoltaic cell.



Picture 2. Equivalent solar cell scheme used as a source of constant current [1].

The serial resistance R_s depends on the material and the technology for making the solar cell and it is desirable to be as small as possible. The parallel resistance (shunt) R_p depends on the properties of the cell and is usually large enough to ignore it. Typical R_s and R_p values for silicon solar cells are $R_s < 0.5$ and $R_p > 500$.

5. FACTORS THAT AFFECT THE EFFICIENCY OF SOLAR CELLS

One square meter of photovoltaic panels can give power up to 150 [W] for up to thirty years without maintenance. They will even work in diffused light during the cloudy days, but with less output power. The voltage produced by the photovoltaic panel remains approximately the same regardless of time, but the power will vary. The most important parameter which should be considered when designing photovoltaic solar systems is the output power, which mostly depends on four factors [8]:

- the maximum power of the solar panel (expressed in watt peak or [Wp]),
- the intensity of solar radiation,
- the angles of exposure to the sun and
- the number of sunny hours.

5.1. The maximum power of the solar panel: P_{max} is expressed in [Wp] and represents how much solar energy in the time unit will panel convert in optimal conditions, i.e. at noon with direct sunlight during cold weather. The maximum intensity of solar radiation is 1,000 [W/m²].

5.2. Sun radiation intensity: The factors that influence the intensity of solar radiation, and thus the efficiency of photovoltaic panels are:

- A. weather conditions (clouds, fog, etc.),
- B. height of the sun in the sky, etc.

When the weather conditions are favorable, a panel of 50 [W] should produce 50 [W] for each hour of solar radiation of the intensity of 1,000 [W/m²]. During very bad weather conditions with thick, dark clouds, the intensity of solar radiation could fall to 100 [W/m²] and produce only 5 [W] per hour. The height of the sun above the horizon varies from season to season. When the Sun is very high in the sky (in summer), its rays travel through the atmosphere for a short period of time at shorter distances than when it is low in the sky (in winter).

5.3. The angle of exposure to the Sun: The most problematic factor is the optimal position of the panel towards the Sun. It is always the best to direct the panels to the south with an ideal angle of inclination, independently of the geographical position and the time of the year. The sunrays should fall on the panel at the right angle. The ideal situation in Europe is the roof facing south with the elevation of between 40 and 60 degrees, or even better, the flat roof or the surface on which the position of the panel can be adjusted as desired. In order to fit into existing architectural structures, it can deviate from these values if there are constructive or aesthetic constraints.

6. INFLUENCE OF THE ANGLE OF THE INCIDENT RADIATION ON THE CHANGE OF THE SHORT-CIRCUIT CURRENT

There are two effects associated with the incident radiation angle. The first is called a "cosine" effect - increasing the angle of inclination. The surface of the module includes a smaller amount of luminous flux. The second effect is optical by nature and it is the material by which the module is covered. In addition to transparency, any similar material (mostly glass) has the properties of reflection. By increasing the angle of incidence, the reflection suddenly increases even at the inverse angle of 90 degrees. The reflection factor is practically 1, and all the parts of the light are reflected. The mentioned effects refer only to the direct radiation component.

7. MEASUREMENT RESULTS

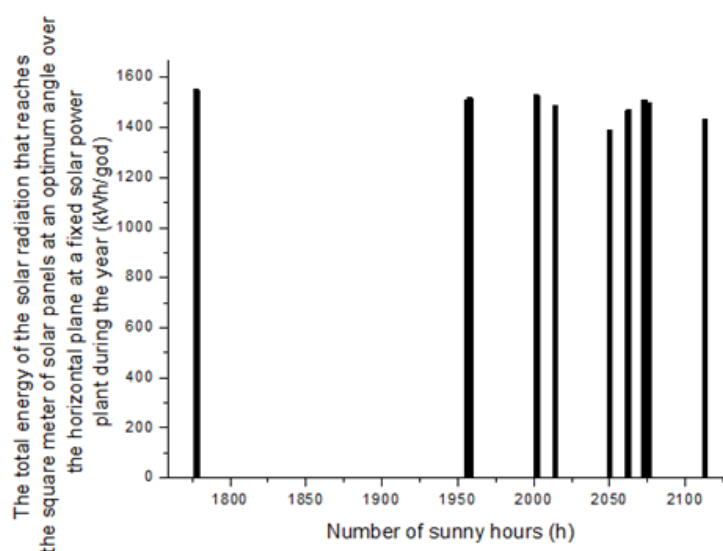
The results shown in Table 1 were obtained on the basis of practical measurement and using the appropriate programs by the research team []

Considering that we wanted to compare the atmospheric and geographical characteristics of cities in our country that are located in different geographical positions, we used some of the values we had.

With the graphics obtained on the basis of the results from the table, it can be seen that in our country there is no area that we could favor in relation to the others. Number of sunny hours from the south to the north is almost the same, so the possibilities for using solar panels are evenly distributed in all areas.

Table 1. The results obtained on the basis of practical measurement and using the appropriate programs.

Cities of Serbia	Number of sunny hours (h)	Cloudiness (%)	Optimal angle of installation of solar panels (°)	The total energy of the solar radiation that reaches the square meter of solar panels at an optimum angle over the horizontal plane at a fixed solar power plant during the year (kWh/god)	
Subotica	2112,9	54,33	34	1430	
Sombor	2050,1	55,58	34	1390	
Novi Sad	2062,4	52,67	34	1470	
Beograd	2073,2	54,00	35	1510	
Valjevo	1957,9	58,42	34	1520	
Zaječar	2014,1	56,67	32	1490	
Kruševac	1777,8	54,67	33	1550	
Niš	1956,3	55,42	33	1510	
Leskova	2002,0	55,58	33	1530	
c	Vranje	2075,8	55,42	33	1500



Picture 4. Dependence of the total energy of the solar radiation that reaches the square meter of solar panels at an optimum angle over the horizontal plane at a fixed solar power plant during the year from number of sunny hours.

8. CONCLUSION

Studying the possibilities of using solar energy in everyday life largely depends on the geographical and atmospheric characteristic of the place where appropriate technical achievements are used that enable the conversion of solar energy into thermal or electrical energy. From results shown in

the paper, it is concluded that in the geographical areas in a narrow interval of geographic widths it is not possible to make a drastic difference in the atmospheric conditions of the given cities. This leads to the fact that in areas such as Serbia, solar energy is exploited not only by atmospheric but by economic possibilities.

REFERENCES

- [1] A. Gegić-Petrović, B. Savić, B. Ilić „ *Analiza uticaja različitih faktora na efikasnost rada fotonaponskih panela* “, INFOTEH, Jahorina, March 2014., Vol. 13. str. 315-320
- [2] B. Ilić, Ž. Adamović, Z. Kenjić, R. Blaženović, *Obnovljivi izvori energije i energetska efikasnost: automatizovana dijagnostika postrojenja obnovljivih izvora energije, povećanje energetske efikasnosti i pouzdanosti tehničkih sistema automatizovanom dijagnostikom*, Srpski akademski centar, Novi Sad 2013
- [3] King L. D., Kratochvil J. A., Boyson W. E. *Measuring Solar Spectral and Angle-of Incidence Effects on Photovoltaic Modules and Solar Irradiance Sensors*, 26th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, California, 1997
- [4] William B. Stine and Michael Geyer, *Power From The Sun*, 2001, <http://www.powerfromthesun.net/book.htm>
- [5] Dr. Vladimir Knapp i dr. Petar Kulišić, *Novi izvori energije*, Tehnička knjiga, Zagreb, 1985.
- [6] Prof. C.S. Solanki, *Solar Photovoltaic Technologies*, Energy Systems Engineering, IIT Bombay.
- [7] Stojan Ristić, *Fizika poluprovodnika*, Elektronski fakultet Niš, 2006.
- [8] <http://grejanje.com/strana.php?PID=172>
- [9] D. Milosavljević ”*PROUČAVANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI SOLARNIH ELEKTRANA U REPUBLICI SRBIJI I REPUBLICI SRPSKOJ*”

Ц. ПАМЕТНИ МРЕЖИ И СИСТЕМИ ЗА АВТОМАТИЗАЦИЈА НА ОБЈЕКТИ

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Викторија Цветаноска, Теодора Танова

Факултет за електротехника и информациски технологии – УКИМ, Скопје

cvetanoska.viktorija@gmail.com teodora7654@yahoo.com

ИСТРАЖУВАЊЕ НА МОЖНОСТИТЕ ЗА ПРИМЕНА НА МИКРОМРЕЖИТЕ ЗА НАПОЈУВАЊЕ НА БОЛНИЦИ

КУСА СОДРЖИНА

Здравствените установи спаѓаат во најзначајни објекти во нашето општеството. Вработените во овие установи се 24 часа посветени на подобрување на здравјето на луѓето и спасување на човечки животи. Од таму произлегува потребата за создавање на сите потребни предуслови за нивно нормално функционирање, особено од аспект на континуирано и квалитетно напојување со електрична енергија.

Новите технички решенија и концепти во електроенергетските мрежи овозможуваат и нов пристап во обезбедување на потребните услови за обезбедување непрекинато напојување со електрична енергија на овие објекти. Всушност, концептот на микромрежи спаѓа во можните решенија кои ќе ги обезбедат континуирано напојување на овие здравствени установи. Микромрежите се локални мрежи кои се поврзани со дистрибутивната мрежа, а можат да работат паралелно или независно од дистрибутивната мрежа.

Целта на овој труд е да се разгледаат можностите за примена на микромрежите за обезбедување на напојување на големи објекти, какви што се современите комплекси на болници. Во истражувањето предвид ќе се земат можностите за комбинирано производство на топлинска и електрична енергија, инсталирање различни технологии за производство на електрична енергија, искористување на природен гас и управување со оптоварувањето, со цел намалување на потрошувачката. Секако, сите овие можности ќе се разгледуваат низ призмата на намалување на оперативни трошоци, зголемена енергетска ефикасност и намалување на емисиите на штетни гасови. Во рамките на трудот ќе бидат разгледани искуствата на примена на вакви решенија во различни земји во светот.

Клучни зборови: болница, микромрежа, обновливи извори, дистрибуирани енергетски ресурси, регулација

1 ВОВЕД

Во последните две децении, поради продорот на нови технологии, се менува начинот на производство на електрична енергија. За разлика од минатото, на дистрибутивната мрежа се приклучуваат голем број дисперзирани производни единици. Приклучувањето на нови агрегати во дистрибутивната мрежа, но и воопшто, производни единици кои користат обновливи извори на енергија на преносната мрежа, предизвикува промени во работата на

дистрибутивните и преносните мрежи. Токму поради приклучувањето на дисперзираните единици, дистрибутивната мрежа преминува од пасивна во активна.

Електричните мрежи во иднина треба да бидат во чекор со промените во технологијата, а истовремено да се стремат кон заштита на животната средина. Со развивање на напредни технологии како што се: контролери кои можат да ја оптимизираат работата на микромрежата во сите три режими: поврзан, островски и хавариски, комуникациски системи, како и новите начини за мерење и анализа на податоци, микромрежите претставуваат темел во развојот на интелигентната електроенергетската инфраструктура [1].

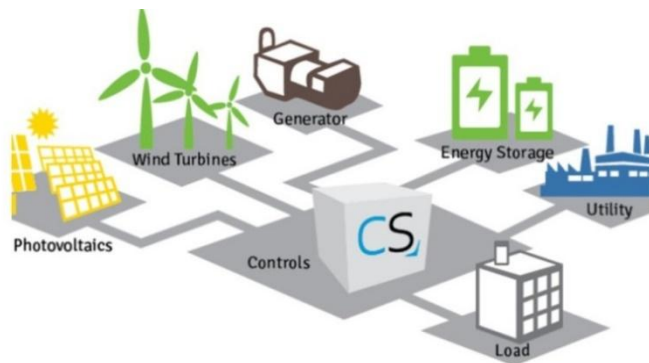
Микромрежа е дел од дистрибутивната мрежа која во себе вклучува дисперзирани производни единици (ДПЕ), системи за складирање и потрошувачи. Работи приклучена на дистрибутивната мрежа, а по потреба и во островски режим, во кој обезбедува напојување за критичните потрошувачи. Од аспект на мрежата на која е приклучена, таа може да претставува производител или потрошувач, во зависност од тоа дали презема или инјектира моќност во разгледуваната мрежа. Во принцип, овозможува локално управување со производството и оптоварувањето, така што микромрежите всушност претставуваат „помали“ и унапредени верзии на современите електрични мрежи.

2 КОНЦЕПТ НА МИКРОМРЕЖИ

Во микромрежите се приклучени ДПЕ, потрошувачи и системи за складирање на електрична енергија. ДПЕ вклучуваат различни технологии за производство на електрична енергија и главно се поделени на две групи: необновливи (дизел агрегати) и обновливи извори (фотоволтаични центри, ветерни центри, микро хидроелектрични центри). Потрошувачите, како и во секоја дистрибутивна електрична мрежа опфаќаат домаќинства, помали комерцијални и индустриски потрошувачи, како и јавно осветлување. Системите за складирање на електрична енергија имаат примарна функција да складираат произведена електрична енергија и да овозможат нејзино користење кога за тоа има потреба. Дополнително, овозможуваат подобрување на квалитетот на електрична енергија, обезбедување на резервна моќност за системот и оптимизацијата на трошоците. Работата на секоја од овие компоненти се следи и управува на локално ниво, преку соодветни контролери. Принципите на управување зависат од примената на микромрежата, од потребите на операторот на микромрежата, како и од потребите на потрошувачите и ДПЕ.

Вообичаено, микромрежата е приклучена на дистрибутивната мрежа во точка на приклучување која може да биде заедничка и за други потрошувачи и од која може да се издвојуваат други изводи. Постојат електрични мрежи кои не се приклучени на дистрибутивната мрежа, и кои се нарекуваат микромрежи, но во целост не ја исполнуваат дефиницијата за микромрежи. Овие микромрежи работат само во островски (изолиран) режим на работа. Вообичаено се наоѓаат на оддалечени локации (на пример, оддалечени заедници или оддалечени индустриски локации, острови) каде интерконекцијата со главната мрежа не е изводлива поради технички или економски ограничувања.

Многу земји, како што се САД, земјите од Европската Унија и Јапонија, реализираат пилот проекти за демонстрирање на можностите на микромрежите [1]. Под овие околности микромрежите брзо се развиваат и привлекуваат големо внимание кај оние кои се задолжени за решавање на проблемите за контрола и управување предизвикани од зголеменото присуство на ДПЕ во дистрибутивната мрежа. Пилот проектите, како и веќе применетите микромрежи во различни објекти покажуваат дека овој концепт е решение за сигурно и континуирано напојување и во отежнати услови, предизвикани од различни фактори. Пример за такви објекти се болниците кај кои отсуството на електрична енергија може да претставува опасност за човечкиот живот.



Слика 13 Делови на микромрежа

2.1 Видови микромрежи

Примарна цел на микромрежите е обезбедување сигурно и континуирано напојување на потрошувачите во урбаните и руралните заедници, а при тоа водејќи сметка за нивните потреби. Во зависност од технологијата на ДПЕ и примената на микромрежите, тие се разделуваат во повеќе категории[4].

- Воени микромрежи - Потпирањето на дизел гориво во оддалечените региони во светот е слаба точка во воените операции, а проблемите со транспорт на гориво можат да чинат човечки животи и економска штета. Воените микромрежи најчесто применуваат фотоволтаични и ветерни центри за производство на електрична енергија за потребите на воени кампови и бази во оддалечени региони.
- Универзитетски микромрежи – се однесуваат на микромрежи кои напојуваат универзитети и универзитетски населби, а може да станува збор и за мрежи во рамките на поголеми претпријатија сместени во повеќе објекти. Кај овие микромрежи типично е користењето на когенеративни постројки за производство од електрична енергија и топлина (CHP)⁴.
- Општествени микромрежи – претставуваат конвергенција од фотоволтаични центри микромрежи и се користат за да им се даде претстава на граѓаните за производството на електрична енергија како и еластичност во трошоците за истата.
- Островски микромрежи–станува збор за вистински, физички острови, каде микромрежите се атрактивни поради високата цена за увоз на течни горива. Овие микромрежи стануваат економски исплатливи со воведувањето на нови, обновливи извори за производство на електрична енергија.

3 ПРИМЕНА НА МИКРОМРЕЖА ВО БОЛНИЦА

3.1 Болница во Сирија

Пред шестгодишната војна во Сирија, оваа земја имала добро развиена електроенергетска мрежа и 17 електрични центри. Како последица на војувањето, дел од мрежата е оштетена, па болниците станале зависни од дизел генератори поради честите испади на мрежата. Многу пациенти ги загубиле своите животи и поради краткотрајни испади, затоа што инкубаторите, респираторите и другата опрема за спасување немале континуирано напојување со електрична енергија.

⁴Кратенката е воведена од англискиот термин CombinedHeatandPower(CHP) кој често се применува во техничката литература за да значи когенеративна постројка (постројка која произведува електрична енергија и топлина)

Поради ваквата состојба, хуманитарната организација УОССМ⁵ во 2016 година реализирала пилот-проект на болница во северна Сирија. На кровот на една болница се инсталирани 480 фотоволтаични модули како што е покажано на слика 2, секој со моќност од 265W, или вкупна моќност од 127kW, 288 батерии со можност за складирање на 720kWh енергија, 23 инвертори како и приружни системи за управување на локалната мрежа и систем за складирање на енергија кој овозможува паралелно работење со дизел генератори [3]. Фотоволтаичната централа заедно со системот за складирање можат целосно да ги напојуваат критичните потрошувачи во мрежата, односно: одделот за интензивна нега, операционите сали и одделенијата за итни случаи за време на прекините. До денес, фотоволтаичната централа овозможила објектот да заштеди во просек 7000 литри дизел месечно, односно по 20% од дневната потрошувачка за електрична енергија во болницата. Од овој систем се очекува да овозможи снабдување со електрична енергија во границите од 30 до 40% од вкупната потрошувачка на електрична енергија и притоа да бидат заштедени 200 тони јаглерод диоксид на годишно ниво. Искористувањето на сончевата енергија или други обновливи извори за вакви објекти ќе ја зголеми отпорноста на здравствениот систем во Сирија, ќе ги зајакне локалните заедници и ќе ја намали зависноста од увоз на дизел. Цената на пилот-проектот изнесувала околу 400.000 американски долари.



Слика 14 Болница во северна Сирија

Се планира втора фаза на овој проект, со тоа што истиот принцип ќе биде применет на уште 6-10 болници во помалку ризичните региони на Сирија, идеални за имплементирање на фотоволтаични централи. Во тек е изготвување на план за изводливост и далечинско собирање на податоци, и овозможување на средства за овој проект до декември 2017 година. Со третата фаза на проектот ќе се овозможи имплементирање на решенија за искористување на обновлива енергија за сите здравствени установи во Сирија.

3.2 Универзитетски болнички кампус – Флорида, САД

Пример за максимално искористување на инсталираниот потенцијал е микромрежата која служи на Болницата за рак на на Универзитетот во Флорида. Болницата за рак е отворена на 1 ноември 2009 година, откако претходно била уништена од ураган. Новиот објект вреди 388 милиони долари, со капацитет од 500.000 квадратни метри има 192 болнички места за различни пациенти. Во болницата е развиена микромрежа, која е изградена, се раководи и одржува од независна енергетска компанија, партнер на болницата. Целта на микромрежата е да обезбеди континуитано напојување, дури и во критични временски услови. Овој кампус има производни единици со вкупна инсталирана моќност од 4.3 MW. Микромрежата вклучува мотор на внатрешно согорување и дизел генератор. Машината со внатрешно согорување работи на принцип на когенеративна постројка, така што дел од топлината преку топлоизменувач се користи за производство на топлина за болницата. Заради ефикасно искористување на когенеративната постројка, дел од електричната енергија која не е потребна

⁵ UOSSM (Union des Organisations de Secours et Soins Médicaux)- Унија на здравствени организации, содржи 12 големи болници и поддржува 120 здравствени установи во Сирија

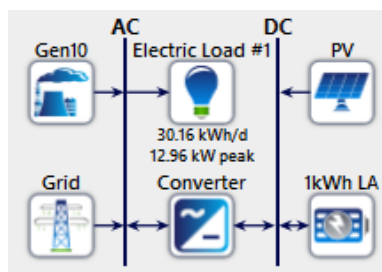
во болницата се ињектира во системот, односно се напојуваат други потрошувачи. Последново е овозможено со заеднички договор меѓу болницата и енергетската компанија која го одржува овој систем. Микромрежата е развиена да обезбедува електрична енергија во нормален режим и вонредни состојби, да овозможува ладење на вода, производство на водена пареа и гас за медицински потреби. Дополнително, во болницата е инсталиран резервен генератор и таа е поврзана со два електрични далекуводи на електрична мрежа. На овој начин се обезбедува редундантен (резервен) систем. Болницата исто така се снабдува со електрична енергија од турбина (Меркур 50) на природен гас, во сопственост на Јужниот енергетски центар, кој испорачува 75% од генерираната енергија.

Друга придобивка од оваа микромрежа е способноста да се вклучи генераторот за итни случаи без прекин со снабдување на корисниците или користење на акумулирана енергија. Кога се очекува бура или ураган кој се упатува кон болницата, микромрежата се префрла во островски режим на работа без промената да влијае на крајните корисници. Со ова се намалува веројатноста за прекин во снабдувањето со електричната енергија во тек на невреме, затоа што системот за напојување, како и производните единици се под земја и нема надворешни влијанија на системот. По стабилизирање на временските услови, системот повторно се поврзува на мрежа и продолжува со работа. Значи, сите прекини во регионалниот систем се целосно ублажени за болницата.

Зголемената ефикасност има директни финансиски придобивки, а освен тоа оваа болница е една од ретките институции кои добиле LEED Gold⁶ сертификат во земјата. Се планира проширување на кампусот и енергетскиот центар за да се имплементираат слични решенија и на други објекти во околината.

4 ПРИМЕР ЗА МИКРОМРЕЖА НА МАЛА АМБУЛАНТА

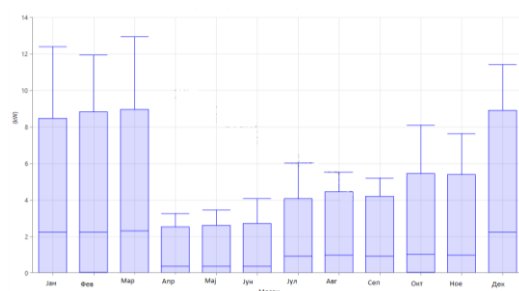
Во прилог на истражувањето, симулираме модел на амбуланта во програмскиот пакет HOMER. Програмскиот пакет HOMER претставува оптимизациски модел, кој пресметува различни видови на трошоци, а овозможува и прикажување на степенот на искористеност на дистрибуираните извори инсталирани во микромрежата[5]. Моделот на мала амбуланта претпоставуваме дека се наоѓа во јужниот дел на Р. Македонија, во рурална област, така што амбулантата е заедничка за неколку населени места, оддалечени од поголемите градови во кои има големи болници. Како последица на тоа, мора да се обезбеди дополнителна резерва. Претпоставуваме употреба на електрична опрема како: стерилизатор, аспиратор, автоматски дефибрилатор, болјер, клима уред, сијалици и слично, со вкупна моќност од 21,4 kW. Како влезни податоци ги внесуваме следните информации за амбулантата: оптоварувањето на амбулантата во секој час од годината (како за работни денови, така и за викенди), дневна радијација на сонцето, месечна температура, внесуваме податоци за мрежата, избираме сончеви колектори, батерија за складирање, конвертор и контролер од каталог со реални цени. Еднополната шема на микромрежата е прикажана на слика 4.



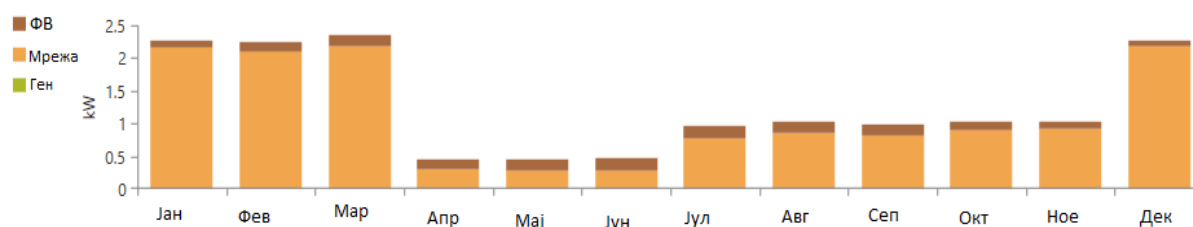
Слика 15 Еднополна шема на микромрежа на амбуланта

⁶LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)- сертификат за енергетска ефикасност на новите комерцијални објекти

Како резултат од пресметките добиваме излезен график за месечна потрошувачка, прикажан на слика 5, на кој ја воочуваме максималната побарувачка во месец март. На слика 6 е прикажано месечното искористување на дистрибуираните извори, со оглед на тоа што максималното производство од сончева енергија е токму во јули, а минималното производство е во јануари.



Слика 16 Месечно оптоварување



Слика 17 Месечен дијаграм на производство од ФВ наспроти користење на мрежа

5 ЗАКЛУЧОК

Постојат многу причини за поглемите потрошувачи во своите објекти да имплементираат микромрежи. Зачестеноста на природните катастрофи (големи бури, урагани) и новите закани, како што се терористички напади, ги истакнуваат слабостите на општеството предизвикувајќи трајни испади во густо населените области. На пример, за време на ураганот Сенди во 2012 година, голема болница во Њујорк била принудена да евакуира 300 пациенти откако откажале нејзините резервни генератори[3]. По ваквите случаи, одговорноста често ја носат Операторите на електричната мрежа. Операторите и корисниците имаат корист од зголемена сигурност која ја обезбедува микромрежата, особено во време на природна катастрофа. Поради стареењето на постоечките системи за дистрибуција и растот на потребата од електрична енергија, дополнителната флексибилност во управувањето со системот, обезбедени од страна на микромрежите, стануваат попривлечни. Со намалувањето на побарувачката на електрична енергија од главната електрична мрежа, микромрежите можат да помогнат во балансирање на оптоварувањето и квалитетот на електричната енергија.

6 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] David Barr, Chrissy Carr, Eric Putnam(Burns&McDonnell) "Microgrid effects and opportunities for utilities"
- [5] Philip Barton, Microgrid and Advanced Reliability Program Director, Schnelder Electric "Microgrids Integrate Reliability and Renewables"
- [6] Energy Efficiency Markets LLC, "MGK Guide to Healthcare Microgrids", 2017
- [7] Kerry Schlichting, „Energy Smart Technologies in the Evolving Power System“, 2016
- [8] Department of Electrical and Computer Engineering, University of Waterloo, Ontario, Canada, *Optimal planning and design of a renewable energy based supply system for microgrids*, 2012

Марија Трпевска¹

¹Универзитет "Св. Кирил и Методиј"-Скопје
Факултет за електротехника и информациски технологии

¹m.trpevska9@gmail.com

ОРГАНИЗАЦИЈА НА МИКРОМРЕЖАТА СПОРЕД ПОТРЕБИТЕ НА ЕЛЕКТРИЧНАТА МРЕЖА

КУСА СОДРЖИНА

Микромрежите се мали, ниско напонски мрежи. Дизајнирани се за снабдување со топлинска и електрична енергија на мали географски области, како што се населби за живеење, универзитети и школи, индустриски зони и сл. Генераторите (микроизворите) вклучени во микромрежата се вообичаено обновливи/неконвенционални извори на енергија интегрирани заедно за создавање на енергијата што се дистрибуира во мрежата. Како последица на тоа што потрошувачите најчесто користат енергија во исти делови од денот, кривата на потрошувачка кај микромрежите има краткотрајни максимуми. Целта на овој труд е да се објасни значењето на поимот микромрежа, зошто е потребна контролата врз микроизворите, системите за ладење и греење во објектите, потребата од складирање на електрична енергија, регулација и промена на потрошувачката и доверливо снабдување со енергија. Микромрежите се важен елемент за економскиот профит, на производителите и на потрошувачите. Додека пак, најзначајната цел на контролирањето на микроизворите е да овозможи максимални заштеди на електрична енергија.

Клучни зборови: микромрежа, микроизвори, складирање, регулација.

Microgrids are small, low-voltage networks. They are designed to supply electrical and heat energy for small geographical areas, such as neighborhoods, universities and schools, industrial areas etc. Generators (microsources) employed in a Microgrid are usually renewable/non-conventional sources of energy integrated together to generate power at a distribution level. Loads often run at the same time, which results with short-term peaks in the load profile of the Microgrids. The purpose of this paper is to explain the meaning of the word Microgrid, the purpose of microsources generation control and control of air-conditioning and heat systems in the buildings, the needs for energy storage, regulation and load shifting, and reliable energy supply will be also explained. Microgrids play a significant role in the economic benefits, for both the manufactures and the consumers. Also, the most important goal of microsources generation control is to ensure maximum possible energy saving.

Keywords: Microgrid, Microsource, Storage, Regulation.

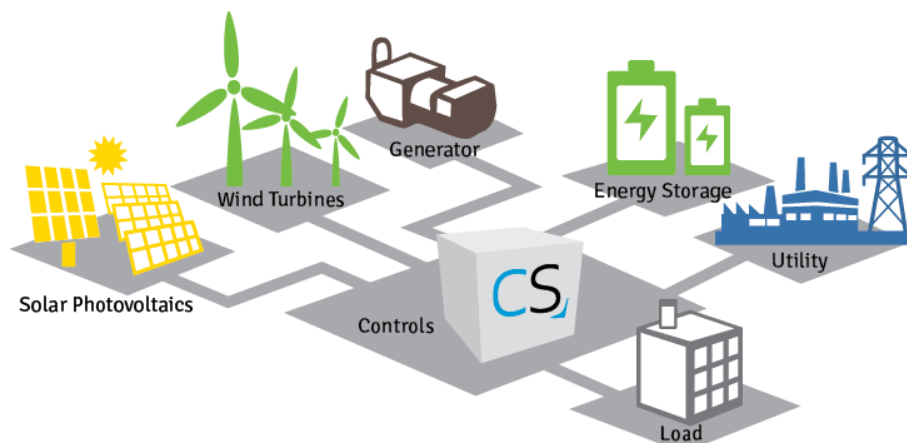
1 ДЕФИНИЦИЈА НА МИКРОМРЕЖИТЕ

Микромрежата претставува одвоен енергетски систем кој е составен од дистрибуирани енергетски извори (вклучувајќи го менаџирањето на побарувачката, складирањето и производството на електрична енергија) и потрошувачи способни да оперираат паралелно со, или индивидуално од, главната енергетска мрежа. Примарната цел им е да обезбедат непрекината и економски прифатлива енергија за урбани или рурални населени места, но исто така и да обезбедат решенија за комерцијалните и индустриските потрошувачи. Придобивките

од микромрежите вклучуваат намалување на емисијата на стакленички гасови и намалување на оптоварувањата на системите за пренос и дистрибуција.

Исто како и кај стандардните електрични мрежи, така и кај микромрежите се присутни генератори за производство на енергија, системи за дистрибуција и контрола, односно регулација на напонот и разни прекинувачи. Меѓутоа микромрежите се разликуваат од традиционалните мрежи поради тоа што обезбедуваат многу помали разлики меѓу произведената и потрошената енергија. Тие, исто така, во себе ги интегрираат и обновливите извори на енергија, како што се соларни панели, ветерници, мали хидроцентрали, геотермални центри и комбинирани системи за топлење и енергија.

Кај микромрежите има динамична контрола врз енергетските извори што дозволува операциите автономно и автоматски да се поправат. За време на настанувањето на грешки во конфигурациите на мрежата, микромрежите можат да ги изолираат местата на прекин и да ги напојуваат потрошувачите без да влијаат на интегритетот на целокупната мрежа. Микромрежите соработуваат со постоечките енергетски системи и се поврзани со нив, што им овозможува да даваат енергија на поголемите мрежи при моменти на грешки или целосни прекини.



Слика 1. Изглед на микромрежа

1.1 Придобивки од микромрежите

- Обезбедува квалитетна електрична енергија, стабилност и сигурност за корисниците и операторите на мрежата.
- Ја подобрува интеграцијата на дистрибуираните и обновливи извори на енергија
- Воведува конкуренција во цените и ефикасноста
- Овозможува интеграција на технологијата за (на) интелигентни мрежи
- Контрола на квалитетот на енергија на локално ниво
- Минимизација на отпадоците од јаглен и емисијата на стакленички гасови со помош на максимизација на производството на чиста енергија
- Зголемено учество на корисниците

1.2 Микромрежите се дефинираат според нивната функција, а не според големината

Најголем дел од микромрежите може да се опишат според една од наведените пет категории:

- Микромрежи кои се надвор од мрежата и ги вклучуваат островите, оддалечените градови и други микромрежи кои не се поврзани на локалната мрежа.
- Кампус микромрежи кои се целосно поврзани на главната мрежа, но може на некој начин да се одржуваат како изолиран систем при проблеми во главната мрежа. Типични примери за ова се универзитетите и кампусите, затворите и воените бази.

- Јавнимикромрежи кои се интегрирани во главната мрежа. Тие напојуваат повеќе потрошувачи генерално за да ги задоволат потребите на една заедница.
- Регионална микромрежа која напојува и со електрична енергија и со термална енергија за топлење.
- Наномрежи кои се состојат од индивидуално одвоени мрежи кои се способни да работат одвоено. Под наномрежа може да се дефинираат една зграда или една енергетска територија.

2 КОНТРОЛА ВРЗ МИКРОИЗВОРИТЕ

Микроизворите користат различни видови на обновливи технологии, како и технологија на нискокалоричен јаглен за да произведат енергија. Цената на горивата замикроизворите кои работат врз основа на обновливи извори е минимална, но тие мора да произведуваат енергија со максимален капацитет секогаш кога горивото е достапно. Оние пак кои работат врз основа на природни гасови, хидроген и сл., треба да произведуваат енергија кога е тоа за нив најекономично. Комбинираните микроизвори за топлина и енергија произведуваат и топлина заедно со енергијата. Поради тоа, потрошувачката на топлина треба да е балансирана. Како последица на тоа одбирањето на периодите на оперирање и нивоата на енергија која микроизворите ќе ја произведуваат се доста комплицирани и зависат од цената на горивата, од цената на задоцнетата електрична енергија и топлина и од влијанието врз загадувањето. Најважна цел на контролата кај микроизворите е да се обезбеди максимална заштеда на енергија.

Комбинираните микроизвори за топлина и енергија мора да дадат приоритет или на топлината или на електричната енергија, бидејќи побарувачката на овие потрошувачи може да не се поклопува постојано. Понекогаш микроизворите снабдуваат со помошни услуги како што се регулација на напонот, пополнување на врвните оптоварувања. Сепак, структурата на пазарот е таа која има значајна улога во проценувањето и справувањето со побарувачка така што таа ги поттикнува наддавачите да заземат учество во конкуренцијата. Тогаш сопствениците на микроизворите ќе го контролираат производството не само за своите потреби туку и за целосно искористување на можностите понудени од пазарот.

3 КОНТРОЛА НА ПРОЦЕСИТЕ КОИ СЕ ОДВИВААТ ВО ДОМАЌИНСТВАТА

Системите за контрола на процесите кои се одвиваат во домаќинставата ги мониторираат и контролираат елементите за топлење и ладење во објектите. Овие елементи може да бидат напојувани од комбинираните микроизвори за топлина и енергија кои се дел од микромрежата. За еден објект под топлински потрошувачи се вклучени системите за напојување со топла вода, системите за сушење, централизираните греења и сл. Микроизворите мора да го оптимизираат производството на топлина за задоволување на овие услуги поради тоа што мора да се земат предвид и останатите побарувања како што се помошните услуги и намалувањето на загадувањето и цената на горивата. Треба да се оптимизираат повеќе променливи за да се обезбеди максимална енергетска ефикасност за системите за топлина, вентилација и ладење, односно предвид да се земат влијанието на временските услови, цената на горивата, состојбата на објектите и нивното ниво на искористување.

Производството на топлина од конвенционални бојлери и печки е поекономично кога има достапен природен гас по ниски цени, додека комбинираното производство на топлина и енергија е поекономично да се искористува за време на часовите со врвно оптоварување кога цената за електрична енергија е висока. Покрај тоа, модулот за менаџирање на енергијата (ММЕ) треба да собира податоци од пазарите за електрична енергија и гас во реално време за може да ги споредува цените за гориво, но исто така да ги собира и податоци за краткорочна временска прогноза и според тоа да прави работни планови за сите производители на топлина со цел да се постигне оптимизација на процесите и стабилност на системот. За да се постигне точен распоред на операции ММЕ мора го следи тековниот статус на системот и да испраќа соодветни командни сигнали до целата опрема.

4 СКЛАДИРАЊЕ НА ЕНЕРГИЈА

За да се осигура непрекинато напојување на приоритетните потрошувачи ММЕ треба да ги контролира уредите за складирање на енергија како што се батериите, замавни маси (замајци) и суперкондезаторите. Всушност, успешното водење на микромрежата најмногу зависи од соодветните операции и контролирањето на уредите за складирање во текот на непредвидените настани и прекини. Сепак, овие уреди се користат само за да се компензираат напонските јами во локалните јазли или како резерва за искористување за време на испади или за израмнување на врвните оптоварувања. Некои микроизвори имаат мала инерција или слаба способност да преживеат пореметувања, па овие уреди за складирање исто така помагаат во надополнување на микроизворите во текот на нисконапонските транзиенти на дистрибутивниот систем или за разработување на моторите.

Повеќето уреди за складирање произведуваат DC напон, па треба да се поврзат со инверторите на микроизворите за DC/AC конверзија. Спротивно на ова, генераторите со замавни маси директно произведуваат AC и тие можат директно да ги напојуваат јазлите на микромрежата. Бидејќи уредите за складирање мора моментално да одговараат, тие треба да ги користат своите локални контролни уреди наместо да зависат од командите на ММЕ. Некои уреди како кондезаторите можат да складираат енергија при висока густина, но се ограничени со краткотрајни празнења, додека некои уреди како замавните маси може да страдаат од ниска густина на енергијата, но се способни да се празнат подолг период. Според ова, тие може да се здружат со моторите со внатрешно согорување за да се обезбеди енергија за продолжени периоди.

5 РЕГУЛАЦИЈА И ПРОМЕНА НА ПОТРОШУВАЧКАТА

Поради природата на потрошувачите кривата на потрошувачка кај микромрежите има краткотрајни максимуми. Ова се случува бидејќи потрошувачите сместени во домаќинствата како што се греачите за вода, рерните и парната најчесто работат во исто време. Овие врвни моќности стануваат поизразени кај комерцијалните потрошувачи, како што се хотелите и рестораните. Како и да е, кога одреден број на такви потрошувачи со различни врвни моќности во различни временски периоди ќе се соединат заедно и ќе се напојуваат од микромрежата кривата на потрошувачка се израмнува до одредена граница. За микромрежите значајно е тоа што колку е помал потрошувачот толку врвовите на кривата ќе бидат поголеми, што значи дека многу повеќе од складирана енергија ќе биде потребна за време на хаварија.

Една од важните функции на ММЕ е да се израмни профилот на потрошувачката на електрична енергија со соодветно распоредување на потрошувачката, вклучувајќи ги и полнењата на уредите за складирање и промената на индивидуалните пикови на потрошувачите. Ова се постигнува така што одредени потрошувачи ќе превземаат електрична енергија во одредено време и ќе помогнат во израмнувањето. Исто така може и да се постигне и со испланирано полнење на термалните системи за складирање на енергија со нискобуџетни горива.

Приспособувањето на количеството произведена енергија со онаа која е побарана во моментот се дефинира како регулација. За да успее краткотрајната регулација (секунда за секунда) микромрежата мора да има повеќе врвна генерирана капацитивност отколку за долготрајната регулација (минута за минута). При краткотрајна регулација треба да се подржува напојувањето на приоритетните потрошувачи за да не дојде до колапс на системот.

За побрзо следење на потрошувачката микроизворите мора да бидат подржувани од уредите за складирање на енергија со многу брзи електронски контроли. Освен тоа, ММЕ мора соодветно да ги координира потрошувачите така што ќе ја менува врвната побарувачка особено за големите потрошувачи. Исто така, треба да се вметнат функции за точно претпоставување на големите побарувања на енергија и за пресметка на нивното влијание на системот. Треба да се води сметка и за напорите на постоечкиот пазар да ги оптимизира операциите на микромрежата.

6 ПОМОШНИ УСЛУГИ

Постојат контроверзии за некои услуги кои можат да бидат понудени од страна на микромрежата. Едно од гледиштата е дека микромрежата се однесува како целина од контролирани потрошувачи со неопходни контролирања на побарувачката на енергија. Друго е дека микромрежата преку пазарот на електрична енергија треба да ја продава енергијата на главната електрична мрежа за време на периодите на врвна побарувачка. Во целост, настрана од однесувањето како контролирана потрошувачка, микромрежата може да обезбеди, со соодветна наплата, неколку скапоцени помошни услуги за главната мрежа.

Контролирањето на потрошувачката во микромрежата доведува до одлична контрола на напонскиот профил кај корисниците. Поставувањето на кондензатори за реактивна моќност кај крајните корисници може да се избегне ако тие се напојуваат преку микромрежата. Многу помошни услуги се справуваат со постигнувањето на балансот меѓу микроизворите и потрошувачите во реално време, додека помошните услуги со можност за обновување на напојувањето се важни за самата микромрежа со цел одржување на големите потрошувачи без размена на енергија со главната мрежа.

Брзината на комуникацискиот систем е голем предизвик за микромрежите при снабдувањето со овие услуги. Во нерегулираните општества се поттикнуваат отворени конкурентни пазари за продавање на електрична енергија и помошни услуги по разделувањето од преносот. Ова дефинитивно ќе ја зголеми економската ефикасност преку намалување на цената за енергија. Микромрежите може да учествуваат на отворениот пазар и како снабдувачи и потрошувачи на електрични услуги, што доведува до подобрување на практичното и ефективно користење на ресурсите.

7 ЗАКЛУЧОК

Микромрежите преку мерките кои ги нудат, се поволни како за потрошувачите така и за производителите на електрична енергија. Со контролата на микроизворите и потрошувачката овозможуваат мали разлики меѓу произведената и потребната енергија, што е всушност основно барање за секоја мрежа. При настанувањето на проблем во главната мрежа тие можат да работат островски и испадите да не предизвикуваат никакви проблеми во нивното работење и водење. Складирањето на енергија е секако важен елемент поради можноста за искористување на таа енергија кога ќе има потреба или проблеми, а и нејзиното продавање на главната мрежа значи економски профит. Исто така, тие го стимулираат и учеството на микроизворите и помагаат во зачувувањето на околината поради користењето на обновливите извори на енергија.

8 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] S. Chowdhury, S.P. Chowdhury and P. Crossley - "*Microgrids and Active Distribution Networks*" - Лондон, Велика Британија, 2009 година
- [2] <https://www.generalmicrogrids.com/about-microgrids>
- [3] <https://www.energy.gov/oe/activities/technology-development/grid-modernization-and-smart-grid/role-microgrids-helping>
- [4] <http://www.microgridinstitute.org/about-microgrids.html>

Владимир Шокаровски¹, Мирјана Садиковиќ²

¹Факултет за електротехника и информациски технологии, Скопје

¹shokarvladimir@gmail.com ²mimisadikovik@gmail.com

ПАМЕТНО УПРАВУВАЊЕ НА ЕЛЕКТРИЧНИ УРЕДИ ВО АДМИНИСТРАТИВНИ ОБЈЕКТИ СО ЦЕЛ ПОГОЛЕМА ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ

Куса содржина

Енергетската ефикасност и одржливиот развој, сама посебе, како област и поле на интерес и работа е доста обемна и актуелна. Всушност оваа област може да се разгледа од два аспекти- барањето на алтернативни начини за производство на енергија и што поголема заштеда на истата, се разбира колку што е практично возможно. Со други зборови, енергетската ефикасност и одржливиот развој, како засебна целина, може да се дефинира како рамнотежа помеѓу гореспоменатите нејзини составни аспекти.

Во овој труд се разгледува паметното управување на електрични уреди во административни објекти, со цел намалување на расходите по основ на електрична енергија, кои тие ги предизвикуваат. Ваквите административни објекти спаѓаат во категорија на тарифни потрошувачи на 0,4[kV](380/220[V]) напонско ниво, во групата останати потрошувачи, поточно подгрупата потрошувач од прв тарифен степен. Трудот се фокусира на можностите за намалување на врвната ангажирана моќност со помош на паметно управување на електричните потрошувачи односно во дадениот случај клима уредите во склоп на конкретна зграда од административен карактер.

Крајната цел на овој труд е дизајнирање на уред и формирање на мрежа од вакви уреди преку која ќе се реализира концептот на паметно управување.

Клучни зборови: *паметна мрежа, енергетска ефикасност, административни објекти, врвна ангажирана моќност, управување.*

1 ВОВЕД

Концептот на паметни згради е доста актуелен денес. Кратко кажано, паметна зграда, претставува објект во кој се вградени системи за автоматско управување и менаџирање при определени зададени услви, со цел заштеда на енергија и олеснување на начинот на функционирање на истата. Конкретно, во овој случај ќе се разгледуваат уреди за паметно управување во електроенергетскиот дел од административните згради. Станува збор за интелигентни уреди со способност да одлучуваат кога да се користи електричната енергија според претходно одредени услови и ограничувања од корисникот. Ова наоѓа голема примена во намалување на врвната потрошувачка на електрична енергија што е од големо значење за намалување на трошоците односно потребата за генерирање електрична енергија. Со овој концепт се допринесува во намалување на потребата од нови електрични центри при што се намалуваат штетните емисии на гасови. Сето ова се предвидедува со Меѓународниот Стандард за менаџмент со енергија ISO 50001 [1].

Со примена на концептот на паметни мрежи, потрошувачите можат да заштедат и до 25% од потрошувачката на електрична енергија. Податоците за потрошувачката на електрична енергија од одреден временски период на еден административен објект во комбинација со соодветни алатки за нивно менаџирање можат да допринесат во намалување на потрошувачката на електрична енергија на тој објект и негова поголема енергетска ефикасност.

Паметното управување на електрични уреди во административни објекти, со цел намалување на расходите по основ на електрична енергија, кои тие ги предизвикуваат, и формирање на мрежа од истите е главна тема на обработка во овој труд. Ваквите административни објекти спаѓаат во категорија на тарифни потрошувачи на 0,4[kV](380/220[V]) напонско ниво, во групата останати потрошувачи поточно подгрупата потрошувач од прв тарифен степен [2]. Конкретно станува збор за намалување на врвната ангажирана моќност со помош на паметно управување на електричните потрошувачи односно во дадениот случај клима уредите во склоп на комплексот на ФЕИТ/МФС. Во табела број 1 се прикажани тарифните модели од I степен, како и цената на истите соодветно.

Табела 1. Тарифните модели од I степен, како и цената на истите соодветно [3]

<i>Назив</i>	<i>Цена во денари</i>	<i>Единица мера</i>	<i>Важи до</i>
Потрошувачи од I тарифен степен (моќност)	746. 5	ден/kW	01.07.2017
Потрошувачи од I тарифен степен (висока тарифа)-активна електрична енергија	3.57	ден/kWh	01.07.2017
Потрошувачи од I тарифен степен (ниска тарифа)-активна електрична енергија	1.76	ден/kWh	01.07.2017
Потрошувачи од I тарифен степен (висока тарифа)-прекумерна превземена реактивна електрична енергија $\cos\varphi=0.95$	0.88	ден/kvarh	01.07.2017
Потрошувачи од I тарифен степен (ниска тарифа)-прекумерна превземена реактивна електрична енергија $\cos\varphi=0.95$	0.45	ден/kVArh	01.07.2017

2 СИСТЕМИ ЗА МЕНАЏМЕНТ СО ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА

Кога станува збор за заштеда на електрична енергија најдобриот начин е преку мониторинг, контрола и стратегии за зачувување на енергијата во административниот објект. Овие процеси всушност се клучни елементи на еден систем за менаџмент со електрична енергија. Станува збор за неколку чекори:

1. Мерење на потрошувачката на електрична енергија и прибирање на соодветни податоци.
2. Наоѓање начини за заштеда на електрична енергија и проценка на можна потрошена енергија во одредена ситуација во административниот објект.
3. Надградување и/или замена на одредена енергетска опрема.
4. Следење на процесот преку анализа на измерените податоци со цел увидување на напредокот во енергетската ефикасност постигната во административниот објект.

