

Удк 629-9

ISSN 1409 - 6048

ЕНЕРГЕТИКА

*ЕНЕРГЕТИКА *СТОПАНСТВО *ЕКОЛОГИЈА *ЕКОНОМИЈА

2022



ЗЕМЛAK

30 ГОДИНИ

ENERGETICS

129
година 29
2021
Децември

ИЗДАВА
ЗДРУЖЕНИЕ НА ЕНЕРГЕТИЧАРИТЕ НА
МАКЕДОНИЈА

PUBLISHED BY
ENERGETICS ASSOCIATION
OF MACEDONIA

Честитки
29

години
успешна
работа
ЗЕМАК



Ви
благодариме
драги
читатели
што
29 години
сте со нас

ГОД. **29** БР. **129** СТР. **1-76/2021**

ИЗДАВАЧКИ ОДБОР - PUBLISHING BOARD
Драган Мијалковски, Илија Хаџидаовски,
Ристо Јаневски

ГЛАВЕН И ОДГОВОРЕН УРЕДНИК:

УРЕДУВАЧКИ ОДБОР:

Дончо Коевски, Невенка Китева, Мирко Стојановски,
Славе Арменски, Љупчо Гаштеовски, Сотир
Пановски, Ставре Даневски, Нове Георгиевски,
Марјан Николов, Сања Поповска Василевска, Игор
Шешо, Павле Петровски, Душко Виларов.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Вангел Фуштиќ, Димитар Хаџи-Мишев, Панзо Андонов
Горѓе Качурков, Радомир Цветановски,
Љубомир Николовски, Радомир Цветановски,

ТЕХНИЧКИ УРЕДНИК:

Крешимир Манојловски

ПРЕВОД НА АНГЛИСКИ:

Л. Тасевска

Адреса на списанието:

Ул. "Даме Груев" бр. 14-а; 1000 Скопје,
Република Македонија, www.zemak.mk
e-mail: zemak@telekabel.net.mk; tel: ++389 2 2 401 733;

Списанието излегува пет пати годишно.

Ракописите и фотографиите не се враќаат

Претплата :

Годишна 1250 денари
Примерок 250 денари

ЖИРО СМЕТКА :

денарска 2 000 000 126 44 624-стоп. банка-Скопје
B. Account: STOB MK-2X Iban: MK07200001006979981

Печати : "2-ри Август"



EDITORIAL BOARD :

Donco Koevski, Ilija Hadzidaovski, Mirko Stojanovski, Slave
Armenski, Ljupcho Gashteovski, Sotir Panovski, Stavre Danevski,
Nove Georgievski, Marjan Nikolov, Sanja Pop.Vasilevska, Igor
Shesho, Pavle Petrovski, Dushko Vilarov.

RECENZIONS:

Dimitar Hadzi-Mishev, Gorge Kacurkov, Radomir Cvetanovski,
Ljubomir Nikolovski, Panzo Andonov, Vangel Fushtik.

TEHNICAL EDITOR:

Kreshimir Manojlovski

TRANSLATION IN ENGLISH:

L. Tasevska

Address:

Ul. " Dame Gruev " br. 14-a; 1.000 Skopje, www.zemak.mk
Republic of Macedonia, e-mail: info@zemak.com,
zemak@telekabel.net.mk; Phone:

Published half annual.

Manuscripts and prints are not given back.

SUBSCRIPTION:

Annual 20 EUR
Copy 4 EUR

GIRO ACCOUNT:

2.000.000 126 44 621-stop.bank-Skopje
B. Account: STOB MK-2X Iban: MK07200001006979981

Содржина

НУКЛЕАРНИ ЦЕНТРАЛИ СО МОДУЛАРНИ НУКЛЕАРНИ
ФИСИОНИ РЕАКТОРИ КАКО ПЕРСПЕКТИВА ЗА МАЛИ ЕЕС

Антон ЧАУШЕВСКИ,
Софија НИКОЛОВА-ПОЦЕВА

6

ОПТИМИЗАЦИЈА НА РАМЕН СОНЧЕВ КОЛЕКТОР СО
КОРИСТЕЊЕ НА ЕКСЕРГЕТСКИ МЕТОД
енергетика

Марија ЧЕКЕРОВСКИ,
Ристо ФИЛКОСКИ,
Тодор ЧЕКЕРОВСКИ,
Гоце СТЕФАНОВ

17

АПЛИКАЦИЈА НА ФОТОВОЛТАИЦИ ЗА ЕНЕРГЕТСКО
СНАБДУВАЊЕ НА КОМАНДНА ЗГРАДА ВО ВН
ТРАФОСТАНИЦА

Виолета КРСТИЌ ТАШЕВА,
Антон ЧАУШЕВСКИ

32

УПРАВУВАЊЕ СО РИЗИЦИТЕ ВО
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКОТО ПРОИЗВОДСТВО

М-р Димитар АРСОВ
Кристијан ЛОПАТИЧКИ, дипл. ел. инж.
Ќире ПЕТРЕВСКИ

40

астрономија

- Златнокосите ѕвезди се најдоброто место за
потрага по живот
- Астероид мина веднаш до Земјата без
воопшто да го приметиме
- НАСА планира две нови мисии до 2030 година

