

**ЗДРУЖЕНИЕ НА ЕНЕРГЕТИЧАРИТЕ
НА С. МАКЕДОНИЈА**



**MACEDONIAN ENERGY
ASSOCIATION**

**МЕЃУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЈА
“ЕНЕРГЕТИКА 2020”**

**INTERNATIONAL CONFERENCE
“ENERGETICS 2020”**

Зборник на реферати
Conference proceedings

WEBINAR
01 - 01, Октомври, 2020

WEBINAR
01 - 02, October, 2020



Советување: МЕЃУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЈА "ЕНЕРГЕТИКА 2020"

**Организација: ЗДРУЖЕНИЕ НА ЕНЕРГЕТИЧАРИТЕ
НА МАКЕДОНИЈА**

Уредник:

Крешимир МАНОЈЛОВСКИ

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

620.9(062)

МЕЃУНАРОДНА конференција "Енергетика 2020" (2020 ; Webinar)
Зборник на реферати / Меѓународно конференција "Енергетика 2020",
Webinar, 01-02 Октомври 2020 = International conference "Energetics
2020", Webinar, 01-02 Oktober 2020 ; [главен уредник Крешимир
Манојловски]. - Скопје : Здружение на енергетичарите на
С.Македонија ЗЕМАК = Skopje : Association of energy department
engineers of Macedonia, 2018. - 2 св. (800 стр.) : илустр. ; 24 см

Дел од трудовите на англ. јазик. - Библиографија кон одделни трудови

ISBN 978 608-4764-02-1 (кн. 1)

ISBN 978-608-4764-03-8 (кн. 2)

I. International symposium "Energetics 2020" (2020 ; Webinar) види
Меѓународно советување "Енергетика 2020" (2020 ; Webinar)

а) Енергетика - Собири

COBISS.MK-ID 97061386

Печати: "2-ри Август" - Штип

ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР

ORGANIZING BOARD

Игор Шешо,

Претседател

Igor Shesho,

Chairman

Членови

Благој Гајдарџиски
Драган Мијалковски
Илија Хаџидаовски
Катерина Димовски
Беќаровска Елеонора

Members

Blagoj Gardajdziski
Dragan Mijalkovski
Ilija Hadzidaovski
Katerina Dimovski
Eleonora Bekarovska

МЕЃУНАРОДЕН ПРОГРАМСКИ ОДБОР

INTERNATIONAL PROGRAMME BOARD

Проф. Вангел Фушгиќ - Претседател
(С.Македонија)

Prof. Vangel Fustik - Chairman
(N.Macedonia)

Проф. Славе Арменски - Потпретседател
(С.Македонија)

Prof. Slave Armenski - Vice Chairman
(N.Macedonia)

Членови

Members

Проф. Петар Гверо (Босна и Херцеговина)
Акад. Глигор Каневче (С.Македонија)
Проф. Харалд Вебер (Германија)
Проф. Антон Чаушевски (С.Македонија)
Проф. Зоран Марков (С.Македонија)
Проф. Марјан Попов (Холандија)
Проф. Атанас Илиев (С.Македонија)
Проф. Магдалена Крстаноски (САД)
Проф. Невенка К.Роглева (С.Македонија)
Проф. Пламен Граматиков (Бугарија)
Проф. Софија Николова Поцева (С.Македонија)
Проф. Имер Зенку (С.Македонија)
Проф. Никола Попов (Канада)
Проф. Ристо Филкоски (С.Македонија)
Проф. Марко Цепин (Словенија)
Проф. Сотир Пановски (С.Македонија)
Проф. Даме Димитровски (С.Македонија)
Проф. Велимир Стефанович (Србија)
Проф. Димитар Димитров (С.Македонија)

Prof. Petar Gvero (Bosnia & Hercegovina)
Acad. Gligor Kanevce (North Macedonia)
Prof. Dr. Harald Weber (Germany)
Prof. Anton Causevski (North Macedonia)
Prof. Zoran Markov (North Macedonia)
Prof. Marjan Popov (Netherlands)
Prof. Atanas Iliev (North Macedonia)
Prof. Magdalena Krstanoski (USA)
Prof. Nevenka K. Rogleva (North Macedonia)
Prof. Plamen Gramatikov (Bulgaria)
Prof. Sofija Nikolova Poceva (North Macedonia)
Prof. Imer Zenku (North Macedonia)
Prof. Nikola Popov(Canada)
Prof. Risto Filkoski (North Macedonia)
Prof. Marko Cepin (Slovenija)
Prof. Sotir Panovski (North Macedonia)
Prof. Dame Dimitrovski (North Macedonia)
Prof. Velimir Stefanovich (Serbia)
Prof. Dimitar Dimitrov (North Macedonia)