Преку менаџмент со електричната енергија во еден административен објект се постигнува намалување на трошоците како главна цел, како и намалување на штетните емисии во животната средина. Со поголема потрошувачка на електрична

енергија се зголемува и ризикот за покачување на цената на електричната енергија. Менаџментот со електричната енергија овозможува намалување на ризикот со намалување на побарувачката на електрична енергија а воедно и нејзина контрола со што се прави по предвидлива.

Модерниот пристап кон прибирање на податоци за потрошувачката на електрична енергија е дизајн на системи кои автоматски ќе ја мерат потрошувачката на електрична енергија на интервали и ќе запишуваат податоци за потрошувачката на кратки, редовни интервали како на пример 15 минути или половина час. Со ова се овозможува да се согледаат одредени пофторувања во енергетскиот отпад што не би било возможно да се забележат на друг начин. На овој начин се наоѓа одредена рутина која се пофторува во загубите на енергија во објектот и може да се примени соодветна стратегија за нејзино справување.

За таа цел во овој труд ќе се задржиме на системот за менаџмент со електрична енергија дизајниран од компанијата ДТК Сمارт-тек [4], која делува во областа на развој и имплементација на системи за мерење, анализа и управување со електрична енергија. Со примена на овој систем кој веќе е успешно инсталиран, се цели кон зголемување на енергетската ефикасност на комплексот ФЕИТ/МФС како административен објект и заштеда на средства од аспект на потрошена електрична енергија. Како значајни карактеристики на овие паметни уреди се можноста за мониторинг, запис и анализа на поважните параметри на електрична енергија(напон,струја, активна и реактивна моќност, активна и реактивна енергија, фактор на моќност) што е од многу големо значење за концептот на паметни мрежи како што веќе спомнавме. Како други важни карактеристики на овие уреди се можноста за управување на процесот со цел намалување на врвната ангажирана моќност, пренос на мерните податоци, телеметриско отчитување на податоците преку интернет, алармирање врз база на мерењата и други.

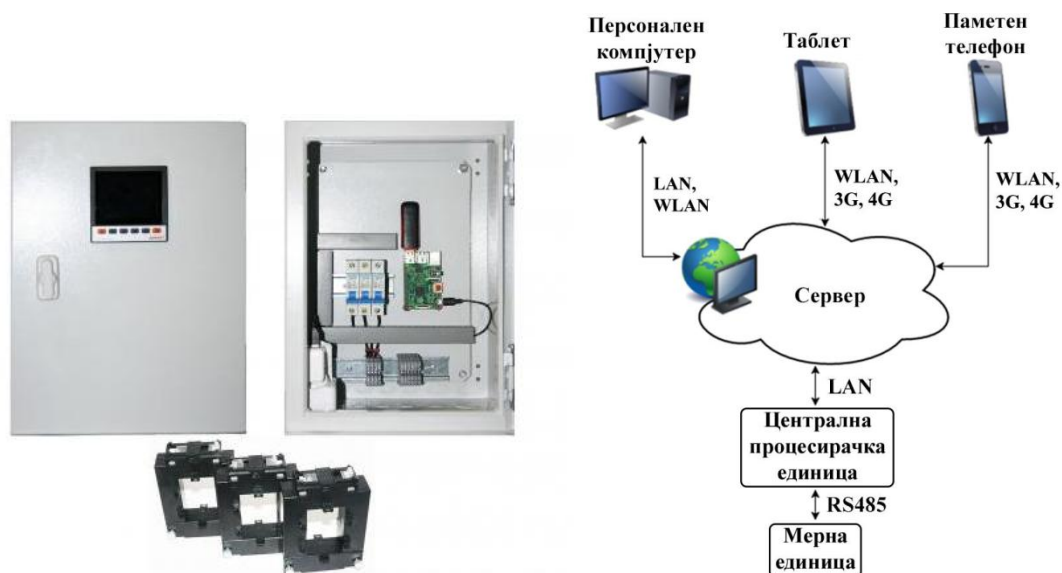
2.1 Краток опис на системот за менаџирање на енергија инсталиран на ФЕИТ

Системите за менаџирање енергија ги има во различни облици и со различни перформанси. Сепак сите тие овозможуваат следење, запис, пренос и анализа на сите релевантни параметри на електричната енергија. Системот кој е инсталиран на ФЕИТ поседува сертификат за електромагнетна компатибилност (CE), како и сертификат од акредитирана метеоролошка лабораторија со кои се гарантира нивната точност. Со полуиндиректна врска, на нисконапонска страна се врши директно мерење на напонот и индиректно мерење на струјата, преку струјни мерни трансформатори. Сите тие податоци преку електрични врски се поврзани со мерниот модул кој ги обработува и локално запишува на сопствена SD картичка. Во изминатиот период, од денот на инсталација на овој систем на ФЕИТ, со резолуција од 15 секунди се мерат и обработуваат следните податоци:

- Фазни напони
- Линиски напони
- Фазни струи
- Активна моќност по фаза
- Реактивна моќност по фаза
- Привидна моќност по фаза
- Фактор на моќност по фаза
- Активна и реактивна енергија
- Фреквенција

Со цел да се евалуира потрошувачката на енергија на Факултетот за електротехника и информациски технологии ФЕИТ во Скопје и да се имплементираат мерки за нејзино намалување, во главната зграда на факултетот, овие мерно-информациски системи беа

инсталирани во ноември 2015, каде два месеци беа во тест период, за од 1 јануари 2016, до денес да се во непрекината оператива. Мерниот модул е поставен во мерен орман, кој има соодветна придружна електронска опрема и применети современи мерки за заштита на опремата и операторите. Мерниот орман заедно со користените струјни мерни трансформатори, како и архитектурата на овој систем за менаџмент со електричната енергија е даден на Слика 1[5].



Слика 1. Мерниот орман заедно со користените струјни мерни трансформатори, како и архитектурата на овој систем за менаџмент со електричната енергија

2.2 Паметно управување на системите за греење и ладење (клима уредите) инсталирани во комплексот на ФЕИТ/МФС

Кај ваквиот тип на објекти, како што се административните згради, кои спаѓаат во тарифниот модел кој го опишавме погоре во воведот, за разлика од индустриските објекти, како најголеми потрошувачи на вкупната електрична енергија се јавуваат уредите за греење и ладење т.е. клима уредите, кои најчесто се инсталирани во поголем број.

Овој тип на греење е најзастапен во месеците, септември, октомври, март и април, околу почетокот на грејната сезона и околу крајот на истата, и пак зависи секоја година од временските услови. На ФЕИТ и МФС, има вкупно 140 клима уреди во главната зграда, анексот и спортската сала и просториите на МФС во истата. Само три клима уреди работат постојано, за потребите на серверите, додека останатите се вклучуваат по потреба. Застапени се различни производители, и различни типови, со номинални моќности од 1.6kW, 1.8kW, 2kW, 2.5kW и 3kW, но повеќето од нив се со номинална моќност од 2.5kW, односно околу 1200W за греење и 1300W за ладење. Затоа за да се пресмета нивниот удел, ќе биде земено дека ако се сите вклучени, секоја од нив има моќност од 1.5kW, вредност која ќе ја земеме како средна вредност за сите клима уреди.

Согласно ова, 210kW е моќноста на сите клима уреди ако се вклучени во ист момент. Секако никогаш не се вклучени сите одеднаш, што е видливо и од сметките за електрична енергија. Но многу од нив се вклучени во октомври и март, кога максималната ангажирана моќност има најголема вредност. Исто така многу од просториите покрај парното греење имаат вклучено клима уреди што е дополнителен проблем, во поглед на трошоците за електрична енергија [5].

Тука е земен конкретниот пример на комплексот ФЕИТ/МФС, но има и други административни згради, каде бројот на клима уредите е драстично поголем, а во некои слушаи е и основен начин за одржување на внатрешната потребна температура за комодија во истите. Така, од тука, од наведениот пример се гледа колкава удел има постојаната работа на

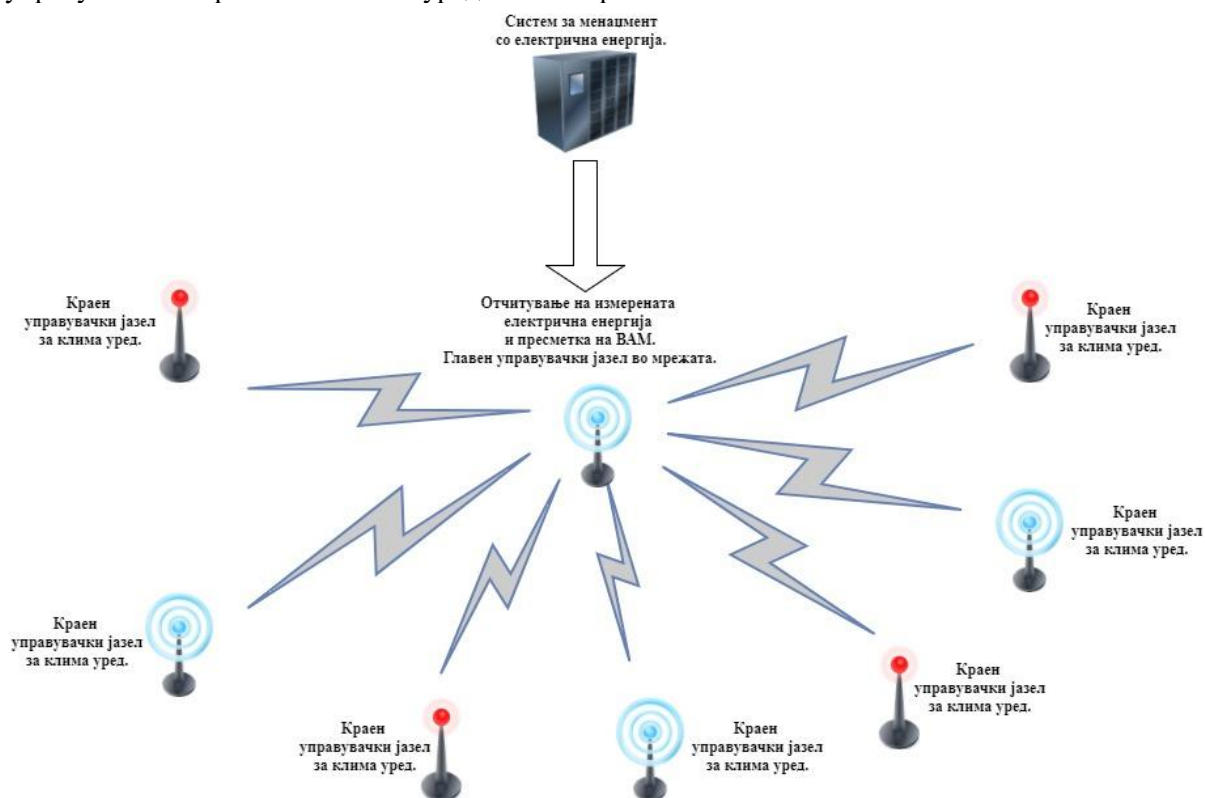
клима уредите и килкава конзумација на енергија има во вкупната потрошувачка, посебно во ставката врвна ахгажирана моќност.

Врвната активна моќност (ангажирана моќност –ВАМ во понатамошниот текст) е најголемата измерена просечна активна моќност во временски интервал од 15 минути во текот на пресметковниот период во време на високите дневни оптоварувања.

Високи дневни оптоварувања:

- 07:00 до 22:00 часот, во периодот за летно и зимско мерење на времето;
- секој ден, освен недела.

Трудот се фокусира на можностите за намалување на врвната ангажирана моќност со помош на паметно управување на електричните потрошувачи односно во дадениот случај клима уредите во склоп на конкретна зграда од административен карактер. Значи, идеата е следна, клима уредите, првично да се поделат во две приоритетни групи на работа, со времетраење од по 7,5 min, кога едната група има приоритет, другата нема и обратно. Со тоа нема да се дозволи никогаш во интервалот од 15 min да бидат вклучени сите клима уреди, а со тоа и да ја покачат ВАМ. Овој временски интервал е доволно голем, за да не се наруши комодитетот на просторот во објектот. За таа цел, бидејќи се работи за уреди од различни производители, треба да се креира универзален уред кој ќе управува со поедини клима уред, со цел да да нема хардверска интервенција врз клима уредите. Сите вакви уредчиња да бидат помеѓу себе поврзани во безжична мрежа, а нивното функционирање ќе биде координирано од главен јазел во мрежата(рутер), кој постојано ќе ја чита вредноста од измерената електрична енергија (во случајов директно од инсталираниот на ДТК Смарт-тек на ФЕИТ/МФС), и соодветно ќе ја пресметува ВАМ, од чија вредност според определен алгоритам ќе врши управување во мрежата на вакви уреди. Тоа е прикажано на блок-шенмата на Слика 2.

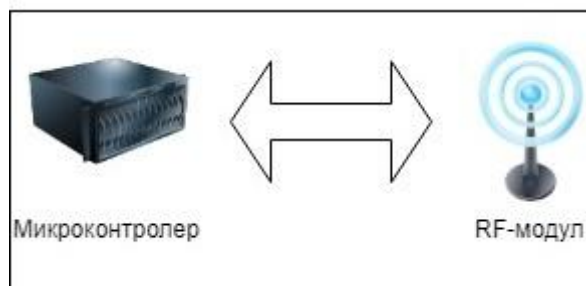


Слика 2. Блок-шема на структурата од мрежата за паметно управување на клима уредите

2.2.1 Дизајнирање на универзален уред и негова имплементација во концептот на паметно управување

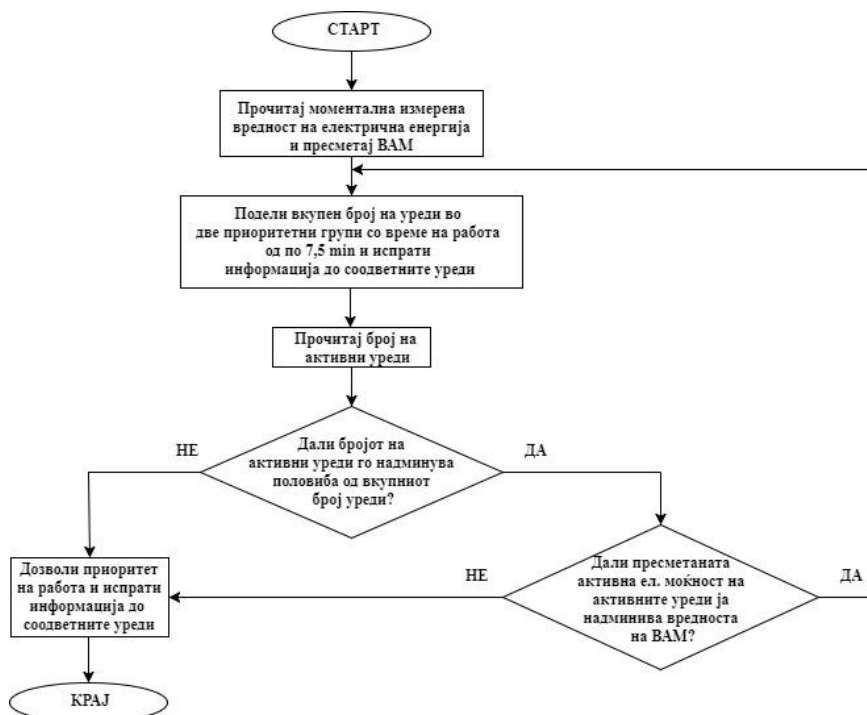
Новите клима уреди што се нудат денес на пазарот, опционо веќе имаат фабрички вграден Wi-Fi модул за безжична комуникација, но имајќи го во предвид фактот, дека за да се состави ваквата мрежа од уреди, иако го имаат истиот модул, сепак пристапот до него би бил различен.

Од друга страна, веќе инсталираните клима уреди во постоечките административни згради, не би се сменале со нови во наредните две децении поради економски причини. Прати претходното излижебо, сметаме дека проектирањето на ваков универзален вмрежувачки управувачки уред е целиходно и економски оправдано. Еден таков безжичен јазел, за оваа намена, главно би се состоел од микроконтролер- кој ќе ги извршува управувачките и протоколарни функции, и RF- модул за безжична комуникација на уредите. Тоа е претставено со блок-шемата на Слика 3.



Слика 3. Блок-шема на структурата од безжичниот управувачки јазел

Како што беше погоре кажано, ваквата управувачка мрежа, би се состоела од главен јазел, и извршни крајни јазли (види тука Слика 2). Во главниот јазел би се наоѓала управувачката програма, следејќи определен алгоритам. Првичната структура на овој управувачки алгоритам е претставена на блок-шемата на слика 4. Крајните управувачки јазли би содржеле во себе алгоритам, кој ќе ги управува клима уредите континуирано, а не со познатото On/Off управување, со цел да не се скрати работниот век на клима уредите.



Слика 4. Блок-шема на структурата од управувачкиот алгоритам на главниот јазел-координатор во мрежата

3 ЗАКЛУЧОК

Врз основа на се претходно кажано и изложено, паметното управување на електрични уреди во административни објекти, со цел намалување на расходите по основ на електрична

енергија, кои тие ги предизвикуваат, поготово влијанието врз врвната ангажирана моќност, конкретно во случајов на клима уредите, е целиходно, економски и енергетски исплатливо. Економски, бидејќи со мал влог во овој тип на паметно управување на ваквите уреди, директно се влијае врз намалувањето на ВАМ, а со тоа и имаме и финансиска заштеда. Ова ја прави инвестицијата исплатлива. Енергетски, бидејќи со примена на ваквото управување се растеретува и енергетската мрежа. Ова ја прави инвестицијата енергетски ефикасна.

4 БЛАГОДАРНОСТ

Огромна благодарност до нашиот ментор Доц. д-р Живко Коколски, за несебичната помош, посветеност и соработка при изработката на овој труд. Исто така и голема благодарност до тимот на ДТК Смарт-тек за конструктивната соработка.

5 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [2] Меѓународен стандард ISO 50001
- [3] Регулаторна комисија на Република Македонија, „Тарифен систем за продажба на електрична енергија на тарифни поштошувачи“, Скопје, 20011.
- [4] Регулаторна комисија за енергетика на Република Македонија „Цена – електрична енергија“, <http://www.erc.org.mk>, пристапено на 01.11.2017 год.
- [5] <http://www.dtksmarttech.com.mk>, пристапено на 01.11.2017 година.
- [6] Филип Симјаноски, „Мерки за енергетска ефикасност на ФЕИТ согласно стандардот ISO 5001“, Скопје, октомври 2016.
- [7] Chin-Chi Cheng and Dasheng Lee, „Smart Sensors Enable Smart Air Conditioning Control“, Department of Energy and Refrigerating Air-Conditioning Engineering, National Taipei University of Technology, Taipei, 2014.

Д. ЕЛЕКТРИЧНИ ВОЗИЛА И ЕНЕРГЕТСКИ ЕФИКАСЕН ТРАНСПОРТ

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Сара Младеновска ¹, Наталија Тасевска ²

Факултет за електротехника и информатички технологии - Скопје

¹sara_mladenovska@yahoo.com

²tasevska_natalija@hotmail.com

**ЕЛЕКТРИЧНИ И ХИБРИДНИ ВОЗИЛА И НИВНАТА ПОТЕНЦИЈАЛНА
УЛОГА ВО НАМАЛУВАЊЕ НА АЕРОЗАГАДУВАЊЕТО ВО СКОПЈЕ**

КУСА СОДРЖИНА

Целта на овој труд е анализа на мерките за намалување на загадувањето од транспортните средства. Скопје е најголемиот град на територијата на Република Македонија, со самото тоа и емисијата на штетни гасови од транспортните возила е најголема. Во овој труд ќе извршиме анализа на различни сценарија со кои би се намалило количеството на издувни гасови од транспортните возила притоа ставајќи акцент на патничките автомобили затоа што тие се најбројни учесници во сообраќајот. Овој труд ги прикажува можните насоки во кои ќе се развиваат мерките за намалување на загадувањето на воздухот кое што не смее да се игнорира, а исто така ги става во преден план придобивките од користењето на електрични возила и нивната улога во „зелена“ енергетска иднина. Потенцијалните мерки кои би се имплементирале ќе допринесат сите засегнати страни: потрошувачите, производителите на автомобили и животната средина да имаат придобивки, а со тоа и целото општество како целина.

Клучни зборови: електрични возила, загадување на воздух, емиси на јаглерод диоксид, хибридни возила, хибридни автобуси

1 ВОВЕД

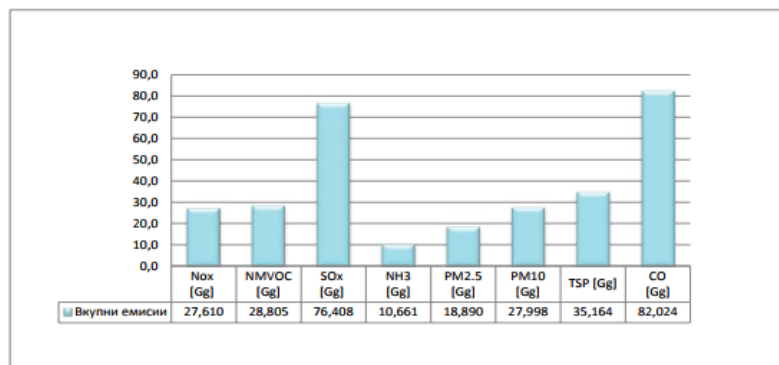
Живееме во свет во кој загадувањето зема сè поголем замав како резултат на современото живеење. Сведоци сме на индустрискиот развој, на зголемувањето на популацијата и неможноста на човештвото да го стави намалувањето на издувните гасови како приоритет пред желбата за удобно живеење.

Во овој труд е извршена анализа на потенцијалните мерки за намалување на загадувањето предизвикано од транспортните средства што се користат во Скопје - автомобили и автобуси. Таргет град е Скопје затоа што најголемиот дел од населението е стационирано тука и како резултат на тоа во текот на зимскиот период Скопје станува еден од најзагадените градови на територијата на Република Македонија. Целта на овој труд, освен анализа на влијанието на преземените мерки врз загадувањето на воздухот, е и економска анализа и компарација на заклучоците од пресметките со цел да се види каде е Македонија во однос на светот и колкави се нејзините можности за инвестиција во проекти кои тука и сега се чинат екстремни, но во иднина ќе станат реални. За оваа цел искористени се податоци од заводот за статистика на Република Македонија и податоци од апликацијата Мој Воздух за количеството на присутни штетни честички во воздухот.

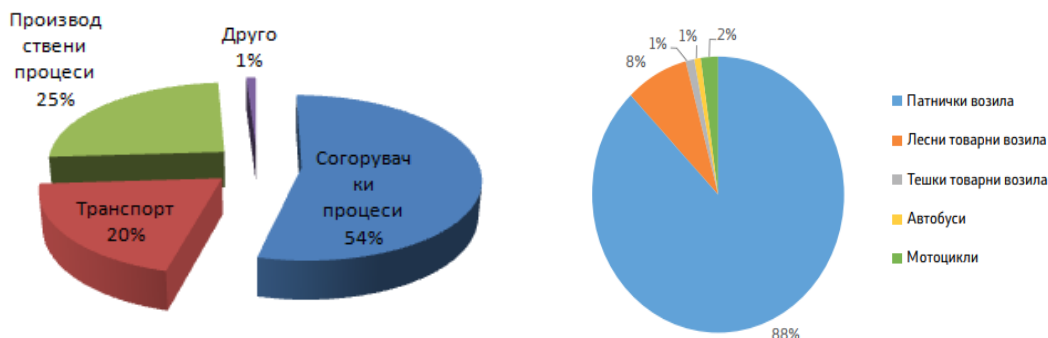
Анализата опфаќа замена на конвенционалните автомобили со електрични и со хибридни, како и замена на конвенционалните автобуси со хибридни. Врз основа на анализата може да се дојде до заклучок кои решенија се исплатливи, а кои се целосно невозможни, сепак дури и

оние прифатливите го отвораат прашањето дали Македонија е доволно економски и еколошки развиена за да ги имплементира потенцијалните мерки за намалување на загадувањето.

2 СТАТИСТИЧКИ ПОДАТОЦИ ЗА ЗАГАДУВАЊЕТО НА ВОЗДУХОТ ВО СКОПЈЕ



Слика 1: Вкупни емисии на основните загадувачки супстанции во 2015 година



Слика 2: Процентуална претстава на загадувањето на воздухот предизвикано од различни извори

Од графиконот се гледа дека најголем предизвикувач на загадувањето во Македонија се согорувачките процеси, односно процесите на производство на електрична енергија од јаглен, како и производствените процеси, односно индустријата. Меѓутоа се забележува дека транспортот учествува во загадувањето на воздухот со значителни 20%, што значи дека преземените мерки во транспортот за намалување на загадувањето би дале и значителни резултати, при што целта е да се таргетираат патничките возила затоа што тие се најбројните учесници во сообраќајот и според тоа учествуваат со најголем процент во загадувањето на воздухот.

3 ЕЛЕКТРИЧНИ И ХИБРИДНИ АВТОМОБИЛИ НАСПОТИ КОНВЕНЦИОНАЛНИ АВТОМОБИЛИ. ХИБРИДНИ АВТОБУСИ НАСПОТИ КОНВЕНЦИОНАЛНИ АВТОБУСИ

3.1. Електрични автомобили

Електрично возило е возило кое се движи со помош на електрична енергија. Се состои од батерија што служи за складирање на електрична енергија, контролер чија цел е контролирање на полнењето на возилото и на снабдувањето со електрична енергија, со што всушност се контролира и брзината и електричен мотор кој е клучната компонента на електричното возило. Електричните возила помасовно започнуваат да се применуваат во светот од повеќе различни причини.

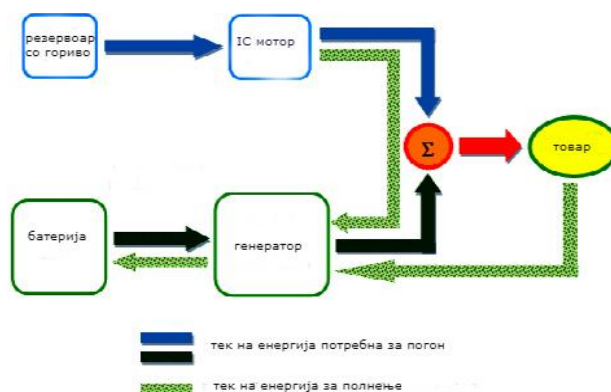
Електричен автомобил е далеку енергетски поефикасен во однос на конвенционалните возила. Имено во автомобил со мотор на внатрешно согорување, се добива во просек околу 25% ефикасност, односно за 100 единици на енергија (бензин или нафта), само 25% од оваа енергија допринесуваат автомобилот да се движи, а останатите 75 единици енергија се трошат на триење и топлина. Електричните возила во просек имаат околу 80% ефикасност (а некои и до 95%), односно за 100 единици на енергија (електрична енергија), 80 од нив се трошат за придвижување на автомобилот. Имаат многу помала емисија на јаглерод диоксид. Ако се проанализира вкупната емисија на CO₂ во воздухот добиена врз база на т.н. „Well-To Wheel“ потрошувачка на гориво, значи од производство на примарната енергија па сè до конечното пренесување на енергијата на тркалата од возилото, електричните возила во просек произведуваат скоро половина емисија на CO₂ споредбено со конвенционалните возила. Доколку енергијата што ја користат електричните возила е добиена од обновливи извори, тогаш со сигурност може да се каже дека електричните возила се целосно еколошки и не емитуваат CO₂. Предизвикуваат помалку бучава во сообраќајот, лесни се за одржување, а дополнително играат важна улога во одржувањето на стабилноста на мрежата, затоа што можат да се користат за складирање на енергија која ќе се користи тогаш кога е потребна. Со ова тие го попложуваат патот кон развој на концептот на паметни мрежи и зголемувањето на производството и искористувањето на енергија од обновливи извори на енергија што всушност е и целта на секое современо општество.

Економски аспект

Набавната цена на електричните автомобили е значително поголема од цената на автомобилите што имаат класични мотори со внатрешно согорување. Главната причина е високата цена на батериите во автомобилите. И долгорочно гледано се економски поисплатливи споредено со класичниот автомобил со мотор на внатрешно согорување. Иако просечната цена на ваквите автомобили е над 35 илјади евра, статистиката покажува дека еден електромобил ќе потроши приближно 1000 евра за 100.000km, а возило од иста класа со бензински или дизел мотор ќе потроши двојно повеќе од иницијалниот трошок за купување на возилото, со што се доаѓа до компензирачката цена зошто електричното возило чини повеќе на самиот почеток.

3.2. Хибридни автомобили

Хибридните возила во својата работа користат комбинација на мотори со внатрешно согорување и електрични мотори, како што е прикажано на сликата. Својата моќ ја добиваат од моторот со внатрешно согорување. Во согласност со потребите возилото може да добие дополнителна енергија од електричниот мотор. Енергијата потребна за работа на електричниот мотор често се генерира во движење и се складира во батериите, поради што не е потребно дополнително полнење преку надворешни извори. Електричниот мотор воедно функционира и како генератор кој ја претвора механичката енергија добиена од регенеративното кочење и истата повторно ја складира во батериите.



Слика 3: Принцип на работа на хибридно возило

3.3. Хибридни автобуси

Хибриден автобус користи комбинација од конвенционален мотор со внатрешно согорување и електричен мотор. Дополнително секое вакво возило има батерија (обично се тоа олово - киселински или никелови батерии). Кога побарувачката за енергија е поголема од капацитетот на батеријата за складирање на енергија, дизел машината (најчесто се користат автобуси со дизел мотори) обезбедува екстра енергија. Батеријата служи за складирање на енергија и таа се полни преку рекуперативно кочење, т.е. кога автобусот успорува.

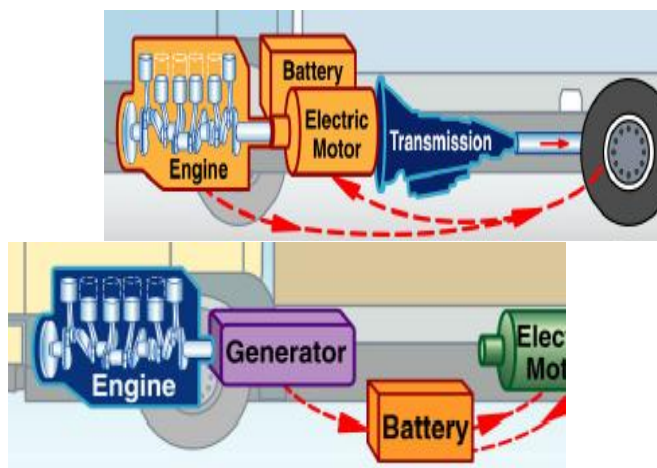
Овие автобуси се енергетски поефикасни од конвенционалните и се попријателски настроени кон животната средина. Имено емисиите на РМ честици кај овие автобуси се околу 90% помали во однос на конвенционалните дизел автобуси. Емисиите на NO_x гасови и на јаглерод моноксид (CO) се исто така на најниско ниво. Направени се неколку лабораториски тестови во САД и Канада кои што укажуваат на улогата на хибридните автобуси во редукцијата на емисиите на штетни честици. Како за илустрација прикажани се само резултатите од CBD (Central Business District)⁷ циклусот на тестирање:

	CO ₂	NO _x	PM	CO
Редукција на емисиите (%)	34,8	26,6	97,1	48

Заштедата на гориво изнесува околу 30 %, т.е. хибридните автобуси трошат 30% помалку гориво во однос на конвенционалните.

Економски аспект

Во просек хибриден автобус чини околу 470000 евра што е некаде 340 000 евра повеќе во однос на конвенционален автобус. Што значи дека, потенцијалната замена на сите регистрирани автобуси на територијата на Скопје со хибридни автобуси би ја чинела Македонија 457 780 000 евра под претпоставка дека на територијата на град Скопје има регистрирано 974 автобуси.⁸ Овие автобуси имаат животен век од 14 до 16 години и пресметано е дека додека се во погон, т.е. за време на нивното времетраење заштедата за купување на бензин од еден автобус ќе биде околу 120 000 евра, значи за сите 974 заштедата за бензин би била 116 880 000 евра.



Слика 2: Принцип на работа на хибриден автобус

⁷ процедура за тестирање на емисии од тешки возила

⁸ податок од завод за статистика за број на регистрирани возила во Скопје во 2015 година

3.4. Анализа

За потребите од ваквата анализа земена е предвид просечната емисија на CO₂ од возила со внатрешно согорување, хибридни и електрични возила. Во следнава табела се дадени дел од хибридните и електричните возила со нивните емисии на CO₂ изразени во g/mile (1 mile= 1,60934 km), со цел визуелно да се направи споредба помеѓу двата типа на возила.

Просечна емисија на CO₂ од хибридни и електрични возила

Хибридно возило	Емисија на CO ₂ (g/mile)	Електрично возило	Емисија на CO ₂ (g/mile)
HYUNDAI SONATA PLUG-IN HYBRID	204	BMW I3(94AH BATTERY) 2017	127
FORD FUSION ENERGY PLUG- IN HYBRID	230	NISSAN LEAF(24 KWH) 2016	131
AUDI E-TRON 2016	258	FIAT 500E 2016	131
TOYOTA PRIUS PLUG- IN HYBRID	191	TESLA MODEL S- 85 2016	166
HONDA ACCORD PLUG-IN HYBRID	200	TOYOTA RAV4 EV 2014	193

Средните вредности на емисиите на CO₂ кои ќе се користат во пресметките се:

- возило со внатрешно согорување : 381 g/mile (236,742 g/km)
- хибридно возило: 201 g/mile (124,896 g/km)
- електрично возило : 140 g/mile (86,992 g/km)

Во следнава табела е даден бројот на регистрирани возила во 2015 година. За потребите на анализата искористена е втората колона која се однесува на бројот на патнички автомобили во градот Скопје.

Регистрирани патни моторни и приклучни превозни средства во 2015 год.

	Видови превозни средства							
	Мото-цикли	Патнички автомобили	автобуси	Товарни автомобили	Влечни возила	трактори	Работни возила	Приклучни возила
Република Македонија	10 050	383 833	3 243	33 237	5 451	6 536	612	8 762
Град Скопје	4 281	136 801	974	13 304	1 457	305	222	2 017

Значи, вкупниот број на патнички автомобили во градот Скопје е 136 801 (регистрирани во 2015 год. , земено е како просечна вредност).

Се претпоставува дека едно возило во просек, дневно, поминува 30km пат. Користејќи го овој податок, за дневната емисија на CO₂ од трите вида на автомобили се добива:

- возило со внатрешно согорување: 7102,26 g/ден
- хибридно возило: 3746,88 g/ден

- електрично возило: 2609,76 g/ден

Просечната концентрација на јаглерод диоксид во најзагадените денови во Скопје изнесува 414 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /ден. Ако се земе предвид дека во 2015 година, учеството на транспортот во вкупното aeroзагадување во Скопје е 20% (се претпоставува дека целокупниот транспорт е сочинет од 136 801 возило и тоа сите со мотори со внатрешно согорување), се добиваат следните податоци:

- Доколку сите 136 801 возила се заменат со хибридни возила, тогаш загадувањето од 20% кое потекнува од возилата, ќе се намали за скоро 10%

- Доколку сите 136 801 возила се заменат со електрични возила, тогаш загадувањето од 20% кое потекнува од возилата, ќе се намали за скоро 13%

4 ЗАКЛУЧОК

Постојат низа фактори кои влијаат врз реализацијата на хибриден или електричен сообраќај, но сепак од аспект на животната средина, имплементирањето на вакви возила е од суштинско значење за намалување на aeroзагадувањето во Скопје.

5 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] James Larminie, John Lowry “*Electric vehicle technology explained*”, 2012
<http://elektromobilnost.mk/%D0%B7%D0%BE%D1%88%D1%82%D0%BE-%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8-%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D0%BB%D0%B0/>
- [9] <https://www.intercitytransit.com/sites/default/files/2016-07/HybridFactSheet20120802.pdf>
- [10] <http://www.stat.gov.mk/PrikaziSooopstzenie.aspx?rbtxt=72>
- [11] http://www.ekosvest.com.mk/images/publikacii/Transport_Blueprint_mac.pdf
- [12] <http://www.stat.gov.mk/Publikacii/8.4.16.02.pdf>
- [13] <http://nvoinfocentar.mk/wp-content/uploads/2014/06/%D0%95%D0%9B%D0%95%D0%9A%D0%A2%D0%A0%D0%98%D0%A7%D0%9D%D0%98-D0%92%D0%9E%D0%97%D0%98%D0%9B%D0%90-A%D0%BB%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%B0-%D0%BD%D0%B0-%D0%B7%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%9A%D0%B5%D1%82%D0%BE.pdf>

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Досев Ѓорѓи, Соколов Никола

Машински Факултет, Скопје

gorgidosev@gmail.com , sokolovnikola@hotmail.com

НАПРЕДНИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА СКЛАДИРАЊЕ НА ВОДОРОД

КУСА СОДРЖИНА

Општо познато е дека денес автомобилската индустрија се стреми кон развој на еколошки и енергетски ефикасни возила, односно замена на возилата со мотор со внатрешно согорување со алтернативни возила, во кои спаѓаат и возилата со погон на водород. Еден од проблемите со кои се соочуваат возилата со погон на водород е начинот на негово складирање во резервоарот и токму тоа е главната тема на нашиот труд.

Конвенционалните технологии за складирање на водород, како складирање под притисок и складирање во криогени резервоари, имаат значајни недостатоци во поглед на компактната маса, енергетската ефикасност и безбедноста. Со цел да се надминат овие проблеми, низ годините се извршени бројни истражувања за развивање на нови, комерцијално достапни технологии.

Денес, како најнапредни технологии за складирање на водород се јавуваат резервоари исполнети со метални хидриди кои имаат можност за апсорбирање на водород преку образување на хемиски врски со него и резервоари исполнети со материјал со голема контактна површина која има можност за адсорпција на водородот. Во овој труд ќе бидат изложени барањата кои се поставуваат пред овие резервоари, проблемите кои треба да се надминат при нивно конструирање, моменталното ниво на развој и очекувањата за идни перформанси и практична употреба.

Клучни зборови: складирање на водород, резервоари, метални хидриди, јаглеродни наноцевки.

1 ВОВЕД

И покрај тоа што во денешниот развој на возилата главен акцент е ставен на развојот на возилата со електричен погон и хибридни возила, сепак кај возилата како погонско гориво може да се употребува и водородот. Идејата за употреба на водородот се јавила уште на крајот на 20-тиот век и се засновала на фактот што при согорувањето на водородот не настанува емисија на отровни гасови и погонот не се заснова на користењето на фосилни горива. Со оглед на тоа што водородот мора претходно да се произведе, тој претставува само средство за складирање на енергија, а не и извор на енергија.

Развојот на безбедна, надежна, компактна и ефикасна технологија за складирање на водородот претставува една од најзначајните бариери за негова поширока примена како медиум за складирање на енергија. Со цел да бидат конкурентни со останатите возила на пазарот, резервоарите мораат да овозможуваат опсег на движење од најмалку 500km, да имаат што е можно помали димензии и тежина, да имаат голема ефикасност и надежност и да бидат безбедни.

2 КОНВЕНЦИОНАЛНИ НАЧИНИ НА СКЛАДИРАЊЕ

Денес, постојат два широко распространети и комерцијално достапни начини на складирање на водород и тоа: складирање во вид на гас во резервоари под притисок и складирање во вид на течност во криогени резервоари.

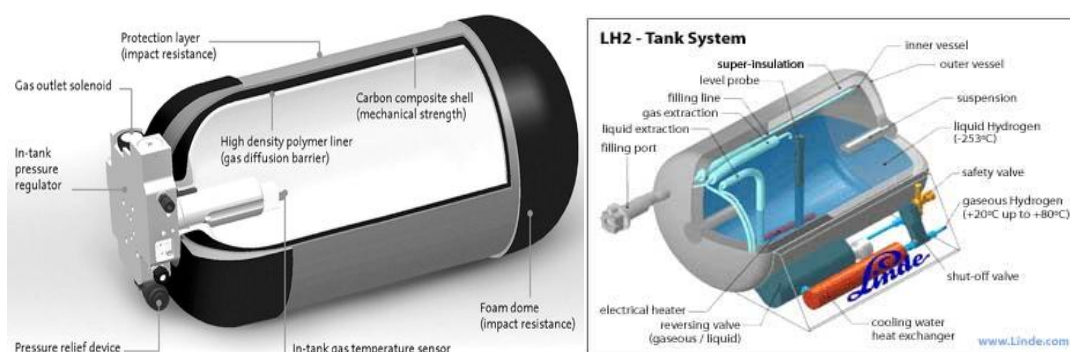
2.1 Резервоари под притисок

Притисокот на складирање на водородот во резервоарите под притисок (Сл.1-а) изнесува околу 700 bar. Овие резервоари иако се најшироко распространети, имаат многу големи маса и габарити, а истовремено се неефикасни поради тоа што се троши енергија за компресирање. Поради високиот притисок на гасот се класифицираат како небезбедни. Денес со примената на композитни материјали, нивната маса е намалена, меѓутоа сеуште не се надминати сите други недостатоци.

2.2 Криогени резервоари

Криогените резервоари (Сл.1-б) се полнат со течен водород и можат да складираат поголемо количество водород во помал простор, но истовремено се троши енергија за втечнување на водородот. Течниот водород има поголема специфична енергија од компримираниот водород. Водородот мора да се одржува на многу ниска температура, па затоа од резервоарите се бара да имаат одлична термичка изолација.

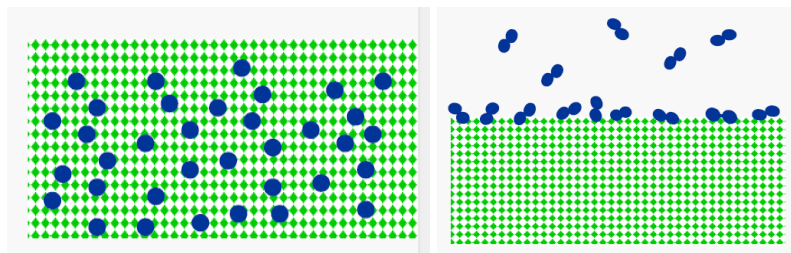
Во последните години изработени се хибридни резервоари во кои водородот се складира под притисок и на многу ниски температури. Овие резервоари овозможуваат нешто покомпактно складирање, но истовремено и ги наследуваат сите недостатоци на двата претходно опишани типови.



Сл.1 Резервоар под притисок (а) и криоген резервоар (б)

3 СКЛАДИРАЊЕ ВО МАТЕРИЈАЛИ

Поради наведените недостатоци на конвенционалните начини за складирање, истражувањата се свртиле кон развивање на нови, поефикасни и комерцијално достапни технологии за складирање. Како најсовремени технологии за складирање на водородот се јавуваат складирањето во материјали (Сл.2-а), преку образување на хемиски врски со материјалот со кој е исполнет резервоарот и преку адсорпција на водородот на површината на материјалот (Сл.2-б).



Сл.2 Механизам на апсорпција (а) и адсорпција на водородот (б)

3.1 Апсорпција во материјали

3.1.1 Метални хидриди

Металните хидриди се соединенија кои настануваат кога метален елемент се поврзува со атом или молекул на водород. Најчесто врската помеѓу металот и водородот се остварува преку ковалентна врска, но кај некои хидриди се јавува и јонска врска. Металните хидриди се соединенија во цврста агрегатна состојба при атмосферски притисок и собна температура. Во Табела.1 се дадени металните хидриди кои се од најголем интерес за складирање на водородот, нивната структура и поделба на типови.

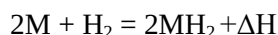
Реден број	Тип	База	Хидрид	Структура
1	AB	TiFe	TiFeH ₂	Cubic
2	AB ₃	CeNi ₃	CeNi ₃ H ₄	Hexagonal
3	AB ₅	LaNi ₅	LaNi ₅ H ₆	Hexagonal
4	AB ₅	TiMn ₂	TiMn ₂ H ₅	Hexagonal or cubic
5	A ₂ B	MgNi	Mg ₂ NiH ₄	Cubic
6	A ₂ B ₇	Y ₂ Ni ₇	Y ₂ Ni ₇ H ₃	Hexagonal

Табела.1 Типови на метални хидриди и нивна структура

Металните хидриди се состојат од два различни метали. Првиот метал најчесто е некој редок елемент или алкален метал кој има тенденција да се врзе со водородот и да формира стабилно соединение. Вториот метал пак, најчесто е транзициски и формира нестабилни соединенија и служи како катализатор при создавање и раскинување на врската со водородот.

Металните хидриди кои имаат можност да апсорбираат или испуштаат водород на собна температура и атмосферски притисок, а истовремено имаат можност за постигнување на голем волуменски и масен удел на апсорбиран водород би биле најпогодни за примена како материјали за складирање. Меѓутоа, оние хидриди коишто имаат можност за апсорпција на водород при атмосферски услови, најчесто се состојат само од транзициски метали и имаат можност за апсорпција на многу мало количество на водород. Таков пример е LiNi₅H₆ кој има масен удел на водородот од 1,15 %wt. Спротивен пример на тоа е TiCr₂H₆ кој има масен удел од 2,43 %wt, но има потреба од многу висока температура за испуштање на водородот. Во последно време вниманието е свртено кон едноставни хидриди кои се формирани од лесни метали како на пример MgH₂, коишто се значително полесни и поефтини за производство.

Формирањето на металните хидриди е егзотермна реакција, односно при нивното формирање се ослободува топлина. Истото количество на топлина е потребно да се додаде во системот за да се изврши раскинување на врската и ослободување на водородот. Колку е постабилен хидридот, толку поголемо количество топлина е потребно за испуштање на водородот. Како и да е, доколку во еден резервоар се најде начин за складирање на енергијата ослободена при формирање на хидридот, тогаш истата таа може да се искористи за ослободување на водородот. Топлината потребна за ослободување на водородот може да се добие и од отпадната топлина од горивната ќелија или моторот СВС.



кадешто М-метал или легура; MH_2 -метален хидрид; ΔH -ослободена топлина при одвивање на реакцијата. Во зависност од притисокот и температурата, реакцијата е реверсибилна и може да се врши апсорпција или ослободување на водород.

3.1.2 Комплексни хидриди

Комплексните хидриди се неоргански материјали кои најчесто се соли градени од сложени анјони како BH_4^- (tetrahydroborate или borohydride) или AlH_4^- (alanate) во комбинација со повеќе различни елементи. Во овие материјали, откако ќе се апсорбира, молекулот на водород може да се ослободи преку хидролиза или електролиза на зголемени температури. Сложените хидриди се погодни за употреба за складирање поради високата вредност на волуменскиот удел. Посебно висок волуменски удел има $LiBH_4$ – 2,15 %wt, што било првпат забележано во 2001 година. Оттогаш се јавил висок интерес за развој на комплексните хидриди.

Иако биле потешки за производство поради посложениот состав, најпрво се сметало дека комплексните хидриди ќе бидат следна фаза во развојот на технологиите за складирање на водород. Меѓутоа, веднаш се појавил проблем со слабата динамика на процесот на испуштање на водород, кој се вршел во повеќе фази за чиешто одвивање биле потребни различни услови. Поради тоа постоела голема разлика помеѓу теоретскиот капацитет на овие резервоари и тој што практично можел да се постигне. Притоа, овие резервоари имале и пократок животен век.

3.2 Адсорпција на површина

Адсорпцијата на површина се базира на Ван дер Валсовите интеракции помеѓу гасови и цврсти материи. Ова се привлечни, интермолекуларни сили кои овозможуваат поврзување на водородот со цврстите материи. Ван дер Валсовите сили се јавуваат поради распределување на полнежот на атомите и молекулите при нивно приближување. Поради взаемно влијание се индуцира асиметрична поларизација на атомите што предвидува појава на диполни моменти, а атомите или молекулите се привлекуваат под дејство на електростатски сили.