49

од областа на информатиката

- Веднаш избришете ги овие апликации
од вашиот „Android“ телефон!
- Научниците градат огромна кутија со
податоци во случај да изумре човештвото

53

екологија-економија

ИНТЕГРАЛЕН МОДЕЛ ЗА ЕКОНОМСКА И ЕКОЛОШКА
ЕВАЛУАЦИЈА НА ЕНЕРГЕТСКИТЕ ПРОЕКТИ

М-р Славица ТРАЈКОВСКА,
Дијана ЛИКАР, дипл. маш. инж.

55

МЕНАЏМЕНТ СИСТЕМИ ЗА УПРАВУВАЊЕ СО
ЕНЕРГЕТСКИ ОБЈЕКТИ - BUILDING ENERGY
MANAGEMENT SYSTEM (BEMS)

Вонр. проф. д-р Силвана АНГЕЛЕВСКА
Вонр. проф. д-р Цвете ДИМИТРИЕСКА
Ред. проф. д-р Зоре АНГЕЛЕВСКИ

63

МЕРКИ И НАСОКИ ЗА ЗАШТИНА НА
ЖИВОТНА СРЕДИНА ПРИ ГРАДБА НА
ХИДРОЕНЕРГЕТСКИ ПРОИЗВОДНИ КАПАЦИТЕТИ

м-р Драгица УСТАПЕТРОВА-АТАНАСОВА
проф. д-р Антон ЧАУШЕВСКИ

69

CONGRATULATIONS

29

years
successful
working
ZEMAK



We wish
to thank You
dear readers
that 29
You
have been
with Us

contents

NUCLEAR POWER PLANTS WITH MODULAR NUCLEAR FISSION
REACTORS AS A PERSPECTIVE FOR SMALL EPS

Anton CHAUSHEVSKI,
Sofija NIKOLOVA-POCEVA

6

energetics

OPTIMIZATION OF FLAT PLATE SOLAR COLLECTOR
USING EXERGETIC METHOD

Marija CEKEROVSKI,
Risto FILKOSKI,
Todor CEKEROVSKI,
Goce STEFANOV

17

APPLICATION OF PHOTOVOLTAICS FOR ENERGY
SUPPLY OF A COMMAND BUILDING IN HV SUBSTATION

Violeta KRSTIC TASHEVA,
Anton CHAUSHEVSKI

32

RISK MANAGEMENT IN ELECTRICITY PRODUCTION

Dimitar ARSOV, M.Sc
Kristian LOPATICKI, B.Sc. el. eng.
Kire PETREVSKI

40

astronomy

- Gold-plated stars are the best place to look for life
- The asteroid passed right next to Earth without us even noticing it
- NASA plans two new missions by 2030

49

news from the informatics

- Delete these applications from your Android phone immediately!
- Scientists are building a huge data box in case humanity dies

53

ecology-economy

INTEGRAL MODEL FOR ECONOMIC AND ECOLOGICAL
EVALUATION ON ENERGY PROJECTS

M-r Slavica TRAJKOVSKA,
Diana LIKAR, B.Sc

55

BUILDING ENERGY MANAGEMENT SYSTEM (BEMS)

Silvana ANGELEVSKA, PhD
Cvete DIMITRIESKA, PhD
Zore ANGELEVSKI, PhD

63

MEASURES AND GUIDELINES FOR ENVIRONMENTAL
PROTECTION DURING THE CONSTRUCTION OF HYDRO
ENERGY PRODUCTION CAPACITIES

1 Dragica USTAPETROVA-ATANASOVA, M.Sc.
2 Anton CAUSEVSKI, PhD

69



Здружение на енергетичарите на С.Македонија
ЗЕМАК

Збор два за
АКТУЕЛНИ НАСТАНИ

Почитувани членови, спонзори,
стручни соработници и поддржувачи на ЗЕМАК

Актуелните случувања во енергетската сфера, која преставува стратешки сегмент на државата, доведе до вклучување на алармот од неопходноста за инвестиции и реализација на планираните и нови проекти во енергетиката.

За одбележување е стратешката одлука на државата за учество во директната француска гринфилд инвестиција во соларниот парк „Стипион“ во близина на Штип, кој ќе се гради во текот на следната 2022 година на локацијата која беше предвидена за карго аеродромот во Штип. Ако на тоа ги додадеме и нашето учество во изградба на гасна централа кај Александрополис во Грција, во соработка со Грција и Бугарија, под главно покровителство на САД, која исто така е стратешка, како дека во моментот во фаза на градба се фотонапонски електрани преку принципот на поддршка со премиум тарифи, со инсталиран капацитет од 60 мегавати, а дел од нив се пуштени и во употреба, како и веќе изградената прва и најголема фотонапонска електрана од страна на ЕСМ со инсталиран капацитет од 10 мегавати и дека наредната година ќе почнат со изградба двете електрани од по 50 мегавати во Осломеј или вкупно 170 мегавати, тогаш тоа е показател дека работите се движат во вистинска насока.

НАЈСКАПА ЕНЕРГИЈА Е ТАА КОЈА ЈА
НЕМАШ

Ви посакуваме СРЕЌНИ НОВОГОДИШНИ И БОЖИЌНИ ПРАЗНИЦИ на Вас и Вашите најблиски, исполнети со МНОГУ ЗДРАВЈЕ, среќа, љубов, берикет, к'смет . .

ОСТАНЕТЕ ЗДРАВИ И СРЕЌНИ
Од претседателството на ЗЕМАК и

НУКЛЕАРНИ ЦЕНТРАЛИ СО МОДУЛАРНИ НУКЛЕАРНИ ФИЗИОНИ РЕАКТОРИ КАКО ПЕРСПЕКТИВА ЗА МАЛИ ЕЕС

Антон ЧАУШЕВСКИ,
Софија НИКОЛОВА-ПОЦЕВА

Факултет за електротехника и информациски технологии, УКИМ - Скопје



КУСА СОДРЖИНА

Во трудот е направена анализа на досегашните сознанија за развојот на нуклеарни енергетски постројки односно нуклеарни електрични центри со мали модуларни нуклеарни реактори на физија. Овие реактори всушност претставуваат перспектива за малите електроенергетски системи каде моќноста на производните единици се од неколку десетина до 300 MW.

Истражувањата се состојат во користење на досегашните сознанија од големите единици на нуклеарни енергетски реактори кои имаат историја на изградба и експлоатација во последните 50 години, како и користење на искуството на малите единици кои претежно се користат во пловните објекти како носачи на авиони, мразокршачи, воени бродови и др.

Целта е да се добијат комерцијални реактори кои би значело и помали инвестициски трошоци за инвеститорот, полено прилагодување на енергетските прилики во мрежата, а секако и полесна оперативност на централата. Во трудот е дадена и економска анализа на проект на когенеративна постројка со модуларен реактор во енергетски систем.



NUCLEAR POWER PLANTS WITH MODULAR NUCLEAR FISSION REACTORS AS A PERSPECTIVE FOR SMALL EPS

**Anton CHAUSHEVSKI,
Sofija NIKOLOVA-POCEVA**

Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies, UKIM - Skopje

ABSTRACT

The paper analyzes the current knowledge of the development of nuclear power plants with small modular fission nuclear reactors. These reactors are actually a perspective for small power systems where the power of the production units is from a few tens up to 300 MW.

The research in this field consists of using the current knowledge of large units of nuclear power reactors that have a history of construction and operation in the last 50 years, as well as using the experience of small units that are mostly used in vessels such as aircraft carriers, icebreakers, warships. The goal is to get commercial reactors that would mean lower investment costs for the investor, easier adaptation of energy opportunities in the network, and of course easier operation of the plant. The paper also presents an economic analysis of a cogeneration plant project with a modular reactor in a power system.

Key words: Small Modular Reactor, Electricity, Power, Nuclear, Fission

1. ВОВЕД

Во новите услови на енергетско опкружување каде императив е производство на чиста енергија и постигнување на енергетска одржливост, нуклеарната енергија се наметнува како сериозна опција за идниот развој на нови производни капацитети. Нуклеарната опција треба да ги задоволи потребата за флексибилно производство на електрична енергија за поширок опсег на корисници и апликации и се јавува како опција за замена на старите единици со фосилни горива, а секако може да се користи и за когенерација на електрична и топлинска енергија. Од аспект на безбедноста, е зголемена маргината преку користење на системи со пасивна безбедност. Од економски аспект, нуклеарните електрични центри (НЕЦ) со мали модуларни реактори (SMR – Small Modular Reactor) се подостапни заради помали инвестициони трошоци, а со модуларноста може да се имплементираат според енергетските потреби и финансиските можности. Иднината на НЕЦ со SMR се гледа и како имплементација на хибридни енергетски системи во кои се искористува нуклеарна енергија со енергијата од обновливи извори на енергија (ОИЕ). Затоа оваа технологија има перспектива во многу земји и енергетски системи.