Рамнотежата помеѓу привлечните и одбивните сили помеѓу двата молекули создава енергетски минимум со вредности од 1-10 KJ/mol. Просечна вредност на енергијата при адсорпција на водород на површина на јаглерод е 4-5 KJ/mol. Ваквата ниска енергетска вредност значи и слаба врска. Затоа со зголемување на температурата се врши ослободување на водородот, а при зголемени температури се забележува многу слаба адсорпција на водород.

Вообичаено се адсорбира само единечен површински слој. Максималната количина на адсорбиран водород на одреден материјал може да се претстави како количина на водород која може да се смести во единечен слој на површината на материјалот. При идеални услови минималната потребна површина за адсорпција на 1 mol водород изнесува 85,917 m²/mol. Врз основа на површината на единечен слој на графит (1315 m²/g) максималниот масен капацитет на складирање изнесува 3 %wt. Поголемо количество на водород може да се адсорбира само при многу ниски температури.

3.3 Примена на јаглеродни наноцевки за складирање на водород

Поради големата контактна површина порозниот јаглерод се смета за добар адсорбент. Кај обичниот порозен јаглерод, способноста за адсорпција на водородот е пропорционална со површината на јаглеродот и волуменот на неговите пори, меѓутоа, за жал, голема адсорпциона способност (4-6 %wt) има само на екстремно ниски температури. За разлика од порозниот јаглерод, јаглеродните наноцевки имаат помала површина и волумен на пори, меѓутоа се одликуваат со изненадувачки добра способност за адсорпција на водород. При висок притисок (10 МПа) атомите на водород оформуваат густо збиена формација. Со математички модели покажано е дека при висок притисок, со густо збиени атоми на водород, единечен слој на графен може да адсорбира до 4,1 %wt водород. Кај јаглеродните наноцевки со

единечен сид (Single-walled nanotube-SWNT), под претпоставка дека водородот е целосно деформабилна материја која ги исполнува празнините на наноцевките, покажано е дека адсорпцијата достигнува до 4 %wt .

Повеќесидните јаглеродни наноцевки се состојат од слоеви на вгнездени, концентрични, цилиндрични слоеви на графит со шуплив центар и имаат поголема способност за адсорпција на водород. За зголемување на количината на складиран водород се користат катализатори. Истражувањата покажуваат дека повеќесидни јаглеродни наноцевки (Multi-walled nanotube-MWNT) активирани со KOH (калиум хидроксид) имаат способност за адсорпција до 4,47 %wt, додека обични MWNT имаат само 0,71 %wt.

4 СПОРЕДБА НА ЕФИКАСНОСТА

За да се добијат приближно точни податоци за ефикасноста на одделните технологии за складирање, треба да се земе во предвид енергијата која се троши за втечнување или компримирање на водородот, ефикасноста на ладилниот циклус, ефикасноста на електричниот компресор и останатите загуби во процесот на складирање.

За да се компримира водородот на 680 bar притисок е потребна енергија од 29 MJ/kg. Притоа доколку се земе во предвид и ефикасноста на компресорот која изнесува 60% оваа вредност изнесува 47 MJ/kg. Оваа вредност одговара на 40% од долната топлинска моќ на водородот. Значи, складирањето под притисок бара вложување на големо количество енергија.

За да се складира водородот во течна состојба, потребно е да се потроши енергија за да се доведе до критичната точка на втечнување. Теоретски, потрошената енергија за да се излади водород од 25°C до -253 °C изнесува 3.4 MJ/kg. Но, вкупната потребна енергија е многу поголема поради неефикасноста на циклусот на ладење на многу ниски температури. Минимално потребната енергија може да се пресмета со користење на циклусот на Карно. Ефикасноста на овој циклус зависи од разликата во температурите и е еднаква на $T_1/(T_2-T_1)$, каде $T_1=20K$ (температура на испарувачот), $T_2=298K$ (температура на водородот). Оттука произлегува дека ефикасноста во овој случај е само $20/(298-20)=7.2\%$. Оттука произлегува дека за ладење на еден килограм водородот од 25°C до -253 °C потребни се 47 MJ ($3.4/0.072=47$). Ова е 39.2% од долната топлинска моќ на еден килограм водородот. Земајќи во предвид дека Карновиот циклус воведува сериозни претпоставки, кои во реалноста не можат целосно да се исполнат, вкупната енергија потребна за втечнување на еден килограм водород ќе биде уште поголема. Понатаму, за доведување на водородот во состојба погодна за согорување во горивната ќелија, тој треба да се загрее т.е. потребна е дополнителна енергија. За овој процес се потребни дополнителни 3.4 MJ/kg. Вкупната енергија која е потребна за складирање и доведување на водородот до горивните ќелии изнесува 50.4 MJ/kg. Ова е 42% од долната топлинска моќ на водородот. Втечнувањето на водородот всушност се покажува како уште понеефикасно од складирањето под притисок.

При употреба на металните хидриди имаме циклус на апсорпција и циклус на ослободување на водородот. Еден типичен циклус на апсорпција има потреба од 20 bar притисок и ослободување на топлина од околу 14.6 MJ/kg. Потребната енергија за водородот да се компресира на 20 bar изнесува 12 MJ/kg (10% од долната топлинска моќ). Топлината се оддава на ладилна течност со температура од 10 °C. Потребната енергија за ладење се добива преку равенката за адијабаска компресија и изнесува 3 MJ/kg што е 2.5% од долната топлинска моќ на водородот. Истото количество на енергија ќе биде потребно за да се испушти водородот, но оваа енергија можеме да ја добиеме од отпадната топлина од горивната ќелија или моторот СВС, па затоа не ја земаме во предвид. Вкупната енергија потребна за да се складира водород во метален хидрид изнесува околу 15 MJ/kg, што е 12.5% од долната топлинска моќ на водородот. Оваа анализа покажува дека складирањето на водородот во метален хидрид ја подобрува ефикасноста за 1,45 пати во однос на резервоарите под притисок и 1,5 пати во однос на криогените резервоари.

5 МОМЕНТАЛНА СОСТОЈБА

Од Табела.2 може да се забележи дека својствата на хидридите се значително подобрени и дека имаат повисока ефикасност, повисока волуменска и масена густина од конвенционалните резервоари. Најмодерните хидриди врз коишто се вршат истражувања се MgH_2 , $LiNi_5H_6$ и $LiAlH_4$. Овие резервоари веќе се комерцијално достапни, но сеуште не во областа на возилата. Како најмодерни се употребуваат композитни резервоари изработени од карбонски влакна, а водородот се складира под висок притисок. Таков резервоар има возилото Тојота Мираи.

Во поглед на јаглеродните наноцевки, истражувачи во Германија во 2015 година имаат формирано 3D модел во кој се истражува оптималниот распоред на наноцевките. Овој модел е формиран врз база на напредни математички пресметки и теоретски се предвидува дека ваков резервоар би достигнал до 5,5 %wt на собна температура од својата должина. Наноцевките се поставени паралелно и не се сечат, меѓутоа по дел се допираат. Ваквиот дизајн овозможува најголема можна контактна површина и складирање на најголемо количество водород. (Табела.3) Ваквата идеална структура е тешко да се произведе во реалност, што е всушност и причината поради која овие резервоари сеуште не добиле практична примена.

Тип	База	Температура (K)	Притисок (bar)	Wt (%)	Густина (g/cm ³)	Цена (\$/kg)
AB	TiFe	265	4.1	1.86	6.5	4.68
AB ₂	TiCr ₂	182	18.2	2.43	6	8.64
AB ₂	TiMn ₂	252	8.4	1.86	6.4	5
AB ₅	MmNi ₅	217	23	1.46	8.6	7.94
AB ₅	LaNi ₅	285	1.8	1.49	8.3	9.87

Табела 2. Својства на различни метални хидриди

Материјал	Wt (%)	Температура (K)	Притисок (bar)
SWNT (low purity)	3.5-4.5	298	0.4
SWNT (high purity)	5-10	273	0.4
Li-MWNT	20	473	0.1
K-MWNT	14	300	0.1
GNFs	5	300	10.1
Nano-graphite	7.4	300	1

Табела 3. Својства на јаглеродни наноцевки со различен состав

6 ЗАКЛУЧОК

Врз основа на истражувањата кои се спроведени во трудот се наметнуваат низа сознанија кои се поврзани со можностите за поинтензивна примена на возилата на погон на водород. Складирањето на водорот во пренослив медиум претставува основен проблем за негова комерцијализација како погонско гориво за возилата. Конвенционалните технологии за складирање имаат ограничена примена заради недостатоците во поглед на безбедноста и ефикасноста, а како алтернативни технологии со можност за надминување на наведените проблеми се наметнуваат металните хидриди и јаглеродните наноцевки.

Во текот на последните две децении се извршени голем број на истражувања и експерименти, кои овозможиле подобрување на својствата на металните хидриди. Со дополнително подобрување во поглед на надежноста и цената за производство, можна е нивна комерцијална примена во блиска иднина.

Јаглеродните наноцевки покажуваат уште поголем потенцијал за складирање на водород. Испитувањата кои се одвиваат во таа насока се сеуште теоретски заради технолошките ограничувањата поврзани со можностите за постигнување на прецизна наноструктура.

7 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Александар Костиќ, „Уреди и опрема кај моторните возила“, Интерна скрипта, Машински факултет, Скопје, Јануари 2017
- [14] Azadeh Maroufmashat, Michael Fowler, „Transition of Future Energy System Infrastructure“ Department of Chemical Engineering, University of Waterloo, 26 July 2017
- [15] Gang Chen, „Hydrogen Storage - ENIC Tutorial“, Department of Energy, MIT, September 2014
- [16] Y.L. Chen, „Mechanics of hydrogen storage in carbon nanotubes“, Journal of the Mechanics and Physics of Solids, 17 July 2008
- [17] Yunjin Yao, „Hydrogen Storage Using Carbon Nanotubes“, HUT, China, March 2010

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Катерина Билбилоска, Елена Спасовска

Факултет за електротехника и информатички технологии, Скопје

¹kate.bilbiloska@hotmail.com ²elenaspasovska123@gmail.com

ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА НА ЕЛЕКТРИЧНИ ВОЗИЛА ВО ИНТЕЛИГЕНТНИ ЕНЕРГЕТСКИ МРЕЖИ

Анстракт

Постојниот електроенергетски систем се соочува со многу големи предизвици како што се помалите залихи на фосилни горива и се поголеми емисии на стакленички гасови во атмосферата. Со порастот на бројот на потрошувачи на електрична енергија како и со поголемото користење на дистрибуирани извори со тешко предвидливо производство, се намалува способноста на системот за доверливо напојување. Поради тоа треба да се посвети посебно внимание во функционирањето на системите за генерирањето и преносот на енергијата/моќноста да бидат усогласени со варијациите на побарувачката.

Ефикасно решение за сите овие проблеми е модернизација на постојните мрежи и постепена имплементација на интелигентни енергетски мрежи. Интелигентна мрежа е мрежа која овозможува интегрирање на сите корисници (производители, дистрибутивни компании и потрошувачи) со цел подобрување на ефикасноста, доверливоста, економичноста и дистрибуцијата на електрична енергија.

Ваквата мрежа овозможува интеграција на обновливи извори на енергија, и употреба на електрични возила како уреди за складирање на електрична енергија. Мерење на потрошената енергија се врши со помош на интелигентни бројила кои можат да придонесат за значително намалување на комерцијалните загуби со кои се соочуваат дистрибутивните компании.

Целта на овој труд е објаснување на придобивките од примената на интелигентни мрежи, дефинирање на електрично возило како мобилен дистрибутивен извор на електрична енергија како и објаснување на концептот за враќање на електрична енергија од батериите на возилата во мрежа кога возилото работи во режим на празнење и концептот кога во режим на полнење возилото има улога на оптоварување.

Клучни зборови: интелигентни енергетски мрежи, мобилен извор на енергија, електрични возила

1. Вовед

Согласно со денешното темпо на економски раст и развој, потребата за енергија се повеќе доаѓа до израз. Бројот на потрошувачи на електрична енергија секојдневно е во пораст, а со тоа расте и оптоварувањето на електроенергетскиот систем. Енергијата која се добива од фосилните горива допринесува за зголемување на CO₂ во атмосферата кој е причина за еден од најголемите проблеми во светски рамки – глобалното затоплување[1]. Овој проблем може да се надмине со поголемо интегрирање на обновливите извори на енергија во постојниот ЕЕС. Од друга страна пак обновливите извори на енергија потешко се прилагодуваат на варијациите на побарувачката, дополнително нивната зависност од временските услови го зголемува предизвикот за нивно интегрирање. Значи се јавува потреба да се изнајдат начини за акумулација на вишокот произведена електрична енергија за да се користи во денови кога временските услови не даваат можност истата да се произведе. Сите овие размислувања водат

кон модернизација на постојните енергетски мрежи која ќе влијае на целокупниот процес на производство, пренос и дистрибуција на електричната енергија односно имплементација на т.н. интелигентни енергетски мрежи. Интелигентните мрежи овозможуваат примена и развој на електричните возила ЕВ кои во мрежата имаат двојна улога како потрошувачи (од мрежа до возило G2V) или пак дисперзирани извори на енергија (од возило во мрежа V2G). Овие карактеристики ги прават ЕВ погодно решение за балансирање на електроенергетскиот систем.

2. Интелигентни енергетски мрежи

Како што ни е познато во постоечкиот ЕЕС тековите на електричната енергија се еднонасочни од производните постројки кон потрошувачите. Ваквата инфраструктура не е проектирана да ги задоволи се поголемите потреби на потрошувачите и зголемената потрошувачка на електрична енергија па е изложена на постојани проширувања, финансиски неефикасно одржување на инфраструктурата и на многубројни сигурносни закани. Како решение на овој проблем се јавуваат интелигентните мрежи.

Идеата на интелигентните мрежи е тековите на енергијата да бидат двонасочни т.е и крајните потрошувачи да се вклучат во производството на електрична енергија односно освен централизирано производство да вклучат и распределено производство – електрани со мала моќност кои на мрежата се приклучени на дистрибутивното напонско ниво (т.н дисперзирани извори на електрична енергија). Интелигентната мрежа во голема мера се потпира на собирање на податоци, комуникација и надзор над целокупниот ЕЕС. За да се постигне сето оваа потребно е софистицирана информациска технологија да се интегрира во постоечката инфраструктура со цел да се обезбеди двонасочен проток на информации помеѓу производителите и потрошувачите [1]. Интелигентната мрежа отвара можност за развој на електричните возила кои како резервоар за енергија користат батерија. Електричните возила за интелигентните мрежи претставуваат нов тип на потрошувач кој носи со себе нови можности. Една таква можност би била тие да се искористат како извори на електрична енергија кога тие се приклучени на мрежа и на тој начин да ги покријат моменталните недостатоци за електрична енергија.

3. Електрични возила

Под поимот електрично возило - ЕВ ќе подразбираме секој тип на возило што има електричен мотор и има можност батеријата да ја полни со помош на приклучок. Сите типови на ЕВ (хибридни со приклучок и целосно електрични) имаат батерија која го напојува електричниот мотор. Батеријата се дополнува во текот на возењето со т.н. регенеративно кочење, а се полни целосно со помош на напонски приклучок. ЕВ споредени со класичните возила се 3 пати поефикасни, не ослободуваат CO₂ и други стакленички гасови во атмосферата, работата на моторот е со значително намалена бучава и вибрации при работа [2]. Покрај тоа можат да бидат и корисни за електричната мрежа на начин што ќе го зголемат нејзиниот капацитет т.е можат да послужат како резервна енергија. Според тоа текот на енергија може да биде двосмерен од мрежа до возило –полнење на возилото и од возило до мрежа –користење на енергијата за потребите на мрежата.

3.1 Концепт: Од Мрежа до возило (grid to vehicle-G2V)

Полнењето на електричните возила се врши додека тие се паркирани со приклучување на посебна инфраструктура за полнење на електрични возила (т.н. станици за полнење). Станиците за полнење овозможуваат и : комуникација со центарот за управување на мрежата, следење на процесот на полнење и негова регулација во случај да има негативно влијание врз мрежата, пресметки на електрична енергија што возилото ја зема или враќа во мрежата, итн.

Овој концепт овозможува возилата да се разгледуваат како нови потрошувачи во мрежата. ЕЕС може без проблем да поднесе полнење на помал број на електрични возила, но полнење на

голем број возила и примена на полначи со големи моќности може да има големи негативни последици за ЕЕС. Најголема опасност за системот се јавува доколку голем број на ЕВ се полнат за време на врвно оптоварување на мрежа кое се јавува во период помеѓу 18 и 20 h. Ова оптоварување најмногу ќе влијае на дистрибутивните мрежи. Дополнително, нерамномерната распределба на електричните возила ќе допринесе за нестабилноста во дистрибутивната мрежа која ќе резултира со зголемени падови на напонот, нарушување на квалитетот на електричната енергија, скратување на животниот век на трансформаторите и зголемување на загубите во мрежата [2].

Како решение на овој проблем може да се изврши соодветно надоградување на дистрибутивната мрежа меѓутоа тоа е многу скапо решение. Па поради тоа се разгледуваат модели по кои полнењето на електричните возила наместо во време на врвно оптоварување на системот би се преместило во текот на ноќта и на тој начин да се избегне негативното влијание врз мрежата[3]. Еден од начините сопствениците да се мотивираат да ги полнат своите возила во текот на ноќта е дефинирање на нови тарифи на електрична енергија. И покрај тоа некои од сопствениците можат да се одлучат да ги полнат своите возила за време на дневно врвно оптоварување па се јавува потреба од далечинско управување на процесот на полнење. Регулација на процесот на полнење на возилата подразбира активно следење на процесот на полнење, проценка на негативно влијание и превземање на мерки во случај на негативно влијание врз системот и мрежата. Така на пример полнењето на некои возила може да се одложи и на тој начин да се избегне преоттоварување на трансформаторите, дистрибутивните водови како и да се подобрат напонските прилики во мрежата. Во споредба со нерегулирано полнење, регулираното полнење значајно го намалува и негативното влијание врз квалитетот на електричната енергија, до тој степен што може да се спореди со случај кога нема полнење на возила. Со координација на полнењето по различни фази може да се избегне и настанатата несиметрија во мрежата [2].

3.2 Концепт: Од Возило до мрежа (vehicle to grid-V2G)

Во ЕЕС сеуште не се користат уреди за складирање на енергија. Единствено како начин на складирање на енергија може да се сметаат пумпно акумулационите електрани. Електричните возила како идни потрошувачи нудат можност за складирање на електрична енергија во своите батерии. Доколку на местата за полнење се вградат станици за полнење со можност за комуникација на далечина и двонасочни пресметки на тековите на енергија ќе се овозможи енергијата складирана во возилата да се враќа назад во мрежата согласно потребите. Овој концепт на вклучување на возилата во постоечката мрежата води кон премин на дистрибутивните мрежи од пасивни во активни, а возилата може да се разгледуваат како мобилни дистрибутивни извори на енергија[3].

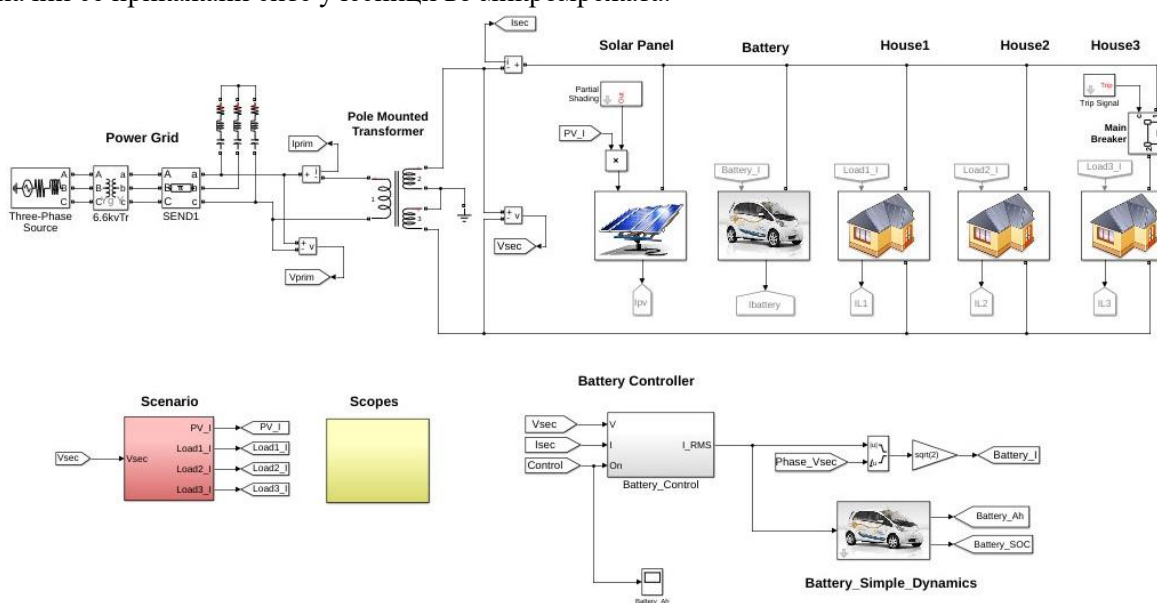
Основната идеја на V2G концептот е електричните возила да испорачуваат енергија во мрежа додека се паркирани и приклучени на станици за полнење. Енергијата која би ја инјектирале во мрежата би се користела за дополнување во време на врвното оптоварување со цел да се спречи работата на поскапите конвенционални производни единици. Во просек возилата поминуваат 96% од времето паркирани, а постои и статистичкиот податок дека не повеќе од 20% од вкупниот број на возила истовремено се наоѓаат на пат[2]. Со оглед на тоа, голем број на возила во секој момент би можеле да се стават на располагање на ЕЕС. Поединечно возилата не претставуваат значаен извор на енергија меѓутоа поголем број на возила и нивно истовремено користење може значително да помогнат во подобрување на работата на целиот ЕЕС. ЕЕС ќе го почувствува инјектирањето на енергија од батериите на ЕВ доколку повеќе возила истовремено инјектираат моќност. Тоа е можно преку групирање во т.н флота. Со тоа тие стануваат “видливи” за системот. Флотата ја застапува правно лице претставува посредник помеѓу корисниците на ЕВ и систем операторот. Налогот за диспечирање на моќноста од возилото го дава операторот на мрежата директно или преку посредниот орган [6].

Покрај учеството на ЕВ во “пеглање” на кривата на оптоварување, тие може да се искористат и за пружање на помошни услуги како регулација на фреквенција и напон. Од посебно значење се услугите за примарна и секундарна регулација на фреквенцијата, Исто така електричните

возила можат да допринесат и за поголема интеграција на обновливи извори на енергија во ЕЕС, складирајќи го вишокот на произведена електрична енергија кога изворите се достапни и враќајќи ја складираната енергија во мрежа во услови кога немаме доволно производство. Доколку пак се работи за микромрежа и батериите на флотата возила имаат доволно голем капацитет може да се обезбеди работата на микромрежата да не зависи од ЕЕС односно микромрежата да работи во т.н островски режим [4].

4. Модел на микромрежа во Simulink

Со цел да се прикаже како концептите на полнење и празнење на батериите на електричните возила можат да обезбедат една микромрежа да работи во островски режим искористен е готов модел во Simulink. Моделот е прикажан на слика 1 во кој на сликовит начин се прикажани сите учесници во микромрежата.



Слика 18: Модел на микромрежа во Simulink[5]

4.1 Опис на моделот

Како што е прикажано на слика 1, моделот претставува микромрежа која што е изведена како еднофазна наизменична енергетска мрежа (200 V). Извори на енергија во микромрежата се системската моќност, фотоволтаици (max 5kW) и батеријата за складирање (150 V, 30 Ah). Оптоварувањето е претставено преку три вообичаени домови, при што секој од нив од микромрежата може да преземе максимална моќност од 2,5 kW. Микромрежата е поврзана со изворот на системската моќност преку трансформатор кој го трансформира напонот на изворот од 66 kV на 6 kV и дистрибутивен трансформатор монтиран на столб којшто го трансформира напонот од 6 kV на еднофазен наизменичен напон од 200V. Фреквенцијата на системот е 60Hz [5].

4.2 Симулација

Моделот прави 24h симулација на однесувањето на оваа микромрежа, а во него се внесени информациите за сончевото зрачење, батеријата т.е електричните возила и оптоварувањето.

Сончевото зрачење е претставено со параболична функција која го достигнува максимумот од 5kW во период од 14 до 15h. Оптоварувањето во мрежата достигнува максимална потрошувачка во 9h (6,500W), 19h, и 22h (7,500W).

Од 0h до 12h и од 18h до 24h батеријата е контролирана од страна на контролерот. Контролерот ја контролира струјата така да активна моќност која ќе тече од секундарната страна на трансформаторот во системот е 0.

Батеријата ја враќа енергијата во микромрежата кога има недостаток на моќност или го апсорбира вишокот на моќност кога производството во микромрежата е поголемо од потрошувачката.

Во период од 12h до 18h батеријата не е контролирана од контролерот. Таа ниту се полни ниту се празни. Кога има недостаток на моќност во микромрежата тој се надополнува од системот, додека пак кога има вишок на произведена моќност, вишокот се враќа во системот.

Во 8h, оптоварувањето, дом број 3 е исклучено на 10 секунди со помош на прекинувач. Како резултат на тоа се забележува пропад на активната моќност на секундарната страна на столбниот трансформатор и на моќноста на батеријата.

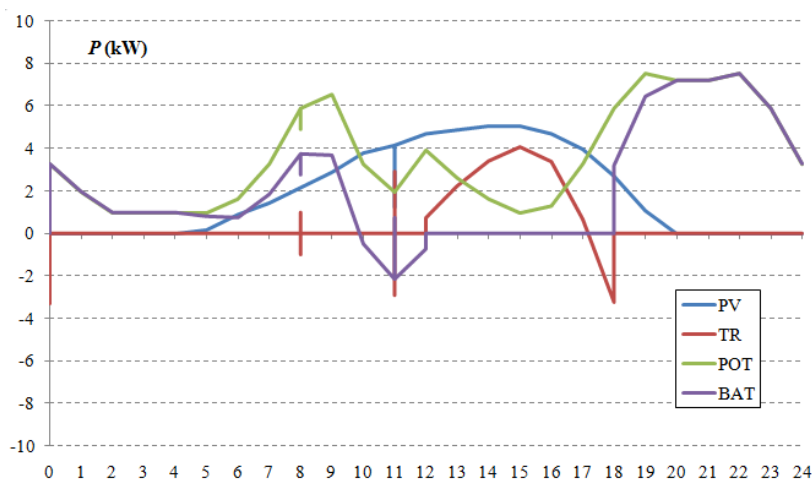


График 1: Резултати за добиените моќности од симулацијата во случајот кога батеријата работи.

Направена е истата симулација само што во овој случај батеријата цел ден не работи. Добиените резултати се прикажани на график 2.

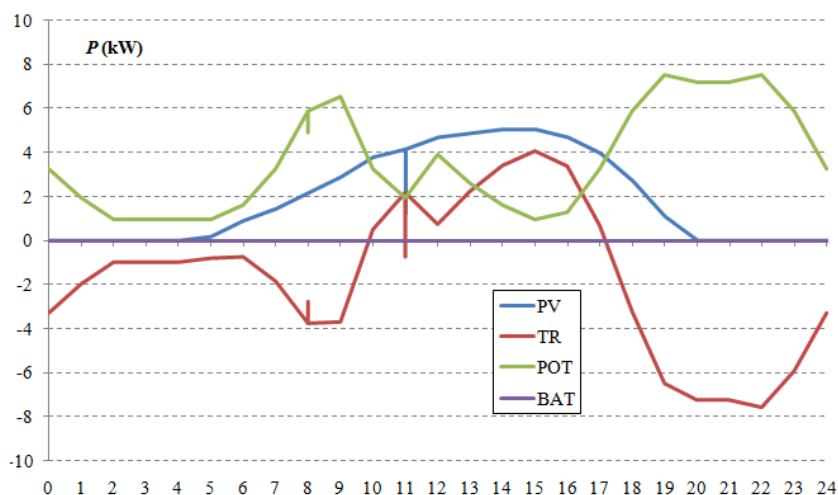


График 2: Резултати за добиените моќности од симулацијата во случајот кога батеријата не работи.

Ако ги споредиме двата графика можеме да забележиме дека тие се разликуваат само по моќноста на секундарната страна на столбниот трансформатор. Така во вториот случај оваа моќност никогаш не е 0 поради тоа што батеријата не работи и цело време недостатокот и вишокот на енергија во микромрежата се зема од или се враќа во системот.

На график 3 ни е прикажана енергијата што се зема од трансформаторот во случај 1 кога работи батеријата и случај 2 кога батеријата е исклучена цел ден.

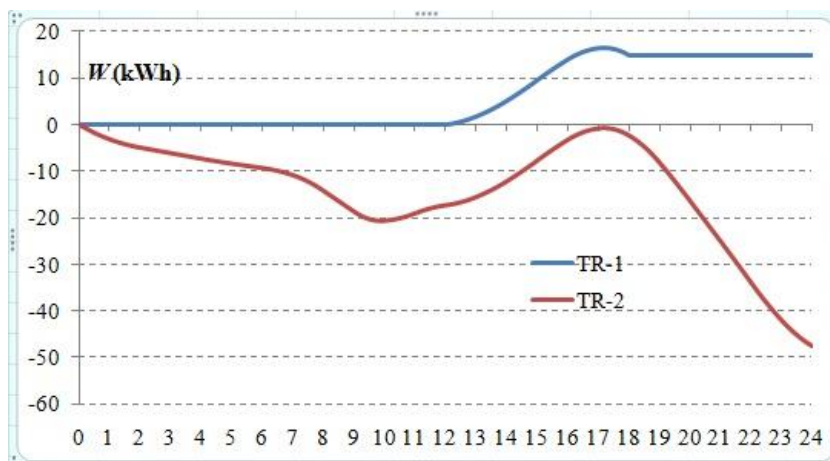


График 3: Енергија на секундарна страна на трансформаторот кога батеријата работи (TR-1) и кога цел ден не работи (TR-2)

Во вториот случај енергијата е негативна што значи дека се враќала моќност во мрежа бидејќи ја нема батеријата да го складира вишокот на енергија во микромрежата и да ја зачува за трошење кога ќе има недостаток на производство.

5. Заклучок

Концептот за двојната улога на електричните возила, истовремено да бидат потрошувачи и проиводители на електрична енергија, не може да се замисли без интелигентни мрежи, односно без двонасочна комуникација помеѓу корисниците и снабдувачите а со тоа и вклучување на крајните потрошувачи во производство на електрична енергија. Со нивната интеграција, ЕЕС може да ја добие флексибилноста и еластичноста која му е потребна во престојниот период на значајна интеграција на дисперзирани извори на електрична енергија и развој кон интелигентни енергетски мрежи. Со регулирање на процесот на полнење можат да се подобрат приликите во мрежата, додека пак примена на голем број електрични возила во една микромрежа може да обезбеди нејзина работа во островски режим. Всушност придобивките од употреба на електрилни возила се воедно и придобивки од примена на ИМ.

6. Користена литература

- [1] <http://www.elab.rs/udzbenik-internet-inteligentnih-uredaja/pametne-elektroenergetske-mreze-smart-grid/> септември 2017
- [2] http://www.academia.edu/11229684/Priprema_distributivnih_mre%C5%BEa_za_punjenje_elektri%C4%8Dnih_vozila
- [3] <https://www.scribd.com/document/344724886/Pametna-Mre%C5%BEa-Automatizacija-i-Integracija-Novih-Tehnologija>
- [4] https://www.smartgrid.gov/files/Smart_Grids_for_Dummies_201005.pdf
- [5] <https://www.mathworks.com/help/physmod/sps/examples/simplified-model-of-a-small-scale-micro-grid.html?requestedDomain=www.mathworks.com>
- [6] С.Чундева, А.Димовски “Примена на ЕВ за регулација на фреквенција во микромрежа”, IEEE EUROCON, Охрид ,Македонија ,2017

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Ангела Попова, Виктор Рудан

Факултет за електротехника и информатички технологии, Скопје

ВЛИЈАНИЕ НА ЖИВОТНИОТ ВЕК НА БАТЕРИЈАТА НА ЕЛЕКТРИЧНО ВОЗИЛО ПРИ РАЗЛИЧНИ ВОЗИЛО-ВО-МРЕЖА АПЛИКАЦИИ

КУСА СОДРЖИНА

Електрификацијата на транспортот станува важен проблем во последниве години и распространетоста на електричните возила добива сè поголеми размери. Покрај големата предност како еколошко решение наспроти негативните еколошки последици предизвикани од конвенционалните возила целосно погонувани на фосилни горива, многу истражувачи тврдат дека електричните возила (ЕВ) и хибридниот електрични возила со приклучок (ХЕВП) би можеле да обезбедат дополнителна енергија и поткрепа на мрежата. Енергијата складирана во батериите на електричните возила може да биде потенцијална економична алтернатива за да се обезбеди стабилност на мрежата и да се минимизира проблемот на неконстантното снабдување на енергија од обновливите извори на енергија, преку режимот возило-во-мрежа (ВвМ). Но, се појавува загриженост бидејќи ваквиот режим влијае негативно на животниот век на батеријата.

Целта на овој труд е анализа на влијанијата на животниот век на батеријата на ЕВ при различни сценарија за време на режимот возило-во-мрежа. Во тој контекст, разгледани се начинот на управување на возилото, начинот на полнење на батеријата, зачестеноста на еден процес на полнење и празнење и степенот на испразнетост на батеријата.

Клучни зборови: *животен век на батерија, возило-во-мрежа, електрично возило.*

1 ВОВЕД

Иако сите мерки и стимулации поврзани со законите за заштита на животната средина во земјите инсистираат на развој на возилата со пониски емисии и помала потрошувачка на гориво, таквиот напредок е сè уште силно зависен од перформансите на електричните компоненти на погонот на возилото. Токму затоа, перформансите, цената и истрајноста на батериите на електричните возила се предмет на истражување кога станува збор за можностите за засилена електрификација на транспортот.

Моментално, три типа на батерии се користат кај тешките возила: олово-киселинските, NiMH (никел метал хидридни) батерии и Li-ion (литиум јонски) батерии [1]. Најнапредните технологии на системите за складирање енергија кај електричните возила во главно се батерии базирани на литиум и литиумски полимери. Главните предности на овие батерии се големата специфична енергија, голема густина на моќност, помала маса, и посигурна работа контролирана од БМС (battery management system) наспроти истите спецификации кај никел-метал-хидридниот и олово-киселинските батерии. Друга голема предност на овие батерии е малата стапка на самостојно празнење (намалување на складираната енергија во батериите без никаква врска меѓу анодата и катодата) и изнесува околу 2% месечно за Li-ion-ските батерии, наспроти 30% месечно за NiMH батериите. Затоа, во овој труд анализирани се конкретно Li-ion батериите како моментално најдоверлива технологија.

Li-ion батериите како катоден материјал најчесто користат LiFePO_4 (литиум железно фосфат) или LiCoO_2 (литиум кобалт оксид) врз алуминиумската електрода, а за анодата графит.

Електролитот е сол на литиум со органски растворувач. Од хемиски аспект, намалувањето на капацитетот на Li-ion ќелиите се должи на три процеси: загуба на литиумот заради корозија, намалување на површината на електродите, што локално предизвикува зголемена густина на струја, и загуба на материјалот на електродите – спроводноста [2].

За карактеризирање на работата на батеријата и нејзиниот животен век се воведуваат неколку клучни поими: степен на наполнетост SOC (state of charge) што претставува односот на моменталниот преостанат капацитет на батеријата и номиналниот капацитет на батеријата (дадена од производителот); степен на испразнетост на батеријата DOD (depth of discharge) којшто е даден со изразот: $DOD = 1 - SOC$. Во литературата се користи и терминот календарско стареење на батеријата и претставува намалување на капацитетот на батеријата кога таа мирува односно не се празни и полни. Календарското стареење значително зависи од температурата на којашто е изложена батеријата и степенот на наполнетост на батеријата додека таа не се користи. За крај на животниот век на батеријата се смета моментот кога нејзиниот максимален капацитет ќе биде 75% од номиналниот капацитет на батеријата и таквата состојба, со календарското стареење се постигнува по 18,5 години.

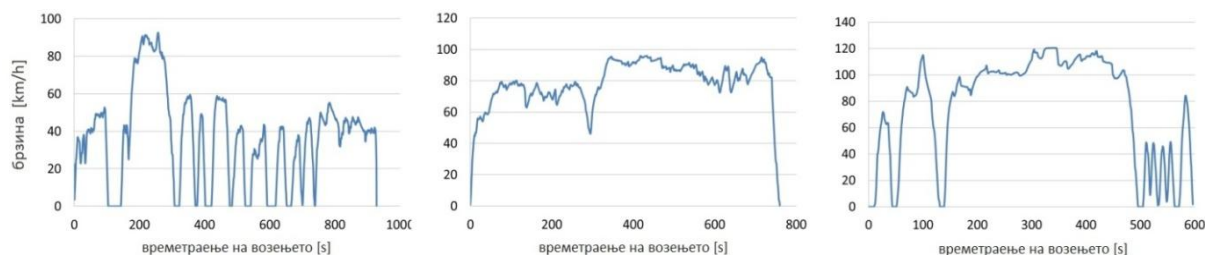
2 ОСНОВЕН КОНЦЕПТ НА РЕЖИМОТ ВОЗИЛО-ВО-МРЕЖА

Режимот на работа возило-во-мрежа (ВвМ) е резултат на интеракцијата на електричната мрежа и електричните возила и овој режим на работа станува сè поатрактивен за користење со зголемениот број на електрични возила во сообраќајот. Оваа технологија може да се дефинира како систем во кој е овозможен двонасочен проток на енергијата помеѓу возилата и мрежата. Всушност, на електричните возила не се гледа само како на потрошувачи во ЕЕС, туку се искористуваат како технологија за складирање на енергија која може да ја предадат на мрежата. Главната идеја е возилата да се напојуваат со енергија во моментите кога нема врвна потрошувачка, а истите да враќаат енергија во мрежата за време на врвната потрошувачка, со што би се испеглала кривата на оптоварување. Покрај тоа, помагаат и при регулација на фреквенцијата на напонот на мрежата [3]. Од аспект на динамично управување со мрежата, главната разлика помеѓу режимот ВвМ и другите режими на контрола на ЕВ е што ВвМ ги користи целосните можности на батеријата, односно при дадено пореметување во мрежата, ЕВ би можеле или да го намалат оптоварувањето или да инјектираат енергија или реактивна моќност во мрежата.

И покрај сите предности на режимот ВвМ по однос на мрежата, како негативна последица, се јавува проблемот со влијанието на таквото искористување на возилата врз животниот век на батеријата [4,5]. Познато е дека и регуларното полнење и празнење на батеријата води кон намалување на нејзиниот животен век, а следат и дополнителни негативни ефекти од користење на возило-во-мрежа апликацијата. Врз степенот на деградација на батеријата најмногу влијаат начинот на кој се вози ЕВ, начинот на кој се полни батеријата, како и колку често се користи за возило-во-мрежа апликации (доколку воопшто се користи).

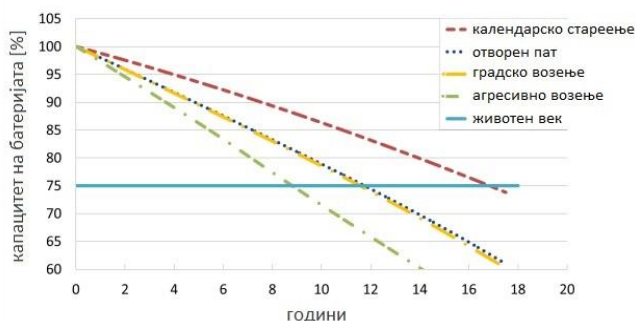
3 ВЛИЈАНИЕ НА НАЧИНОТ НА УПРАВУВАЊЕ НА ВОЗИЛОТО ВРЗ ЖИВОТНИОТ ВЕК НА БАТЕРИЈАТА

Животниот век на батеријата значително варира во однос на начинот на управување на возилото. За таа цел, ќе бидат разгледани три различни карактеристики на возењето според стандардизираните тестови дефинирани од US Environmental protection agency [6]. Најпрво, градско возење коешто се карактеризира со чести застанувања, не многу големи промени на брзината и максимална брзина на возење од околу 50-60 km/h; потоа возење на отворен пат, без застанување на возилото, константно возење со брзина од околу 80-90 km/h; и последен случај, агресивно возење што се карактеризира со чести промени на брзината и брзини до 120 km/h. На графициите на слика 1 се прикажани различните сценаријата и истите се однесуваат на пат од 12-15 km.



Слика 1. Различни сценарија на управување на возилото

На графичкиот приказ на слика 2 е направена споредба на влијанието на возењето во град, на отворен пат и агресивното возење врз животниот век на батеријата, при ист начин на полнење на возилото. Крајот на животот (на корисноста) на батеријата кај градското возење и возењето на отворен пат е скоро идентичен и изнесува околу 11,5 години, така што влијанието во двете сценарија е еднакво. Поголема разлика се согледува кај агресивното возење кога животниот век на батеријата се намалува на скоро 8 години [7].



Слика 2. Животен век на батеријата при различен начин на управување на возилото

4 КАРАКТЕРИСТИКИ НА НИВОТО НА ПОЛНЕЊЕ НА БАТЕРИЈАТА

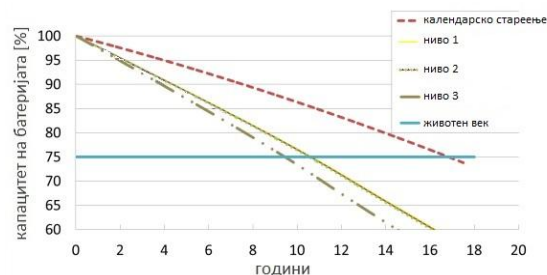
Режимот возило-во-мрежа подразбира дополнителни циклуси на празнење и полнење на батеријата, со што сериозно се намалува нејзината долготрајност. За да се овозможи двонасочниот проток на електричната енергија, треба да се вложат дополнителни инвестиции за соодветната електроника и дизајн. Дополнително, различните нивоа на полнење на батеријата различно влијаат на ефикасноста на процесот на полнење и на брзината на стареење на батеријата. Во Табела 1 се разгледани различни стандардизирани нивоа на полнење/празнење, за коишто во понатамошниот текст ќе се разгледува влијанието врз животниот век на батеријата.

Ниво на полнење	Моќност [kW]
Ниво 1	1,3
Ниво 2	6,6
Ниво 3	50

Табела 1. Нивоа на полнење на батеријата

Нивоата 1 и 2 (AC) одговараат на домашните полначи и повеќето градски полначи. Нивото 3 (DC) е всушност “брзо полнење” и неговото влијание на батеријата дополнително ќе биде разгледано.

На Слика 3 пак, графички е прикажана споредбата на влијанијата на различните нивоа на полнење и празнење на батеријата ниво 1, ниво 2 и ниво 3. Сите податоци се добиени при комбинирано 33%/33%/33% управување на возилото односно третина од патот возилото е на отворен пат, третина во градски метеж и третина од патот начинот на управување на возилото е агресивен.



Слика 3. Животен век на батеријата при различни нивоа на полнење

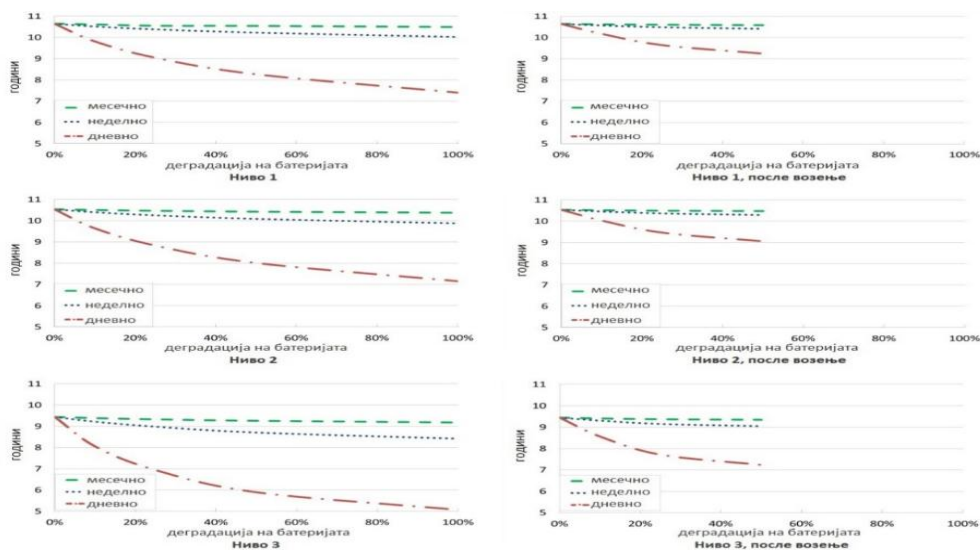
Овојпат влијанието на првото и второто ниво на полнење и празнење е идентично и намалува околу 6 години од животниот век на батеријата, додека третото ниво значително повеќе влијае на батеријата намалувајќи околу 8 години од нејзиниот век на траење.

5 ВЛИЈАНИЕ НА ЗАЧЕСТЕНОСТА НА ВОЗИЛО-ВО-МРЕЖА НАСТАНИТЕ

Животниот век на батеријата на возилото во голема мера зависи и од тоа колку често возилото се користи за ВвМ апликација. Дополнително, се разгледуваат случаите кога возилото се приклучува на мрежата и ја предава својата енергија откако целосно ќе биде наполнета, или вториот случај, после возење без да биде наполнета батеријата.

На следните графици е прикажано влијанието на дневни, неделни и месечни ВвМ настани и тоа за случаи после возење и после полнење на батеријата. При тоа се разгледувани 1, 2 и 3 нивоата на полнење на батеријата. При враќање на енергија во мрежата батеријата е веќе делумно испразнета, па затоа на графициите од десната страна се прикажани резултати 50% капацитет на батеријата искористен во ВвМ настанот. Може да се забележи зголемен пад на животниот век на батеријата со зголемување на количеството енергија кое се враќа во мрежата.

Доколку ВвМ настанот се случува веднаш после полнење на батеријата, може да се забележи дека месечното користење на возилото во мрежата не влијае во голема мера врз животниот век на батеријата - односно тој е намален за само 2 месеци при ниво на полнење 2 односно 3 месеци при брзо полнење. Неделното користење на возилото за ВвМ има поголемо влијание, односно го намалува животниот век за 0,6 – 1 година во зависност од нивото на полнење, додека пак секојдневната експлоатација на возилата за ВвМ значително влијае врз животниот век на батеријата и истиот го намалува од 3,2 – 4,4 години во зависност од нивото на полнење.



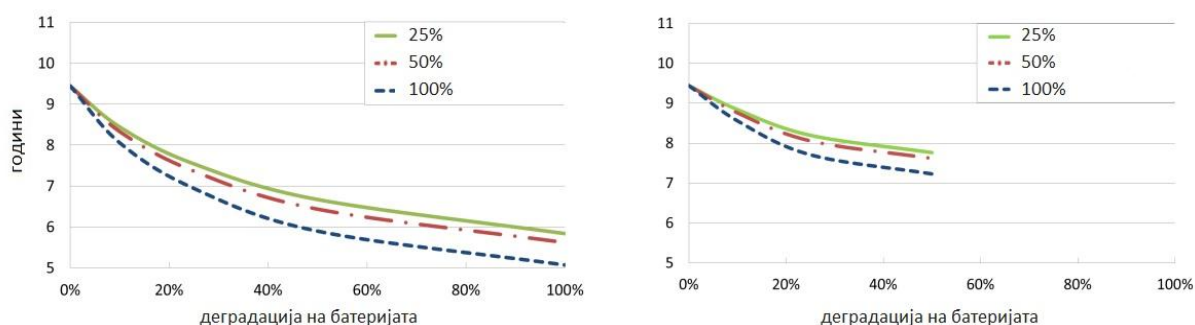
Слика 4. Дневни, неделни и месечни ВвМ настани после возење и после полнење на батеријата

Ако ВвМ настанот се случува веднаш по возење на возилото, кога батеријата има помал капацитет достапен за самиот ВвМ настан, влијанието врз животниот век на батеријата е за 40-70% помало отколку во случајот кога батеријата е целосно полна пред нејзиното искористување за ВвМ. Намалувањето е во опсег до 2,2 години, за случајот при дневна ВвМ активност при највисоко ниво на полнење од 50 kW.