2. СОСТОЈБА И ВИДОВИ НА НЕЦ СО МАЛИ МОДУЛАРНИ РЕАКТОРИ

Соочени сме со фактот дека во последните 20 години има стагнација во градба на нови нуклеарни енергетски реактори. Ова е последица како од двете нуклеарни несреќи (Чернобил и Фукушима), така и од тенденцијата на развој на новите технологии на ОИЕ и нивна интензивна масовна имплементација во енергетските системи. Меѓутоа од друга страна, соочени сме со фактот на стареење на постојните термо и нуклеарни енергетски капацитети и потреба од користење на чисти технологии кои не ја загадуваат животната средина. Прашањето е што претставува предизвик на пазарот на нуклеарна енергетска технологија во идниот период или во 21 век? Со масовната изградба на технологиите на ОИЕ потребни ќе бидат капацитети за базна енергија, меѓутоа и за следење на потребите на конзумент во спрега со варијабилноста на работа на ОИЕ, а посебно ветерниците (load following power plants). Исто така пазарот бара и когенерација на електрична енергија со топлинска енергија за други неелектрични цели (централно греење, процесна топлина во индустријата, десоленизација за добивање питка

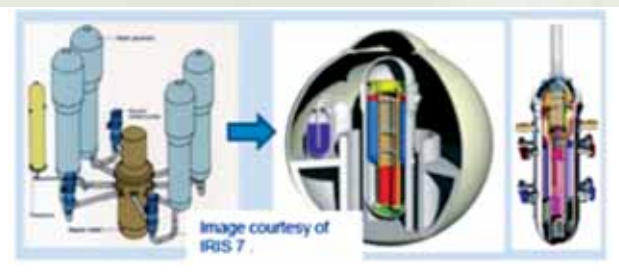
вода и др.). Развојот на нуклеарната технологија е и во насока на намалување на стакленичките гасови и CO₂ во атмосферата. Од технолошки аспект, се развиваат водни реактори на принцип на PWR BWR PHWR, како и гасни реактори HTGR односно ладени со гас и реактори ладени со течен метал. Овие реактори се со моќност од неколку десетина па се до 300 MWe.

3. ТЕХНОЛОГИИ НА РАЗВОЈ НА МАЛИТЕ МОДУЛАРНИ РЕАКТОРИ

Повеќе земји во светот кои имаат искуство со нуклеарната технологија вложуваат во истражувања во малите модуларни реактори [1]. Тука влегуваат САД, Русија, Кина и европските земји. Се користат искуствата од досегашните големи енергетски реактори (повеќе од 440 реактори), малите истражувачки реактори (повеќе од 500) и малите реактори кои се користат како погонско средство кај пловните објекти (над 400). Сите овие искуства служат да се реализираат новите дизајни на мали модуларни реактори и притоа применувајќи ги стандардите со најновите сознанија за подобрена сигурност и безбедност на работата кај нуклеарните постројки. На сл.1 и сл.2 е даден преглед на досегашните SMR реактори.

Како предност на SMR во однос на досегашните големи комерцијални енергетски нуклеарни реактори е во следните аспекти:

- **Симплификација во дизајнот со интеграција на системите.** Се елиминираат бројот и големината на составните делови како пумпи, вентили и цевки, а со тоа се намалува и поедноставува реакторскиот сад.



- **Подобрена сигурност.** Изградба на нуклеарната постројка на SMR под земја и потопена во вода, поголема сигурност и од сеизмолошки аспект,

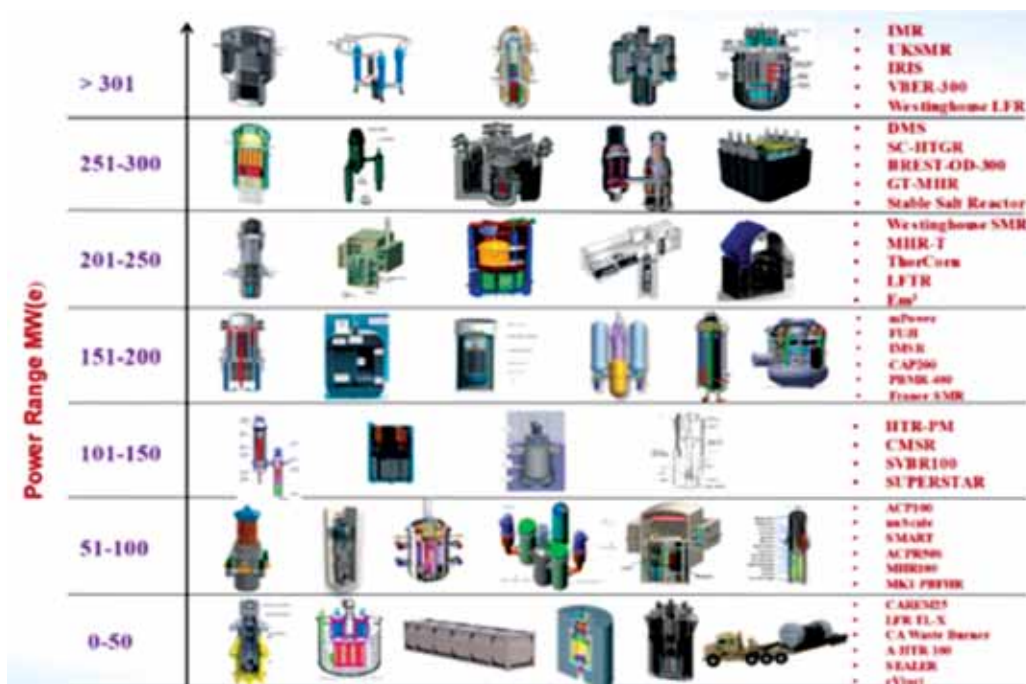
- **Модуларност.** Изградба на повеќе единици на иста локација. Поедноставност во изградба, намалување на потребните човечки

¹PWR - Pressurized Water Reactor, BWR – Boiling Water Reactor, PHWR - Pressurized Heavy Water Reactor,

²HTGR – High Temperature Gas Reactor



Слика 1. Мапа на земјите кои развиваат технологија на модуларни реактори



Слика 2. Селекција на реакторите по моќност (претставен е дизајнот) [1]

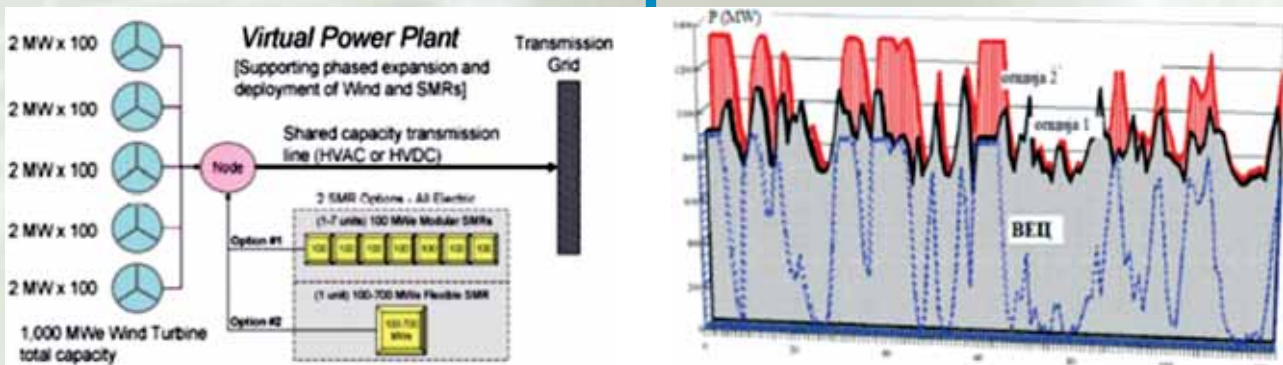


ресурси. Заради помалите димензии на елементите има и полесен транспорт од фабрикација до самата локација на централата.

- **Флексибилен режим на работа со следење на оптоварувањето во хибриден систем.** Ова значи работа на НЕЦ со SMR заедно во комплексен систем со ОИЕ [4], но притоа покривајќи ги потребите на потрошувачите со запазување на барањата на енергетските оператори.

На сл.3 е даден дизајн на хибриден систем со ветерен парк од 1000 MW и две опции на НЕЦ со SMR технологија, опција 1 на модуларни 7 единици секоја по 100 MW (вкупно 700 MW) и опција 2 на флексибилна една единица од 700 MW. Во првата опција модулите можат да се вклучуваат и исклучуваат според потребите, а во втората опција потребно е дизајнот на реакторот да овозможи флексибилен мод на оперативност според потребите.

производство на топлина може да се користи во: централно греење/ладење, загревање на земјоделски посеви во стакленици, добивање процесна топлина за индустријата, петрохемиска индустрија, десоленизација на вода (за добивање питка вода), рафинирање на нафтени и гасни продукти, производство на водород, производство на амоњак, енергетско складирање и др (сл.5).



Слика 3. Пример на хибриден енергетски систем од СМР и ВЕЦ со две опции на работа

Извор: ECDOC Report on Options to Enhance Energy Supply Security using Hybrid Energy System based on SMR – the contribution from EC JRC, Petten, Netherlands

3.1. Користење на малите реактори во когенеративни центри

Нуклеарните центри во когенеративна изведба (сл.4) овозможуваат оперативна флексибилност на работата помеѓу производството на електрична енергија и процесната топлина потребна за други неелектрични цели. Основниот модул е производство на електрична енергија, а останатите неелектрични цели за когенеративно

4. ЕКОНОМСКА АНАЛИЗА НА КОГЕНЕРАТИВНА НУКЛЕАРНА ПОСТРОЈКА

Во овој дел е направена економска анализа на нуклеарна енергетска постројка во когенеративна изведба со мала моќност, односно со SMR технологија. Моделирана е когенеративна нуклеарна постројка со следните податоци:

- *Инсталирана електрична моќност $P_{inst_el}=120$ MWe со годишно производство на електрична енергија од $W_{el}=960$ GWh;*