Од графиците на може да се заклучи дека најголемо влијание врз животниот век на батеријата има зачестеноста на ВвМ настаните. Најлошо можно сценарио по однос на животниот век на батеријата е комбинација од секојдневна ВвМ активност на возилото, со целосно празнење на батеријата, во случаите кога таа е претходно наполнета до нејзиниот максимален капацитет, при нејзино секојдневно полнење на највисокото ниво од 50 kW. Животниот век на батеријата во тоа сценарио е намален на само 5 години.

6 ВЛИЈАНИЕ НА ПРОЦЕНТОТ НА МОЌНОСТА ПРИ ПРАЗНЕЊЕ НА БАТЕРИЈАТА

Капацитетот на батеријата достапен за ВвМ настанот може да се предаде на мрежата при максимално ниво на празнење, или пак при редуцирано ниво на празнење на батеријата за подолг временски период. Разгледуван е случај кога има дневни ВвМ настани при различни моќности на празнење (полнење) на батеријата на електричното возило (100%, 50% и 25% од номиналната моќност од 50kW ниво 3 на полнење/празнење) и како тоа влијае на нејзиниот животен век. И во овој случај, дополнително се разгледува случајот кога возилото се приклучува на мрежа и ја предава енергијата откако целосно ќе се наполни и другиот случај кога возилото се приклучува во мрежа веднаш после возењето и нејзиното ниво на наполнетост е $SOC < 0,8$.



Слика 5. Влијание на процентот на моќност на празнење на батеријата

7 ВЛИЈАНИЕ НА ЕНЕРГЕТСКАТА СОСТОЈБА НА БАТЕРИЈАТА

Од претходното излагање заклучуваме дека земањето поголеми количества на енергија при ВвМ настаните резултира со поголема деградација на батеријата на електричните возила. Но, дополнително влијание врз животниот век на батеријата има и степенот на наполнетост на батеријата SOC . Ова е илустрирано во Табела 2 во која се споредени резултатите од две разгледувани сценарија, двете за случај во кој ВвМ настанот е после целосно полнење на батеријата. Табелата го дава животниот век на батеријата во години, најпрво во случај кога таа не се користи за предавање на енергија кон мрежата, а потоа кога таа ја предава еднаш неделно целосната своја енергија и на крај кога таа предава секој ден по 10% од капацитетот.

Ниво на полнење	Без ВвМ	Неделно ВвМ, 100% празнење	Секојдневно ВвМ, 10% празнење
1 (1.3 kW)	10.64	10.02	9.81
2 (6.6 kW)	10.54	9.88	9.64
3 (50 kW)	9.44	8.42	8.05

Табела 2. Животен век на батеријата како резултат на енергетската состојба на батеријата во моментот на ВвМ настанот

Независно од нивото на полнење на батеријата, може да се заклучи дека негативното влијание на животниот век на батеријата е поголемо при дневно искористување на 10% од капацитетот на батеријата отколку при целосно нејзино празнење еднаш во неделата. Овој заклучок е контраинтуитивен бидејќи вкупната енергија земена во 7 дена по 10% е помала отколку еднократното празнење на батеријата [8].

Овој неочекуван резултат се должи на тоа што најголема деградација на батеријата настанува при ниски нивоа на степенот на испразнетост *DOD*, односно кога батеријата е речиси полна. Дневното празнење на батеријата за 10% од нејзиниот вкупен капацитет всушност ја користи батеријата во зоната на највисока деградација, додека пак целосното празнење резултира со помало просечно влијание врз нејзиниот животен век.

8 ЗАКЛУЧОК

Во трудот се дадени основни теориски концепти за намалување на животниот век на батеријата како резултат на користење на истата за поткрепа на мрежата односно при возило-во-мрежа апликации. Податоците во проектот се базираат на искуства и мерења од страна на самите производители на електричните возила. Земен е предвид начинот на управување на возилото (степенот на агресивност и променливост на управувањето), нивото на моќноста при полнење на возилото и нивото на испразнетост на батеријата при користење на истата за предавање енергија на мрежата. Се согледува дека највисокото ниво на моќност при полнењето односно ниво 3 што соодветствува на брзо полнење на возилата значително го намалува животниот век на батеријата. Користењето на батеријата за предавање на енергија во мрежа веднаш после возењето, кога батеријата не е целосно наполнета, нема толку лошо влијание од случајот кога батеријата се користи целосно наполнета. Дополнително е познат фактот дека за батеријата е неповолно таа да е наполнета до максимум и да се полни веднаш по најмало празнење. Исто така, се согледува дека доколку батеријата се празни со 100% од номиналната моќност на полнење/празнење таа го намалува својот животен век.

9 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Kwo Young, Caisheng Wang, Le Yi Wang, and Kai Strunz, "Electric Vehicle Battery Technologies", Springer, 2013
- [2] Jens Groot, "State-of-Health Estimation of Li-ion Batteries: Cycle Life Test Methods", Chalmers University of technology, Sweden, 2012
- [3] A. Briones, J. Francfort, P. Heitmann, M. Schey, S. Schey, J. Smart, "Vehicle-to-grid (V2G) Power Flow Regulations and Building Codes Review by the AVTA", Idaho National Laboratory, 2012
- [4] Rui Hi, Battery Management System For Electric Vehicle Applications", University of Windsor, 2011
- [5] S. Onori, P. Spagnol, V. Marano, Y. Guezennec, G. Rizzoni, "A new life estimation method for lithium-ion batteries in plug-in hybrid electric vehicles applications", Center for Automotive Research, The Ohio State University, 2011
- [6] [US Environmental Protection Agency, Dynamometer Drive Schedules](#)
- [7] H. Ribberink, K. Darcovich, F. Pincet, "Battery Life Impact of V2G Application of electric vehicles", 2015
- [8] Александар Димовски, "Интегрирање на електричните возила во ЕЕС", дипломски труд, ФЕИТ-Скопје, 2017

Ангела Ѓурчиновска¹, Михаела Цацаноска²

¹Факултет за Електротехника и Информациски Технологии, Скопје

[¹angela_gurcinovska@hotmail.com](mailto:angela_gurcinovska@hotmail.com)

[²mihaela1995@hotmail.com](mailto:mihaela1995@hotmail.com)

АНАЛИЗА И СПОРЕДБА НА ТЕХНОЛОГИИТЕ НА БАТЕРИИ ВО ЕЛЕКТРИЧНИ ВОЗИЛА

КУСА СОДРЖИНА

Со цел да се решат проблемите со загадувањето на животната средина предизвикани од емисиите на штетни гасови од возилата кои во моментот се користат, се наметнува потребата од нова генерација возила-електрични возила (ЕВ). ЕВ се темелот за енергетски ефикасен, одржлив и модерен транспорт. Во наредните неколку години на глобалниот пазар на возила се претпоставува дека ќе доминираат ЕВ, кои ги вклучуваат хибридни електрични возила, хибридни електрични возила со приклучување, како и батериски напојувани ЕВ или ЕВ напојувани од горивни ќелии. Клучот за оваа револуционерна промена на технологијата на возила е батеријата. Таа е основна компонента на ЕВ, која претставува чекор напред во развојот на одржлив транспорт. Поради тоа голем акцент се става при изборот на батериите. Иднината на електричните возила на батерии главно зависи од цената и достапноста на батериите со висока специфична енергија, енергетска густина и долгиот век на траење, бидејќи сите други елементи на системот како на пример електрични мотори, енергетски преобразувачи и полначи на батерии се доста развиени и се конкурентни со цената на составните делови на моторот со внатрешно согорување.

Во овој труд ќе бидат презентирани водечките технологии на батериите применети во ЕВ, истите ќе бидат анализирани од аспект на нивната употреба, застапеност, како и нивниот дизајн, перформанси и цена. Различните типови на батерии ќе бидат меѓусебно споредени.

Клучни зборови: батерии, електрични возила, нови технологии, енергетски ефикасен транспорт

1 ВОВЕД

За да имаме енергетски поодржлива иднина мора да се развијат многубројни технологии и политички опции кои ја подржуваат технологијата. Такви можности се зголемување ефикасноста на производството и искористувањето на енергијата, намалување на потрошувачката, нови технологии за обновлива енергија, можности за нуклеарната енергија кои би биле јавно прифатени и начин на искористување на фосилните горива, без штетно влијание врз околината. Од посебен интерес се електричните возила кои можат да бидат напојувани од електричната мрежа. Тие можат да донесат одредени технички и економски придобивки за мрежата: флексибилни се во поглед на полнењето (можат да се полнат во било кој период од денот), а исто така можат да го зголемат капацитетот на мрежата односно да послужат како резервна енергија и во одредени периоди од денот и да дадат во мрежа дел од нивната акумулирана енергија.

2 ЕЛЕКТРИЧНИ ВОЗИЛА

Околу $\frac{3}{4}$ од целокупната потрошувачка на енергија во транспортниот сектор отпаѓа на патниот и железничкиот сообраќај, кој го сочинуваат возила со погонски мотори. Денешниот типичен автомобил со бензински мотор со внатрешно согорување, троши околу 10-15% од вкупната енергија за производство и обработка на горивото, околу 2,5% на дистрибуција на

горивото, а остатокот го троши за работа на другите системи. Во денешно време, постојат нови технологии кои можат да обезбедат намлување на штетниот ефект кој патниот транспорт го има на животната средина, додека во исто време ги задоволуваат потребите на купувачите. Со цел да се решат проблемите со загадувањето на животната средина предизвикани од емисиите на штетни гасови од моменталните возила, се наметнува потребата од нова генерација возила-електрични возила. Електричните возила се темелот за енергетски ефикасен, одржлив и модерен транспорт.

Наједноставна дефиниција за поимот Електрично возило (ЕВ) е возило кое се движи со помош на еден или повеќе електрични мотори притоа користејќи електрична енергија складирана во батерии или друг уред за складирање на енергија како енергија потребна за задвижување на електричните мотори.

Од средината на 2000-тата година, производството на електричните автомобили доживува експанзија поради напредокот во технологиите за батерии и управување со енергијата, но и како одговор на сè почестата нестабилност околу цените за нафта и потребата за намалување на испуштањата на штетните, стакленички гасови.

И покрај нивните потенцијални придобивки, широкото прифаќање на електричните автомобили се соочува со неколку препреки и ограничувања. Заклучно со 2010-тата година, електричните автомобили се значително поскапи од возилата со класични мотори со внатрешно согорување, а хибридните електрични возила поради дополнителните трошоци за нивните батерии и дополнителен електричен мотор. Сепак, со масовното производство на батериите, нивните цени опаѓаат и се очекува да се намалат уште повеќе во наредниот период.

3 БАТЕРИИ

Најголемата пречка во развојот на електричните возила е системот за складирање на електричната енергија кој ќе ги задоволува енергетските потреби на автомобилот.

Батеријата претставува извор на електрична енергија во возилото и е потребна за складирање на енергија. Со помош на складираната електрична енергија во батериите се задвижува електричниот мотор. Електричниот мотор може да обезбеди висока специфична моќност, а батериите се димензионираат така да можат да обезбедат висока вредност на струјата која е потребна при тргнување во работа на моторот.

Електричните возила се дизајнираат со различни батериски капацитети, опсези на самостојно возење и архитектури, притоа овие разлики се од големо значење во рамки на електроенергетскиот систем поради различните влијанија кои ги имаат во дневната потрошувачка на енергија. Батеријата се дефинира со одредена потрошувачка на енергија, изразена во kWh, или како потрошувачка на енергија по единица должина, односно kWh/km. Најчесто, батерискиот систем кај ЕВ се состои од низа батерии, поврзани сериски (редно), со што се добива батериски пакет со номинални напони кои варираат од 72 до 324 V, што овозможува полнење и празнење на батеријата со ранг на неколку стотици амperi. Секако дека електричните возила не се секогаш стационарни, односно во даден момент, тие се распределени низ одреден регион. Согласно капацитетот на батеријата, возилата може да се користат за сообраќај во нормални (градски) услови или за подолги патувања, каде предност имаат хибридните електрични возила со приклучок. За ЕВ кои се користат во градски услови, може да се смета дека тие се стационарни во просек 22 h/дневно. Дополнително, бидејќи растојанијата кои се поминуваат со нив (најчесто растојанието од домот до работното место) се пократки од дометот на возилото согласно капацитетот на батериите, така што не се употребува целата енергија складирана во батеријата. Од таму следува пристапот, електричните возила да се третираат како потенцијални произведувачи и места за складирање на електрична енергија, што може да се употреби во рамки на еден ЕЕС.

Во зависност од типот на електричното возило, постојат различни технологии кои можат да се искористат во зависност од потребите: литиум-јонски (Li-ion) и никел-метанхидрид (Ni-MH) за возила со големи енергетски потреби, и гелни батерии за возила со помали енергетски потреби, најчесто хибриди. Најважните карактеристики кои треба да ги

исполнуваат батериите се: долг животен век, висока специфична моќност, висока специфична енергија, ниска цена на чинење и безбедност на технологијата која ја користат.

4 ВИДОВИ НА БАТЕРИИ

Во ова поглавје ќе се разгледаат основите на технологиите на батериите на ЕВ. Фокусот ќе биде посветен на две најчести технологии на батерии: никел метал хидридни (NiMH) и литиум јонски (Li-ion).

Табела 1: Видови на батерии кои се употребуваат кај различни производители на ЕВ

Компанија	Држава	Модел на возило	Технологија на батерија
GM	САД	Chevy-Volt	Li-ion
		Saturn Vue Hybrid	NIMH
Ford	САД	Escape, Fusion, MKZ HEV	NIMH
		Escape PHEV	Li-ion
Toyota	Јапонија	Prius, Lexus	NIMH
Honda	Јапонија	Civic, Insight	NIMH
Hyundai	Јужна Кореа	Sonata	Lithium polymer
Chrysler	САД	Chrysler 200C EV	Li-ion
BMW	Германија	X6	NIMH
		Mini E (2012)	Li-ion
BYD	Кина	E6	Li-ion
Daimler Benz	Германија	ML450, S400	NIMH
		Smart EV (2010)	Li-ion
Mitsubishi	Јапонија	iMiEV (2010)	Li-ion
Nissan	Јапонија	Altima	NIMH
		Leaf EV (2010)	Li-ion
Tesla	САД	Roadster (2009)	Li-ion
Think	Норвешка	Think EV	Li-ion, Sodium/Metal Chloride

Како што може да се забележи и во Табела 1, сегашните две водечки технологии на батерии кои се користат во ЕВ се никел метал хидридни (NiMH) и литиум јонски (Li-ion). Речиси сите ЕВ кои се достапни на пазарот денес користат никел метал хидридни батерии поради својата зрела технологија.

Во принцип, никел метал хидридните батерии функционираат како и секоја друга алкална батерија, со неколку корекции со цел да бидат поефикасни. Тие работат со помал напон во споредба со литиум-јонските батерии, односно со напон од 1,2 волти. Токму ова наметнува потреба од поврзување на неколку ќелии во серија за да се добие иста вредност на напонот, во споредба со литиум јонските батерии. Никел метал хидридните батерии се познати по нивната способност да напојуваат уреди подолго време во споредба со повеќето други батерии. Нивниот напон, за разлика од повеќето батерии кои се полнат, има постојана вредност на напонот, без оглед на преостанатото ниво на полнење. Значи, може да се очекува целосна моќност додека трае полнењето, што е голема работа. Исто така голема предност на никел метал хидридните батерии е што тие генерално се поефтини во споредба со други алкални батерии и ова овозможува уште поголема нивна примена.

Поради потенцијалот за добивање повисока специфична енергија и енергетска густина, се очекува дека усвојувањето на литиум јонските батериите брзо ќе расте во ЕВ. Тие се батерии на полнење, кои работаат на тој принцип што литиум јонот се движи помеѓу анодата и катодата, овозможувајќи проток на струја во електронските апликации. При празнење, литиумот во анодата е јонизиран и се емитира до електролитот. Треба да се напомене дека постојат неколку видови на литиум јонски батерии базирани на слични, но секако различни хемиски процеси.

Литиум јонските батерии се најпогодна постоечка технологија која во денешно време се употребува кај ЕВ, бидејќи на излез даваат големо количество на енергија и моќност по единица маса на батеријата, што им овозможува да бидат полесни и помали од останатите батерии на полнење. Поради овие карактеристики литиум јонските батерии веќе наоѓаат широка примена кај мобилните телефони, лаптопите, дигиталните/видео камерии кај преносливите аудио-видео игри. Други предности на литиум јонските батерии пред оловните и никел метал хидридните батерии се висока енергетска ефикасност и имаат релативно долг животен век.

5 СПОРЕДБА НА ПЕРФОРМАНСИТЕ НА NI-MH И LI-ION

Како што може да се забележи од табела 2, литиум јонските батерии имаат голем потенцијал за зголемување на густината на енергија во иднина со користење на напредни анодни и катодни материјали. За разлика од нив густината на енергија кај никел кадмиумските и никел метал хидридните батерии е сосема намалена од 1995 и 2000 година.

Но и покрај многуте предности пред другите технологии на батерии, моменталните перформанси на литиум јонските батерии не се доволни за истите да бидат широко користени во ЕВ. Потребни се зголемувања на енергијата и густината на моќност, други подобрувања се потребни во издржливоста, безбедноста и цената.

Сепак, ако подетално се анализира споредбата на специфичните енергии, супериорноста на литиум јонските батерии, е ограничена во тековната фаза на развој. На ниво на ќелијата, специфичната енергија на литиум јонските батерии е околу 20% повисока од онаа на никел метал хидридните батерии. Ако се земат во предвид механизмите за ладење за двата видови на батерии, никел метал хидридните батерии со воздушно ладење може да имаат повисока специфична енергија на ниво на системот, бидејќи, со цел да го оптимизира својот животен век, литиум јонската батерија бара моќна структура за ладење со течност која ги додава тежините на течноста за ладење, компресорот, испарувачот и контролорот на тежината на системот. Покрај тоа, системот за управување со никел метал хидридните батерии е на ниво на систем, што го прави поедноставно и полесно од системот за управување со литиум јонските батерии, што бара прецизна контрола на ниво на ќелија. Дополнителна загриженост е дека литиум јонската батеријата треба да биде надградена со цел надминување на својот краток животен век, додека кај никел метал хидридните батерии ова не е потребно. Од попрактична перспектива на гледање на ниво на возилото, сегашната литиум јонска батерија не е неопходно да обезбеди повисока специфична енергија. Оваа опсервација ја објаснува разликата во опсегот на возење помеѓу Ниссан Лиф ЕВ (80-100 милји) напојувани со неодамна развиената технологија на литиум јонската батерија и ЕВ-1 (180 милји) напојувани со 15 години старата технологија на никел метал хидридната батерија.

Табела 2: Споредба на густината на енергија и моќност, животниот век, цената, примената и карактеристиките на различните видови на батерии

Тип на батерија	Оловни	Ni-Cd	Ni-MH	Lithium-ion
Специфична енергетска густина (Wh/Kg)	35	40-60	60	120
Специфична густина на	180	150	250-1000	1,800

моќноста (W/kg)				
Работен век	4,500	2,000	2,000	3,500
Цена (\$/kWh)	269	280	500-1,000	Применета електроника: 300-800 Возила: 1,000-2,000
Карактеристики на батериите	Висока преносливост, ниска цена	Мемориски ефект	Во моментот, најдобри и најпопуларни за хибридни ЕВ	Мали димензии, мала тежина
Примена	Возила, виљушкар, голф количка, резервна моќност	Замена за батерија за осветлување	Замена за батерија за осветлување во хибридни ЕВ	Применета електроника

Табела 3: Споредба на излезната моќност на двата најчесто употребувани видови на батерии во ЕВ

	NiMH	NiMH	Li-ion	Коментар
Производител	PEVE	PEVE	Hitachi	
Форма	Призмастики	Призмастики	Цилиндрични	
Материјал на куќиште	Пластика	Метал	Метал	Металното куќиште во NiMH ги подобрува перформансите на ладењето за 40%
Катода	$Ni(OH)_2$	$Ni(OH)_2$	$LiMn_2O_4$	
Анода	Ретка земја AB_5	Ретка земја AB_5	Аморфен јаглерод	
Капацитет на ќелијата(Ah)	6.5	6.5	4.4	
Напон на ќелијата(V)	1.2	1.2	3.3	NiMH со пластична ќелија е модул со 6 ќелии
Специфична енергија (Wh/kg)	46	41	56	
Специфична излезна моќност (W/kg)	1,300	1,200	3,000	
Температура на работа (°C)	-20 до +50	-20 до +50	-30 до +50	
Пазар	Toyota-HEV	Toyota-HEV	GM-HEV (2012)	

Друга работа што треба да се реши е споредбата во перформансите на моќноста. Податоците прикажани во табела 3 ја споредуваат излезната моќност на двата типа на батерии, што му помага на моторот во ЕВ за време на забрзувањето. Што се однесува до влезната моќност, двете никел метал хидридни и литиум јонските батерии имаат иста импеданса за време на полнење и празнење, за разлика од оловната батерија, која има импеданса на полнење три пати повисока од нејзината импеданса на празнење. Теоретски, литиум јонската батерија треба да биде способна да преземе моќност од 3.000 W/kg за време на сопирањето. Меѓутоа, во

модерните системи за управување со литиум јонски батерии, нормално се применува безбедносен фактор од 3, со цел да се намали ризикот од формирање на ли-дендрити и прекумерно загревање на батеријата. Затоа, во реални случаи, максималната влезна моќност за литиум јонската батерија е ограничена на 1.000 W/kg на ниво на ќелија, тој број дополнително се намалува откако ќе се земе во предвид додадената тежина од системот за ладење и контролорот.

Од објавените податоци, се чини дека има мала разлика помеѓу никел метал хидридниите и литиум јонските батерии во моќноста и енергетските перформанси. Меѓутоа, не се достапни други фактори, како што се календарскиот животен век, животниот циклус во реални услови и, што е најважно, толеранцијата на злоупотреба во стари батериски пакувања (што може да покаже опасност за деградиран слој на SEI (solid electrolyte interphase) во литиум јонската батерија). Повеќе споредби на овие дополнителни фактори може да се направат само откако технологијата на литиум јонските батерии е користена многу години, така што не може да биде до 2022 година кога GM PHEV ја слави својата десетгодишнина.

6 ЗАКЛУЧОК

Во овој труд беа претставени моментално најактуелните и најчесто применетите технологии на батерии во ЕВ, метал хидридниите и литиум јонските батерии. Прикажани и анализирани беа предностите и недостатоците на двата типови на батерии и истите беа споредени.

Во иднина треба да се дискутира и да се фокусираме повеќе на истражувања кои овозможуваат напредок во електрохемииски системи кои имаат потенцијал да ги исполнат долгорочните критериуми за ефикасност и трошоци за електрични возила, наспроти развојот на системи базирани навекџе постоечка наука. Акцентот од научните истражувања треба да се стави на изборот, цената и достапноста на батериите, кои претставуваат клучен фактор во понатамошниот развој и употреба на ЕВ.

7 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Годфри Бојл, „Обновливи извори на енергија, моќност за одржлива иднина”, Ламина, 2014
- [2] Џеферсон В.Тестер, Елизабет М. Дрејк, Мајкл В. Голеј, Мајкл Џ. Дрискол, Вилијам А. Петерс, „Одржлива енергија”, избор меѓу опциите, 2012
- [3] <file:///C:/Users/Andrej%20G/Downloads/9781461401339-c1-1.pdf>
- [4] <http://www.thesawguy.com/lithium-ion-vs-nimh/>
- [5] <https://www.nap.edu/read/6196/chapter/8#59>
- [6] <file:///C:/Users/Andrej%20G/Downloads/energies-10-01314-v2.pdf>
- [7] <https://www.slideshare.net/AndrewGelston/lithium-ion-batteries-for-electric-vehicles-the-us-value-chain-gereffi-may-2010>
- [8] <http://www.2wayradiosolutions.com/uploads/NiCd%20NiMH%20Li-Ion.pdf>
- [9] <file:///C:/Users/Andrej%20G/Downloads/1503806.pdf>

Наташа Јованова
Факултет за електротехника и информациски технологии, Скопје
natasa.jovanova@yahoo.com

АНАЛИЗА НА ВЛИЈАНИЕТО НА ИНТЕГРИРАН СИСТЕМ ВОЗИЛО-МРЕЖА ВРЗ МИКРО МРЕЖА

КУСА СОДРЖИНА

Загадувањето на животната средина и зголемената побарувачка на електрична енергија се главните причини за развојот на високоефикасни електрични возила (ЕВ) кои не емитуваат стакленички гасови, имаат намалена бучава и се практично неопходни за одржлив развој. ЕВ имаат потенцијал да обезбедат и други предности во паметните мрежи како дел од системот мрежа-возило-мрежа (МВМ).

Системот мрежа-возило-мрежа се дефинира како систем со можност за контролиран, двонасочен проток на енергијата помеѓу електричната мрежа и ЕВ, и тоа проток на енергијата мрежа-возило (за полнење на батериите) и возило-мрежа (за порамнување на пиковите на побарувачка на енергија). Многубројни студии покажуваат дека возилата не се користат за активен превоз околу 92% од времето. Токму во периодите на мирување енергијата складирана во батеријата на ЕВ може да се користи за снабдување на дистрибутивниот систем без притоа да предизвика никакви негативни последици врз неговата основна функција за транспорт. Како дополнување на овој концепт се јавуваат и концептите ЕВ-дом или ЕВ-резиденцијален објект (зграда). Системот МВМ може да ја подобри стабилноста и сигурноста во микро мрежата, а истовремено да ги намали прекините во напојувањето како и проблемите поврзани со животната средина. Системот МВМ игра огромна улога во балансирање на потребата и побарувачката и порамнување на пиковите на побарувачка на енергија.

Во овој труд ќе биде претставен Simulink модел на микро мрежа во која се интегрирани дизел агрегат, обновливи извори на енергија (ОИЕ) и ЕВ. Со помош на моделот ќе биде објаснета регулацијата на фреквенцијата за време на пиковите во текот на еден дениграфички ќе бидат претставени тековите на моќност.

Клучни зборови: микро мрежа, систем возило-мрежа, регулација, електрично возило

1 ВОВЕД

Предизвиците кои се однесуваат на зголемена сигурност на мрежа, одржливост и флексибилност бараат доверливо интегрирање на обновливи извори на енергија (ОИЕ), како и зголемено интегрирање на капацитети за складирање на енергија. Како систем за складирање на енергија се јавува системот мрежа-возило-мрежа (МВМ). Интегрирањето на претходно-споменатите извори и капацитети за складирање енергија се врши во т.н. микро мрежи. Концептот на микро мрежа се дефинира како интеграција на потрошувачи и микро-извори кои работат како еден систем. Истиот претставува поединечна, контролирана единица во еден електроенергетски систем (ЕЕС) [1]. Повеќе различни извори како ветер, сонце и фосилни горива можат да бидат вклучени во производството на електрична енергија (ЕЕ) во микро мрежите. Стохастичката природа на ОИЕ како и нарушувањата предизвикани од островски режим на работа на микро мрежата можат да создадат проблеми во сигурноста. Според тоа, ефективната контрола и менаџирањето на повеќе извори на енергија и капацитети за складирање стануваат клучна задача. Како резултат на малата „инерција“ на микро мрежите, регулацијата станува доста предизвикувачка и тешка. Без соодветна краткотрајна временска контрола, можат да настанат значајни промени во фреквенцијата и напонот како резултат на дебалансот на побарувачката и производството. Стабилната работа под вакви неочекувани прилики е неопходна во апликации каде одржувањето на критичното оптоварување е важно за

сигурност и стабилност, а системот МВМ претставува може да помогне во достигнувањето на оваа цел.

Влијанието од мрежното интегрирање на ЕВ во голема мера добива се поголемо внимание. Научниците покажаа дека постоечките капацитети за производство на ЕЕ можат лесно да се адаптираат на интеграцијата на ЕВ, ако нивното полнење е контролирано.[3]. Уште поважно, системот МВМ може да ја зголеми интеграцијата на ОИЕ, да ги намали емисиите на стакленички гасови, овозможи регулација на активна и реактивна моќност, да ги порамни пиковите на побарувачка како и многу други бенефити.

2 КОНЦЕПТИ

2.1 Концепт на микро мрежа

Микро мрежите станаа актуелна тема поради енергетската криза и заштитата на животната средина. Микро мрежа е нов тип на енергетски систем, кој ги опфаќа дистрибутивните системи со дистрибуирани производители на електрична енергија, уреди за складирање на електрична енергија и контролирани потрошувачи. Микро мрежата може да работи конектирано на основната енергетска мрежа или островски, на координиран и контролиран начин.[+]



Слика 1 Елементи на микро мрежа

Истите се лоцирани во близина на потрошувачите. Значи, микро мрежите можат да генерираат енергија како од конвенционални, така и од ОИЕ.

2.2 Концепт на системот мрежа-возило-мрежа

Системот мрежа-возило-мрежа се дефинира како систем во кој има можност за контролиран, двонасочен тек на електричната енергија помеѓу возилото и електричната мрежа. Пресметано е дека 92% возилата се паркирани дури и за време на часовите со пик на побарувачка. Кога возилото не е во употреба, батеријата се поврзува до најблиската мрежа преку посебни уреди за комуникација. Идејата е да се користи енергијата од возилата (кои се во мирување) за да се обезбеди порамнување на пиковите како и многу други функции. Батериите на возилото можат целосно да се наполнат за време на часовите со помала побарувачка и текот на енергијата да се реверзира во било кое време во зависност од побарувањата. Ова може да се исполни со користење на концептот за паметна мрежа која всушност претставува електрична мрежа способна да процесира информации и да го регулира текот на ЕЕ со цел да се задоволи потребата на потрошувачите и да обезбеди комуникација помеѓу изворите за напојување и крајните потрошувачи. Овој концепт работи на принципот балансирање на побарувачката во пиковите и побарувачката во пасивните периоди, односно возилото се полни за време на пасивните периоди, а да предава енергија за време на пикот на побарувачка[3].

Интегрирањето на системот МВМ ги нуди следните придобивки:

- можност за акумулирање на енергија
- можност за порамнување на оптоварувањето

- интегрирање на повремени извори на енергија
- намалено користење на примарните извори
- намалување на емисиите на стакленички гасови

Кога станува збор за имплементирање на системот ВМ, потребно е да се истакнат клучни проблеми.

И покрај зголемената распространетост на ЕВ, има прашања кои се поврзани со барање на дополнителен хардвер и софтвер кои треба да го регулираат текот на енергијата, комуникациски системи, потешкотии кои можат да ја отежнат комерцијализацијата на овој систем, трошоците за инфраструктура, почетните пазари и др [5].

3 СИМУЛИНК МОДЕЛ НА ИНТЕГРИРАЊЕТО НА СИСТЕМОТ МРЕЖА-ВОЗИЛО-МРЕЖА

Симулинк моделот е прикажан на слика2 . Оваа симулација го покажува системот возило-мрежа кој ја регулира фреквенцијата во микромрежа кога има пикови на побарувачка во текот на еден ден.

3.1 Опис на симулинк моделот

Микромрежата е поделена во 4 дела:

- Дизел агрегат кој се однесува како електрична машина (генератор),и прави баланс помеѓу побарувачката и производството на електрична енергија. Може да се избере фреквенцијата на мрежата, во зависност од брзината на роторот кај синхрониот генератор.
- Систем возило-мрежа интегриран во оној дел од системот во кој е интегрирано и оптоварувањето. Големината на микро мрежата ја претставува околу 1000 домаќинства за време на помала потрошувачка во пролет/есен. Во моделот се интегрирани 100 возила што значи дека односот помеѓу возилата и домаќинствата е 1:10. Ова е доста можно сценарио во блиска иднина.
- Обновливи извори на енергија : Фотоволтаична централа и Ветерна електрична централа
- Оптоварување

Моделот дава можност да се избере фреквенцијата на мрежата, во зависност од брзината на роторот кај синхрониот генератор.

3.1.1 Обновливи извори интегрирани во микро мрежата

- Фотоволтаичната централа (ФВ централа) произведува енергија пропорционална на 3 фактори: големината на површината која ја зафаќаат фотоволтаичните панели (ФП), коефициентот на полезно дејство на ФП и зрачењето. Инсталираната моќност изнесува 8 MW, површината на зрачењето изнесува $8 \cdot 10^4 \text{ m}^2$, А зрачењето изнесува 100 W/m^2 .
- Поедноставен модел на ветерен парк произведува електрична енергија. Кога ветрот достигнува номинална брзина, ветерната електрична централа (ВЕЦ) предава номинална моќност. Во случај кога брзината на ветрот е многу голема, ВЕЦ се исклучува од мрежа, а потоа повторно се враќа кога ветрот достигнува номинална брзина. Инсталираната моќност на ВЕЦ изнесува 4,5 MW, минималната брзина на ветрот изнесува 13,5 m/s , а максималната 15 m/s.

3.1.2 Систем мрежа-возило-мрежа

Системот мрежа-возило-мрежа има 2 функции:

- го контролира полнењето на батериите поврзани на мрежа
- ја користи достапната моќност за да ги регулира приликите на мрежата за време на пиковите на побарувачка во текот на денот.

Соодветниот блок во моделот имплементира 5 случаи кои се однесуваат на користење ЕВ.

1. Луѓе кои одат на работа со можност да го полнат своето ЕВ на работното место.
2. Луѓе кои одат на работа со можност да го полнат своето ЕВ, но со поголем радиус на движење.
3. Луѓе кои одат на работа и немаат можност да го полнат своето ЕВ на работното место.
4. Луѓе кои остануваат дома.
5. Луѓе кои работат ноќни смени.

3.1.3 Оптоварување

Оптоварувањето е претставено од резиденцијални потрошувачи и асинхрони машини кои го претставуваат влијанието на индустриските потрошувачи во микромрежата. Асинхроните машини се регулирани со помош на квадратна релација помеѓу брзината на роторот и механичкиот момент.

3.1.4 Избор на батерии кај ЕВ

Во табела 1 се прикажани 10 ЕВ кои се доста распространети и капацитетот на батериите кои ги поседуваат. Земена е просечна вредност од капацитетите на прикажаните возила и истата изнесува 37,5 kWh. Оваа вредност ја користиме во Симулинк-моделот како капацитет на батеријата на ЕВ.

Табела 1 Типови на батерии кај посебно избрани ЕВ

Електрично возило	Капацитет на батерија (kWh)
Tesla Roadster	53
Smart Electric Drive	17
Chevrolet Spark EV	21
BMW i3	22
Tesla Model S 60	60
Ford Focus Electric	23
Nissan Leaf	24
Tesla Model S 85	85
Mercedes B-Class Electric Drive	28
Toyota RAV4 EV	42

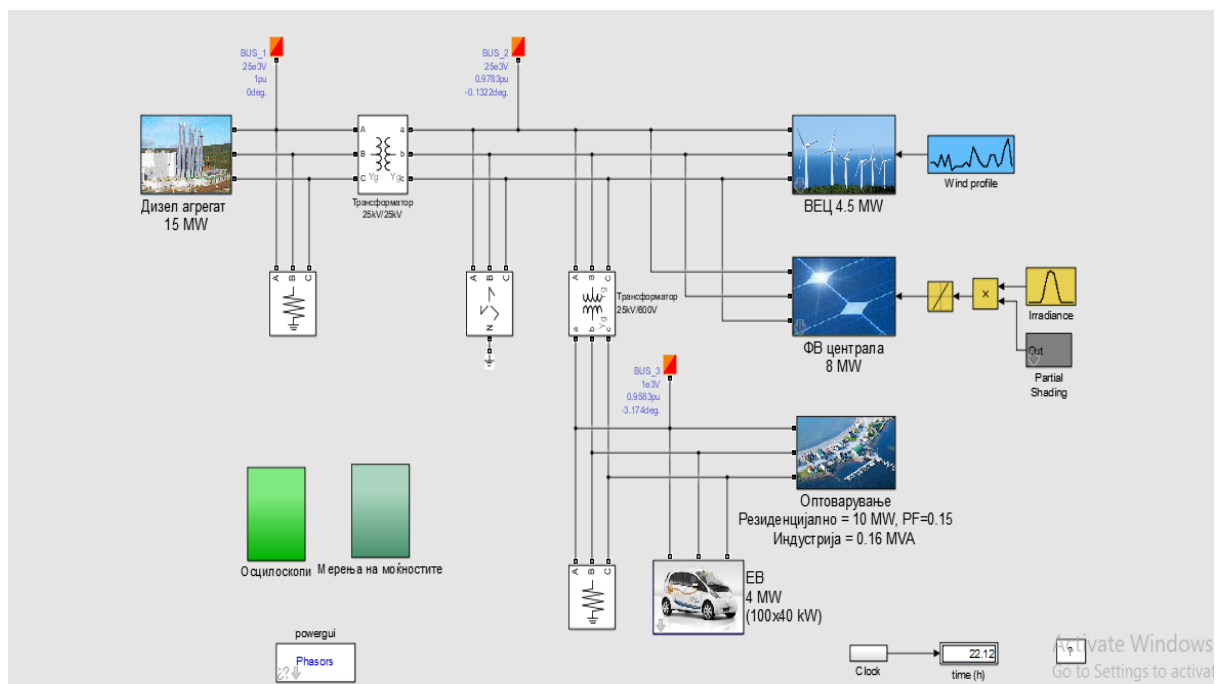
3.2 Сценарио

Симулацијата опфаќа временски интервал на работа на системот од 24 часа. Интензитетот на сончевото зрачење ја следи нормалната дистрибуција каде максималниот интензитет се достигнува во пладневните часови. Ветерот варира во големи граници во текот на денот и има повеќе макс и мин во текот на денот.

Резиденцијалните потрошувачи следат типична крива на потрошувачка, слична на кривата на потрошувачката на домаќинствата. Потрошувачката е мала во текот на денот и го достигнува својот пик во попладневните часови и се намалува за време на ноќта.

Постојат 3 фактори кои влијаат на фреквенцијата на мрежата во текот на денот:

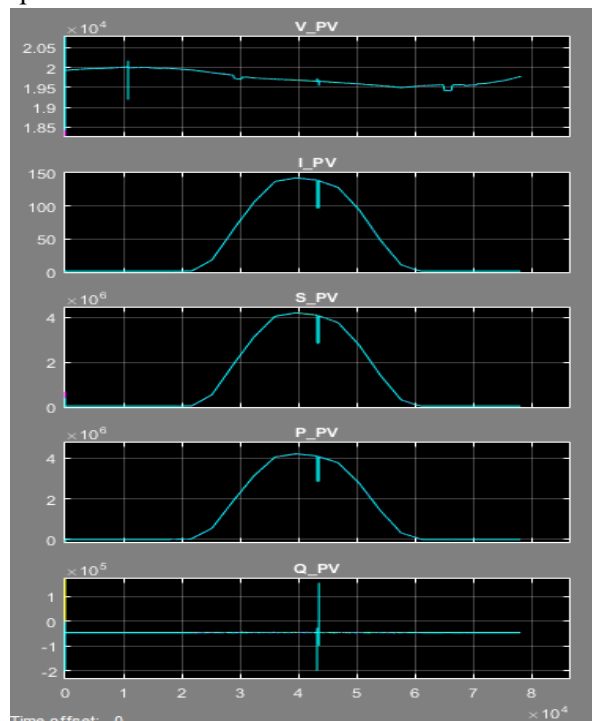
- Пуштањето во работа на асинхроната машина во текот на третиот час
- Делумно засенување за време на пладне кое влијае на производството на електрична енергија
- ВЕЦ се исклучува од мрежа околу 22 часот, кога ветрот достигнува максимална брзина.



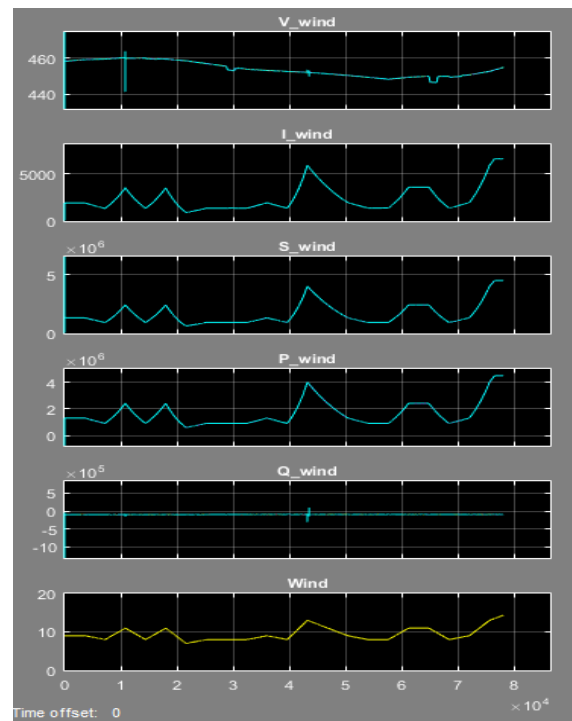
Слика 2 Симулинк модел

3.3 Графички приказ на резултатите

Производството на електрична енергија од ОИЕ е претставено во едно деноноќие е претставено на слика 3 и слика 4.

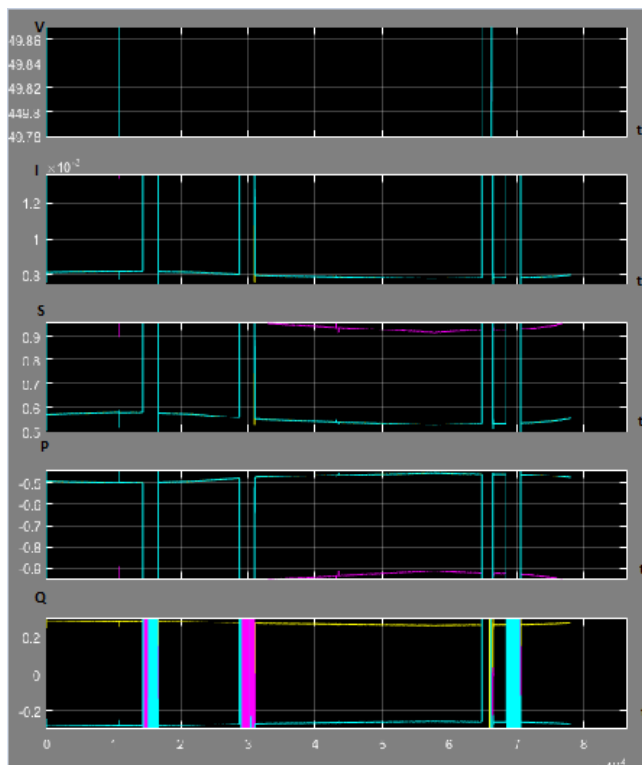


Слика 3 Производство на ЕЕ од ФВ централа

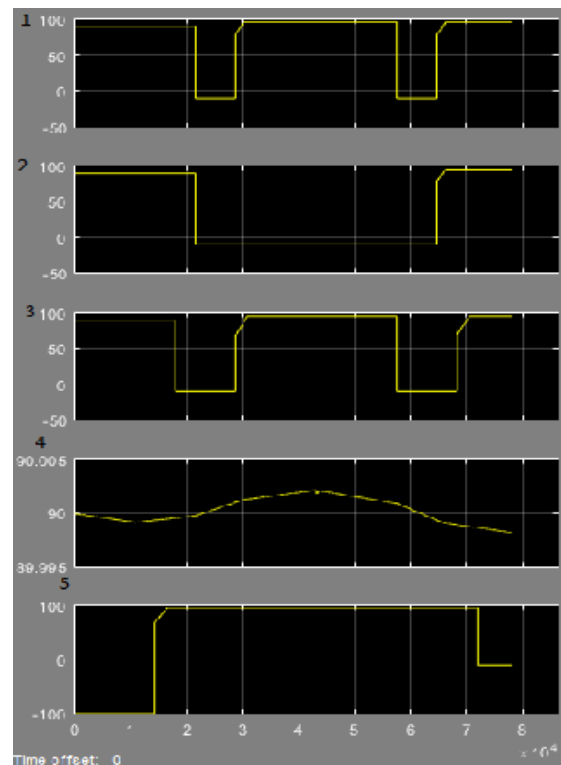


Слика 4 Производство на ЕЕ од ВЕЦ

Полнењето на батериите е прикажано на слика 4 . Состојбата на наполнетост на батериите (SoC%) во сите 5 случаи на користење на ЕВ се прикажани на слика 5.

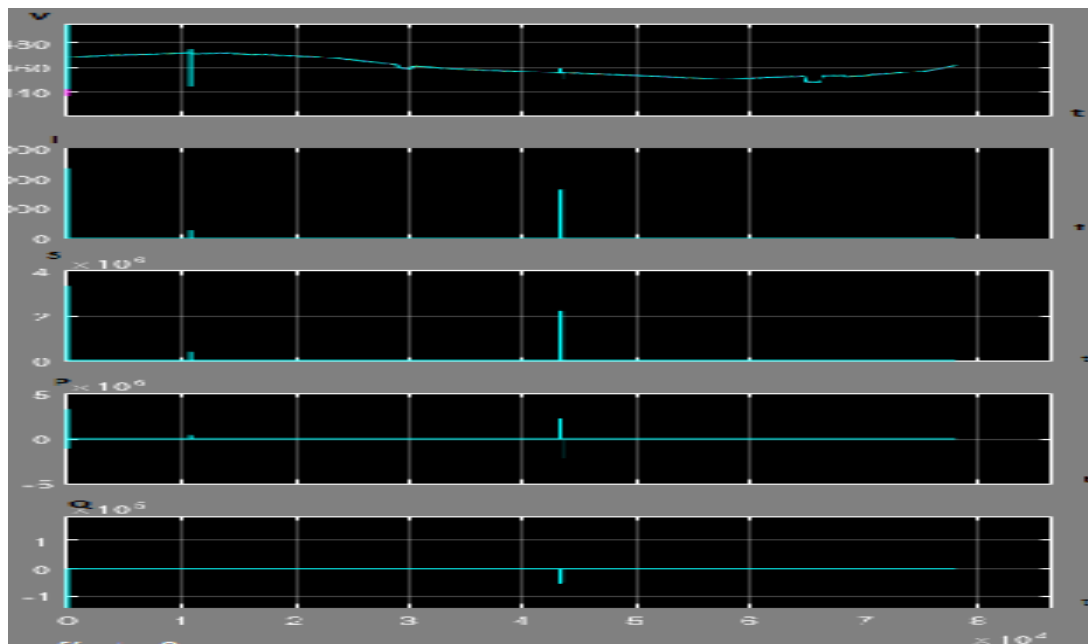


Слика 5 Полнење на батериите



Слика 6 SoC (%)

Регулацијата на напонот, струјата, привидната моќност, активната и реактивната моќност е прикажана на слика 7.



Слика 7 Регулација

Од слика 3 се забележува дека сончевото зрачење е доста изразено во пладневните часови, а од слика 4 се забележува дека ветрот има доста променлива природа, што негативно влијае врз приликите на мрежата.

Од слика 5 се гледа дека при определени временски интервали, параметрите (S, P и Q) достигнуваат негативни вредности, со што се покажува дека токму во тие интервали текот на

енергијата е од батеријата кон мрежата, односно ЕВ се однесуваат како генератори на ЕЕ, што поволно влијае врз стабилноста на мрежа.

Од слика 6 може да се заклучи SoC е различно во секој од петте наведени случаи (најизразено во случај број 4, односно луѓе кои остануваат дома и нивните ЕВ во текот на дневните часови вршат размена на енергијата со мрежа).

Од слика 7 може да се заклучи дека со интегрирање на системот MBM се врши регулацијата на напонот, односно се тежнее кон порамнување на пиковите на побарувачка.

4 ЗАКЛУЧОК

Во иднина се предвидува замена на конвенционалните возила со ЕВ во голема мера, а со тоа и намалување на емисиите на стакленичните гасови кои се огромна закана за животната средина. Токму поголемата распространетост на ЕВ ветува и поголеми капацитети за складирање на енергија, а во таа насока зголемена интеграција на ЕВ во мрежа. Интегрирањето на системот MBM придонесува кон подобрување на стабилноста и сигурноста на една микро мрежа.