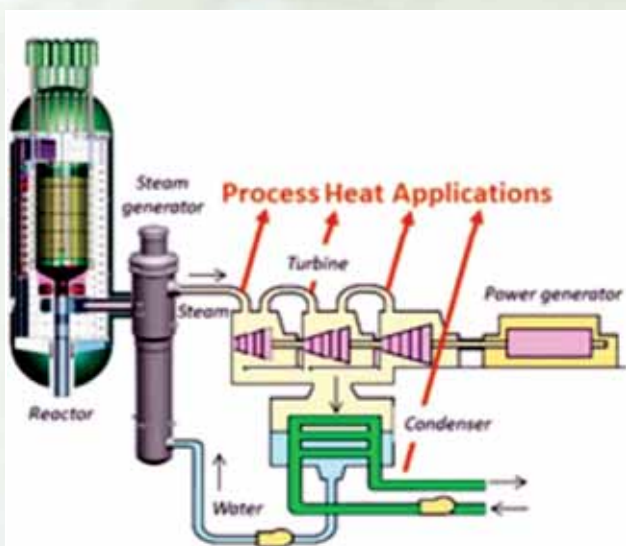
- *Инсталирана топлинска моќност за греење $P_{inst_th} = 100$ MWth со годишно производство на топлинска енергија од $W_{th}=300$ GWh;*

Економските параметри во анализите се следните:

- *Економски живот, работа на постројката од $T=40$ години без ревитализација;*

- *Дисконтна стапка од 5% и инфлација за пресметка на бенефитите и трошоците (Benefits and Cost) од 2% ;*

- *Инвестиција за инсталирана електрична моќност 5000 €/kW а за термичка излезна моќ-*



Слика 4. Нуклеарен реактор во когенеративна изведба



Слика 5. Користење на SMR за неелектрични цели (температура потребна на одредени процеси)

ност 500 €/kW, или вкупна инвестиција од 600M€ +50M€ = 650M€;

- Заем на 10 години со 4% камата;

Во таб.1 и таб.2 соодветно е даден преглед на трошоците и добивката од когенеративната постројка во енергетскиот систем.

Табела 1. Годишни трошоци (COSTS) на когенеративната нуклеарна постројка

Вариабилни O&M	12€/MWh	15.12M€
Фиксни O&M	10000€/MW-год	1.2M€
Гориво	83000€/MW-год	10.0M€
Декомисија	10€/MWh	12.6M€
ВКУПНО		38.92M€

Табела 2. Годишни добивки (BENEFITS) од електрична и топлинска енергија со еко субвенции

Електрична енергија	60€/MWh	57.6M€
Топлинска енергија	40€/MWh	12.0M€
Субвенција за екологија	20€/MWh	25.2M€
ВКУПНО		94.8M€

Врз основа на економските параметри е направена пресметка на нето сегашната вредност (NPV) со релација (1) и односот добивка/трошоци (B/C) со релација (2):

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_{life}} \frac{Benefit(j)}{\left(1 + \frac{d_r}{100}\right)^t} - \sum_{t=1}^{T_{life}} \frac{Cost(i)}{\left(1 + \frac{d_r}{100}\right)^t} \quad (1)$$

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^{T_{life}} \frac{Benefit(j)}{\left(1 + \frac{d_r}{100}\right)^t}}{\sum_{t=1}^{T_{life}} \frac{Cost(i)}{\left(1 + \frac{d_r}{100}\right)^t}} \quad (2)$$

j = ставка на добивка од ел.енергија, топл.енергија и еко субвенции

i = ставка на трошоците со инфлација, O&M, гориво, декомисија

4.1. Економска анализа на когенеративна постројка

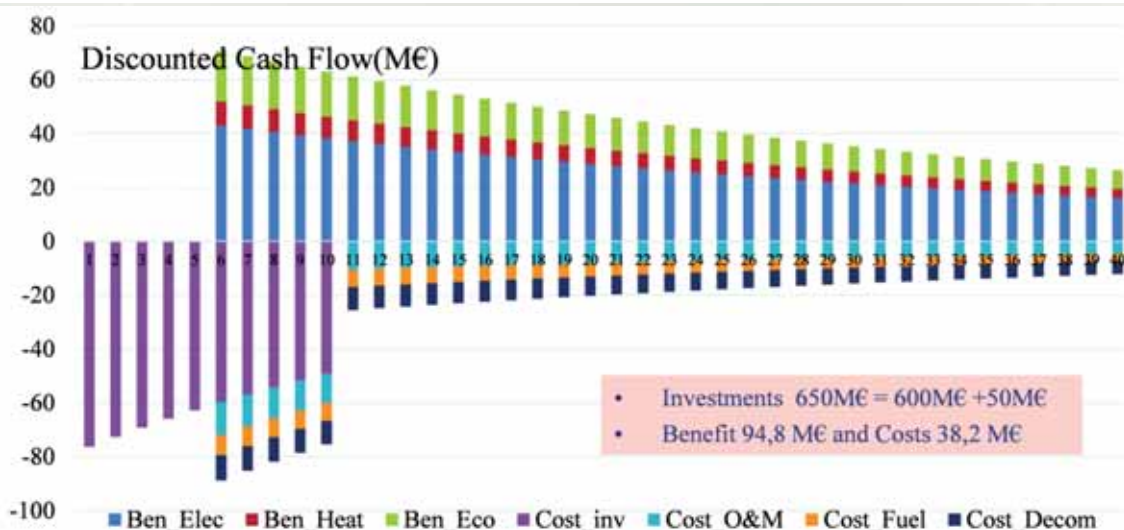
Со период на градба од 5 години, дисконираниите текови на паричните единици на трошоците и добивките за 40 години се дадени на графикот од Слика 6.