Во овој труд се анализирани регулацијата на напонот и фреквенцијата во микро мрежа, односно влијанието од интегрирањето на системот MBM во микро мрежа преку Симулинк модел. Резултатите од симулацијата покажуваат дека постои одреден ранг на интегрирање на ЕВ за кој напоните и фреквенцијата во микро мрежата можат да бидат задоволително регулирани. Доколку интегрирањето на ЕВ е под тој определен ранг, тогаш се јавува проблем при регулацијата на фреквенцијата, а додека интегрирањето е над тој ранг, тогаш се јавува проблем со регулацијата на напонот.

5 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

[1] Nandha Kumar Kandasamy “Integration of electric vehicles into power grid”

[2] Soon-Jeong Leea, Yun-Sik Ohb, Bo-Seok Simb, Min-Sung Kimb and Chul-Hwan Kimb, Analysis of peak shaving effect of demand power using Vehicle to Grid system in Distribution system

[3] W. Kempton, J. Tomic, S. Letendre, A. Brooks and T. Lipman, “Vehicle-to-grid power: battery, hybrid, and fuel cell vehicles as resources for distributed electric power in California”, UCD-ITS-RR-01-03, June 2001.

[4] Lina Udrene, Gatis Bazbauers, ” Role of vehicle-to-grid systems for electric load shifting and integration of intermittent sources in Latvian power system, International Scientific Conference “Environmental and Climate Technologies – CONECT 2014

[6] Енис Дрндар, Властимир Гламочанин, Факултет за електротехника и информациски технологии, Скопје ПРИМЕНАТА НА ИНТЕЛИГЕНТНИ АГЕНТИ ВО РАМКИТЕ НА ПАМЕТНИТЕ МРЕЖИ, Мако Сигре, 2011 год.

[7] 24-hour Simulation of a Vehicle-to-Grid (V2G) System, <https://www.mathworks.com/help/physmod/sps/examples/24-hour-simulation-of-a-vehicle-to-grid-v2g-system.html>, 20.09.2017.



СКЕЕОР
skeeor.feit.ukim.edu.mk



Факултет за електротехника и
информациони технологии
Скопје

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Е. ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ ВО ГРАДЕЖНИШТВОТО И АРХИТЕКТУРАТА

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – CKEEOP 2017

Pavel Veljanoski

Faculty of Architecture, University “Ss.Cyril and Methodius” in Skopje

paveljanoski@outlook.com

LANDSCAPE INFRASTRUCTURE

SUMMARY

The challenges that are facing undeveloped natural areas today are climate changes which significantly tend to attack the quality and quantity of resources provided in the cultivated natural environments. We strive to mitigate the phenomenon of climate instability, rather than counter it strategically.

For several years the Republic of Macedonia has been hit by unprecedented floods (Pelagonija Valley 2014, Tetovo 2015, Skopje 2016). Climate change and its consequences are the challenges that we are progressively facing in this area. The subject matter of the project is the development of a system for distributing and draining excess water in the valley of Pelagonija, but also creating a local infrastructure that will allow the region to become a useful source of renewable energy using all the available natural elements and an area of industrial development that does not negate the original function of the valley as a "granary" of the country. Based on the available analyzes (geological, hydrological, archeological, agro technical, etc.) and in consultations with experts and residents of the areas threatened with floods, two risky points were identified that cannot effectively protect Pelagonija from flooding. After re-reading the environmental strategies and systems with all their negative aspects, there were proposed infrastructural interventions that integrate the natural context and will strive to significantly improve modern natural economy.

Strategic revival of nature and geography have the potential to develop into a social and political agenda of the new era and ecology can be interpreted as a tool in engineering for development of ecological and geographical areas that are in crisis.

Key words: environment, infrastructure, system, ecology, integration.

8 CHALLENGES OF THE NATURAL LANDSCAPES

Challenges that face untapped natural landscapes today are climate change that significantly knows how to attack the quality and quantity of resources provided in arable natural environments. The current infrastructure capacity we trust gives us a false hope of security, even in the case of the darkest scenario, we blame nature instead of infrastructure. We are increasingly striving to mitigate this phenomenon of climate instability, rather than strategically oppose it and use it as a usable resource.

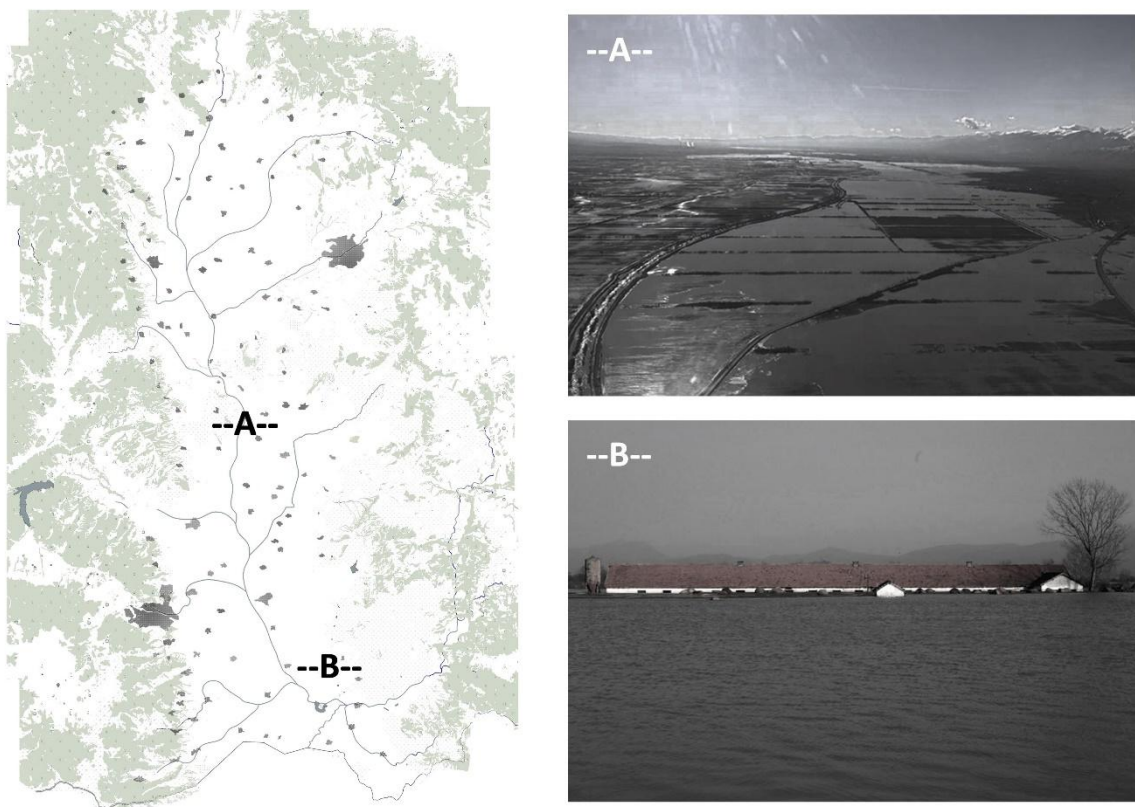
Any kind of artificial intervention in a natural landscape is shown as a disturbance of natural continuity and is considered with aversion. Intervention in a functionally and culturally degraded natural landscape of essential state importance should aim to achieve a re-formulation of the approach to nature through a series of radical social transformations and the re-thinking of the infrastructure that creates a disharmonic relationship with it. This is achieved by developing a systematic and structural infrastructure concept based on the fundamental natural principle of circulation and renewability. The strategic revival of nature and geography has the potential to develop into a social and political agenda for the modern age.

8.1 Location

The subject of research of this work is the largest basin in the Republic of Macedonia, the valley of Pelagonija. The basin itself possesses enormous potential that nature itself offers in accordance with the present natural treasures throughout its surface. The benefit of its exploitation is noted in every domain of our life. The main pillars of the economy of the Pelagonija planning region are the production and processing of agricultural products and the exploitation of mineral resources as well as the production of electricity for the whole country.

The major challenges facing the Pelagonija valley today are the natural disasters, the lack of resources and their management and the disadvantageous climate changes (floods, droughts, unusual rainfalls) which are the main reason for the reduced production and the emergence of new, unfavorable conditions for growing natural crops. Unfavorable conditions are not only result of climate change, but largely due to inadequate human activities and the country's low capacity to implement a strategy for the development of such natural landscapes of state importance.

In an analytical review devoted to the flooding process, on the basis of available analyzes (geological, hydrological, archaeological, agrotechnical, etc.) as well as consultations with experts and residents of the endangered areas, two critical points were identified in the valley.



Picture 1. Two critical zones during critical flooding in 2015

The first one is in the area where Crna Reka flows into the valley. At that point, Crna Reka increases its capacity with the waters from the Prilep field and so join forces flow into the central part of the valley, which belongs to the municipality of Mogila. The second point is the ending of the plain part where the Crna Reka moves before engaging in the ravine. All the inflowed waters from the central part of the valley in this area are stationed, and their further rise only increases the water level and creates a flooding lake from the plane part. These points are the two most affected zones during critical flooding in 2015 and to this day still have low capacity to effectively protect the region from flooding.

The further development of this paper will focus on the analysis and development of an infrastructure concept for the first critical point, which covers the central territory of the Pelagonija basin, from the village of Topolcani to the north, to the village of Mogila to the south. In addition to being the first zone of impact from natural disasters, it is a zone which is a generally densely populated area with agriculture and agricultural activities at a high level, but at the same time it does not yet possess hydrographic infrastructure that would regulate the irrigation of large agricultural areas.

In the process of a meliorative interventions, in this zone at a remarkable level, a modular scheme/ drainage system has been developed, with dimensions of 2000x300 meters per one field, regulated and protected by tree carving, which have the function to drain the aquatic arable land, and additionally they are grouped into larger arable units. Such a system faces a dominant destructive phenomenon of neglect and destruction, and have only fragments from which the whole system can be recognized.

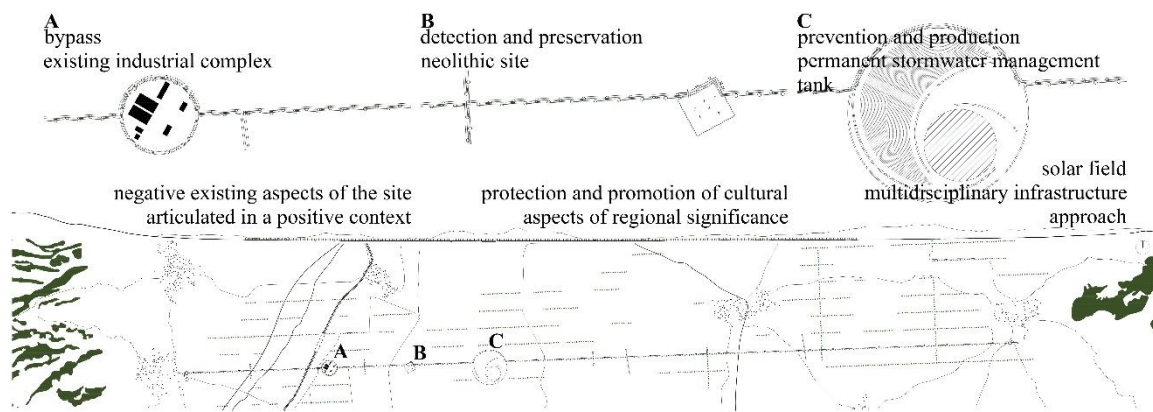


Picture 2. Fragmented situation of the dominant structure of a meliorative system

Applying new and upgrading the old natural and artificial layers, the existing, forgotten structure of a drainage and melioration system, spatially applied to the region of the first critical point, dates back to the 70's, currently defragmented and useless. Within that system, a channel is identified that will become the center of the renewed and expanded system. The final intervention has a general, strategic approach in its proposal and a specific structural product from the analyzed material and structural archive.

8.2 Integrative axis

Integrativeness, as a key feature of this concept, aims to articulate the negative aspects in a positive context, to preserve and protect the positive aspects and to adapt them, while in its essential infrastructural interventions, find an additional program that would respond to regional challenges and would enrich the multidisciplinary approach to intervention. The first strategic intervention refers to the concept of restoration of the reclamation scheme spatially applied in this region. Its function is based on the drainage process and growing of arable land, which brings a bigger economic challenge.



Picture 3. Program distribution in the integrative axis

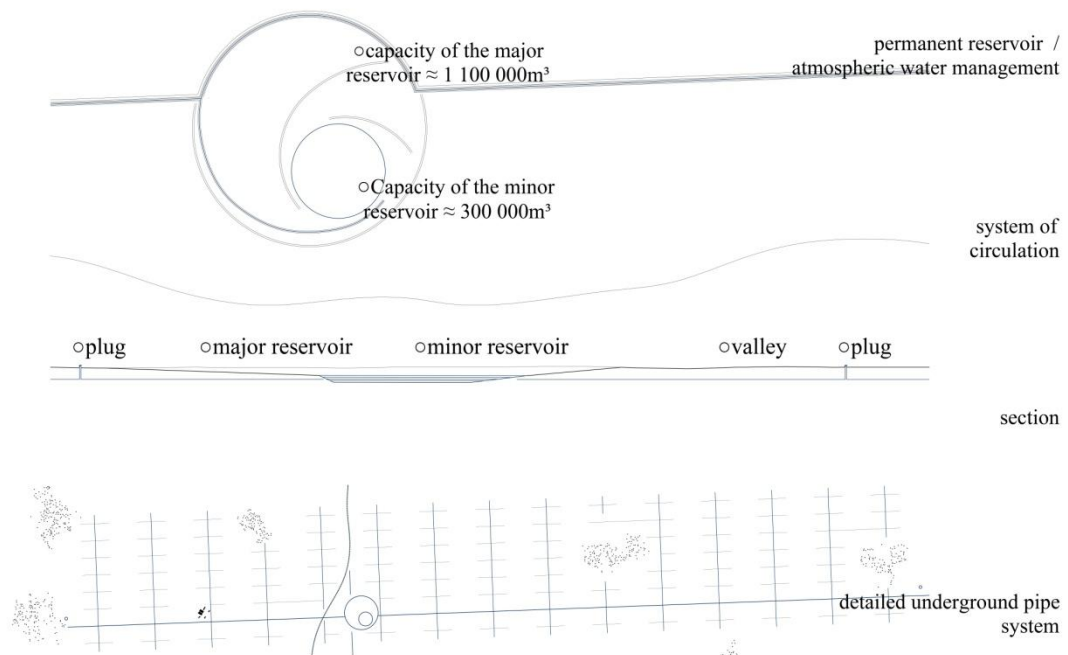
The global challenge to tackle natural disasters, which in large measure cause damage with floods in winter periods in this system, creates conditions for the development of preventive surface as accumulative depression. It is dimensioned according to the data on the maximum capacity of flows of Crna Reka obtained from the Hydrometeorological Administration in the Republic of Macedonia, which is $Q_{max} = 312,00 \text{ m}^3/\text{s}$. The dimensioning provides a condition for the capacity of this depression to be able to accumulate such a flood wave in an hour, in order to get the time to mobilize the local population.

$$Q (\text{flow}) = W (\text{volume}) / t (\text{time})$$

$$W = Q * t = 312 \text{ m}^3 / \text{s} * 3600 \text{ s}$$

$$W = 1\,123\,200 \text{ m}^3$$

It is tangentially positioned in relation to the river and connected to it by surface channels, so in the case of a flood wave or management of the permanent waters of Crna Reka, it will be able to store the swollen water and prevent flooding of the local context, but also provide water for continuous irrigation, which is its second use function.



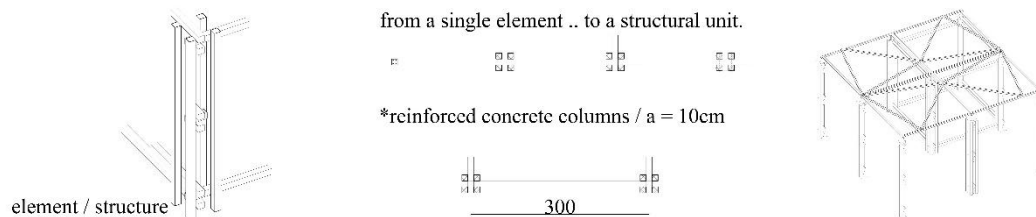
Picture 4. Accumulation and durable reservoir for storm water management

The accumulative depression contains a larger preventive basin and a continuously functional basin that functions for the irrigation system. From it, an underground pipeline network develops, which provides to each of the enlarged arable areas several plugs from which they can be irrigated. This way of water circulation brings these two systems in harmony with natural hydrographic phenomena, because they use water on the move, without creating oversized accumulation lakes with a negative impact on local biodiversity. This complex and spatial infrastructural concept also follows the communication infrastructure, which in this case does not aim to urbanize this region, because it retains its primitive form in the form of an agricultural road.

8.3 Structural treatment

Groups of structural entities connected in a structural composition are a general concept in designing new interventions and a draft concept from which legislation/building law can be developed in protected natural areas. A single element elaborates more constructive and functional scenarios that examine its justification in a concrete strategy with limiting construction features.

By using one and only element, in this case, the reinforced concrete pillar with dimensions 10x10cm in a characteristic section with a height of 3 meters, used in different roles (pillar, beam, wall) of the only constructive system, provides a functional and flexible modular space, which is adapted to more functional units in the technical development of this paper.



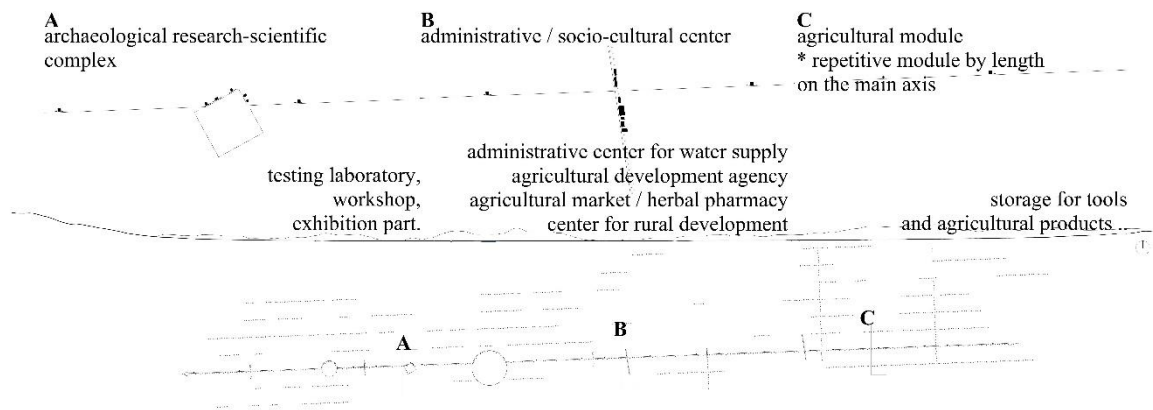
Picture 5. Structural element and structural unit

Such a constructive composition, with all its restructuring capacities, creates enough sheltered space in which more types of individual or group activity can be performed. It has been tried in

several variations in the technical documentation of this paper, which refer to predefined zones of intervention in the planned generating axis.

8.4 Generative axis

In further elaboration, there is a need of emergence of structures, contents that will create a space in which central institutions would operate to manage and develop the planned infrastructure and all existing processes in the surrounding context. However, this "settlement" could not grow into a process of urbanization in an extremely sensitive area, threatened by such a phenomenon.



Picture 6. Program distribution in the generative axis

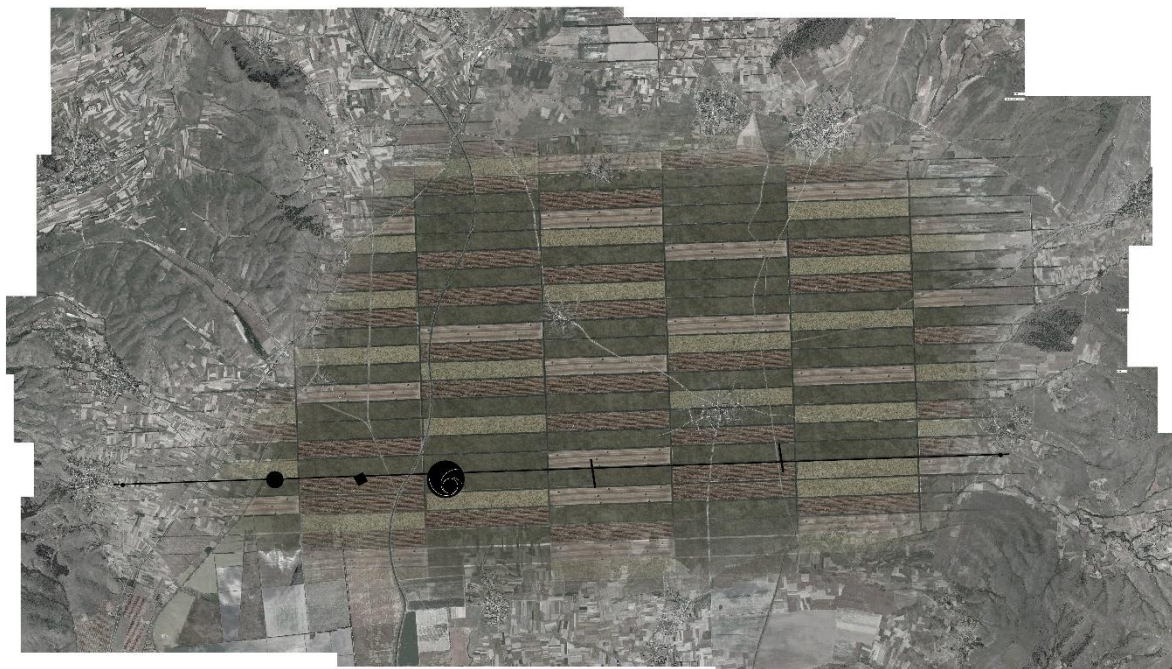
One of the positions that directly relates to the culturally integrative principle is an intervention in the scope of the archaeological site. Its phenomenon is due to the essential need for a spatial module that will provide conditions for direct research activity, a laboratory for the examination of inventions, a workshop for additional archeological activities and space for their exposure.

The second structural grouping is positioned normally on the dominant line intervention, along the course of an existing drainage channel. In the immediate vicinity of the accumulation basin, it creates a space for the administrative and socio-cultural center that plays a dual role in the infrastructure system itself. The administrative role is to provide space for state institutions that would manage the water and land reclamation systems in this region. The socio-cultural center has its role in the existing processing activity in this area and involves people as the main actors in that event. It creates space for their education, individual and group gatherings, the sale of necessary resources and a place for general management of their activities, production and sales.

The third structural phenomenon is aimed at creating a minimal sheltered space that would function modularly along the perimeter of each aggregate arable land and would have the function of storage space for the necessary tools or would be a space for storage and processing of agricultural products.

9 CRITICAL REVIEW

The challenge is to apply and renew the applied structural network in relation to the natural phenomena and needs perceived by the current way of using the landscape. The structure itself would integrate the whole region into a production unit that, besides its production capacities, will simultaneously enrich the context with a preventive phenomenon that builds on the circular functioning of natural processes and thus stimulates the functional capacity of the landscape. For this purpose, a project with a geographical and economic orientation presenting the concept for modern infrastructure has been developed offering flexibility and accessibility, based on the laws of nature, humanism and monumentality. The ecological logic of self-preservation is a generator of the new spatial shaping! Nature is part of all human activities. Do we help by neglecting it?



Picture 7. From linear intervention to structural development of the region

10 GRATITUDE

I use this occasion to thank for the support and the professional help during the preparation of this paper to my mentor, Prof. Mitko Hadzi Pulja, Ph.D for immensely professional cooperation and support for the preparation of this master's thesis. I also express my gratitude to Haris Pipas, PhD Candidate and Course Coordinator for *Sustainable/Ecological Urbanism at ETH Zurich*, Goce Naumov, Ph.D, founder of “*Center for prehistoric research*” in Skopje, Prof. Cvetanka Popovska, Ph.D, professor of *Hydrology and Hydraulic structures at Civil engineering Faculty (UKIM)*, Prof. Aleksandar Radevski, Ph.D professor of *Industrial buildings at Faculty of Architecture (UKIM)*, Mihalo Mihajlovski *Master in Mechanical Engineering* and employees of *The Center for Development of the Pelagonija planning region (CRPPR)* for useful suggestions during the preparation of this paper and for the correct relationship and professional way of communication.

11 BIBLIOGRAPHY

- [10] Bernard Rudofsky, „*Architecture without Architects*“, University of New Mexico Press, 1987.
- [11] Митко Панов, „*Некои методолошки елементи во проучувањето на географската средина*“, Институт за географија, Факултет за Природно Математички науки, Скопје, 1969.
- [12] Patrick Geddes, „*On Landscape Urbanism*“, Austin, 2007.
- [13] Pierre Belanger, „*Landscape Infrastructure: Urbanism beyond engineering*“, Wagenigen, 2013.
- [14] Миле Бошевски, „*Развојниот пат на водостопанството на Пелагонија*“, Битола, 1977.

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Елица Петрезанова¹, Стефан Крстаноски²

¹ Факултет за електротехника и информатички технологии - Скопје, УКИМ

¹eli.petrezanova@yahoo.com ²stefan.krstanoski@yahoo.com

АЕРОГЕЛ КАКО НАНОМАТЕРИЈАЛ ЗА ИЗОЛАЦИЈА ВО ЕНЕРГЕТСКИ ЕФИКАСНИ ЗГРАДИ

КУСА СОДРЖИНА

Повеќето развиени земји имаат поставено цел да ја намалат потрошувачката на енергија и емисијата на штетни гасови во околината. Во повеќето држави, градежниот сектор е најголемиот потрошувач на енергија. Овој сектор има голем потенцијал за подобрување на енергетската ефикасност преку користење на високо ефикасни изоляции и енергетски ефикасни системи. За веќе постоечките згради, најголем приоритет е реновирањето, бидејќи овие згради претставуваат едни од најголемите потрошувачи на енергија и ќе постојат и во наредните неколку децении.

Повеќето студии покажуваат дека најдобриот начин за намалување на потрошувачката на енергија кај зградите е да се намалат загубите на топлина и топлинскиот пренос воопшто, за да се намалат потребите од енергија за загревање зиме и потребната енергија за климатизација во летниот период. Сето ова се решава со подобрување на изолационите системи. Подобрувањата кај системите за топлинска изолација се од многу големо значење од аспект на штедењето на енергија.

Денес, има растечки интерес за квалитетни изолациони материјали, како аерогел. Заради неговите добри изолациони карактеристики, аерогелот претставува еден од најветувачките материјали за изолација на зградите. Иако цената на материјалите базирани на аерогел е висока, се очекува оваа цена да се намали во следниве неколку години, како резултат на подобрувањето на технологиите за производство на овој материјал, како и на зголемувањето на неговата побарувачка. Во овој труд ќе ја разгледаме предноста на користење на високо ефикасни термоизолациони материјали како аерогел во намалувањето на потрошувачката на енергија и зголемувањето на животниот век на зградите.

Клучни зборови: : аерогел, термо изолација, нанотехнологија, енергетска ефикасност, згради.

1 ВОВЕД

Ефективен начин за штедење на енергијата е да се подобри топлинската изолација во објектите, особено во топлите предели каде побарувачката на енергија со употреба на климатизерите е компаративно поголема. Во прилог на потребата од зачувување на енергијата, високо изолационите материјали се далеку пооправдани од стандардните изолациони материјали како стаклена волна или стиропор, поради зголеменото ниво на комфорт и заради продолжувањето на животниот век на зградите.

Амбиенталниот воздух и надворешната температура на површината на објектите во топлите предели во Азија и Африка се многу повисоки отколку во ладните предели во Австралија, Европа и Америка. Во прилог на ова, како важни фактори кои влијаат врз промената на топлинската спроводност се апсорпцијата на водата и средната температура.

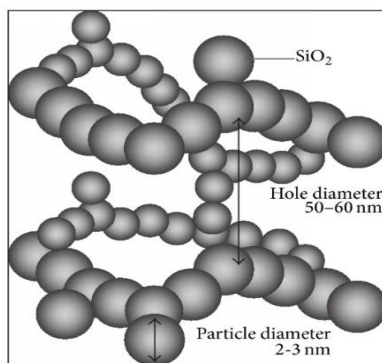
Според IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), аерогелот е дефиниран како гел чија содржина претставува микропорозно цврсто тело. Тој е откриен во 1931 година од Семјуел Кистлер. Односно, аерогелот можеме да го дефинираме како гел каде течноста е заменета со воздух заробен во цврстата мрежа на структурата. Аерогелот во суштина е синтетички порозен ултра лесен материјал добиен од гел каде течната компонента на гелот е заменета со гас, најчесто воздух. Аерогелот многу често можеме да го сретнеме под имињата замрзнат дим, цврст дим, цврст воздух или син дим поради неговата прозирна природа и начинот на кој светлото се разлива во материјалот (сл. 1).



Слика 1. Аерогел

2 АЕРОГЕЛ И НЕГОВИ КАРАКТЕРИСТИКИ

Аерогелот е изграден од наноструктурни празнини со димензии од неколку нанометри исполнети со воздух, што значи аерогеловите се состојат од околу 90% воздух (сл. 2). Тој е идеален материјал за топлинска изолација. Комбинацијата од висока порозност и екстремно мали пори овозможува кај аерогелот екстремни карактеристики, цврстина со мала густина и мала топлинска спроводност. Исто така, неговата видлива соларна трансмисија (транспарентност) му овозможува примена и кај прозорците.



Слика 2. Типична структура на аерогел

2.1 Пренос на топлина кај аерогел

Преминот на топлинската енергија низ изолациониот материјал се остварува преку три механизми: спроводливост низ цврстиот дел, спроводливост низ воздушната маса заробена во структурата и топлинско зрачење. Збирот на овие три компоненти ја дава вкупната топлинска спроводност на материјалот. Зголемувањето на вредноста на топлинскиот отпор (R) на обвивката на зградата може да се оствари со намалување на топлинската спроводливост (λ). Овие две карактеристики на материјалот се поврзани со U -факторот на материјалот (W/m^2K) кој претставува коефициент на вкупен топлински пренос, дефиниран со релацијата:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{q}{\Delta T} = \frac{\lambda}{L},$$

каде $R = \frac{\Delta T}{q}$ е топлинскиот отпор ($K \cdot m^2/W$), q е густина на топлински флуks кој се пренесува низ единечен напречен пресек (W/m^2), ΔT е температурна разлика (K), λ е коефициент на топлинска спроводливост (W/mK), а L дебелина на материјалот (m).

Фрике забележал дека коефициентот на топлинска спроводливост (λ) при топлински пренос низ цврстиот и воздушниот дел од аерогелот се пропорционални на густината, како што е прикажано подолу:

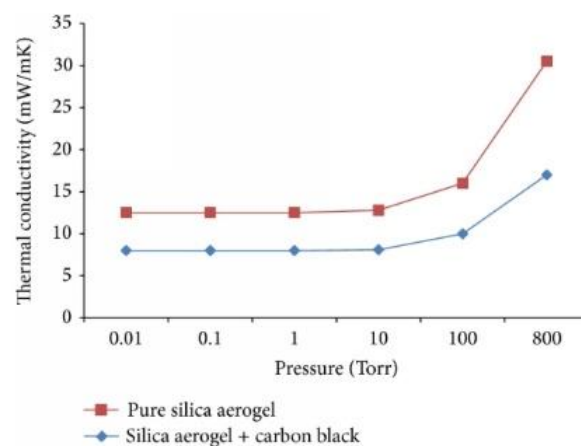
$$\lambda_{gas} \propto \rho^{-0.6}$$

$$\lambda_{solid} \propto \rho^{1.5}$$

Хумер користејќи ги овие релации дошол до следнава релација за коефициентот на вкупна топлинска спроводливост на силициумов аерогел:

$$\lambda_{total}(\rho) = \lambda_{solid,0} \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{1.5} + \lambda_{gas,0} \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{-0.6} + \lambda_{rad,0} \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{-1} \left(\frac{T}{T_0} \right)^3$$

Каде $\rho (kg/m^3)$ е густината на материјалот, додека λ_{total} , λ_{gas} , λ_{solid} и λ_{rad} ($W/m \cdot K$) се коефициентите на вкупната спроводливост, на воздушниот и на цврстиот дел од аерогелот и на топлинското зрачење, соодветно. Карактеристичните вредности на коефициентот на топлинска спроводливост кај аерогеловите се движат под $50 mW/m \cdot K$, $3 mW/m \cdot K$ (сл. 3).



Слика 3. Топлинска спроводливост на чист силициумов аерогел и аерогел со 9% јаглерод

2.2 Класификација на аерогелот

Аерогелот може да се класифицира според повеќе основи:

- врз основа на неговата форма (монолит, прашок, лента);
- врз основа на методите на добивање (аерогел, ксерогел, криогел);
- врз основа на различни микроструктурата (микропорозен, измешан порозен аерогел);
- врз основа на хемиската структура (оксид, полимер, хибрид).

2.3 Структурни карактеристики

Аерогелот ги поседува следниве карактеристики:

- Ултра-ниска топлинска спроводливост;
- Ултра-низок коефициент на прекршување;

- Ултра-ниска диелектрична константа;
- Ултра-висока порозност;
- Многу ниска релативна густина, помала дури и од воздухот (најниска достигната густина е 1 g/m^3 кај силициумова нанопена, додека за аерографенот постигнати се густини од 160 g/m^3).

2.4 Ограничувања на примената на аерогелот

Негативни страни на употребата на аерогел се следниве:

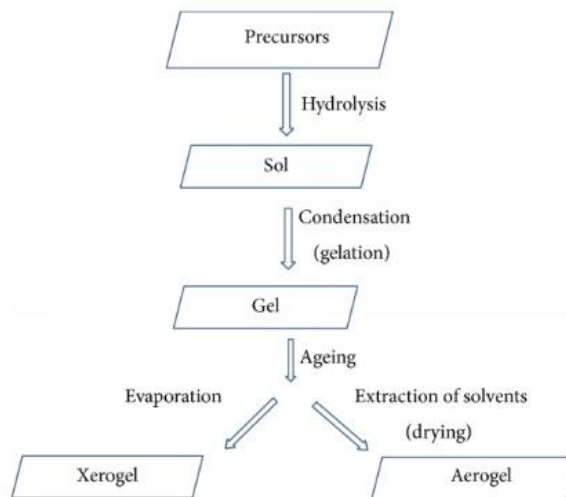
- Високи трошоци на производство;
- Слаби механички особини;
- Здравствени проблеми.

Најопасен, како и најскап процес при добивањето на аерогел е суперкритичното сушење (процес на отстранување течност на прецизен и контролиран начин). Во последно време, се прават обиди да се добие аерогел без гореспоменатиот процес. Аерогелот делува иритирачки на очите, кожата и респираторниот систем. За таа цел, при работење со аерогел задолжително е носењето заштитна опрема.

3 ЧЕКОРИ ЗА ДОБИВАЊЕ НА АЕРОГЕЛ

Различни типови на аерогел можат да се добијат со помош на алуминиум, хром, калај оксид и јаглерод, но подготовката на аерогелови коишто се базирани на силициум диоксид е многу полесна и посигурна. Аерогеловите се синтетизираат со сол-гел процес којшто е составен од три главни чекори (сл. 4):

- 1. Подготовка на гелот.** Цврстите нано честички вкрстено се поврзуваат (формираат ковалентна структура) и формираат три-димензионални цврсти мрежи со пори коишто се исполнети со растворувач. Најпрво, се формира гел во раствор, а потоа течноста внимателно се отстранува за да го остави аерогелот недопрен. Првично, се образува колоидна суспензија на цврсти честички позната како 'сол' дел од сол-гел смесата; на пример силициумовите гелови се синтетизирани со хидролиза на мономерни тетрафункционални и трифункционални силициум алкоксид прекурсори, употребувајќи киселина или база како катализатор. Во следната фаза на гелификација (желирање), се образува смеса со структура на гел, која се остава преку следната етапа на процесот на добивање на аерогелот.
- 2. Стареење на гелот.** Овој процес овозможува зајакнување на структурата на гелот. Гелот што е подготвен претходно, старее (стои) во неговиот оригинален раствор. Овој процес го зацврстува гелот, па имаме минимално собирање (набирање) за време на процесот на сушење. После процесот на гелификација, гелот е оставен недопрен во растворот за да се комплетира реакцијата.
- 3. Сушење.** Растворот ('сол' фазата) мора да биде отстранет, додека цврстата мрежа на матрицата се зачувува. Ова може да се реализира или со суперкритично сушење, или во амбиентални услови. Аерогел материјалите обично се подготвуваат со отстранување на растворот којшто го содржи гел матрицата со помош на извлекување во суперкритичен течен медиум. Ова може да биде остварено во услови кога растворот во којшто се наоѓа гелот е над неговата критична температура и притисок, последователно намалувајќи го притисокот додека од течната фаза не остане само пара.



Слика 4. Чекори на добивање на аерогел

4 ПРИМЕНА НА АЕРОГЕЛ КАЈ ЗГРАДИ

Извонредно ниската топлинска спроводливост и оптичката транспарентност дозволуваат аерогелот да се користи кај прозорските стакла и покривите за соларни колектори. Заради неговата добра топлинска и акустична изолација аерогелот се користи кај зградите, како и за внатрешното прочистување на воздухот.

4.1 Супер-изолациони мазни површини

Овие површини имаат светлинска транспарентност од 84 – 92 % и дебелина 7 – 12 mm. Аерогелот е чувствителен на влага и може брзо да се уништи ако вода или водена пареа дојде во контакт со него. Затоа, потребна е водоотпорна заштита кај аерогелот којшто се користи кај компонентите на зградите, како стакла на прозорците и покриви на соларни колектори. За среќа, аерогелот може да издржи притисок и може да биде користен во „сендвич“ конструкција, на пример помеѓу две плочи од стакло или пластика.

4.2 Аерогел прекривки

Аерогелот исто така може да се употребува и во сидовите на зградите, таваните, подрумот. Аерогел прекривките/панели се направени за широк спектар на употреба и комерцијално почнале да се произведуваат околу 2000-та година. Тие претставуваат мешавина од силициумов аерогел и влакнесто зајакнување кое го претвара нежниот аерогел во флексибилен, цврст, хидрофобичен материјал корисен кај обвивките на зградите, како од надворешната страна, така и одвнатре (сл. 5 и сл. 6).



Слика 5. Покрив од аерогел во аптека во Швајцарија



Слика 6. а) Аерогел прекривка б) Аерогел панел с) Супер-изолациона аерогел прекривка

5 ПРЕДНОСТИ И ВИДОВИ НА АЕРОГЕЛ

Денес, аерогелот е еден од најветувачките високо-функционални термо-изолациони материјали за згради. Со ниска топлинска спроводливост ($\sim 13 \text{ mW/m}\cdot\text{K}$), тој покажува извонредни карактеристики споредено со традиционалните термоизолациони материјали. Друга предност на аерогелот е неговата транспарентност што овозможува негово користење кај прозорците и светларниците, што им дава на архитектите и инженерите можност за реосмислување на градежните решенија. Исто така, НАСА го користи аерогелот да заробува честички вселенска прашина, како и за топлинска изолација на вселенските одела. Во табела 1 се прикажани комерцијални аерогел производи.

Табела 1. Видови на аерогел производи

Број	Продукт	Примена
1	Кабот	i. Палети ii. Изолација на цевки за гас и нафта iii. Апликации за дневно осветлување iv. Кριοизолација
2	Аспен аерогел	i. Конструктивни материјали ii. Флексибилна прекривна изолација iii. Цевки за нафта и гас iv. Воздушен простор
3	Нанопора	i. Вакуумски изолирани панели ii. Контејнери за испорака iii. Ладење iv. Облека

6 ЗАКЛУЧОК

Од изложените информации можеме да заклучиме дека аерогелот е еден од најефикасните современи материјали за топлинска изолација кај зградите. Тоа значи дека тој е идеален материјал за изолација на енергетски ефикасните згради. Освен што е одличен термоизолационен материјал, аерогелот се користи и за акустична изолација. Се очекува во иднина да се зголемат апликациите кои ќе користат аерогел, бидејќи се зголемува потребата за енергија, а воедно се зголемува и нејзината цена.

7 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] D. M. Smith, R. Deshpande, and C. J. Brinker, "Preparation of low-density aerogels at ambient pressure for thermal insulation," *Ceramic Transactions*, vol. 31, 1993, стр 71–80.
- [2] N. Hüsing and U. Schubert, "Aerogels—airy materials: chemistry, structure, and properties," *Angewandte Chemie International Edition*, vol. 37, no. 1-2, 1998, стр. 22–45.
- [3] L. W. Hrubesh, "Aerogel applications," *Journal of Non-Crystalline Solids*, vol. 225, no. 1–3, 1998, стр. 335–342.
- [4] J. Fricke, "Thermal transport in porous superinsulations," in *Aerogels*, J. Fricke, Ed., vol. 6 of Springer Proceedings in Physics, 1986, стр. 94–103.

Ф. УПРАВУВАЊЕ НА ОДРЖЛИВИ СИСТЕМИ И ПОТРОШУВАКА НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – CKEEOP 2017

Christian Pichler¹, Lucas Zlattinger², Emily Selzer³

¹ Karl-Franzens Universität, Graz

³ emily.selzer@edu.uni-graz.at

EFFECTS OF FEED-IN TARIFFS ON RENEWABLE ENERGY: AN ECONOMETRIC ANALYSIS OF SEVEN EUROPEAN COUNTRIES

ABSTRACT

ABSTRACT

During the past quarter century, a lot of legislations were adopted by countries of the European Union on the issue of renewable energy payments. Different Feed-in schemes were developed to support the production of electricity from renewable resources. In our work we test if a FIT helps to promote renewables in 7 European Countries in the period between 2004 and 2014. We conclude that FITs are effective in promoting renewable electricity sources in the countries examined.

Keywords: *Feed-in Tariff, renewable energy, European countries.*

1. INTRODUCTION

Just forty years ago, renewables were expensive, slow to turn a profit, and unreliable – not qualities that would make them an attractive investee, much less a project guaranteeing a politician's re-election. The oil crisis of the 1970s however made security of energy supply critical, and led to a diversification of domestic energy production via increased installment of renewable energy technologies [1]. With the rising threat of global warming, it has become clear that renewable energy sources (RES) are, along with increases in energy efficiency (EE), an important facet of the European energy strategy. Since a sole focus on increasing EE may lead to carbon lock-in and costly retrofits of the energy market infrastructure, this paper will focus on RES [2].

The Renewable Energy Directive 2009/28/EC decrees that 20 percent of final energy consumption in Europe come from RES by the year 2020. EU countries have thus committed to reaching their own goals, based on feasibility and the historical development of RES within their borders. Despite these targets, RES technology may have been delayed due to high research and installment costs [3].

A host of promotion schemes help to promote RES. Most strategies are price or quantity-driven. This paper will focus on the price-driven feed-in tariff (FIT), as it is the “most widely used promotion instrument in Europe” ([4], p. 1016). A FIT is a generation based regulatory strategy with a focus on providing generators of electricity with financial support in terms of a guaranteed subsidy per kWh of energy produced ([4], [5]). Since the money is guaranteed, FIT schemes can attract much renewable capacity when the tariff is designed to boost confidence in the installment's success.

This study attempts to answer the following research question:

Do feed-in tariffs have as great an effect on the deployment of renewable energy sources as predicted in the literature by [3], [4], [6]?

In order to answer our research question, we gather data for seven European countries that have aggressively introduced FITs over the last 15 years (we use a time frame of 2004 to 2014). These

are Germany, France, Spain, Italy, the United Kingdom, Austria and Lithuania. The first five countries are included due to their large market size and already high installments of RES. We include Austria to examine the effects of FITs on hydropower. We include Lithuania due to a large expansion of investments in renewables over the past three years. Due to data constraints, we specify our focus on electricity generated by renewables (RES-E) and a time frame of ten years, from 2004 to 2014. The maximal allowed paper length is 6 (six) A4 pages.

2. PREVIOUS WORK

Most studies modeling the European renewable energy mix focus on PV capacity and on-shore wind power ([3], [6], [7]). Other sources, such as biomass, are usually excluded because they are dependent on fuel as an input to production, which introduces a co-dependency that is difficult to measure [3]. The focus remains on PV and wind because their installation and use do not depend on externally determined fuel prices. They have also been less competitive than conventional generation methods.

2.1. Macro-economic and environmental factors

[8] examine the contribution of renewable energy sources (CRES), as a percentage of total energy supply in European countries. In their analysis, they point to three groups of factors that influence the contribution of renewable energy sources to the total energy production in a country: Political factors, socioeconomic factors and country-specific factors. The results of [8]'s regression are shown in Table 1. From these relationships it can be concluded that future examinations of European macroeconomic drivers of renewable energy source deployment should include controls for: CO2 emissions; natural gas and coal prices; commitment to renewables; geographical area of country; energy dependency; and income. Without these controls, an analysis of policy effects on renewables across countries might be biased, and the examined policy effect might be under- or overestimated.

Table 1: Results Marques et al. (2010) Regression

VARIABLE	EFFECT ON CRES
Carbon dioxide	Negative & statistically significant
Energy per capita	Positive & statistically significant
Coal and oil	Negative & statistically significant
Energy dependency	Positive
Income	Positive & statistically significant
Oil price	Ambiguous
Natural gas price	Positive & statistically significant
Coal price	Positive & statistically significant
Continuous commitment	Positive & statistically significant
Geographic area	Positive & statistically significant

Source: Adapted from Marques et al. 2010

The table shows the relationships of various control variables and their effect on the contribution of renewable energy sources (CRES) to total energy supply.

2.2. Policy factors

There are many different policy instruments from which to choose when developing a renewable energy promotion strategy. Most studies examining FITs also examine quantity driven policies, such as tradable green certificates (TGCs), in order to offer a comparison. [4] show the superiority of FITs over TGCs: FITs are easy to implement and can be quickly revised; they have lower administration costs as compared to TGCs; they help to reduce producer surplus [4]. Although different methodologies of determining FIT's effects on the implementation of RES exist, due to data constraints, our study will follow [7]'s approach, which utilizes the absolute monetary value of the FIT.

3 DATA

3.1. Data Sources

Data for each variable and technology considered were collected from various sources, including: EUROSTAT and governmental websites. National energy authorities provided online access to databases which facilitated the search for comprehensive data on each country's average monetary FIT paid out for each year. EUROSTAT provided data for the market size, income per capita, CO2 emissions per capita, carbon intensity of the electricity sector, energy supply security, and the average electricity price.

3.2. Variables Description

The variables that we included in our regression, although similar to those utilized by [7], differ slightly because some of the variables employed in the literature would not allow us to capture the effects we are looking at. The variables we include are listed in Table 2.

Variable	Unit	Reason for Inclusion	Expected Direction of Relationship
Dependent Variable:			
Electricity production from renewables	Crude oil Equivalents (COE)	What we wish to determine	
Independent Variable:			
Average feed-in tariff paid	Eurocents per kWh	Policy support of interest	Positive
Control Variables:			
Real GDP	Euros	Market size	Positive
Real GDP per capita	Euros	Welfare	Positive
CO2 per capita	1000 tons of CO2e*	Health proxy	Positive
CO2 per energy per GDPe**	1000 tons of CO2e*	Carbon intensity of electricity sector	Positive
Net electricity exports	Euros	Energy security	Positive
Average electricity price	Euros per kWh	Encourage RES investment	Positive
Dummy Variables:			
Country dummies	-	-	-
Time dummies	-	-	-
Technology dummies	-	-	-

*CO2e = CO2 equivalents; ** GDPe = GDP of the energy sector

Our explained variable is the *electricity generated from renewables* measured in kilowatt hours (kWh). The aim is to determine how FITs affect the amount of electricity generated by renewable sources. It is clear then, that our effect of interest is represented by our explanatory variable, the FIT support, measured in Eurocents per kilowatt hour. We utilize the average FIT paid in each country and for each year, as not all countries split their FIT rates up amongst the different technologies. The hypothesis is that a higher FIT will lead to a higher amount of electricity produced by renewables, and consequently more installments of renewable technologies.

In order to control for the size of the market for each country, we include real GDP for each country in each year. It is expected that as a country increases its market size, it develops the capacity and acquires the resources to build the necessary infrastructure and distribution network to support renewables. We anticipate a positive relationship. Since we regress across countries with vastly different GDPs, it is necessary to include this variable as a control.

We take *real GDP per capita* to be a measure of welfare of the population. In effect, it is a measure of income. A higher income leads to a higher amount of electricity produced by renewables because people can be expected to be more willing to pay for green investments. This should lead to more investment in green energy (private households contribute to the dissemination of small scale wind and PV technology): hence, a positive relationship between GDP per capita and RES is expected.

We take *CO2 emissions per capita* to be a proxy for all toxic substances emitted by the production of electricity (e.g. NOx, SO2, particulate matter, CO). These substances affect the health of the population and cause possible damages to economic areas like food production. Thus, the

higher the CO₂ per capita, the higher the demand for renewables, as more people start to recognize the impacts of greenhouse gas emissions on their physical wellbeing. This represents a positive relationship.

We take *CO₂ emissions per energy and GDP* to be a measure of the CO₂ intensity of the electricity sector. Hence, if the electricity sector is too carbon-intensive, we can infer possible governmental intervention to regulate CO₂ emissions. With this measure high enough, it could trigger the State to intervene and force an increased investment in renewables. Moreover, with high carbon-intensity, firms will seek ways to lower costs and become more competitive [9]. Therefore, we can expect a positive relationship here, as well.

We take *net electricity exports* to be a proxy for the level of a country's energy supply security; in short, a country's dependence on foreign electricity. This is a particularly important factor in Europe, where electricity is easily traded amongst the individual countries. A higher import quantity of foreign electricity will lead to a higher amount of electricity generated by renewables (and therefore more new installations of RES technology) because countries will want to reduce dependence on outside electricity sources. Again, a positive relationship is expected.

The *average electricity price* is a measure of the cost of domestic electricity. An increase in the electricity price may lead to either an increase or a decrease in renewable production. Higher prices make fossil fuels more attractive because they are then relatively cheaper (a negative relationship could be expected). However, higher electricity prices may also increase the return on investment for renewables, making them more attractive, thus leading to a positive expected relationship.

We include *country, time, and technology fixed effects* in order to control for unobserved effects. The country fixed effect covers all effects that vary in time and across technology within each individual country. The time fixed effect captures all unobserved country and technology constant factors that affect the renewable electricity production. The technology fixed effect shows all specific effects of water, wind, and PV technology that do not vary over country and time.

3.3. Descriptive Statistics

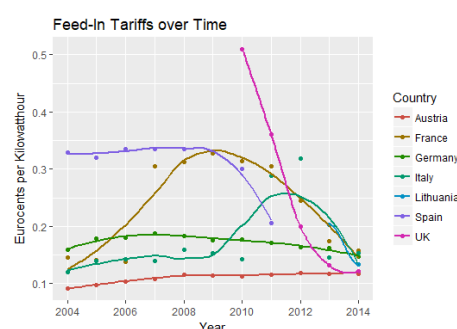
3.3.1. Trends in Renewably Sourced Electricity

The absolute amount of renewable electricity produced has risen over the time frame considered, with a slight drop between 2010 and 2011. When examining the heterogeneity of the development of renewably sourced electricity across the time-frame of 2004 to 2014, one can identify an increasing trend in the average amount of electricity produced by renewables. However, the variance increases over time as well, indicating higher fluctuations in the data in later years.

3.3.2. Trends in Feed-In Tariffs

The total amount of FIT rose steadily through 2010 and drops rapidly thereafter, reaching a low level of about 14 Eurocents per kWh within the span of four years. It is presumed that this drop is in part due to Spain's retraction of the program in 2012. An additional reason is that the FIT decreases for all countries except for Austria after 2010, as can be seen in Figure 1.

Figure 1: Feed-In Tariffs over Time per Country



The graph depicts the development of the FIT amounts over time for each individual country. As can be seen, Austria had the most stable FIT throughout the years.

3.3.3. Trends in Control Variables

Real GDP and real GDP per capita show strong growth until 2007, after which they stagnate for about a year before decreasing sharply due to the global financial crisis. It takes about a year after the minimum is reached for the system to recuperate and grow past 2007 levels. A downward trend is identified in CO2 emissions per capita and the carbon intensity of the electricity sector. The effects of the global financial crisis are visible in this domain as well: after a decrease up to 2008, CO2 emissions generally increased again. While the average electricity price rises relatively constantly to level off as of 2012 at around 13 Eurocents per kWh, the net electricity exports show a much more volatile trend over the decade in question. The biggest change comes with the plummet in 2008, during the financial crisis. Uncertainty must have remained high during the years that followed, as this statistic remains close to zero until 2011, after which it increases sharply again.

4. REGRESSION FRAMEWORK

In accordance with the literature, we utilize a panel framework, with fixed effects. We opt for the fixed effects model and utilize an OLS framework in order to be able to test the effects of exogenous variation in our independent variable. Based on the variables described above, our main model for the effect of FITs on renewables in general is as follows:

$$RE_{cts} = \alpha + \beta_1 FeedIn_{c(t-1)} + \beta_2 RealGDP_{ct} + \beta_3 RealGDPpCap_{ct} + \beta_4 CO2pCap_{ct} + \beta_5 CO2pEnergyGDP_{c(t-1)} + \beta_6 NetElecExp_{ct} + \beta_7 AvElecPrice_{ct} + CD_c + TD_t + SD_s + u_{ct}.$$

Here, *s* represents the source of renewable electricity (wind, water, PV), *c* represents the country, and *t* represents the year. *FeedIn_{c(t-1)}* is the variable for the FIT, lagged by one year because policy tends to take some time before going into effect. *RealGDP_{ct}* is the variable for each country's real GDP for each year. *RealGDPpCap_{ct}* is each country's real GDP per capita for each year. *CO2pCap_{ct}* is each country's CO2 emissions per capita for each year. *CO2pEnergyGDP_{c(t-1)}* is each country's electricity sector's carbon intensity, lagged by one year. *NetElecExp_{ct}* is the variable for the net electricity exports for each country and year. *AvElecPrice_{ct}* is the average electricity price in each country for each year. *CD_c* is a vector of country dummies, and *TD_t* is a vector of time dummies. *SD_s* a vector of source dummies for each technology. *u_{ct}* is the error term. Our reference values for the regression are those for Austria, as it has the most complete data; our base-year is 2005.

5. RESULTS

The results of the regression analysis are summarized in Table 3.

The intercept is positive and significant. This portrays the case when all other variables are zero. Because we use Austria, water power and the year 2005 as our base information, a positive effect can still be seen, since Austria is culturally and geographically inclined to utilize hydropower.

The FIT has a positive effect on renewable electricity production, and is statistically significant at a 5 percent level. Its slope indicates that the increase of one Eurocent per kWh, keeping all other variables constant, leads to an increase in renewable electricity production by 18,100 COE.

Real GDP and real GDP per capita, CO2 per capita, and the carbon intensity of the electricity sector are all significant, while net electricity exports and the average electricity price are not. We see a positive relationship with real GDP, CO2 per capita and net electricity exports, as is expected. Interestingly, the other three control variables show the opposite sign.

All country dummies are significant. This indicates that the geographic composition of each country plays a role in the development of renewables. Time plays less of a role. Although not

significant, wind and PV technologies have less of an effect on renewable electricity production, as does hydropower.

Table 3: Variable Coefficients for Regression

Variable	Coefficient	Standard Error	Significance Level
(Intercept)	2.094e+04	4.705e+03	***
Explanatory Variable			
Feed In Tariff	1.810e+04	2.802e+03	***
Control Variables			
RealGDP	2.245e-02	2.175e-03	***
RealGDPpCap	-7.609e-01	1.782e-01	***
CO2pCap	1.717e+03	5.277e+02	**
CO2pGDPpEnergy	-5.804e+02	8.231e+01	***
NetElecExp	3.920e-02	1.576e-01	
AvElecPrice	-1.323e+04	7.637e+03	.
Dummy Variables			
Germany	-3.447e+04	4.622e+03	***
UK	-3.605e+04	3.805e+03	***
Spain	-2.076e+04	2.548e+03	***
France	-2.592e+04	3.888e+03	***
Lithuania	-1.221e+04	2.375e+03	***
Italy	-2.021e+04	3.632e+03	***
Year2006	-2.195e+02	4.987e+02	
Year2007	-2.253e+02	7.168e+02	
Year2008	1.225e+02	7.931e+02	
Year2009	1.286e+03	7.536e+02	.
Year2010	1.329e+03	8.744e+02	
Year2011	1.039e+03	9.917e+02	
Year2012	3.331e+03	1.095e+03	**
Year2013	3.739e+03	1.240e+03	**
Year2014	4.730e+03	1.469e+03	**
Wind	-6.832e-12	2.116e+02	
PV	-6.625e-12	2.116e+02	
N Observations	210		
Adjusted R Squared	0.9795		

5.1. Testing

We run two robustness tests: one in which Lithuanian data is excluded, and one in which Spanish data is excluded, as these two countries had the most volatile FIT program. The results of these analyses show that although the values are slightly different, the core relationships and significances remain the same. The results remain robust even in the absence of the Lithuanian and Spanish data.

A third test conducted is a sensitivity analysis determining how the results would change if it took longer for the FIT to come into effect. We increased the time lag for the FIT variable from one to two years. As our sample data only spans ten years, increasing the time lag to more than two years would result in a shortage of data points that reduces the statistical significance of the regression. The effect of the FIT is found to remain in the same order of significance: the data is not very sensitive to the increase in the time lag. Of course, this can be expected, as FIT contracts usually span for longer than two years. A test for multicollinearity among our variables revealed no exhibition of this trait.

6. LIMITATIONS

The above work is subject to limitations that may cast uncertainty into the interpretation of the results.

Using an average FIT for all technologies for each country and in each year may have led to certain biases in our estimation. Thus, we may have inadvertently included FITs for technologies other than the three upon which we focused. It therefore would be prudent to repeat the experiment using individualized FIT data: each technology being subject to the specific FIT for its category. This would allow the data to be more homogeneous and exclude these unforeseen variables.

Another issue was the short time frame of just 11 years. This time frame was chosen due to data and time constraints, but is too short to identify long term trends in the development of renewables in the countries examined. The trends we did identify are thus short-term trends: we can say nothing as to the stability of the effects of investing in renewables at this time, and cannot prescribe political motivations for such an investment. Our work is a description of the status quo in 7 European countries and of the effects of FITs on renewables to date. In order to more fully be applicable for policy-making, the study should be redone using a longer time frame, when more data is available.

A similar problem arises with the sample size of 7 countries. Although we aimed to increase the sample size used by [7], the small country sample size may also have influenced the results, and it would be beneficial to repeat the study using more countries.

Finally, the data is heterogeneous across countries. This complicated comparison between the 7 countries in that, for example, not all FITs were weighted equally. Additionally, not all countries had homogenized data collection with regard to energy sources, which resulted in gaps in our dataset. We therefore urge the European Commission to homogenize data collection across European countries.

In light of these limitations, it is impossible to make accurate and precise prescriptions for policy-makers. However, the results do corroborate mostly with those of the literature, indicating it is safe to make the generalization that FITs do indeed positively impact the employment of RES-E technology in some (7) European countries.

7. CONCLUSION

The goal of this analysis was to determine how FITs affect renewable electricity production. We focus on the relationship between FITs and RES-E for seven European countries: France, Germany, Italy, the United Kingdom, Austria, Lithuania, and Spain. We collected data from EUROSTAT, as well as from each country's official databanks regarding the monetary FIT paid, real GDP, real GDP per capita, CO2 emissions per capita, carbon intensity of the electricity sector, the average electricity price, and the security of energy supply. This allowed us to create a model based off of these variables.

We find that FITs have a positive effect on the amount of electricity generated by renewables, and that this effect is highly significant. This allows us to conclude that FITs are effective in promoting renewable electricity sources in the countries examined. However, the interpretation of these results must be tempered by the limitations discussed in the previous section.

8. REFERENCES

- [15] Mancisidor, I. M., Uruga, P. D., Mancisidor, I. M., & Lopez, P. R. (2009). European Union's renewable energy sources and energy efficiency policy review: The Spanish perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(01), 100-114. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.07.003>.
- [16] Höhne, N., Van Breevoort, P., Deng, Y., Larkin, J., & Hänsel, G. (2013). Feasibility of GHG emissions phase-out by mid-century (Rep. No. CLIDE14075). Retrieved July 1, 2017, from Ecofys website.

- [17] Jenner, S., Indvik, J., & Groba, F. (2013). Assessing the Strength and Effectiveness of Renewable Electricity Feed-In Tariffs in European Union Countries. *Energy Policy*, 52, 385-401. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.09.046>.
- [18] Haas, R., Panzer, C., Resch, G., Ragwitz, M., Reece, G., & Held, A. (2011). A historical review of promotion strategies for electricity from renewable energy sources in EU countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(2), 1003-1034. doi:10.1016/j.rser.2010.11.015.
- [19] Jelley, N. (2017). Feed-in tariff. In *Oxford Dictionary of Energy Science* (1st ed.). Oxford University Press.
- [20] Bolkesjø, T. F., Eltvig, P. T., & Nygaard, E. (2014). An Econometric Analysis of Support Scheme Effects on Renewable Energy Investments in Europe. *Energy Procedia*, 58, 2-8. doi:10.1016/j.egypro.2014.10.401.
- [21] Nicolini, M., & Tavoni, M. (2017). Are renewable energy subsidies effective? Evidence from Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 412-423. doi:10.1016/j.rser.2016.12.032.
- [22] Marques, A. C., Fuinhas, J. A., & Manso, J. P. (2010). Motivations driving renewable energy in European countries: A panel data approach. *Energy Policy*, 38(11), 6877-6885. doi:10.1016/j.enpol.2010.07.003.
- [23] Porter, M., & Van der Linde, C. (1995). Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *The Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97-118. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/2138392>.

9. APPENDIX

SECTION 1: Literature Review

Marques et al. (2010) Methodology

A panel data format was used because of the large amount of information contained in a panel (more so than time-series or cross-sectional formats). Panel data models also allow for a higher variability in the data, and show a lower co-linearity between variables, as well as a greater number of degrees of freedom, and more efficiency in estimation (Marques et al. 2010, p. 6880-1). In order to avoid bias and inconsistency in the estimates, the authors substituted the CRES for its natural logarithm, as normality tests showed that CRES data was not normally distributed and that it had thick tails. Further, Marques et al. argue that were the country specific effects random, they would not be correlated with the other explanatory variables elaborated above, but since the country specific effects should be correlated with the other variables, they were fixed. This further controlled for unobserved country heterogeneity and eliminated time-variant coefficient bias. On the other hand, this procedure does not “allow to estimate the coefficients of time-invariant variables,” a problem the authors correct by implementing a three step fixed effects with vector decomposition estimator. The econometric model used to model the natural logarithm of the contribution of renewables to a country’s energy supply is therefore as follows:

$$LCRES_{ct} = \alpha + \sum_{k=1}^k \beta_k X_{kct} + \sum_{j=1}^j \delta_j Z_{jc} + \varepsilon_{ct}. \quad (2)$$

Here, k stands for the technology, c for the country, and t for the year. X is a vector of the time-variant variables, such as oil, gas, and coal prices; Z is a vector of the time-invariant variables, such as a country’s geographic area. $\varepsilon_{ct} = \mu_c + \eta_{ct}$, in which μ_c represents the N-1 country specific effects and second term represents the independent and identically distributed error terms.

Bolkesjo et.al’s methodology

The dependent variable in their model is the annual natural log of the cumulative renewable energy capacity for each country and for each technology. The independent variables are the share of return on an investment in renewable energy (SFIT); the incremental percentage requirement (IPR), which measures the strength of the renewable portfolio standard; and a binary variable for whether a country utilizes a tendering scheme (BT). The control variables are twofold: first, the shares in the

electricity mix of nuclear energy, coal, gas, petroleum; second, the energy use per capita and the real GDP per capita.

The SFIT measures the strength of the FIT and is derived from the expected return on investment in three separate scenarios. Generally, the ROI is calculated by subtracting discounted costs from discounted income and dividing that value by the discounted costs of an investment. The three scenarios expand this definition slightly by incorporating electricity produced with and without FIT –

ROI_{hit}^{FIT} , ROI_{hit}^{noFIT} —as well as an alternative investment at year and country specific interest rates, $ROI_{hit}^{savings}$, where h represents the technology, i represents the country, and t represents the year.

The SFIT would then be the smaller value of either the difference between ROI with a FIT scheme and the ROI under the alternative savings scenario, or that between ROI with the FIT and ROI without the FIT. With an SFIT larger than zero, investment in the technology occurs.

$$SFIT = \begin{cases} ROI_{hit}^{FIT} - ROI_{hit}^{savings}, \text{ or} \\ ROI_{hit}^{FIT} - ROI_{hit}^{noFIT} \end{cases} . \quad (3)$$

The model follows a rather straight-forward fixed effects panel data framework, where the natural log of cumulative capacity is a function of the policy variables, the control variables, and time independent, country specific unobserved characteristics.

$$\ln(cap)_{hit} = \beta_1 SFIT_{hit} + \beta_2 IPR_{it} + \beta_3 binarytender_{hit} + \beta_x K_{it} + a_i + u_{it}. \quad (4)$$

Here, $\beta_x K_{it}$ is the number of control variables and a_i is a vector of time independent country specific characteristics. u_{it} is the error term.

Jenner et al. (2013) methodology

Jenner et al.'s model uses country fixed effects to control for “unobserved unit heterogeneity” as well as helping to lessen the effects of multicollinearity in any omitted time-invariant variables [3], p. 393). They, too, use the natural log of their independent variable, the added capacity for each technology (subset i) in each country (subset s) and for each year (subset t). Their model specification is as follows:

$$\ln(Added\ Capacity_{ist}) = \beta_0 + \beta_1 ROI_{ist} + \beta_2 INCRQMTSHARE_{st} + \beta_x Z_{ist} + \beta_y W_{ist} + \mu_s + u_{ist}. \quad (5)$$

The ROI indicator includes measures of the FITs in each country. Although not a perfect measure, the ROI does capture those factors that really matter in investment decisions, such as FITs that influence investment in renewables. The INCRQMTSHARE is taken from Yin and Powers (2009), and is a measure of the effect of RPS (renewable portfolio standard), which regulates production of renewables. It is found to be popular in countries like Sweden and the United States. In Jenner et al.'s model, Z is a dummy variable for other policies designed to promote renewable energy production; W is a vector of socio-economic variables. μ_s is a measure of country-level fixed effects, and u_{ist} represents the error term.

[7] methodology

Nicolini and Tavoni use panel data and adopt a pooled OLS estimator. Their estimating equation is as follows:

$$ren_{ctsi} = \beta_1 support_{csit-1} + \beta_2 gdppc_{ct-1} + \beta_3 co2pc_{ct-1} + \beta_4 fos_{ct-1} + \beta_5 netelexp_{ct-1} + \beta_6 elprice_{ct-1} + \beta_7 govparty_{ct-1} + \beta_8 TGC_{cti} + \gamma CD_c + \delta SD_s + \theta TD_t + \varepsilon_{ctsi}. \quad (6)$$

Here, the control variables are: $gdppc$, GDP per capita; $co2pc$, which represents the logarithm of CO2 emissions per capita; fos , the share of electricity generated by fossil fuels; $netelexp$, the value

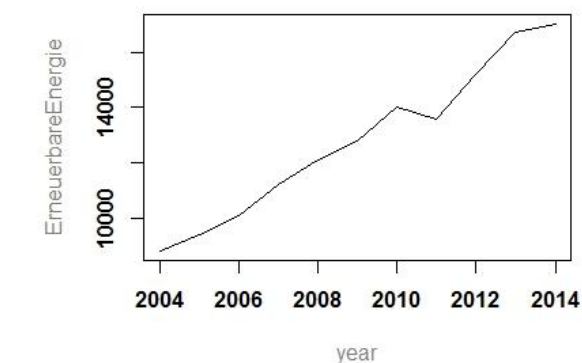
of net electricity exports; *elprice*, the electricity price; and *govparty*, the country's political orientation.

The regression is run three times, once for each dependent variable represented above by *ren*: *incprod* is the incentivized RES-E production, *totprod* is the total RES-E production, and *totcap* is the total RES-E installed capacity. More specifically, the *incentivized RES-E production* is the “amount of electricity which has received some form of government subsidies” ([7] 2013, p. 417). The *total RES-E installed capacity* is a forward looking measure of how policies impact the amount of capacity installed for each technology. The *total RES-E production* is a blanket term to capture all renewable energy production, as not all of it is subsidized.

The *support* variable also represents two measures: first, *incent* is the log of the total amount of incentives in Eurocents; second, *tariff* is the log of the total amount of tariff, also expressed in Eurocents. The amount of incentives is a measure of all grants and, indeed, the “total national expenditure to promote renewable energy” in each country over the chosen time span ([7] 2013, p. 417). The *tariff* variable varies in size according to where it is being implemented, from where it is sourced, and whatever policies regulate it.

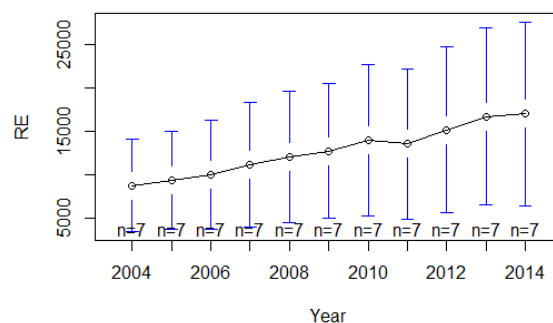
SECTION 2: Descriptive Statistics

Figure A1: Development of Dependent Variable across Time



1.

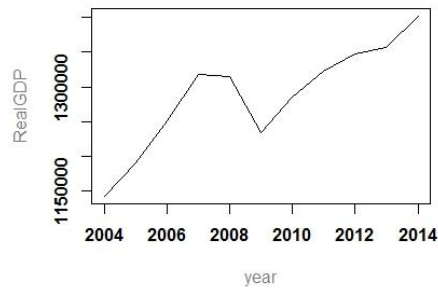
Heterogeneity across Time



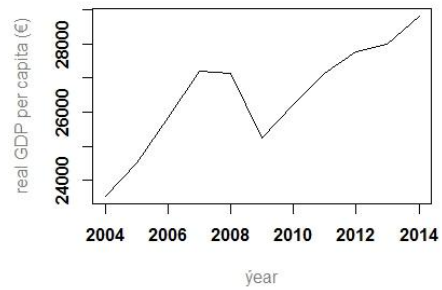
2.

The first graph in the figure shows the development of renewably sourced energy. The second graph depicts renewable energy production in kWh for all countries (total) over the 2004 to 2014 time frame.

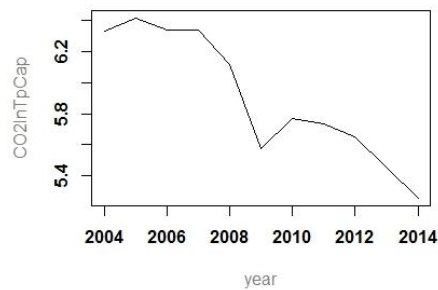
Figure A2: Development of Control Variables across time



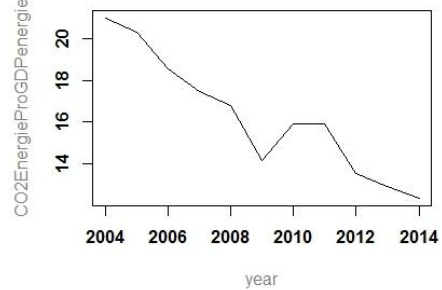
1.a.



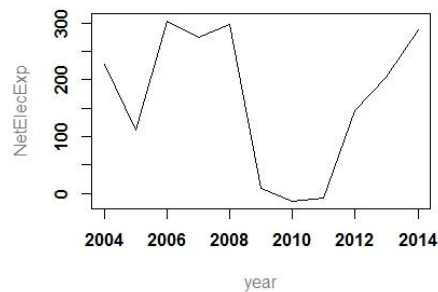
1.b.



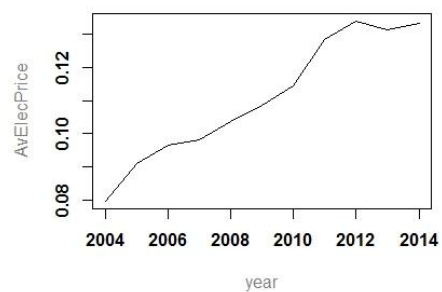
2.a.



2.b.



3.a.



3.b.

Grouping 1 depicts the development of GDP. Specifically, Figure 1.a. shows the development of real GDP; Figure 1.b. shows the development of GDP per capita. Grouping 2 depicts the development of CO2 emissions. Figure 2.a. shows the trend in CO2 emissions per capita. Figure 2.b. shows the trend in carbon intensity of the electricity sector. Grouping 3 shows the development of two other macro-economic factors: net electricity exports and the average electricity price.

SECTION 3: Robustness Test Results

Variable	Coefficient	Standard Deviation	Significance Level
(Intercept)	5.464e+03	3.943e+03	
Explanatory Variable			
lag1FeedIn	1.854e+04	3.053e+03	***
Control Variables			
RealGDP	2.292e-02	2.370e-03	***
RealGDPpCap	7.653e-02	7.911e-02	
CO2pCap	2.830e+02	4.885e+02	
lag1CO2pGDPpEnergy	-6.078e+02	8.955e+01	***
NetElecExp	1.969e-02	1.718e-01	
AvElecPrice	-9.736e+03	8.293e+03	
Dummy Variables			
Germany	-3.080e+04	4.979e+03	***
UK	-3.180e+04	1.13e-12	***
Spain	-1.632e+04	2.613e+03	***
France	-2.547e+04	4.238e+03	***
Italy	-1.666e+04	3.887e+03	***
Year2006	-1.573e+03	4.618e+02	***
Year2007	-2.903e+03	5.371e+02	***
Year2008	-2.819e+03	5.991e+02	***
Year2009	-1.017e+03	6.608e+02	
Year2010	-1.536e+03	7.349e+02	*
Year2011	-2.659e+03	7.447e+02	***
Year2012	-9.931e+02	7.645e+02	
Year2013	-1.215e+03	8.517e+02	
Year2014	-1.545e+03	8.912e+02	.
Wind	-6.518e-12	2.307e+02	
PV	-6.228e-12	2.307e+02	
N Observations	180		
Adjusted R Squared	0.9756		

Significance codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Table: Sensitivity Analysis: Increased Time-lag

Increasing the Time lag to 2 years

Variable	Coefficient	Standard Deviation	Significance Level
(Intercept)	2.387e+04	6.451e+03	***
Explanatory Variable			
lag1FeedIn	1.153e+04	3.559e+03	**
lag2FeedIn	4.029e+03	3.004e+03	
Control Variables			
RealGDP	2.731e-02	2.478e-03	***
RealGDPpCap	-6.944e-01	2.216e-01	**
CO2pCap	6.209e+02	5.751e+02	
lag1CO2pGDPpEnergy	-4.981e+02	1.131e+02	***
NetElecExp	-3.503e-01	1.840e-01	.
AvElecPrice	-9.848e+03	8.430e+03	
Dummy Variables			
Germany	-4.231e+04	5.246e+03	***
UK		-4.465e+04	***

Spain	-2.553e+04	2.949e+03	***
France	-3.368e+04	4.421e+03	***
Lithuania	NA	NA	NA
Italy	-2.871e+04	4.433e+03	***
Year2007	-4.724e+02	5.433e+02	
Year2008	-4.265e+01	6.297e+02	
Year2009	8.874e+02	6.504e+02	
Year2010	9.207e+02	8.618e+02	
Year2011	1.007e+02	9.890e+02	
Year2012	2.350e+03	1.072e+03	*
Year2013	2.561e+03	1.343e+03	.
Year2014	2.733e+03	1.527e+03	.
Wind	4.656e-13	2.156e+02	
PV	4.385e-13	2.156e+02	
N Observations	180		
Adjusted R Squared	0.9808		

Significance codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Test Results: Multicollinearity

```
> vif(RE.wo.fixeff)
      lag1FeedIn      RealGDP      RealGDPpCap      CO2pCap
      2.387510      1.500583      1.978833      2.899523
lag1CO2pGDPpEnergy      NetElecExp      AvelecPrice
      3.314275      1.784834      1.507921
> sqrt(vif(RE.wo.fixeff)) < 2
      lag1FeedIn      RealGDP      RealGDPpCap      CO2pCap
      TRUE      TRUE      TRUE      TRUE
lag1CO2pGDPpEnergy      NetElecExp      AvelecPrice
      TRUE      TRUE      TRUE      TRUE
```

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Г. НОВИ И ПРИМЕНЕТИ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИЈАЛИ

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Tamara Markovikj, Sandra Mateska

University “St. Cyril and Methodius”, Faculty of electrical engineering and information technologies -
Skopje

tamara.markovikj@gmail.com sandra.mateska96@hotmail.com

APPLICATION OF NEW METHODS FOR EXPLOITING NANOMATERIALS**ABSTRACT**

In the past few decades, the scientists and engineers are trying to develop new and improved energy technologies which have the ability to improve life all around the world. In order to make the next step from the current technology generation, scientists and engineers are developing applicative appliances for energy which are based on nanotechnology. Nanotechnology, a relatively new field in science, is every technology which consists components smaller than a hundred nanometers. Our aim of this project is to build the relationship between the nanotechnology and the energy efficiency, which is our main interest. In fact, nanomaterials have a huge influence, in engineering as well as in other scientific fields that involve innovation and creative thinking. That's why we are motivated to dive in the fields of this topic and bring them to another level, which can hopefully result with further technological and energy development worldwide.

Key words: *nanomaterials, innovations, energy efficiency.*

12 INTRODUCTION

World energy consumption is going to increase from 575 quadrillion Btu⁹ in 2015 to 663 quadrillion Btu by 2030 and then to an astounding 736 quadrillion Btu by 2040. Unfortunately, only roughly 10% of the world energy sources are renewable, while the other 90% are fossil fuels: gas, coal and petroleum. The future of energy consumption resides exactly in the renewable sources, the reason being that the outdated sources mentioned above are the ground which the world economy is based on, and they're growing smaller each day, making it vulnerable and on the verge of collapsing. Not only that, but another, even more important reason is protecting the environment, which was neglected these past few decades in the name of industrial progress, exponential population growth and other factors demanding huge amounts of energy, thus resulting in senseless exploitation of fossil fuels. This results in massive damage to our environment, as it is already familiar that using fossil fuels increases the level of CO₂ in the atmosphere which is linked to large portion of environmental issues. The disadvantages mentioned above and others that have occurred over the years, can be handled and outbalanced just by directing our attention and actions at the future of energy consumption that is renewable sources. In the process of exploiting these renewable sources of energy, there have been a lot of obstacles that need to be overcome if we want to unleash their full potential.

Our goal is to introduce nanomaterials as a revolutionary change in the field of energy sources, changes, distribution, storage and usage. Even more, we want to emphasize the potential

⁹ The British thermal unit (Btu or BTU) is a traditional unit of heat; it is defined as the amount of heat required to raise the temperature of one pound of water by one degree Fahrenheit.

nanomaterials have in making renewable energy sources a worthy competitor to the former energy sources, in both economic, qualitative and quantitative sense. Below are presented a couple of examples in each area of interest stated above.

12.1 Energy sources

12.1.1 Quantum dots

The quantum dot solar cells are still a subject of research and experimentation with a lot of promises. With them, attempts are made to disbalance two main drawbacks of conventional solar cells: inefficiency and expensive manufacturing cost. Quantum dots generate three electrons for every photon of sunlight that hits the dots, unlike conventional materials. As a result of the electron moving from the valence band into the conduction one, the QD are able to catch more spectrums of the sunlight waves. This increases conversion efficiency as high as 65 percent.

12.1.2 Nanocrystalline powders

The world depends on nuclear energy more and more every day, which is the reason it is always developing and upgrading. A new innovation has been made thanks to the structure and properties of these nanocrystalline powders – they provide the possibility of developing new materials for nuclear power industry and improving materials already used in this industry. Experimentally, it has been shown that the use of nanopowders are able to modernize the technology of a uranium – coating fuel for nuclear reactors and for the improvement of its parameters. Also, these kind of powders can be sintered and compressed into compact pellets, which is also a great advantage.

12.2 Energy change

12.2.1 Electric motors

Electric motors require constant improvement, even though they seem as a fully developed technology. Carbon nanotube wires and superparamagnetic nanoparticle magnetic core material can be used to replace copper and iron, incorporating lightness and high performance. Nanotube composites can be the building material for the electric motor structure, housing and shaft making it light and thermally conductive.

Table 1: CNT vs Cu

	Density (g/cm ³)	Resistivity (Ωcm)	Current density (A/cm ²)	Thermal Conductivity (W/mK)	Strength (N/mm ²)
CNT	1.5	$1 \cdot 10^{-8}$	$\approx 10^5$	3000	1000
Cu	8.96	$1.7 \cdot 10^{-8}$	10^3	400	200

12.2.2 Hydrogen generation

Hydrogen is a clean and independent energy source, with a high energy content per mass (120 MJ/kg) compared to petroleum (44 MJ/kg). Ammonia borane and hydrazine borane accumulate 19.6wt%¹⁰ and 15.3wt% hydrogen, respectively, whose dehydrogenation can be approached by either pyrolysis or solvolysis¹¹, making them a suitable hydrogen source for portable fuel cells. Hydrogen generation with nanocatalysts has endured huge amounts of progress, especially in the high efficiency and low cost, making AB and HB promising candidates in the area of power generation. We cannot

¹⁰ Percentage by weight

¹¹ Solvolysis is a type of [nucleophilic substitution](#) (SN1) or [elimination](#), where the [nucleophile](#) is a [solvent](#) molecule.

exclude the fact that some challenges still remain such as the catalysts cost, deactivation and control of the reaction kinetics.

12.3 Energy distribution

12.3.1 Wireless power transfer

This type of energy distribution shows many advantages such as higher efficiency, lower expense and eco friendly environment versus the previous methods. It gives a positive result in the long run, providing relatively constant power throughout a large working area, shown by test results¹². Proven with research, it is found that silicon's thermal conductivity can be decreased which results in increased conversion efficiency by transforming the material into nanowires with diameters of 10 to 100 nanometers. These nanowires are used in transformation of heat energy to electrical energy using highly sensitive sensors, which on a nanoscale provide the high efficiency.

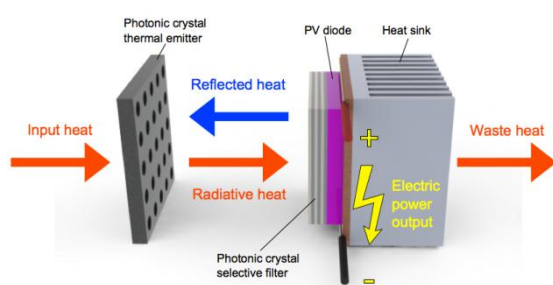


Figure 9

12.3.2 Carbon nanotube power lines

Next generation power lines are on the horizon – with the help of novel coating made from carbon nanotubes, that when layered around an aluminum- conductor composite core (ACCC) transmission line, reduces the line's operating temperature and significantly improves its overall transmission efficiency. The coating is made from carbon nanostructures (CNS) which are bundles of aligned carbon nanotubes that have exceptional mechanical and electrical properties. The purpose of the coating is to successfully eliminate the transmission line losses, which range from 5% - 10% annually of the overall power generated in a power plant, as well as producing lighter and less costly cables, increasing the span length of a transmission line by 30%, simplifying transmission of electricity across bigger distances, at the same time increasing the amount of current the line can carry by 40%.

12.4 Energy storage

12.4.1 Supercapacitors

The nanomaterial of interest in this subject is the graphene – a sheet of carbon atoms bound together in a honeycomb lattice¹³ pattern, an impressive nanomaterial which is a potent conductor of electrical and thermal energy, exceptionally lightweight, chemically inert and adaptable with a large surface area. All of these properties of the graphene can be utilized in making light, durable and high capacity energy storage devices with shorter charging times and prolonged device life times. The most common Li – ion batteries are upgraded by applying graphene to the battery's anode, thus achieving morphological optimization and performance. Graphene shows a huge potential in enhancing cars of the future – with the help of graphene electrodes whose purpose is to increase the surface area with

¹² International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering Vol. 2, Issue 6, June 2013

¹³ a repetitive arrangement of atoms

the same amount of material, thus replacing commercialized activated carbon. It is believed that in the future, electric cars will have a battery connected to many capacitors spread throughout the vehicle, which will take over energy supply during high – power demand phases during acceleration for example. These capacitors will ease the burden on the battery and cover voltage peaks when starting the car. This will result in minimizing the massive batteries in electric cars.

Table 2 Surface area

Graphene	2.600 m ² /g
Activated carbon	1000-1800 m ² /g

12.5 Energy usage

12.5.1 Thermal insulation: Aerogels

It is well known that good insulation means conserving a lot of energy, thus lowering its consumption. In that aspect, aerogels find vast applications in energy efficient insulation, windows, acoustics and so on. They are solids with high porosity (<100 nm), resulting in extremely low density (~0.003 g/cm³) and very low conductivity (~10 mW/mK), which makes them unprecedented material in thermal insulation versus traditional materials. Their transparency is a great advantage as well, which allows their use in windows and skylights. Aerogels also possess the ability to purify air by removing airborne contaminants and protecting our environment by pollutants. It must be noted that commercial use of aerogel is restricted due to few disadvantages: high production costs, poor mechanical properties and health issues. If these cons could be overcome in the future (they are not to be taken lightly), unleashing aerogels full potential, thermal insulation could be improved on a largescale.

2. Conclusion

There is no doubt that energy needs to be conserved as much as possible, since its demand grows drastically annually, and there needs to be balance. This issue can be dealt with the help of nanomaterials, which potential is massive and the options they create are numerous. The examples presented in this paper are just a few ways how nanomaterials can be used for upgrading and revolutionizing energy sources, energy usage, energy distribution, energy change and energy storage. Also, as it is shown here, nanomaterials can not only improve the conventional energy sources, for example nuclear power, which we will not stop exploiting in the near future, but also create a path for the renewable resources to upgrade, evolve and in time replace all those conventional ones. Our goal is to show that attention, investment and studies need to be focused in this field, in nanomaterials because the possibilities are truly unlimited.

3. Used literature

- Development of nanomaterials for nuclear energetics; Petrunin V.F.; National Research Nuclear University “MEPhI”, Kashirskoe sh., 31, Moscow, 115409, Russia
- <https://www.hindawi.com/journals/jma/2014/127049/>
- <https://www.nanowerk.com/nanotechnology-news/newsid=44413.php>
- <https://www.graphene-info.com/graphene-batteries>
- <https://phys.org/news/2014-07-nano-supercapacitors-electric-cars.html>
- <https://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2014/July/Nano-supercapacitors.html>
- <http://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsnano.6b06111>
- <https://www.utilitydive.com/news/scientists-in-florida-develop-nano-supercapacitor-storage-technology/431004/>
- WIRELESS POWER TRANSFER TECHNIQUE USING NANO IN ROBOTICS Dr. Sudha Mohanram¹, J.Dhanasekar.M.E², K.Arun prakash.M.E³ Department of Electrical and

Electronics Engineering Department of Electronics and Communication Engineering Sri Eshwar College of Engineering, Kinathukadavu-641202, Tamilnadu, India

- <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2014/735070/>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Mass_fraction_\(chemistry\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Mass_fraction_(chemistry))
- Nanocatalysts for Hydrogen Generation from Ammonia Borane and Hydrazine Borane; Zhang-Hui Lu, Qilu Yao, Zhujun Zhang, Yuwen Yang, and Xiangshu Chen; College of Chemistry and Chemical Engineering, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China; Correspondence should be addressed to Zhang-Hui Lu; luzh@jxnu.edu.cn and Xiangshu Chen; cx66cn@jxnu.edu.cn; Received 15 February 2014; Accepted 26 February 2014; Published 14 April 2014; Academic Editor: Ming-Guo Ma; Copyright © 2014 Zhang-Hui Lu et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
- The nanomaterials and the new generation of electric motors; E. Chiricozzia, L. Angelonib, M. Natalib, D. Passerib, M. Rossib,c and M. Villania; a Department of Industrial and Information Engineering and Economics, University of L'Aquila, Via Giovanni Gronchi 18, 67100 L'Aquila b Department of Basic and Applied Sciences for Engineering, Sapienza University of Rome, Via A. Scarpa 16, 00161 Rome, Italy c Research Center for Nanotechnology applied to Engineering of Sapienza University of Rome (CNIS), Piazzale A. Moro 5, 00185, Rome, Italy
- https://www.researchgate.net/publication/304788861_The_nanomaterials_and_the_new_generation_of_electric_motors
- <https://www.nature.com/am/journal/v2/n4/full/am2010112a.html>
- <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1002007112001384>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187538921501216X>
- <https://fas.org/pir-pubs/nuclear-power-nanomaterials-big-potential-small-particles/>
- <https://www.intechopen.com/books/syntheses-and-applications-of-carbon-nanotubes-and-their-composites/carbon-nanotubes-for-energy-applications>
- https://www.hessen-nanotech.de/mm/NanoEnergy_web.pdf

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – CKEEOP 2017

Luka Iloski, Nebojsa Levkovski, Biljana Angjusheva

Faculty of Technology and Metallurgy, Ss Cyril and Methodius University in Skopje, Rudjer
Boskovic 16, Skopje, Republic of Macedonia

nebojsa.levkovski@gmail.com , luka.iloski@yahoo.com

PREPARATION OF CERAMICS MATERIALS FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE THROUGH DESIGN OF EXPERIMENTS

ABSTRACT

Significant amounts of construction and demolition waste from civil engineering are being produced yearly. This type of waste has an increasing annual rate, therefore it's appropriate management and treatment have become an urgent environmental protection problem.

The aim of the study was to investigate the possibility of utilization of construction and demolition waste for production of clay based ceramics while analyzing the influence of the main process parameters and their interaction on the physical and mechanical properties of the ceramic compacts.

The main process parameters for preparation of ceramics were content of the construction and demolition waste, sintering temperature and isothermal time at the final temperature. The optimization was performed through implementation of main effect plots, Pareto charts and 3D surface method using “Statgraphics Centurion” software package where the porosity and the bending strength of the clay based compacts were the response functions.

The final model equations of the porosity and bending strength dependence from the main process parameters have been obtained and presented.

Keywords: optimisation, bending strength, porosity, ceramics

13 INTRODUCTION

During construction and demolition processes great amounts of waste are being generated. Construction and demolition waste (CDW) is one of the heaviest and most voluminous waste streams generated in the EU and consists of numerous materials, including concrete, bricks, gypsum, wood, glass, metals, plastic, solvents, asbestos and excavated soil, many of which can be recycled. According to Eurostat [1] construction and demolition waste contributed up to 34.7% of the total waste of the European Union in 2014 which roughly equates to 868 million tones for the given year. Since this type of waste has been causing a large environmental problem to the society, it's appropriate treatment and management has become an urgent issue. Macedonia is also one of the contributors to the demolition waste in Europe with an estimated quantity of 550 thousand tons per

year. What is more concerning, demolition waste ranks in the top five waste materials by quantity and is expected to rise with the economic development in the country [2].

Demolition and construction waste can be used as a construction material in a variety of applications such as: pavements [3], mortars [4], concrete bricks and blocks [5], alkali-activated cements [6] etc. However, in this particular study, the main focus was on recycling and utilization of demolition waste bricks in clay based ceramics as well as optimizing the process parameters for their production.

The optimization of the process parameters was done using the Box-Behnken design. This design requires fewer treatment combinations of the parameters and it was useful for avoiding combined factor extremes. In addition, through this design the obtained values are as close as possible to observed values which ultimately minimizes errors of predictions.

13.1 MATERIALS AND METHODS

The construction and demolition waste samples used in this study were collected at local construction/demolition sites in Skopje, Republic of Macedonia. The brick waste samples are coded WDB.

The raw materials were manually crushed and then ground in a planetary mill (Fritsch pulverisette 5) for 30 minutes and screened through a 125 μm screen. The consolidation of the samples was performed by a uniaxial press (Weber Pressen KIP 100) at $P=68\text{ MPa}$ using water as a binder and clay as matrix. Sintering of the compacted samples (with dimensions of 50mm x 5 mm x 5mm) was realized in a chamber furnace at temperatures from 950 $^{\circ}\text{C}$ to 1050 $^{\circ}\text{C}$ using a heating rate of 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ and isothermal treatment at the final temperature from 1h to 3h.

Bulk density of the sintered samples was determined by water displacement method according to EN-993. Porosity of the samples was accordingly calculated from the relative density. The bending strength was measured on the sintered samples which were subjected to a 3-point bending strength tester (Netsch 401/3) with a 30 mm span and a 0.5 mm/min loading rate.

The optimization was conducted based on the influence of the main process parameters: brick content, sintering temperature and isothermal time. The created factorial design studied the effects of 3 factors in 15 runs. The design runs in a single block. In order to protect the experiment from the effect of lurking variables it has been fully randomized. For that purpose the software package Statgraphics Centurion was used and from its options we were able to obtain a Pareto chart, main effects plot and 3D surface model for the investigated responses and the results are presented in graphical and analytical form.

1.2 RESULTS AND DISCUSSION

1.2.1 Porosity

Optimization process 1: Optimization response of the porosity as a function of sintering temperature, brick content and isothermal time.

The first optimization process was conducted by investigating the influence of the sintering temperature, brick content and isothermal time as process variables on the porosity as a response function. The results of this optimization are presented in the following figures (Figs.1-3).

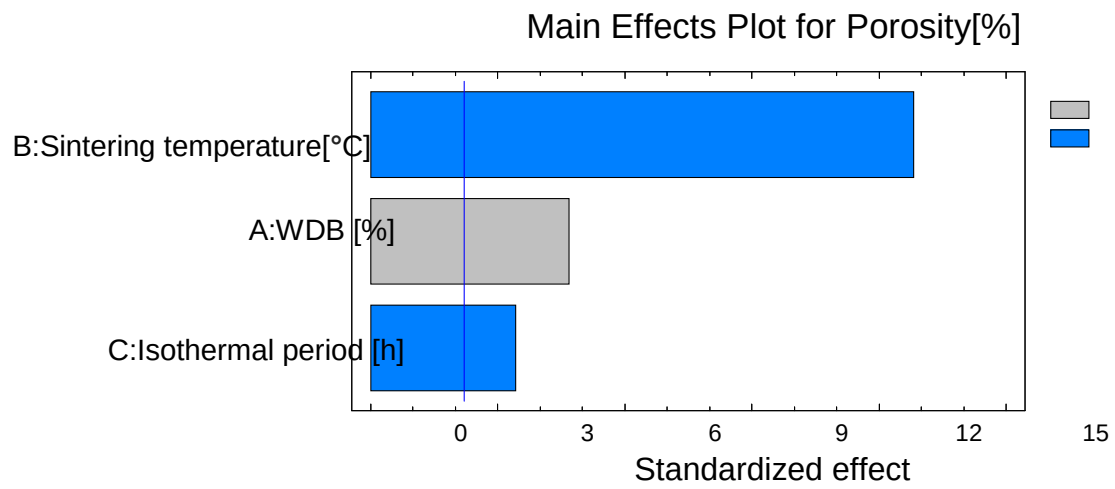


Figure 1. Pareto chart of the main process parameters and their interactions on the porosity of

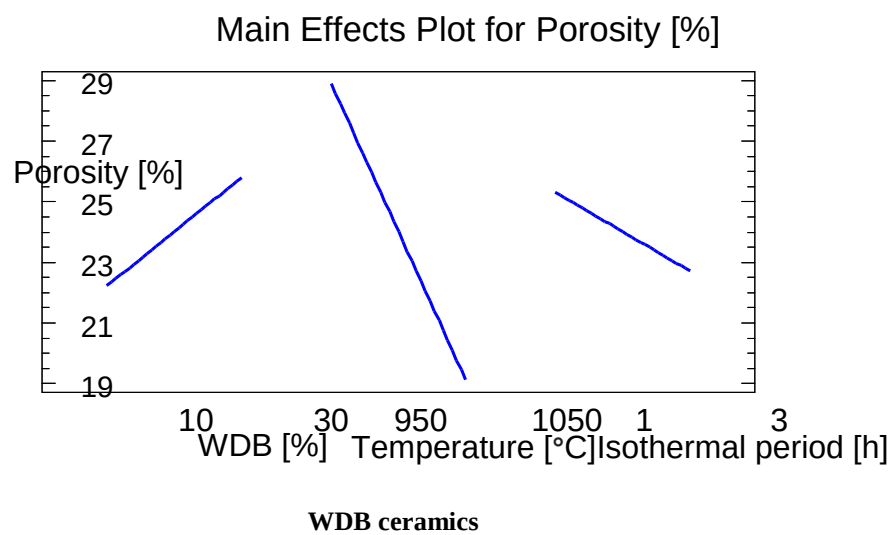


Figure 2. Diagram of the main effects of the process parameters on the porosity of WDB compacts

In this case of optimization, the response value of porosity of the WDB compacts was examined as a function of the process parameters – brick content, sintering temperature and isothermal time. It is noticeable that the porosity of the WDB compacts is directly dependent on the sintering temperature as the main process parameter, while the brick content and the isothermal time are less influential on the porosity of the WDB compared to the sintering temperature (Fig.1). It is evident that higher sintering temperatures, lower brick content and longer isothermal time are favorable for lower porosity performance of the WDB compacts (Fig.2).