Економските индикатори се следните:

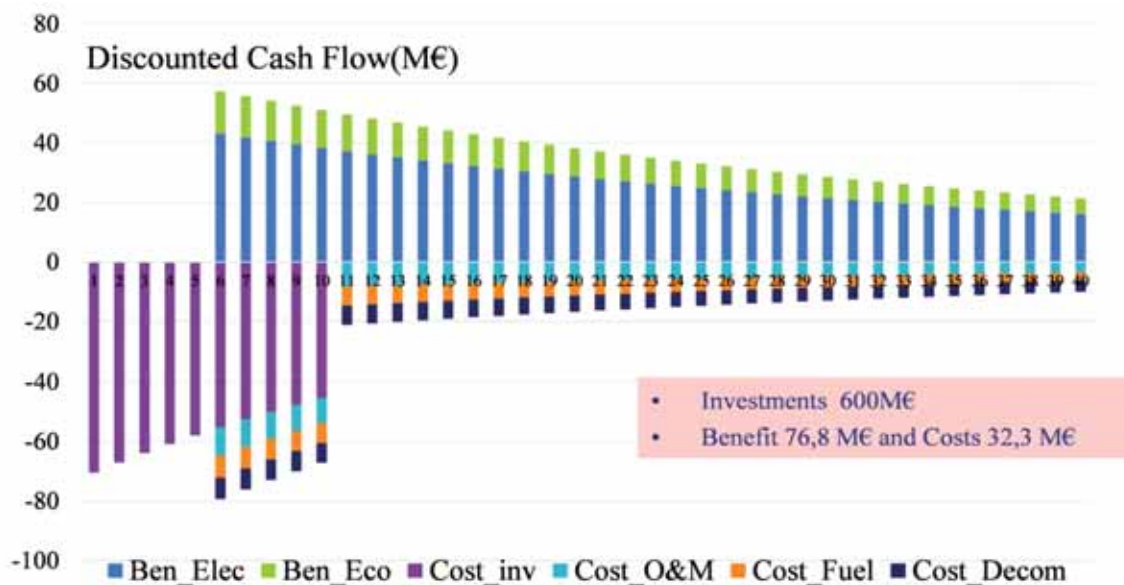
- нето сегашната вредност NPV= 279 M€ за 40 години;
- односот добивка/трошоци B/C=1,21;
- време на поврат на инвестицијата PBP= 24 години;
- внатрешна стапка на рентабилност IRR = 8,6 % (NPV=0 за 40 год.).

4.2. Економска анализа на производство само на електрична енергија

Ако постројката работи само за производство на електрична енергија, дисконираниите текови на паричните единици на трошоците и добивките за 40 години се дадени на графикот од Слика 7..



Слика 6. Дисконирани трошоци и добивки за когенеративната нуклеарна постројка



Слика 7. Дисконирани трошоци и добивки за електрична нуклеарна постројка

Економските индикатори се следните:

- **нето сегашната вредност NPV= 145 M€ за 40 години;**
- **односот добивка/трошоци B/C=1,13;**
- **време на поврат на инвестицијата PBP = 30 години;**
- **внатрешна стапка на рентабилност IRR = 6,7 % (NPV=0 за 40 год.),.**

Секако дека подобри економски параметри покажува работата како постројката во когенеративен режим за производство на електрична и топлинска енергија.