In the line with the obtained data from the software package, according to the influences of the main parameters the final model equation for porosity is presented as:

$$\text{Porosity} = 120,788 + 0,17875 \cdot \text{WDB} - 0,09775 \cdot T - 1,3 \cdot I$$

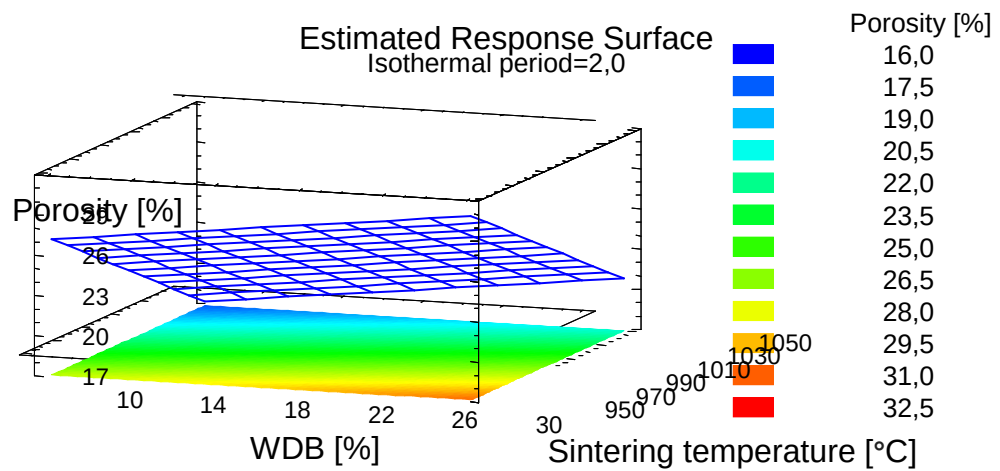


Figure 3. 3D optimization diagram of the main effects at constant isothermal period (2 hours), and variable sintering temperature (°C) and brick content (wt.%)

1.2.2 Bending strenght

Optimization process 2: optimization response of bending strength as a function of sintering temperature, brick content and isothermal time.

The process of optimization was conducted based on the influence of the main process parameters and their interactions on the mechanical properties of the newly obtained ceramics. The optimization diagrams are presented in the Figures 4-6.

In this case of optimization, the response value of bending strength of the WDB compacts was examined as a function of the process parameters – brick content, sintering temperature and isothermal time. It is noticeable that the bending strength of the WDB compacts is directly dependent on the sintering temperature as the main process parameter, while the brick content and the isothermal time are less influential on the bending strength of the WDB compared to the sintering temperature (Fig.4).

It is evident that higher sintering temperatures, lower brick content and longer isothermal time are favorable for better performance of the WDB compacts (Fig.5). In the line with the obtained data

from the software package, according to the influences of the main parameters the final model equation for bending strength is presented as:

$$\text{Bending strength} = -99,5917 - 0,30625 \cdot \text{WDB} + 0,12625 \cdot T + 1,25 \cdot I$$

where T is the sintering temperature (°C), WDB is the brick content (wt.%), and I is isothermal time (hours). The above equation derived by the software is based on the linear model for bending strength as a response function. In addition, the 3D optimization diagram displays the optimal maximum for the bending strength in the bottom right corner in Fig.6.

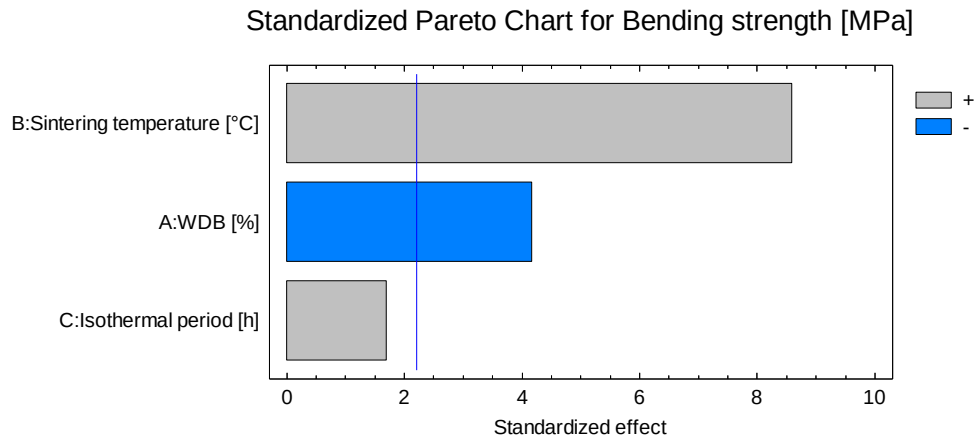


Figure 4. Statistic influence of the main process parameters and their interactions on the bending strength of WDB compacts

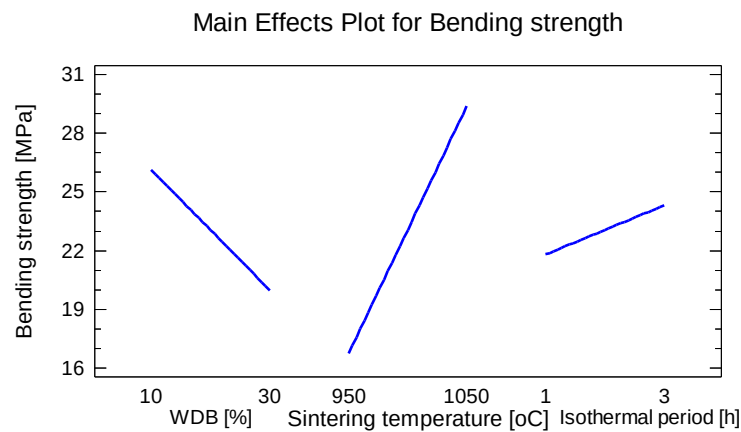


Figure 5. Diagram of the main effects of the process parameters on the bending strenght of the WDB compacts

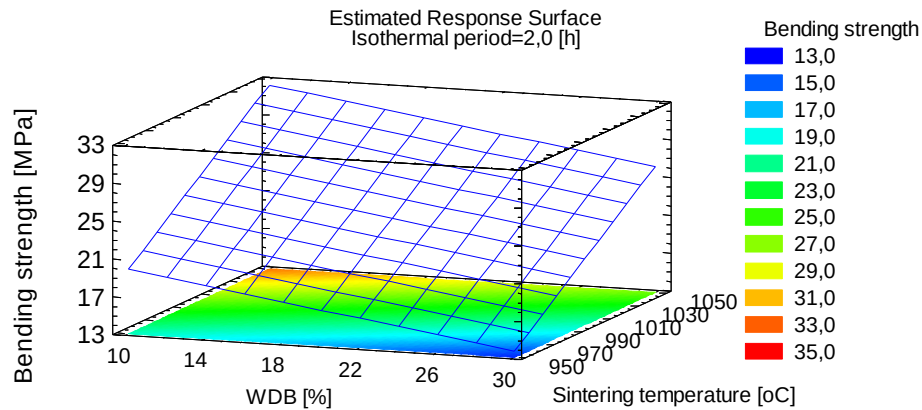


Figure 6. 3D optimization diagram of the main effects at a constant value of isothermal time (hours), variable temperature (°C) and waste demolition brick content (wt.%)

2. CONCLUSION

- In these investigations demolition waste from local construction/demolition sites in Skopje, Macedonia was used for production of clay based ceramics.
- In order to determine the optimal operating areas, 3D optimization method has been successfully applied.
- The final model equation for the porosity as a response function is:

$$\text{Porosity} = 120,788 + 0,17875 \cdot \text{WDB} - 0,09775 \cdot T - 1,3 \cdot I$$
- The final model equation for the bending strength as a response function is:

$$\text{Bending strength} = -99,5917 - 0,30625 \cdot \text{WDB} + 0,12625 \cdot T + 1,25 \cdot I$$
- The investigations which have been presented in this article present the possibility of performing the optimization of the processes for the production of clay based ceramics from demolition waste.

3. REFERENCES

- [24] Eurostat, http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics, Acces Date: September 15, 2017
- [25] Republic of Macedonia: Ministry of environment and physical planning. [Online] <http://www.moepp.gov.mk/wp-content/uploads/2014/12/Waste-Management-Strategy-of-the-RM-2008-2020.pdf>, Acces Date: September 17, 2017.
- [26] Rafael Andrés Robayo-Salazar, Jhonathan Fernando Rivera and Ruby Mejía de Gutiérrez "Alkali-activated building materials made with recycled construction and demolition wastes", Construction and building materials, Volume 149, Elsevier, 15 September 2017, Pages 130-138
- [27] Fabiana da Conceição Leite, Rosângela dos Santos Motta, Kamilla L. Vasconcelos, Liedi Bernucci "Laboratory evaluation of recycled construction and demolition waste for pavements. ", Construction and building materials, Volume 25, Issue 6, Elsevier, June 2011, Pages 2972-2979
- [28] J. Silva, J. de Brito and R. Veiga "Recycled Red-Clay Ceramic Construction and Demolition", Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 22, Issue 3, ASCE, March 2010
- [29] C.S. Poon, S.C. Kou and L. Lam "Use of recycled aggregates in molded concrete bricks and blocks", Construction and Building Materials, Volume 16, Issue 5, Elsevier, 31 July 2002

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – CKEEOP 2017

Monika Fidanchevska, Stefaniya Petrovska, Biljana Angjusheva

Faculty of Technology and Metallurgy, Ss Cyril and Methodius University in Skopje, Rudjer
Boskovic 16, Skopje, Republic of Macedonia

fidancevskamonika@gmail.com stefaniya.petrovska@hotmail.com

PRODUCTION OF CERAMICS USING CLAY AND CONSTRUCTION & DEMOLITION WASTE AS RAW MATERIALS

ABSTRACT

Major waste streams in urban areas are produced from the demolition of buildings. The sustainable usage of demolition wastes as construction materials has numerous environmental and economic advantages. New opportunities to recycle demolition wastes into alternative resource materials for construction industries would mitigate landfill issues and significantly reduce global carbon emissions.

The aim of this work is to investigate the possibility of production of clay based ceramics added with C&DW (construction & demolition waste) collected from the construction sites.

Chemical composition of the waste shows that the main oxides were: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 and CaO and minor contents of alkaline and earth alkaline oxides. The specimens containing clay and 10, 20 and 30 wt.% C&DW were uniaxial pressed and sintered at the temperature of 950, 1000, 1050°C and isothermal time at the final temperature of 1 and 3 hours. This research shows the physical and mechanical characteristics of different kind of C&DW obtained from selective and traditional demolition techniques. The results show that up to 30 wt.% C&DW can be added to the clay based products with no vast difference in the final product properties.

Keywords: construction, demolition waste, ceramics, clay

14 INTRODUCTION

Construction and demolition (C&D) waste is defined as the unnecessary and damaged products and materials that are resulted from construction, renovation, demolition and other construction activities [1]. The European Commission approximately calculates that 25-30% of all waste generated in the EU can be associated to construction and demolition waste [2]. Demolition waste (DW) from building plays a crucial role when it comes to meeting recycling targets for two reasons. On the one hand, there is a huge difference in material composition between buildings and civil infrastructure (e.g. roads, railways, pipe networks), making potential recycling rates of materials hardly significant, measurable and predictable due to lack of data. On the other hand, in cities, which are the main drivers of material consumption and DW generation in urbanized societies, the amount of the material stock can be found more occasionally in the built environment, rather than civil infrastructure [2]. Researchers have been reported for possible solutions of waste production and utilization of the same [3-6]. Baroso and Pala [7] investigate the effect of incorporation of

construction and demolition waste in the clay-based ceramic materials, showing that the mixture containing 20 % of C&DW owns the best chemical and mechanical properties.

The results and discussion of our research contribute an improved environmental, economic and social understanding of C&D waste management in our country.

15 EXPERIMENTAL PART

Bricks from demolished houses were used in this study. Firstly the bricks were milled, using planetary mill and classified into the granulation less than -0.125 mm. The demolished waste brick (DWB) in quantity of 10, 20 and 30 wt.% were incorporated in clay matrix. The particle size distribution of the demolished bricks and clay (-0.125mm) was determined by laser granulometry (Laser Cilas 1090). Classical chemical analysis was used in order to estimate chemical composition of the demolished brick and clay. Picnomteric method was used to define the density of the both starting materials. The specific surface area of demolished brick was estimated by Blaine method, according to the standard (EN-196-2).

The composites were formed by pressing at the pressure of 68 MPa and using water (2%) as binder. The sintering of the pressed composites was realized under the following conditions:

- T= 950, 1000 and 1050 °C
- Heating rate 10⁰/ min
- Isothermal treatment at maximal temperature of 1h and 3h, in air atmosphere

The composites based on demolition bricks and clay were characterized from the physical and mechanical aspects. The density of the sintered compacts was measured by immersion method. The bending strength was estimated by 3 point bending method using samples with dimensions 5x5x50mm.

16 RESULTS AND DISCUSSION

The chemical composition of demolished waste brick and clay is presented in Table 1.

Table 1. Chemical composition of demolished brick and clay

Oxides	DWB, wt. %	Clay, wt. %
SiO ₂	61.12	58.79
Fe ₂ O ₃	8.45	9.28
Al ₂ O ₃	17.58	13.60
CaO	7.82	3.59
MgO	3.01	1.72
Na ₂ O	0.33	3.83
K ₂ O	0.29	2.51
SO ₃	0.18	/
LOI	0.86	5.79
Total	99.64	99.11

The clay shows the expected typical composition: rich in SiO_2 and Al_2O_3 (lower content of CaO , MgO , Na_2O , K_2O) accompanied by 8.45 wt.% Fe_2O_3 .

Na_2O and K_2O promote vitrification, CaO and MgO are fluxing agents and reveal the presence of calcite and dolomite and Fe_2O_3 is responsible of red colour of clay. In terms of oxides, the demolished waste brick (DWB) consists basically of SiO_2 , CaO , Al_2O_3 and Fe_2O_3 and with minor contents of MgO , K_2O and Na_2O . The high CaO content (7.82 wt. %) is associated with the presence of cement in the waste material and will influence the sintering behaviour of the clay product.

The density of demolished brick and clay was 2.65 g/cm^3 and 2.70 g/cm^3 respectively while the specific surface area of demolished bricks was $5597 \text{ m}^2/\text{g}$.

The granulometric compositions of demolished brick and clay are presented in Figure 1.

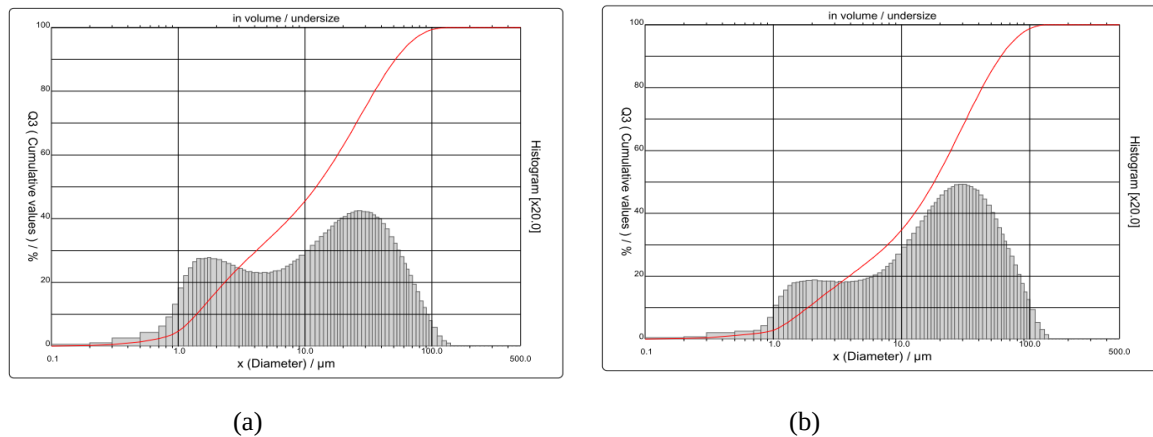
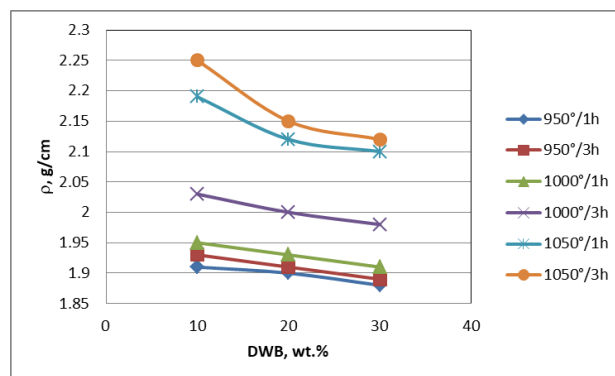


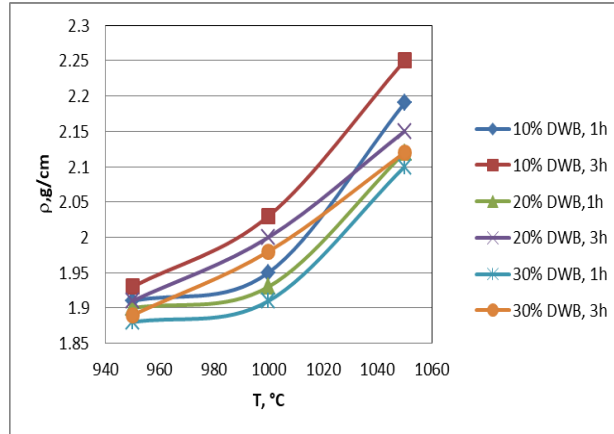
Figure 1. Granulometric composition of a) DWB and b) clay

Figure 1 shows that the both raw materials have bimodal particle size distribution with granulation less than $130 \mu\text{m}$. The first interval of the particle size distribution of the demolition waste and clay is from 0.1 to $5 \mu\text{m}$ and the second part was from 5 to $130 \mu\text{m}$. The D_{50} for DWB and clay was 12.22 and $17.99 \mu\text{m}$, respectively.

After the consolidation of the powders the physical and mechanical properties of the obtained dence ceramic samples were determined. The dependence of density, bending strength and porosity on the content of DWB and sintering conditions (temperature and isothermal treatment) are shown in Figs. 2-4.



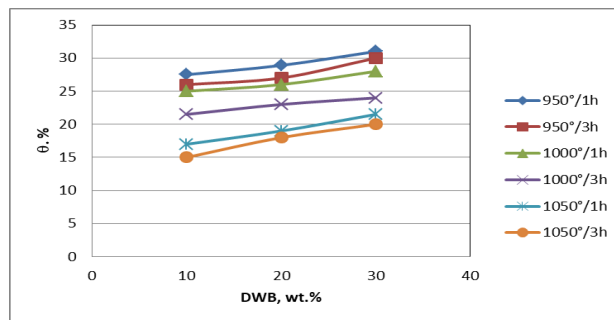
(a)



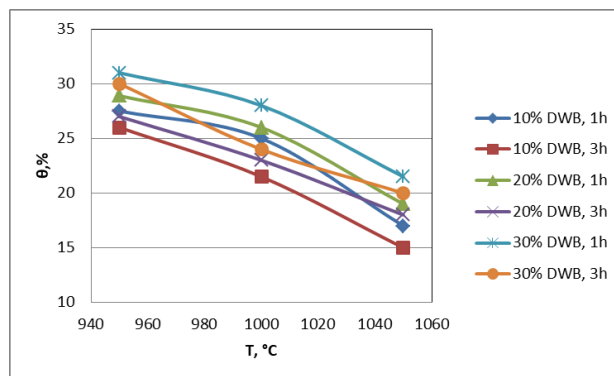
(b)

Figure 2. Dependence of density of a) DWB content, b) temperature

It is evident from the first graph Fig.2(a) that density decreased as the content of DWB increased. The values of density sintered at lower temperatures show a small difference among them. Samples sintered at 3h show better results than samples sintered at 1h. From the second graph, Fig.2(b) is evident that as the temperature and heating rate increased the density also increased. The maximal density (2.25 g/cm^3) was achieved when the samples with 10wt.%DWB were sintered at $1050^\circ\text{C}/3\text{h}$. At the same sintering condition, but by increasing the content of DWB up to 30wt.% the density decreased to 2.12 g/cm^3 .



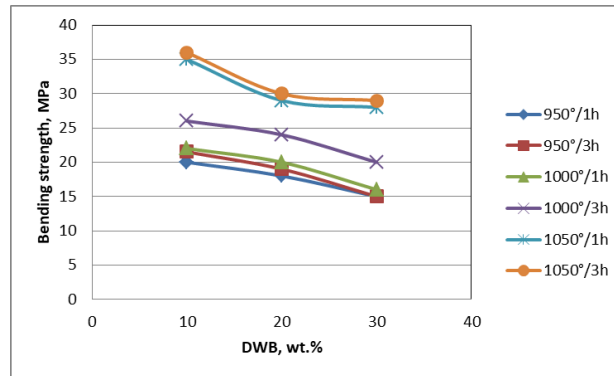
(a)



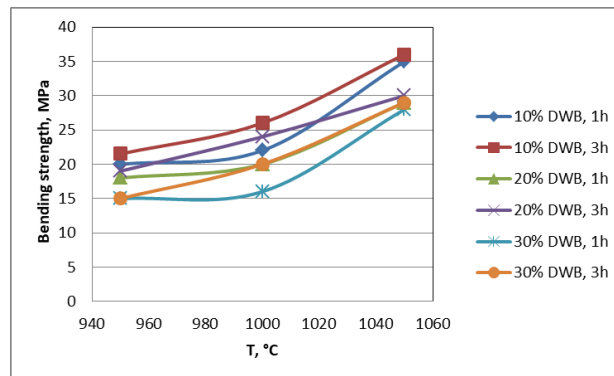
(b)

Figure 3. Dependence of porosity of a) DWB content, b) temperature

At the first graph, Fig.3(a) we can see that porosity of the samples increased as the content of DWB increased. The values of porosity of samples sintered at lower temperatures show a small difference among them. At the temperature of 950/1h, by increasing the content of DWB up to 30 wt.% the porosity increased to 31wt.%. From the second graph, Fig.3(b) we can see that as the temperature and heating rate increased the porosity decreased. In this investigation the minimal porosity (15%) was achieved when the sintering was realized at 1050°C/3h and the content of DWB was 10 wt.%



(a)



(b)

Figure 4. Dependence of bending strength of a) DWB content, b) temperature

From the Fig. 4(a) is evident that bending strength decreased as the DWB content increased. The values of bending strength sintered at lower temperatures show a small difference among them. Also from Fig.4(b) is evident that the temperature and heating rate influenced on the increasement of bending strength. In this research the maximal bending strength (36MPa) was achieved when the sintering was realized at 1050°C/3h and the DWB content was 10wt.%. At the same sintering condition, but by increasing the DWB content up to 30wt.% bending strength decreased to 29MPa.

17 CONCLUSION

High content (30 wt.%) of a construction and demolition waste can be incorporated into clay matrix requiring no changes in the processing routines and causing no detrimental effects on the final product properties.

The results of our research contribute an improved environmental, economic and social understanding of C&DW management in our country.

18 REFERENCES

- [30] Fritz Kleemann H.L., *Using change detection data to assess amount and composition of demolition waste from buildings in Vienna*. Resources, Conservation and Recycling, (2016) 10,
- [31] Xi Chen W.L., *Identifying factors influencing demolition waste generation in Hong Kong*. Journal of Cleaner Production, (2016) 799-811,
- [32] Bolden J., Abu-Lebdeh T., Fini E., *Utilization of recycled and waste materials in various construction application*, American Journal of Environmental Science, (2013) 14-24,
- [33] Amin S.K., Sibak H.A., El-Sherbiny S.A., Abadir M.F., *An Overview of Ceramic Wastes Management in Construction*, International Journal of Applied Engineering Research, 11 4 (2016) 2680-2685,
- [34] Juan A., Medina C., Guerra M.I., Moran J.M., Aguado P.J., Sanchez de Rojas M.I., Frias M., Rodrigues O., *Re-use of ceramic wastes in construction*, Ceramic Materials, (2010) 197-214
- [35] Bansal A., Mishra G., Bishnoi S., *Recycling and Reuse of Construction and Demolition Waste: Sustainable Approach*, The 7th International Conference on Sustainable Built Environment, ICSBE 2016 16th-18th December, Sri Lanka (2016)
- [36] M.M.Baroso, H.Pala, *Incorporation of construction and demolition waste in the production of ceramic brick*, http://www.scienceknowconferences.com/files/extended_abstracts/ewwm2016/Incorporation%20of%20construction%20and%20demolition%20waste%20in%20the%20production%20of%20ceramic%20brick.pdf, (2017), access date: 20 09 2017

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017Мариела Клековска ¹, Марија Ѓоргиева ²¹ и ² Факултет за електротехника и информатички технологии- Скопје, УКИМ¹klekovskam@yahoo.com²marija_97g@hotmail.com**ОТПАДОТ КАКО ИЗВОР НА ЕНЕРГИЈА****19 КУСА СОДРЖИНА**

Во овој труд се обработува можноста за користење на отпадот како потенцијален ресурс за производство на електрична и топлинска енергија, наместо да биде третиран како бескорисен материјал. Создавањето на електрична и топлинска енергија започнува со контролирање на метанот којшто се испарува од биомасата. Органскиот отпад при анаеробни услови со помош на бактерии испушта CH_4 и CO_2 . Метанот преку перфорирани цевки се спроведува до резервоари и се складира. Гасот ги придвижува турбините од генераторот и на тој начин се создава електрична енергија. Овој тип на депонија каде метанот е складиран претставува модерна, санитарна постојка што е во чекор со денешните технологии и нејзината цел е да го потпомага одржливиот развој на енергетските системи. На нејзиното дно се поставени непропусливи заштитни слоеви. По запечатувањето на депонијата областа има лик на парк која нема да претставува закана за екосистемите. Придобивка од современите постројки е претварањето на бескорисното ѓубре во многу корисен материјал за производство на електрична и топлинска енергија. Овие депонии ја одржуваат околината здрава и се во хармоничен однос со природата. Во споредба со другите депонии не оставаат штетни субпродукти зад себе. Недостаток на овие депонии е што не се погодни за медицински отпад и отпад од клиниците и потешко може да се контролира количеството на произведена енергија.

Клучни зборови: *органички отпад- био маса, постројка со метан, одржлив развој*

ВОВЕДЕН ДЕЛ

Сфаќањето за тоа како треба да се постапува со отпадот во современиот свет се разликува од вообичаените претстави за депониите како места каде едноставно се фрла ѓубрето и се остава на забот на времето. Современите европски и светски настојувања одат кон тоа отпадоците да се селектираат и засебно да се собираат во зависност од потеклото. Така хартијата, пластиката, металот, текстилот не се мешаат со остатоците од храна или органичкиот отпад од земјоделството и токсичниот отпад [4]. Засебно се собираат прегорените масла, градежниот шут, електричните апарати. Тенденција е дел од тоа што е фрлено да може повторно да се употреби или преработи за во неповрат да остане што е можно помал дел од ѓубрето. За таа цел се конструираат различни постројки или оддели во депониите. Се употребува изразот „интегрирано управување со отпад“ т.е. депониите веќе се нарекуваат „фабрики за отпад“ во кои се поттикнуваат различни процеси.

Разновидни фази од оваа постапка на депонирање опфаќаат: биомеханички третман, сортирање, селектирање, компостирање, рециклирање, инсенерација и сл. На крајот од постапки при депонирањето се добиваат и нови производи како: ѓубрива за земјоделството,

суровини за цементната индустрија или погон за добивање електрична и топлинска енергија [1].

Оваа забрзана дегредација придонесува за намалување на долгорочното влијание на депониите врз животната средина.

Постојат два начина за добивање на електрична енергија:

- Отпадот се запалува при што се добива топлина и електрична енергија. Количеството на отпад се намалува за 90%. Овие печки - инценератори во кои се пали отпадот користат различни контролни системи кои ја спречуваат емисијата на штетни гасови во атмосферата.
- Во поголем дел од депониите растителниот и животинскиот отпад се разградува при што се создава метанот. Потоа овој гас се користи за добивање на електрична енергија. Депониите од овој тип можат долга низа години да произведуваат гас[1].

20 ГРАДБА И ПРИНЦИП НА РАБОТА НА ДЕПОНИЈАТА (ПО МОДЕЛ НА ГРУПАЦИЈАТА A.S.A)

20.1 ПРИНЦИП НА РАБОТА И ГРАДБА СО СОЗДАВАЊЕ НА МЕТАН (CH₄)

20.1.1 Принцип на работа на постојката

Алтернативно процесот на производство на електрична енергија возможно е да се започне со извлекување на гасови од депониите за отпад. Ваквата погодност се создава заради тоа што при распаѓањето на комуналниот отпад (т.е. органскиот дел од ѓубрето) создава гасови како метан CH₄ и јаглерод диоксид CO₂. Ова се случува под дејство на анаеробни бактерии-бактерии кои дишат во отсуство на кислород и предизвикуваат распаѓање на органските материи од него, при што се ослободуваат гасови (CH₄ и CO₂). Јаглерод диоксидот е растворлив во вода и со дождовите или наводнување по природен пат ја напушта депонијата, а метанот е полесен од воздухот, оди нагоре и тежнее да испари од депонијата.

При градба на депонијата според однапред испланирана шема од место на место се поставуваат перфорирани цевки, преку кои метанот се собира и се складира во резервоари. Тој метан потоа се користи како гориво, што значи дека се пали и гори за енергетска цели.

За да продолжи процесот на добивање на електрична енергија, прво со согорувањето на метанот се добива топлинска енергија.

Механичката енергија го придвижува роторот на генераторот со што се произведува електрична енергија. Во принцип секој генератор теоретски се состои од ротор и статор или физички тоа е спроводник затворен во променливо магнетно поле кое индуцира и електрична енергија.

По загревањето, водената пареа ќе ја изврши механичката работа и потребно е да се олади. Ако топлата вода се спроведе низ систем за водено затоплување (популарно речено парно) покрај производството на електрична се користи и топлинска енергија.

Во Европа современите депонии произведуваат електрична енергија за сопствените потреби на работењето и има доволно за затоплување, осветлување и сл. за потребите на блиското населено место. Таков пример е депонијата до местото Брно во Чешка и Дармштад во Германија.

Депонијата Дармштад во Германија произведува електрична енергија од три главни суровини: текстил, метал и електронски отпад. Како резултат на работата на оваа депоника количината на отпад во 2016 година била намелена за 30% ,односно се намалила на 254 килотони отпад на метар во споредба со количината на отпад во 2015 кој изнесувал 317 килотони на метар.

Студиите за Македонија покажуваат дека домаќинствата користат доволно свежи земјоделски производи и создаваат органски отпад од една страна, а постојат и долги сончеви периоди од друга страна со што примената на методот на дегасификација би имал смисла.

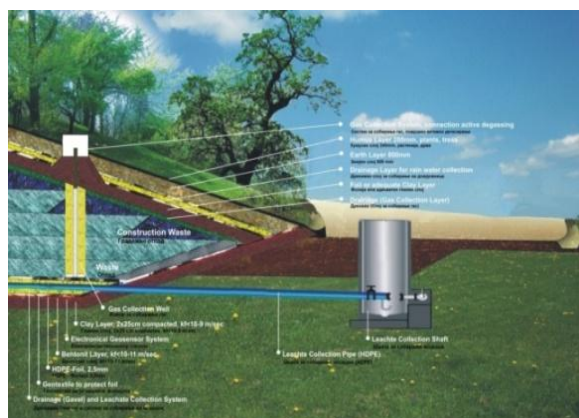
Постои резерва во обезбедувањето на доволно количество отпад неопходен за отпочнување на производството. Информациите до кои дојдовме се запишани во табела 1.

Региони	Население	Тековен отпад тон/год	% од вкупно	Макс.отпад тон/год	% од вкупно
Велес,Свети Николе, Лозова и Чашка	85,740	17,463	56%	22,772	54 %
Кавадарци, Неготино, Росоман, Градско и Демир Капија	71,741	13,948	44%	19,179	46%
Вкупно	157,480	31,411	100%	41,951	100%

Табела 1- Генерирање на отпад во Вардарски регион [7]

20.1.2Градба на постојката

Санитарната депонија е изградена во сектори[5]. Секторите се однапред испланирани делови од теренот кои претходно се израмнуваат и подготвуваат за врз нив да може да се истура отпадот. Со овие претходни подготовки се гради дното на депонијата кое треба да ја заштити земјата под него од загадување или контаминација од отпадот што тука ќе се остави. Ако ова не се направи земјата може да биде загадена како од цврстите делови од отпадот (пр. изумрени животни) така и од водата (дождот) што кога ќе го наведени отпадот може да раствори загадувачки материи и нечистата вода да понира во земјата или да се влее во некој водотек, па ќе настане и загадување на подземните води и површинските водотеци. Дното на депонијата, а потоа и ѓубрето што се остава на неа се распоредува по слоеви. Со цел заштитување на околината се поставуваат водонепропустливи, изолационни слоеви кои целосно ја конзервираат депонијата. Пример за таков слој е геосинтетскиот слој.



Слика19– „градба на депонијата“

20.1.3.Основна равенка за емисиите што се испуштаат од депонијата

$$Q_{CH_4} = L_0 R (e^{-k_c} - e^{-k_t}) \quad [8]$$

Q_{CH_4} –степен на создавање на метан во единица време t , (m^3 / годишно);

L_0 – потенцијално создавање на метан, ($m^3 CH_4/mg$ отпад);

R – просечна годишна стапка на прифаќање на отпад за време на активниот живот ,(t /годишно)

e – логоритамска основа, бездимензионален број;

k –константа на степен на создавање на метан ($год.^{-1}$);

c – време по затварање на депонијата (години, $c=0$ за активни депонии) и

t – време по одлафање на првите отпадоци, (години).

21 ИНЦЕНЕРАТОР (ПО ПРИМЕР НА ИНЦЕНЕРАТОРОТ ВО КОГАСАКИ, ЈАПОНИЈА)

Инценераторот е најсовремен, но и најскапот начин за третирање на отпадот, кој има смисла само во региони каде постојано се создаваат огромни количини отпадоци кои треба за кратко време да се отстранат и е нерентабилно со камиони да се превезуваат на поголеми далечини за да се депонираат.

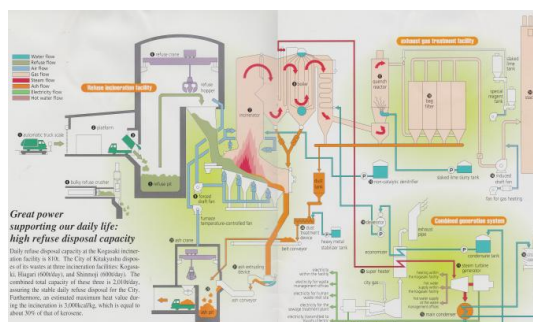
Во Македонија со инценератор располага само депонијата „Дрисла“. Затоа што медицинскиот отпад бара посебен третман, заради можностите за развивање и ширење на зарази, единствениот начин со негово справување е запалување во инценератор. Во кругот на депонијата е поставена печка за согорување на медицинскиот отпад – инценератор, со капацитет од 200кг на час согорување на медицински отпад или 500 тони на годишно ниво.[9]

Постојката на Когасаки инценераторот користи дистрибуиран Дигитален Контролен Систем (DCS - Digital Control System) за ефикасно управување со сите делови на инценераторската постојка. Овој систем овозможува централна контрола на целокупната опрема од едно место - контролната соба. Се прават напори за натамошна автоматизација и заштеда на енергија. Користејќи ги новитетите на напредните технологии се овозможува постојано усовршување и напредок во ефикасноста на континуираното управување со отпад. Исто така инценераторот користи систем за отстранување на полу-суви отровни гасови за да ги елиминира: водородниот хлорид, сулфурните оксиди, живата, саѓите и прашината, како и други отровни супстанции што може да бидат присутни во издувните гасови. Понатаму, групата на полихлорирани-дибензо-п-диоксини (PCDDs) се контролира и отстранува. Преку овие противмерки, постојката се обврзува да го спречи загадувањето што би настанало од издувните гасови.

Постојката на Когасаки користи комбиниран производствен систем. Механизмот на овој систем е со цел да ја зголеми излезната моќ на генераторот на парната турбина со загревање на пареата од бојлерот во објектот за депонирање отпад со користење на топлината од отпадот генерирана од гасната турбина. Со комбинираното производство максималната моќност на капацитетот на Когасаки постојката изнесува 36.300 KW (28.300KW од парната турбина и 8.000KW од гасната турбина).

Парната турбина со два инценератори во функција, од 10.000KW, 4.000KW сами трошат, 2.000 KW даваат на соседната канализација (комунално претпријатие), 4.000KW ги продаваат по 1јен/KWчас. (15ден/kWh за индустрија, 10ден/kWh за домаќинство).

Комбинираниот производствен систем покрај зголемената капацитивна моќ ја намалува и емисијата на Јаглерод диоксид од 15% на 26%. Ако се знае дека емисијата на јаглерод диоксид го потпомага глобалното затоплување, со намалување на неговата емисија практично се намалува глобалното затоплување. Во постојката се прави рециклирање и повторна употреба на отпадот од стакло што се користи како декоративен елемент вграден во тротоарите, патеките и сидните облоги. [9]



слика 3-„Когасаки инценератор“

22 ВЛИЈАНИЕ НА ОТПАДОТ ВРЗ ЖИВОТНАТА СРЕДИНА

22.1 Негативни страни на нестандартните депониите

- Нестандарните комунални депонии се извор на голем број негативни влијанија: оштетување на инфраструктурата, загадување на локалната животна средина (на пр. загадување на подземни води, водотеци, конатаминација на почвата, штетни емисии во воздухот), изведување на метанот генериран од распаднат органски отпад, извор на предизвикувачи на болести, емисии на прашина, мирис, бучава
- Претставуваат извор на емисија и на еден друг посебно ризичен и опасен тип на загадувачи-ненамерно создадени неразградливи загадувачи (диоксини- се хемиски соединенија кои содржат јаглерод, вода, кислород и хлор кои настануваат како спореден продукт при хемиските реакции (пр. горење) и фурани - хетероциклично органско соединение што е безбојна, запалива и високо испарлива течност со точка на вриење блиска до собната температура)
- Диоксините и фуарените се високо токсични соединенија кои предизвикуваат репродуктивни и развојни проблеми, оштетување на имунолошкиот систем, влијаат на хормоните и можат да доведат до појава на рак.
- Негативна страна е што не е многу флексибилна и не може да се реагира во зголемување на капацитетот на производство, затоа што тој го следи ритамот на количеството отпад што секојдневно се натрупува на депонијата. Потребно е долго време пред да почне да се создава метанот и обично тоа не се некои големи количества. Значи не се работи за постојки со голем капацитет.
- Најзастапените гасови кои и штетат на околината се претставени во табелата 2. Најлошо е што најчесто воопшто не ни можеме да процениме дали воздухот е загаден или не, доколку не извршиме испитувања.

Гас	Густина (g/l)	Мирис	Боја	Запаливост	Коментар
Метан CH_4	0,7	Не	Не	Да	Ниско растворлив во вода. Екстремно стакленички гас
Јаглерод диоксид CO_2	1,98	Не	Не	Не	Лесно се раствора во вода, формира корозивни раствори со ниско pH
Водород сулфид H_2S	1,53	Да	Не	Да	Силен мирис на расипано јајце. Отровен гас

табела2 - Основни гасови кои се емитуваат од депониите на комунален отпад[8]

22.2 Позитивни страни од санитарните депонии

- Со оваа депонија ќе се овозможи намалување на количините на остатоците од согорувањето по единица согорен отпад.
- Добрата страна на интегрираното управување со отпад и санитарните депонии е тоа што во оваа постапка погонското гориво (метанот) се обезбедува по сосема природен пат, без употреба на надворешни стимулатори, нема пепел или отровни нус-продукти што дополнително се создаваат во атмосферата. Во исто време оваа постапка ја заштитува депонијата од самозапалување во топлиите денови (слика 8)[3].



Слика7– „нестандарнадепонија“



Слика8– „санитарнадепонија“

23 ЗАКЛУЧОК

Современиот, сè побрз начин на живот создава големи количини отпад што едноставно фрлен некаде остава неред, пречи и ја загадува планетата Земја. Затоа, добро е дел од ѓубрето да се преработи да може повторно да се употреби, или да послужи како сировина за добивање продукти (компост, енергија, гориво...) што им се потребни на луѓето.

Нестандарните депонии се едни од најголемите извори на штетни гасови кои неконтролирано се испуштаат во воздухот и се загадувачи. Во Македонија има многу вакви депонии кои непрестано ја загадуваат околината. Спротивно на нив санитарните депонии се оние кои отпадот го претвораат во електрична и топлинска енергија со што уште повеќе го поттикнуваат одржливиот развој и се во хармонија со природата.

Ако свесно и одговорно се однесуваме кон отпадоците, стекнуваме повеќе придобивки:

- Ја зачувуваме околината (почва, подземни води, водотеци) од загадување, пожар, еколошка катастрофа
- Ги намалуваме непријатните испарувања во воздухот
- Наместо грда слика од купиштата отпад, на теренот гледаме зеленило-парк Се штеди на материјали. Парите што инаку би се дале за нова пластика, ѓубриво, струја остануваат заштедени
- Ако дел од отпадот повторно се употреби, се намалува вкупното количество ѓубре во светот.

Се менува свеста и односот на луѓето кон она што во моментот веќе не им е потребно.

24 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] <http://www.fcc-group.eu/en/Austria/Technologies/Treatment.html#>
- [2] http://imor.org.mk/pocista-okolina/5R_gubriste.php
- [3] <http://www.fcc-group.eu/en/Austria/Technologies/Landfilling.html>
- [4] <http://www.khigiena.com.mk/cont.asp?s=322>
- [5] <http://www.khigiena.com.mk/cont.asp?s=320>
- [6] Енергетски системи и одржливост, превод на делото “Energy systems and sustainability”, Stephen Peake and Janet Ramage, Арс Ламина, 2012
- [7] Годишен извештај од обработени податоци за квалитетот на животната средина, Република Македонија, МЖСПП, Скопје 2017
- [8] <http://www.analyticamk.org/files/Summary18Mak.pdf>
- [9] http://drisla.mk/page_detail.asp?IID=3&ID=25
- [10] Facilities management section, waste management department 1-1 Jonai, Kokurakite-ku, Kitakyushu-shi
- [8] Зборник на трудови- Управување со отпад и климатски промени, Трета меѓународна конференција, 19-20 септември 2013, Скопје, Емисија на гасови од депонии од цврст комунален отпад.

Sofija Mitrova Dr. Dimitar Dimitrov
Faculty of electrical engineering and information technology, Skopje
mitrov.sofija@gmail.com

EFFECT OF DIFFERENT FUEL CONCENTRATION ON THE PASSIVE DIRECT FORMATE FUEL CELL PERFORMANCE

ABSTRACT

Direct formate fuel cells (DFFC), which convert the chemical energy stored in formate directly into electricity, have attracted a lot of attention and have made a rapid progress in the last few years. The reason for attracting more attention, first of all is the use of carbon-neutral fuel as well as the low-cost of electrocatalytic and membrane materials. The basic working principle, the components, the materials and the pre-treatments are presented in this paper. The focus is on the effects of different fuel concentration on the Passive Direct Formate Fuel Cells (PDFFC) performance. A Passive Direct Formate Fuel Cell, with no auxiliary devices or external pumps is assembled and the performance testing is done with an ARBIN machine interfaced to a computer. Several tests are conducted including, testing of the open circuit voltage, internal resistance, polarization curve as well as the power density to determine the highest performing fuel concentration and to characterize the fuel cell.

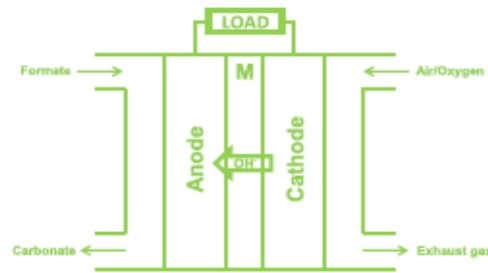
Key words: *formate, fuel cells, carbon-neutral, efficiency, performance*

17 INTRODUCTION

This days we are witnessing a growing consumption of fuels such as coal, oil and natural gas which are taken from limited resources and their combustion affects the environment with emissions which contribute to the air pollution. Fuel cells are one of the devices which can lead us into more sustainable energy development. Direct liquid fuel cells (DLFC), which promise to be a clean efficient energy production technology, have attracted worldwide attention because of its advantages over hydrogen, in terms of transportation, storage, as well as handling. Recently, the focus has been put on formate as a fuel which brings several advantages over other fuels. First of all, formate is a carbon-neutral fuel which can be easily derived from the reduction of carbon dioxide via artificial photosynthesis. Furthermore, formate oxidation is facile in alkaline media, particularly palladium. The theoretical potential of a formate fuel cell shows to be 1.45 V, which is 0.31 V higher than an ethanol fuel cell. Unlike in acid media, there is no poisoning effect for the formate oxidation in alkaline media. Lastly, formate salts can be stored, transported and handled in their solid state and they can be easily dissolved into water to form a liquid fuel. In addition to this advantages, formate has been evaluated as an energy carrier in an electrochemical energy-storage system. This is the reason why formate fuel cells have received an ever-increasing attention over the last few years and significant efforts have been made in developing them. So far the application of formate fuel cells can be seen in transportation and small portable electronic devices.

17.1 Working Principle of formate fuel cell

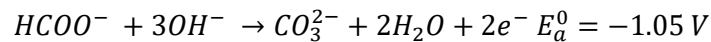
A typical composition of Direct formate fuel cell (DFFC) is shown on fig.1. The fuel cell is composed of two electrodes, anode and cathode which are separated by an anion exchange membrane (AEM) and connected to an external electrical load. On the anode side, there is an entrance from which the fuel solution flows into the anode channel. Then, the fuel is transported to the anode diffusion layer (DL) catalyst layer (CL). In (CL), an oxidation formate ions are water and carbonate



and finally gets to the anode the anode catalyst layer reaction occurs, in which oxidized and electrons, ions are generated.

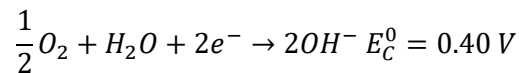
Figure 10. Schematic of a typical Direct Formate Fuel Cell (DFFC)

The reaction which occurs in the anode is the following:



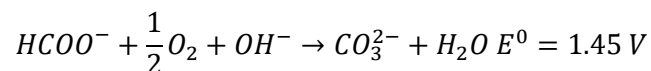
The water from the oxidation reaction then flows into the AEM and into the cathode catalyst layer (CL), while the produced electrons flow through the external electrical load to the cathode. On the cathode side, the oxygen/air provided by the cathode flow channel is transported through the cathode diffusion layer (DL), then to the cathode catalyst layer (CL) where a reduction reaction occurs. The oxygen reduction reaction takes place to produce hydroxide ions.

The reaction which occurs in the cathode is the following:



Subsequently, the generated hydroxide ions are conducted through the anion exchange membrane (AEM) to the anode for the formate oxidation reaction.

The overall reaction which occurs in the fuel cell is the following:



17.2 Components of formate fuel cell

In every design of a fuel cell, the cell performance depends on the electrocatalytic and membrane materials, which have an impact in the reaction. Besides this, it is of high importance to determine the optimal design parameters that determine the transport rate of mass, ions and electrons through the fuel cell structure and lastly, the operational conditions and pre-treatments that are directly linked to the fuel cell performance. Since this is a passive fuel cell, which relies on naturally breathing oxygen from ambient air, the successful operation depends on the cell structure. The overall mass transfer resistance of oxygen through the layered fuel cell structure needs to be minimized, so the voltage loss due to the oxygen concentration polarization can be reduced. In this case, the fuel cell is assembled by the following components and materials:

17.2.1 Membrane Electrode Assembly

The Membrane electrode assembly is one of the most important components of a fuel cell. It consists the exchange membrane, the catalysts and electrodes. Its main function is to separate the fuel and the oxidant and to transport the particles from one electrode to another. The main components of

the Membrane Electrode Assembly, the membrane is an anion exchange membrane Tokuyama A201 (30 mm x 30 mm). In order to prevent any problems in terms of high internal resistance in the fuel cell, the AEM is pre-treated. Firstly, the membrane is put for 12 hours in 5M KOH solution at room temperature. Then, the membrane is heated for 30 minutes on dries for 24 hours and the fuel cell is membrane. The anode is made of which is crucial for not damaging the most expensive materials of the fuel palladium (Pd) as catalyst layer. On made of carbon paper as backing layer catalyst layer.



Figure 11.MEA with gasket

17.2.2 Current collectors

The current collectors that were used are made of stainless steel grade 316L. with effective area 20 mm x 20 mm.

17.2.3 Gaskets

The function of the gaskets is to overcome leakage problems of the fuel cell. It can have different thickness depending on the fuel cell fixture. Commonly used materials are: Silicon, Teflon and Fiberglass. Since the function of the gasket is to form tight bond between the every component and prevent leakage, the material used is PTFE. Each gasket was thick 0.3 mm. The dimensions of the gasket 20 mm x 30 mm.

17.2.4 Fuel tank

The fuel tank has two holes (3 mm) in which the fuel is injected before testing. The fuel tank dimensions are 52 mm x 42 mm x 20 mm. However the effective area is 20 mm x 20 mm.

17.2.5 Fixture

. The fixture holds the MEA, gasket and current collector into one. Dimensions of the fixture 52 mm x 42 mm x 10 mm.

17.3 Preparation of the fuel

Prior to the performance testing, the different concentration of the fuel are made. Four fuels with different concentration are made and the following are tested:

[1M HCOOK 1M KOH], [1M HCOO 3M KOH], [1M HCOOK 5M KOH], [1M HCOOK 7M KOH]

18 FUEL CELL ASSEMBLY AND PERFORMANCE TESTING

18.1 Fuel cell assembly

Having in mind that the assembling process of the fuel cell is a crucial part of the performance of the fuel cell, it is done very carefully. Furthermore, every component must be handled and assembled with gloves, so it doesn't affect the performance. The composition of the fuel cell is the following:

the
fixture
and the
fuel
tank

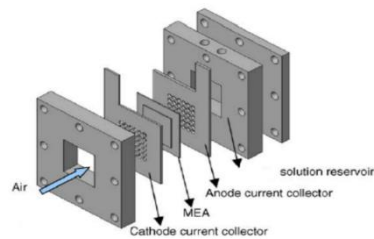


Figure 13. Exploded preview of a DFFC



Figure 12. Assembling the DFFC

are put together on eight bolts. A current collector is put, then 2 gaskets, together with the electrode-anode. Following this, the anion exchange membrane is put, followed by one gasket. Finally the cathode is put, together with the current collector. In the end, the fixture is closed and the bolts are screwed tightly to prevent any leakage.

18.2 Performance testing

To prevent any undesired results, before the performance testing, the fuel cell is tested for leakage, by injecting distilled water into the water tank. After overcoming any leakage problems, the testing is performed. The testing is conducted with the help of an ARBIN electrical load machine interfaced to a computer to control the activation and discharging process and to record the results. The fuel cell is assigned to one channel which includes the anode and cathode sides of the fuel cell. The function of the cable is to supply current to the fuel cell and to read the results to the ARBIN interface. Before every test the fuel cell is given time of two hours, after injecting the fuel to activate and in between every test the fuel cell rests for one hour with injected distilled water to rest, so the obtained results are valid.

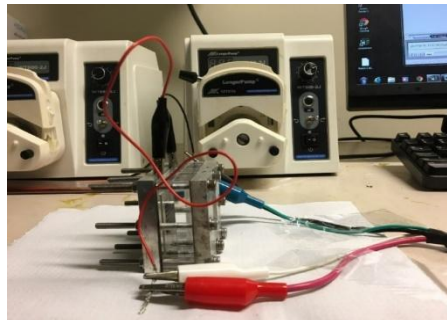


Figure 14. DFFC connected to one channel of the ARBIN machine for testing

19 RESULTS AND DISCUSSION

The Open circuit voltage during activation is one of the most important characteristics of the fuel cell. The OCV test is conducted by connecting the anode and cathode of the fuel cell to the ARBIN machine, then the fuel is injected and the fuel cell is given a period of 2 hours to activate and to obtain stable voltage. This is done by running a program whereby the state of the connection is at an “open-circuit” state. The results from the fuels with different concentration are shown on fig.6. As shown on the figure, the fuel cell obtained highest voltage when 1M HCOOK 7M KOH is injected

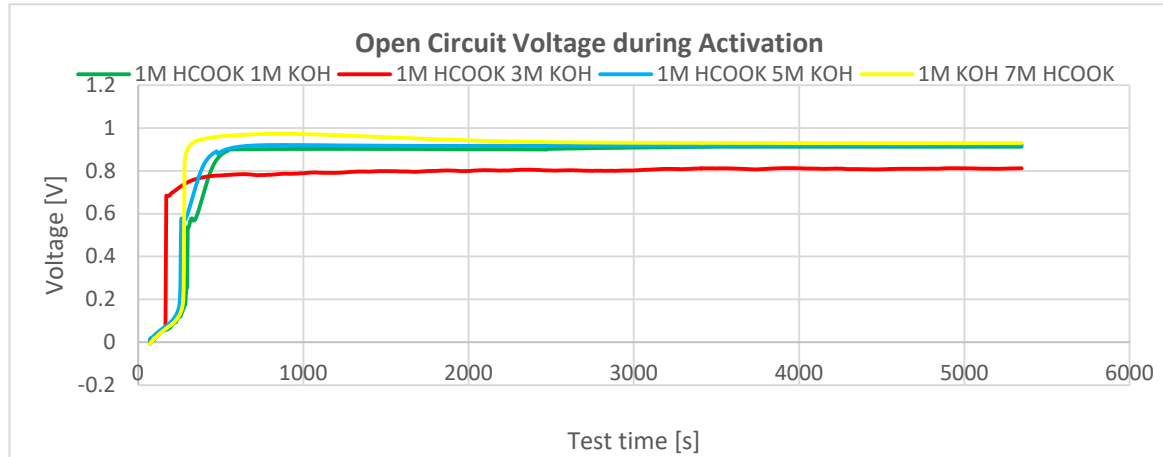


Figure 15. Open Circuit Voltage during Activation for DFFC

and lowest when 1M HCOOK 3M KOH is injected.

The internal resistance of the fuel cell indicates the problems in the fuel cell, from not having a good contact between the membrane and the electrode, to bad fitting of the gaskets. From the

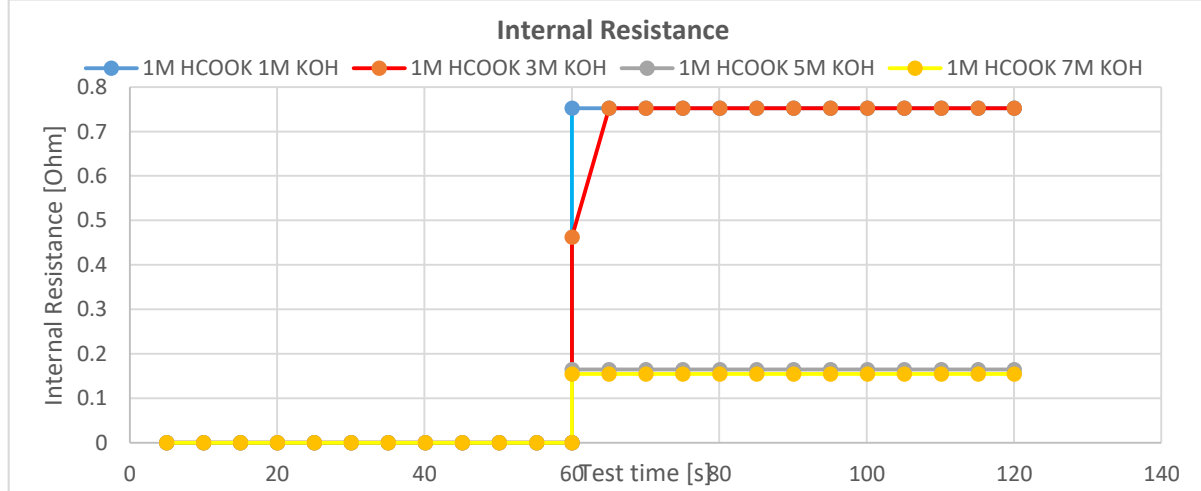


Figure 16. Internal Resistance of the DFFC

obtained results on fig.7 it is shown that the lowest internal resistance is obtained in the fuel cell when the 1M HCOOK 7M KOH is injected and highest one when 1M HCOOK 3M KOH is injected. In this type of fuel cell, any value of the internal resistance lower than 1 Ohm is acceptable.

Following this two tests, the next obtained program is the polarisation curve. Several readings are taken in a step-like method, whereby multiple data points on a single current discharge value are recorded over a uniform time period. The graph on fig.8 summarises and compares the performance influence of different fuel concentration. Again, the fuel concentration 1M HCOOK 7M KOH shows the highest power density and 1M HCOOK 3M KOH the lowest.

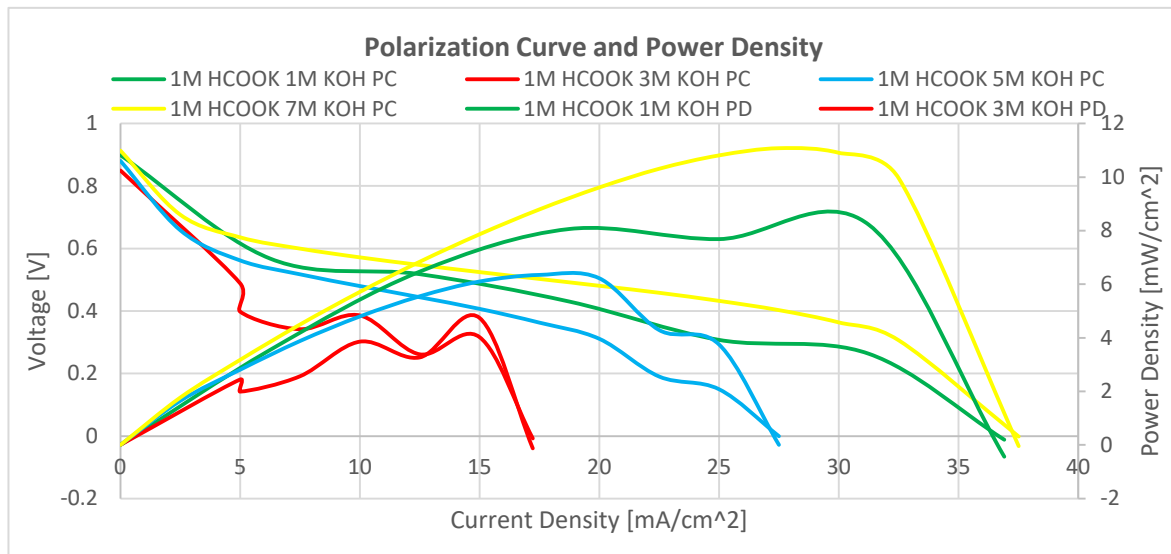


Figure 17. Polarization Curve and Power Density of DFFC

The final test is the constant current discharging. A constant discharging current is applied to the fuel cell, particularly in this case, current with value of -0.13[A] and the program finishes with the measurements when the voltage of the fuel cell drops to zero.

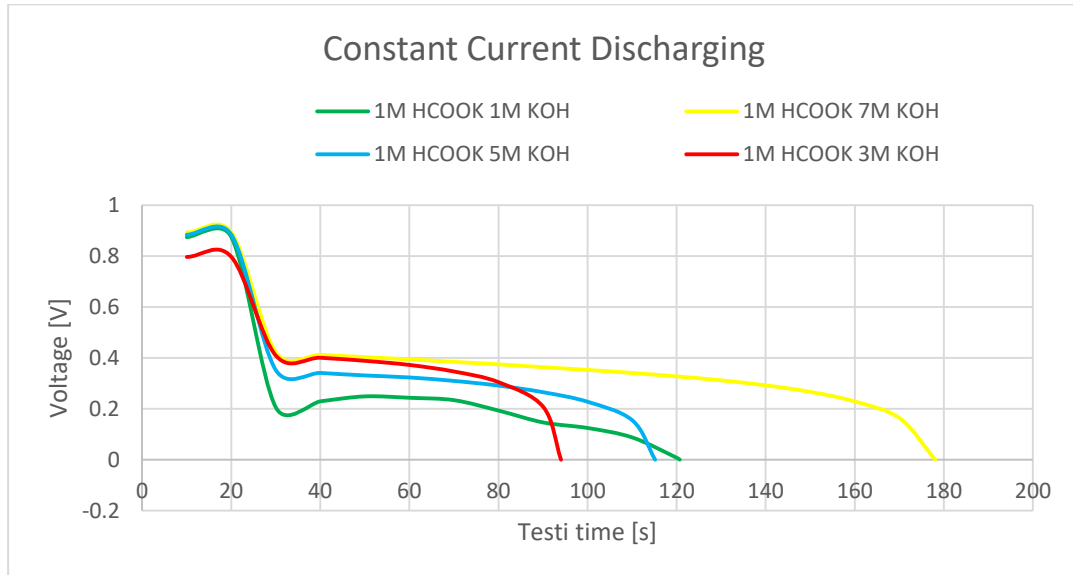


Figure 18. Constant Current Discharging

20 CONCLUSION

A passive Direct formate fuel cell was assembled and tested with different fuel concentration. The experimental results indicate that the open circuit voltage and the power density of the cell increase with the higher concentration of KOH and maximum power density of $11.5\text{ [mW/cm}^2\text{]}$ was achieved with 1 M HCOOK and 7 M KOH. Furthermore the results of the higher and lower KOH concentration shows a significant difference in the internal resistance of the fuel cell. Moreover, the

fuel cell performance is affected by various factors such as the pre-treatment, the materials, the operating conditions and as shown in this paper, the concentration of the fuel.

21 ACKNOWLEDGEMENT

The author would like to express appreciation to Dr. An Liang, the supervisor of this project for his contribution and encouragement throughout the project, Mr Xiang Yu Su for testing supervising and recommendations, as well as the Hong Kong Polytechnic University for providing the lab instruments and the materials needed for the testing.

22 USED LITERATURE

- [2] James Larminie and Andrew Dicks , “Fuel Cell Systems Explained” – Second Edition
- [3] John Newman and Karen E. Thomas Allyea , “Electrochemical systems”
- [4] Keith B. Oldham and Jan C. Myland, “Fundamentals of Electrochemical Science”
- [5] R.Chen, T.S. Zhao, J.G.Liu, “Effect of cell orientation on the performance of passive direct methanol fuel cells”

Петта студентска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ – СКЕЕОР 2017

Х. ЕНЕРГЕТСКИ ЕФИКАСНА ЖИВОТНА СРЕДИНА

Slobodan Tofiloski¹, Ana Tomikj²

¹Faculty of Natural Sciences and Mathematics Skopje

stofiloski@yahoo.com tomik_ana@hotmail.com

IMPLEMENTING REMOTE SENSING AS A TOOL OF MEASUREMENT OF AIR POLLUTION IN TETOVO

ABSTRACT

Tetovo was the most polluted town in Europe in 2016. According to the official data of the Health World Organisation, the air in the urban area of Tetovo contained 81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ of PM 2.5 particles annual mean. PM (Particulate Matter) is a complex mixture of very small particles and drops of liquid, which is transferred from the asphalt in the air. After inhalation, these particles could cause impairments of the heart and lungs, which could lead to serious health issues. This research compares the data of the PM 2.5 particles concentration collected from the ground measurement stations which measure the air quality in Tetovo, and the satellite footage of the town and its area. The aim of this research is to present the temporal and spatial fluctuations around the urban area surrounding Tetovo. There are certain correlations between the data collected from the measurement ground stations and the satellite footage, which lead to the conclusion that there is an opportunity for future appliance of this method for air pollution monitoring in the Republic of Macedonia.

Keywords: Air pollution, PM particles, Remote sensing, Tetovo.

1 INTRODUCTION

1.1 Particulate Matter 2.5 - origin and influence on health

Aerosols are the solid and liquid particles suspended in the atmosphere. The aerosol layer is generally an ensemble of particles of various composition, sizes and shapes. They can be seen as the amorphous haze that decreases visibility on polluted days, or the well-defined plumes of particles that rise out of a burning fire. The origin of these particles can be either natural or anthropogenic [1]. Most aerosols are produced and concentrated on the Earth's surface, near the production sources [2]. Sometimes, particles can reach higher altitudes and can be transported over long distances. Particles can be removed from the atmosphere by dry deposition, scavenging by precipitation, and evaporation [3].

Particles with an aerodynamic diameter below 2.5 μm (PM_{2.5}) are highly respirable and are a leading global environmental risk factor for premature mortality [4] [5]. According to the a recent research [6], particulate matter air pollution is a group 1 carcinogen to humans, adding to the known burden of disease from cardiovascular and respiratory morbidity. A recent study points to prenatal morbidity at levels below the present European Union annual limit of 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [5]. Long-term time series of spatially resolved PM_{2.5} on the global scale are needed to assess health impacts and inform policy decisions.

1.2 Types of aerosol observations

Aerosol observations can be divided into two broad categories: in situ and remote sensing. In situ measurements are made at the point of interest where the instrument is in direct contact with the

aerosol particles it measures. Remote sensing observes these particles from a distance without directly interfering with them [7]. Point measurements collected at monitoring sites are not necessarily representative of regional concentration alone. In recent years, application of satellite observation to surface air quality has advanced considerably [8] [9]. Global aerosol observations from satellite remote sensing could substantially improve estimates of population exposure to PM_{2.5}. Remote sensing methods can explore aerosol characterization and provide strong observation on model depictions of the aerosol distribution. All types of observations provide important information for models constraining, but only satellite remote sensing can observe and quantify the aerosols on a global scale [7].

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) and MISR (Multiangle Imaging Spectroradiometer) are instruments located on the National Aeronautics and Space Administration's (NASA) Terra satellite. They have been providing global observations of aerosol optical depth (AOD). AOD is a measure of light extinction by aerosol in the atmospheric column above the earth's surface. These observations monitor daily the global distribution of column-integrated aerosol. However, the applicability of AOD to surface air quality depends on several factors, including the vertical structure, composition, size distribution, and water content of atmospheric aerosol. Many studies have investigated the relationship between total-column AOD and surface PM_{2.5} measurements. Most have developed simple empirical relationships between these two variables [10] [11]. According to one research [12], the locally measured AOD–PM_{2.5} relationships cannot be replicated to other regions because of weather variations and aerosol composition. In order to do that unique, local, time-dependent AOD–PM_{2.5} relationships are necessary to infer global estimates of PM_{2.5}. Ground-based measurements of aerosol vertical profiles and properties have insufficient coverage to estimate global AOD–PM_{2.5} relationships.

1.3 Air pollution in Tetovo

This paper aims to include remote sensing in the measuring of the air pollution in Tetovo, Republic of Macedonia. The necessity of inclusion of this tool is of importance to our region is increasing. According to the World Health Organization [13], Tetovo had the worst PM_{2.5} air pollution in Europe with annual mean of 81 µg/m³. There is only one ground measuring station in Tetovo. The station is located in the courtyard of the elementary school “Sv. Cyril and Methodius”. Boulevard with high frequency of traffic is located only 5 meters from the station. 15-20 meters away from the station are housing buildings. The station is monitoring pollution from industrial facilities located at a distance of 600-700 meters [14].

2 METHODOLOGY

2.1 Satellite observations

The MODIS instrument measures a wide range of spatial and spectral information from its orbit aboard the Terra satellite. *There* are near-daily measurements and global coverage from the MODIS AOD retrieval [15]. The MISR instrument [16], which is also on board Terra, offers smaller spatial and spectral ranges, but views each scene on the earth from nine different angles. This additional angular information allows the MISR AOD retrieval [17] [18] to reduce algorithmic assumptions and retrieval bias, as well as obtain information about microphysical properties and plume heights in aerosol source regions [19]. Neither instrument can retrieve AOD in cloudy conditions. We used the MODIS BRDF/Albedo product (MOD43, Collection 6) to distinguish surface types.

2.2 Site description and data collection

Tetovo (42.0069° N, 20.9715° E) is a city in the northwestern part of Macedonia. It is surrounded by the Sar Mountain on the west and mountains Suva Gora and Zheden on the east, and divided by the Pena River. The municipality of Tetovo covers an area of 1,080 km² at 468 meters above sea level, with a population of 52,915 [20].

The observed data was analysed as a linear regression model with 58 observations. The observed data included the period from 1 July until 8 September 2017. The data format is a daily average value of PM 2.5 from the observed PM2.5 (OPM) collected from the ground station (GS) in Tetovo and the remote sensing observations on the Aerosol Optical Depth (AOD). OPM measurement data were downloaded from the data storage of Ministry of Environment and Physical Planning (MEPP) [14] AOD data were downloaded from the NASA EarthData Database [21]. The ground station, implemented by the MEPP, started with measuring of PM 2.5 from the beginning of July until the 8th September. Due to the failure in the ground station, there is a period of 10 days, 9th -20th September, where no data is available. From the data, 13 days are excluded because there was no data available from the ground measurement stations or from the remote sensing, as a result of technical issues with the measurement stations or clouds respectively.

2.3 Estimating PM2.5 from AOD and correlation between the Estimated PM2.5 (EPM) and Observed PM2.5 (OPM)

After we collected the satellite and surface data, we have created linear regression model, in order to determine the equation (relationship) between AOD and OPM data. OPM data was the dependent variable(y) and AOD data was the independent variable(x). The modeling was made in EViews with the following equation:

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x. \quad (1)$$

The next step was the estimation for PM 2.5 from Satellite AOD. This estimation was calculated according to the modeled equation above. The table of values is shown in results, and it is based on the estimated PM 2.5. Another regression model was created, where the Estimated PM 2.5 data was the dependent variable(y) and Observed PM 2.5 data was the independent variable(x).

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x. \quad (2)$$

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Results from linear regression model and estimation of PM 2.5

The first step of the modeling and estimation of PM 2.5 was to show the relationship between the AOD and the observed PM2.5 from the ground stations. Picture 1 shows a positive linear relationship between AOD and OPM2.5. The linear regression shows positive linear relationship between AOD as independent variable and OPM2.5 as dependent variable, defined in the following equation:

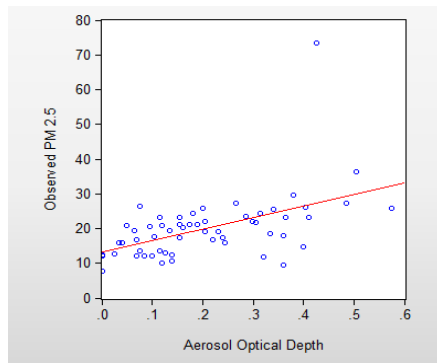
$$PM2.5 = 13.174 + 33.173 * AOD \quad (3)$$

Based on the equation above, we calculated the estimated PM 2.5, represented in Table 1 (see Annex). From this series we modeled a new linear regression. The result from the second linear regression model shows the relationship between the EPM2.5 as a dependent variable and the OPM 2.5 as independent variable. This is shown in Picture 2 and the equation below:

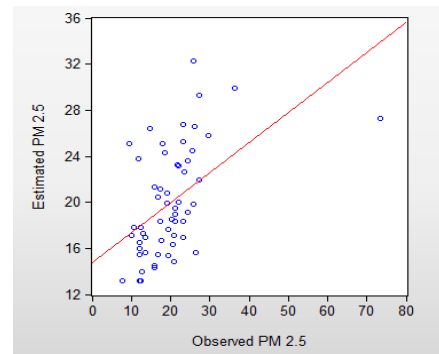
$$EPM\ 2.5 = 14.72 + 0.26 * OPM\ 2.5 \quad (4)$$

The Coefficient of correlation **r** is **0.511**, which indicates a moderate uphill (positive) correlation between the PM 2.5 from the ground measurement stations and the estimated PM 2.5 from the remote sensing. The coefficient of covariance **cov(x,y)** is **21.55**, which also indicates to positive relationship between the two variables. When most particles are concentrated and well mixed in the boundary layer, satellite AOD contains a strong signal of ground-level PM2.5 concentrations. In other words, they must be correlated to begin with [22].

Few researches used the same model [23] [24] [25]



Picture 1. Scatter Graph from Observed PM 2.5 and Aerosol Optical Depth

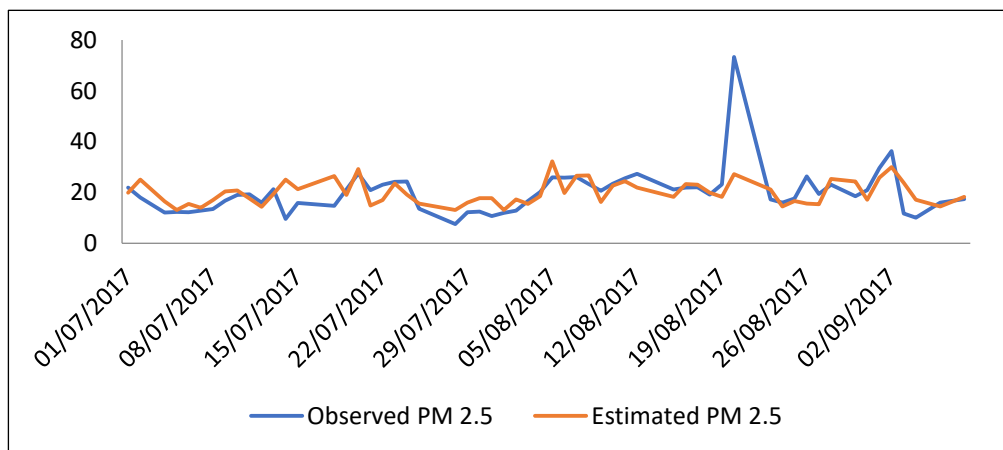


Picture 2. Scatter Graph from Observed PM 2.5 and Estimated PM 2.5

The results from the equation are indicating that there is weak correlation between the PM 2.5 from the ground measurement stations and the estimated PM 2.5 from the remote sensing. Implementation of standardised system for scientific gathering of remote sensing data and comparing it to the station measurement stations can possibly improve the quality and relevance of the results. According to our research, both methods showed certain discrepancies between each other and are not always providing reliable data. The combination of the two methods can lead to providing data for the days where the ground station are not working and visa versa, when there are no possibilities for reliable satellite images. Regression analysis provides the first approximation of surface PM_{2.5} mass concentration and air quality. Its accuracy depends on the used data and varies in space and time. Before using this method for quantitative analysis there is a need for data quality control, testing, and validation. The best conditions for *using* of this method is when the boundary layer is well mixed, there is no significant aerosol aloft, and in small particle dominated regions [26].

3.2 Conversion of PM 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ to AQI

The conversion of the results from the PM 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in AQI, for every value of the estimated PM_{2.5} and observed PM_{2.5}, was made with the AQI calculator [27]. Then we did a qualitative analysis of the AQI from estimated PM_{2.5} and observed PM_{2.5}. From the Observed PM 2.5 values, converted in AQI, according to the qualitative scale there are 2 days that were in the group “good”, 1 in the group “unhealthy for sensible people”, 1 in the group “unhealthy” and 54 in the group “moderate”. Every AQI value from the estimated PM 2.5 is “mediate”. From Picture 3 and Table 1(see Annex) we can conclude that 27 from the observed values are bigger than the estimated; and 31 from the estimated values are bigger than the observed.



Picture 3. Observed PM 2.5 and Estimated 2.5

The disadvantage of this method is that the big shifts of air pollution are diminished and the calculated estimated values do not incorporate this drastic changes. This is why all of 58 values from the EPM 2.5 are in the group “moderate”, even though we see correlation between the AOD and OPM 2.5.

Picture 4 (see Annex) represents satellite image of Macedonia only with the basic layers (Place Labels and Coastlines/Borders/Roads). On Picture 5 (see Annex) is shown an example of low values for AOD. In some images the AOD layer cannot be included because there are too many clouds blocking the sun radiance (Picture 6) (see Annex). Pictures 7, 8 and 10 represent moderate level of AQI (see Annex). The highest levels of AOD, according to the Terra/MODIS images, were measured on 20.08.2017 and 02.09.2017 (Pictures 9 and Picture 11) (see Annex). Converted to AQI units, they are 82 and 88 respectively, which is moderate level. According to the ground measurements for these two days, their AQI units are 159 and 109, which according to the EPA’s AQI scale are unhealthy (sensitive) and unhealthy, respectively.

4 CONCLUSION

In this work, we combined the attributes of several recent satellite-derived PM_{2.5} data sets to test the accuracy in estimates PM_{2.5} of remote sensing from 01.07.2017 through 08.09.2017. Our research shows that there is a positive correlation between the estimated and observed PM_{2.5} data, and the compared results showed us that the observed PM 2.5 values from the ground stations in some cases are overrated, and in some underrated.

A broad community requires globally consistent estimates of long-term PM_{2.5} exposure and changes over time. Satellite retrievals offer the most globally complete observationally based data source of this information, but improvements to these estimates are needed to reduce uncertainties.

5 REFERENCES

- [1] Ramanathan, V.C.P.J., Crutzen, P.J., Kiehl, J.T. and Rosenfeld, D. Aerosols, climate, and the hydrological cycle. *Science*, 294(5549), 2001. pp.2119-2124.
- [2] Andreae, M.O. and Crutzen, P.J. Atmospheric aerosols: Biogeochemical sources and role in atmospheric chemistry. *Science*, 276(5315), 1997. pp.1052-1058.
- [3] Seinfeld, J.H. and Pandis, S.N. *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*. John Wiley & Sons, 2016.
- [4] Dockery, D.W., Pope, C.A., Xu, X., Spengler, J.D., Ware, J.H., Fay, M.E., Ferris Jr, B.G. and Speizer, F.E. An association between air pollution and mortality in six US cities. *New England journal of medicine*, 329(24), 1993. pp.1753-1759.
- [5] Raaschou-Nielsen, O., Andersen, Z.J., Beelen, R., Samoli, E., Stafoggia, M., Weinmayr, G., Hoffmann, B., Fischer, P., Nieuwenhuijsen, M.J., Brunekreef, B. and Xun, W.W. Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). *The lancet oncology*, 14(9), 2013. pp.813-822.
- [6] Loomis, D., Grosse, Y., Lauby-Secretan, B., El Ghissassi, F., Bouvard, V., Benbrahim-Tallaa, L., Guha, N., Baan, R., Mattock, H. and Straif, K. The carcinogenicity of outdoor air pollution. *The lancet oncology*, 14(13), 2013. pp.1262-1263.
- [7] Lenoble, J., Remer, L. and Tanré, D. eds. *Aerosol remote sensing*. Springer Science & Business Media, 2013.
- [8] Hoff, R.M. and Christopher, S.A. Remote sensing of particulate pollution from space: have we reached the promised land?. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 59(6), 2009. pp.645-675.
- [9] Martin, R.V. Satellite remote sensing of surface air quality. *Atmospheric Environment*, 42(34), 2008. pp.7823-7843.

- [10] Engel-Cox, J.A., Holloman, C.H., Coutant, B.W. and Hoff, R.M. Qualitative and quantitative evaluation of MODIS satellite sensor data for regional and urban scale air quality. *Atmospheric Environment*, 38(16), 2004. pp.2495-2509.
- [11] Wang, J. and Christopher, S.A. Intercomparison between satellite-derived aerosol optical thickness and PM_{2.5} mass: implications for air quality studies. *Geophysical research letters*, 30(21). 2003.
- [12] Schaap, M., Timmermans, R.M.A., Koelemeijer, R.B.A., De Leeuw, G. and Builtjes, P.J.H. Evaluation of MODIS aerosol optical thickness over Europe using sun photometer observations. *Atmospheric Environment*, 42(9), 2008. pp.2187-2197.
- [13] World Health Organization. "WHO global urban ambient air pollution database (update 2016)." Geneva. Diunduh (2016).
- [14] Ministry of Environment and Physical Planning-Republic of Macedonia 2017, Skopje, http://air.moepp.gov.mk/?page_id=227&lang=en, accessed 1 October 2017.
- [15] Levy, R.C., Remer, L.A., Mattoo, S., Vermote, E.F. and Kaufman, Y.J. Second-generation operational algorithm: Retrieval of aerosol properties over land from inversion of Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer spectral reflectance. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2007. 112(D13).
- [16] Diner, D.J., Beckert, J.C., Reilly, T.H., Bruegge, C.J., Conel, J.E., Kahn, R.A., Martonchik, J.V., Ackerman, T.P., Davies, R., Gerstl, S.A. and Gordon, H.R. Multi-angle Imaging SpectroRadiometer (MISR) instrument description and experiment overview. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36(4), 1998. pp.1072-1087.
- [17] Diner, D.J., Braswell, B.H., Davies, R., Gobron, N., Hu, J., Jin, Y., Kahn, R.A., Knyazikhin, Y., Loeb, N., Muller, J.P. and Nolin, A.W. The value of multiangle measurements for retrieving structurally and radiatively consistent properties of clouds, aerosols, and surfaces. *Remote Sensing of Environment*, 97(4), 2005. pp.495-518.
- [18] Martonchik, J.V., Kahn, R.A. and Diner, D.J. Retrieval of aerosol properties over land using MISR observations. *Satellite Aerosol Remote Sensing Over Land*, 2009. pp.267-293.
- [19] Kahn, R.A., Nelson, D.L., Garay, M.J., Levy, R.C., Bull, M.A., Diner, D.J., Martonchik, J.V., Paradise, S.R., Hansen, E.G. and Remer, L.A. MISR aerosol product attributes and statistical comparisons with MODIS. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47(12), 2009. pp.4095-4114.
- [20] Census of Population, Households and Dwellings in the Republic of Macedonia, State statistical office-Republic of Macedonia, 2002.
- [21] NASA EarthData Database 2017, <http://worldview.earthdata.nasa.gov>, accessed 20 September 2017.
- [22] Liu, Y., Paciorek, C.J. and Koutrakis, P. Estimating regional spatial and temporal variability of PM_{2.5} concentrations using satellite data, meteorology, and land use information. *Environmental health perspectives*, 117(6), 2009. p.886.
- [23] Chu, D.A., Kaufman, Y.J., Zibordi, G., Chern, J.D., Mao, J., Li, C. and Holben, B.N. Global monitoring of air pollution over land from the Earth Observing System-Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2003. 108(D21).
- [24] Toth, T.D., Zhang, J., Campbell, J.R., Hyer, E.J., Reid, J.S., Shi, Y. and Westphal, D.L. Impact of data quality and surface-to-column representativeness on the PM_{2.5}/satellite AOD relationship for the contiguous United States. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 14(12), 2014. pp.6049-6062.
- [25] Su, T., Li, J., Li, C., Lau, A.K.H., Yang, D. and Shen, C. An intercomparison of AOD-converted PM_{2.5} concentrations using different approaches for estimating aerosol vertical distribution. *Atmospheric Environment*, 166, 2017. pp.531-542.
- [26] Van Donkelaar, A., Martin, R.V., Brauer, M., Kahn, R., Levy, R., Verduzco, C. and Villeneuve, P.J. Global estimates of ambient fine particulate matter concentrations from satellite-based aerosol optical depth: development and application. *Environmental health perspectives*, 118(6), 2010. p.847.
- [27] World Air Quality Index, <http://aqicn.org/calculator>, accessed 15 September 2017.

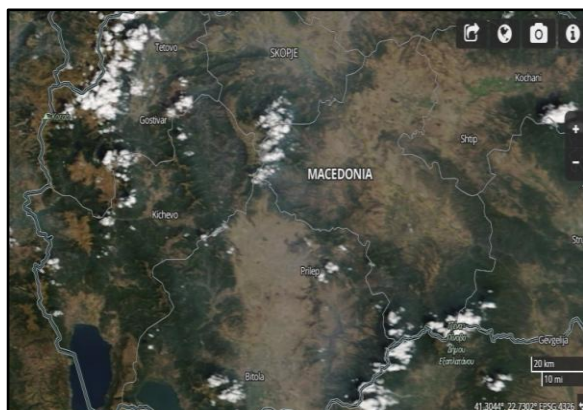
ANNEX

Table 3. Calculation of EPM and AQI values

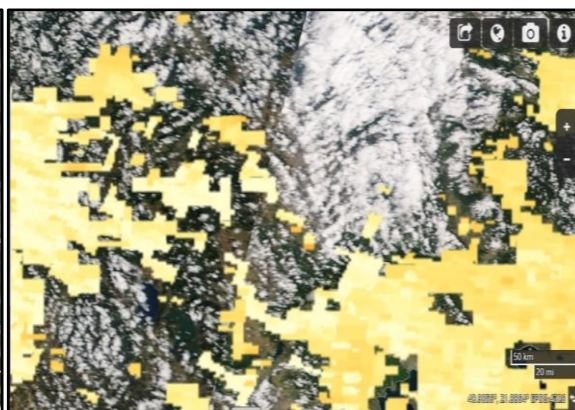
Date	Aerosol Optical Depth	Observed PM 2.5	Estimated PM 2.5	AQI Observed PM 2.5	AQI Estimated PM 2.5	AQI Observed PM 2.5 Category	AQI Estimated PM 2.5 Category
01.07.2017	0.205	21.96958333	19.97461384	71	67	moderate	moderate
02.07.2017	0.36	18.07	25.11646778	63	78	moderate	moderate
04.07.2017	0.1	12.10916667	16.49142246	50	60	moderate	moderate
05.07.2017	0	12.42041667	13.17409734	51	52	moderate	moderate
06.07.2017	0.07	12.24291667	15.49622492	51	57	moderate	moderate
07.07.2017	0.025	12.82	14.00342862	52	54	moderate	moderate
08.07.2017	0.115	13.5475	16.98902123	53	61	moderate	moderate
09.07.2017	0.22	16.74666667	20.47221261	60	68	moderate	moderate
10.07.2017	0.23	18.98333333	20.80394512	65	69	moderate	moderate
11.07.2017	0.135	19.29624583	17.65248625	66	62	moderate	moderate
12.07.2017	0.035	15.96791667	14.33516113	58	55	moderate	moderate
13.07.2017	0.19	21.25541667	19.47701507	70	66	moderate	moderate
14.07.2017	0.36	9.560833333	25.11646778	40	78	good	moderate
15.07.2017	0.245	15.89416667	21.30154389	58	70	moderate	moderate
18.07.2017	0.4	14.77916667	26.44339782	56	81	moderate	moderate
19.07.2017	0.175	21.19208333	18.9794163	70	65	moderate	moderate
20.07.2017	0.485	27.44540833	29.26312418	83	87	moderate	moderate
21.07.2017	0.05	20.92832917	14.8327599	69	56	moderate	moderate
22.07.2017	0.115	23.07916667	16.98902123	74	61	moderate	moderate
23.07.2017	0.315	24.250825	23.62367147	76	75	moderate	moderate
24.07.2017	0.18	24.2691625	19.14528256	76	65	moderate	moderate
25.07.2017	0.075	13.68791667	15.66209118	54	58	moderate	moderate
28.07.2017	0	7.631666667	13.17409734	32	52	good	moderate
29.07.2017	0.085	12.25125	15.99382369	51	58	moderate	moderate
30.07.2017	0.14	12.53291667	17.81835251	51	62	moderate	moderate
31.07.2017	0.14	10.76285714	17.81835251	45	62	moderate	moderate
01.08.2017	0	11.97541667	13.17409734	50	52	moderate	moderate
02.08.2017	0.125	12.92791667	17.32075374	52	61	moderate	moderate
03.08.2017	0.07	16.67791667	15.49622492	60	57	moderate	moderate
04.08.2017	0.16	20.21791667	18.48181753	67	64	moderate	moderate
05.08.2017	0.575	25.98540417	32.24871679	80	93	moderate	moderate

06.08.2017	0.201	25.82958333	19.84192083	79	67	moderate	moderate
07.08.2017	0.405	26.06833333	26.60926408	80	81	moderate	moderate
08.08.2017	0.41	23.28083333	26.77513034	74	81	moderate	moderate
09.08.2017	0.095	20.72380952	16.3255562	69	59	moderate	moderate
10.08.2017	0.285	23.42666667	22.62847393	74	73	moderate	moderate
11.08.2017	0.34	25.59708333	24.45300275	79	76	moderate	moderate
12.08.2017	0.265	27.36499444	21.96500891	83	71	moderate	moderate
15.08.2017	0.155	21.22625	18.31595128	70	63	moderate	moderate
16.08.2017	0.305	21.875	23.29193896	71	74	moderate	moderate
17.08.2017	0.3	22.06749583	23.1260727	71	74	moderate	moderate
18.08.2017	0.204	19.1929125	19.94144059	65	67	moderate	moderate
19.08.2017	0.155	23.25208333	18.31595128	74	63	moderate	moderate
20.08.2017	0.425	73.32541667	27.2727291	159	82	Unhealthy	moderate
23.08.2017	0.24	17.2686913	21.13567763	61	69	moderate	moderate
24.08.2017	0.04	16.0425	14.50102739	59	55	moderate	moderate
25.08.2017	0.105	17.69833333	16.65728872	62	60	moderate	moderate
26.08.2017	0.075	26.397075	15.66209118	81	58	moderate	moderate
27.08.2017	0.065	19.46708333	15.33035867	66	57	moderate	moderate
28.08.2017	0.365	23.09957917	25.28233403	74	78	moderate	moderate
30.08.2017	0.335	18.53416667	24.2871365	64	76	moderate	moderate
31.08.2017	0.12	20.94749583	17.15488748	69	61	moderate	moderate
01.09.2017	0.38	29.56749583	25.7799328	87	79	moderate	moderate
02.09.2017	0.505	36.22166667	29.9265892	102	88	Unhealthy (sens)	moderate
03.09.2017	0.32	11.72291667	23.78953773	49	75	moderate	moderate
04.09.2017	0.12	10.11874583	17.15488748	42	61	moderate	moderate
06.09.2017	0.04	15.99875	14.50102739	59	55	moderate	moderate
08.09.2017	0.155	17.41583333	18.31595128	62	63	moderate	moderate

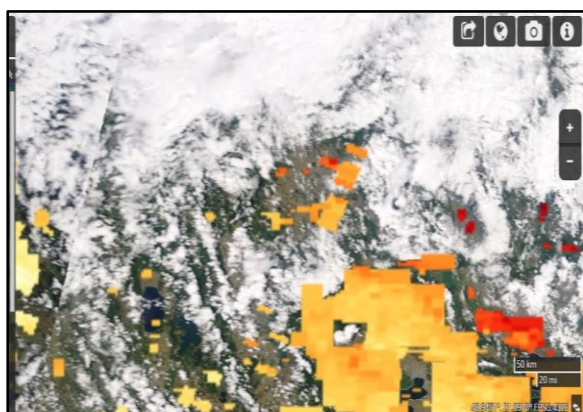
3.3.Remote sensing



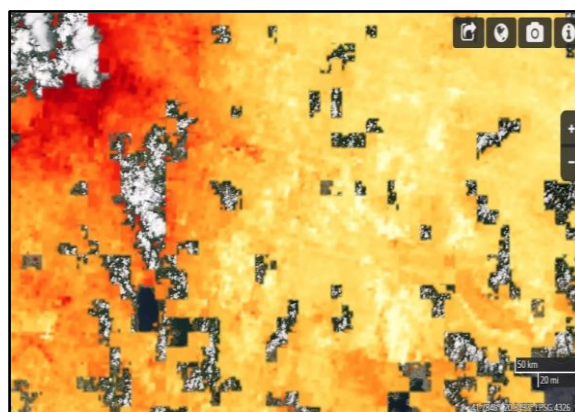
Picture 4. Map of Macedonia and Tetovo



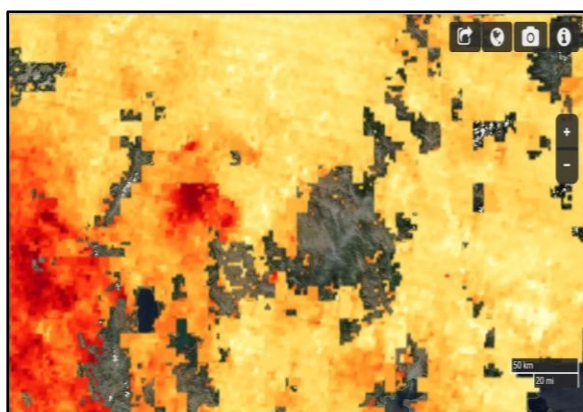
Picture 5. Satellite image - 28 July 2017 (Good)



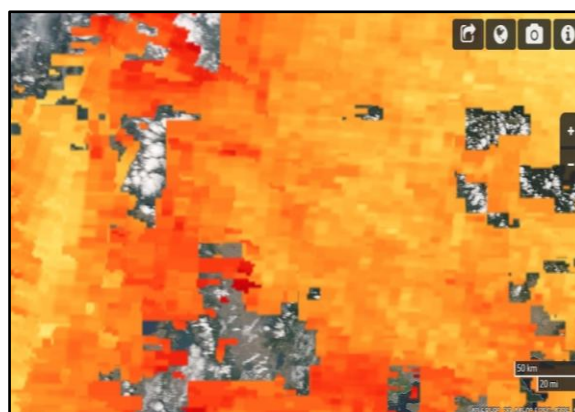
Picture 6. Satellite image - 03 July 2017 (Clouds)



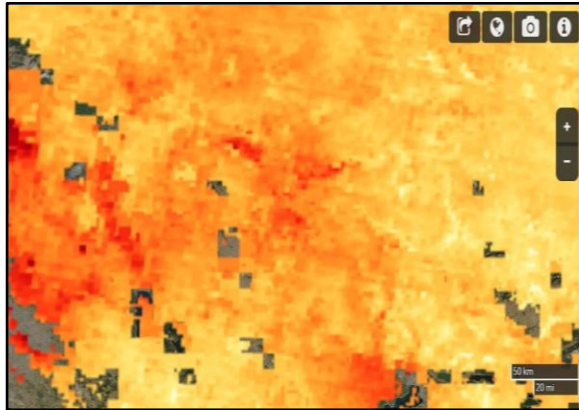
Picture 7. Satellite image - 20 July 2017 (Moderate)



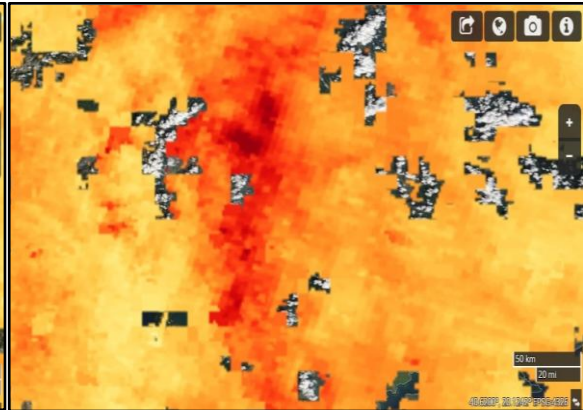
Picture 8. Satellite image - 05.08.2017 (high AOD)



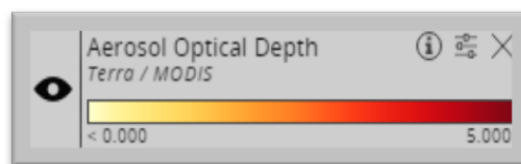
Picture 9. Satellite Image - 20.08.17 (Unhealthy)



**Picture 10. Satellite image 01.09.2017
(Moderate)**



**Picture 11. Satellite image - 02.09.2017
(Unhealthy)**



Picture 12. Legend of the satellite images

СПОНЗОРИ



КОМОРА НА ОВЛАСТЕНИ АРХИТЕКТИ И
ОВЛАСТЕНИ ИНЖЕНЕРИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА



DELTA PROJEKT