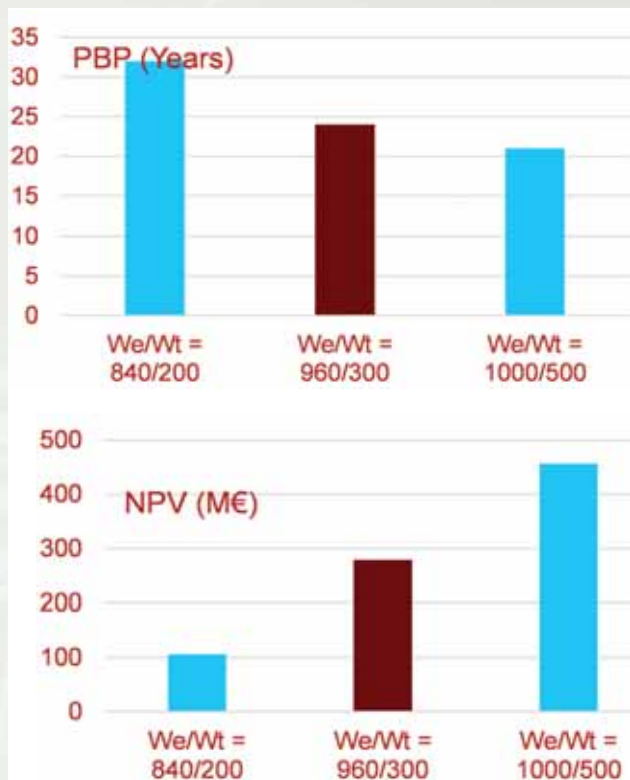
4.3. Сензитивна економска анализа на когенеративна нуклеарна постројка

Направена е сензитивна анализа на влијание на одредени параметри врз економските показатели. Најпрво е направена анализа на влијание на произведената електрична и топлинска енергија.

На графициите е истакнат случајот кој се

Табела 3. Зависност на економските показатели од ел./топл. енергија

	NPV (M€)	B/C	PBP (год.)	IRR (%)
We/Wt = 840/200	106	1.08	32	6.2
We/Wt = 960/300	279	1.21	24	8.6
We/Wt = 1000/500	457	1.32	21	10.2



Слика 8. Време на поврат на инвестицијата и нето сегашната вредност

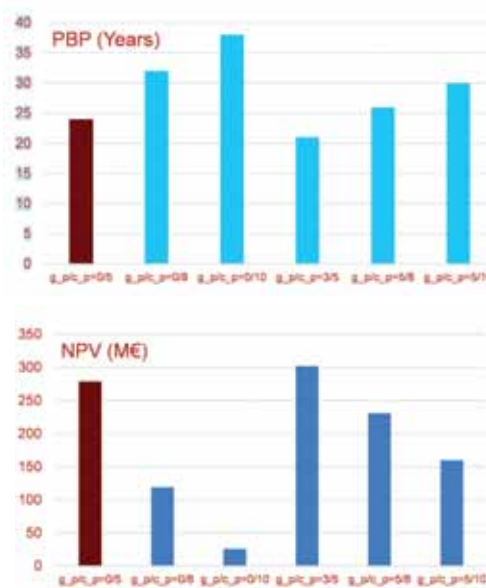
Табела 4. Зависност на економските показатели од односот грејс период/период на градба

g p/c p=0/5	NPV (M€)	B/C	PBP (год.)	IRR (%)
g p/c p=0/8	279	1.21	24	8.6
g p/c p=0/10	119	1.1	32	6.1
g p/c p=3/5	26	1.02	38	5.1
g p/c p=5/8	302	1.26	21	10
g p/c p=5/10	231	1.23	26	8.8
g p/c p=5/10	160	1.165	30	7.4

разгледа претходно. Јасно е дека најдобри економски показатели се добиваат доколку грејс периодот (g_p) е подолг, а периодот на градба покус (c_p).

5. ЗАКЛУЧОК

Нуклеарната енергетика се очекува да биде сериозна конкуритивна опција за идниот енергетски развој на електроенергетските системи. Целта за постигнување на целосна декарбонизација на енергетскиот сектор, покрај технологиите од ОИЕ е можно со имплементација на нуклеарната технологија. Секако новите реактори треба да бидат крајно усовершени како од технолошки, така и од безбедносен аспект. Реакторите со мали моќности имаат предност во однос на големите заради нивната пониска инвестициона вредност,



Слика 9. Време на поврат на инвестицијата и нето сегашната вредност

флексибилност и модуларноста кои се предности во однос на големите енергетски реактори. Ова е посебно важно за малите ЕЕС и во насока на замена на старите технологии на производни капацитети на јаглен како базни единици за енергетско напојување. Со технологиите на малите енергетски реактори ќе се намалат и емисиите во атмосферата, односно се зачувува и животната средина. Трудот претставува преглед на развојот на SMR технологијата, со што се очекува истата да биде комерцијално достапна во следните 5 до 10 години.

6. РЕФЕРЕНЦИИ

- [1] Advances in Small Modular Reactor Technology Development, A Supplement to IAEA ARIS, 2018 Edition, Vienna.
- [2] NES Technology Roadmap for Small Modular Reactor Deployment, IAEA TECDOC.
- [3] Status of Approaches for Environmental Impact Assessment for SMR Deployment, IAEA TECDOC.
- [4] Options to Enhance Energy Supply Security using Hybrid Energy Systems, IAEA TECDOC.
- [5] Sharon Squassoni, Nuclear Energy: Rebirth or Resuscitation?, 2009 Carnegie Endowment for International Peace.