**ТЕ-ТО ЖЕЛЕЗАРА ПРОШИРУВАЊЕ КОН-
ЗУМ, ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ, ЛАДИЛ-
НА КУЛА И ЦЕНТРАЛНО ЛАДЕЊЕ ЛЕТЕ**

Душко Виларов, Шпреса Дургуги
АД ЕСМ Подружница Енергетика –
Скопје,.....**147**

**TE-TO ZHELAZARA CONSUMER EXPAN-
SION, ENERGY EFFICIENCY, REFRIGERA-
TION TOWER AND CENTRAL COOLING SUM-
MER**

Dushko Vilarov, Shpresa Durguti
AD ESM Subsidiary Energetika - Skopje**147**

**МОДЕЛ ЗА КРАТКОРОЧНО ПЛАНИРАЊЕ НА
РЕЖИМИТЕ НА РАБОТА НА КАСКАДНИ
ХИДРОЕЛЕКТРИЧНИ ЦЕНТРАЛИ**

Софија Николова-Поцева,
Антон Чаушевски
Факултет за електротехника и информа-
циски технологии, УКИМ - Скопје**159**

**MODEL FOR SHORT-TERM PLANNING OF
OPERATING MODES OF CASCADE
HYDROPOWER PLANTS**

Sofija Nikolova-Poceva, Anton Chaushevski
Faculty of Electrical Engineering and Information
Technologies, UKIM - Skopje**159**

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

Антон Чаушевски,
Софија Николова-Поцева
Факултет за електротехника и информа-
циски технологии, УКИМ -Скопје.....**171**

**NUCLEAR POWER PLANTS WITH MODULAR
NUCLEAR FISION REACTORS AS A PER-
SPECTIVE FOR SMALL EPS**

Anton Chaushevski,
Sofija Nikolova-Poceva
Faculty of Electrical Engineering and Information
Technologies, UKIM Skopjea.....**171**

**АЛТЕРНАТИВНИ ИЗВОРИ ЗА СНАБДУВА-
ЊЕ СО ИНДУСТРИСКА ВОДА ВО ТС ЈУГ**

Драги Цветковски, Душко Виларов
АД ЕСМ Подружница Енергетика – Скопје
.....**185**

**ALTERNATIVE SOURCES FOR SUPPLY
INDUSTRIAL WATER IN TS SOUTH**

Dragi Cvetkovski, Dushko Vilarov
AD ESM Subsidiary Energetika - Skopje**185**

**ПРЕДИЗВИЦИ ВО РАЗВОЈОТ НА ИТЕР
ФУЗИОНИОТ НУКЛЕАРЕН РЕАКТОР КАКО
ИДНА ТЕХНОЛОГИЈА ЗА ПОКРИВАЊЕ НА
ЕНЕРГЕТСКИТЕ ПОТРЕБИ**

Никола Маркоски¹, Антон Чаушевски²
¹ Магистер на Техничкиот Универзитетот
во Минхен, Одел за физика на плазма
² Факултет за електротехника и информа-
циски технологии**193**

**CHALLENGES IN THE DEVELOPMENT OF
THE ITER FUSION NUCLEAR REACTOR AS A
FUTURE TECHNOLOGY FOR COVERING THE
ENERGY NEEDS**

Nikola Markoski¹, Anton Chaushevski²
¹ Master at the Technical University of Munich,
Department of Plasma Physics
² Faculty of Electrical Engineering and
Information Technologies**193**

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

Антон Чаушевски, Софија Николова-Поцева

*Факултет за електротехника и информациски технологии, УКИМ -
Скопје*

e-mail(s): caus@feit.ukim.edu.mk, nsofija@feit.ukim.edu.mk,

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

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 фисија. 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 прилогодување 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.

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

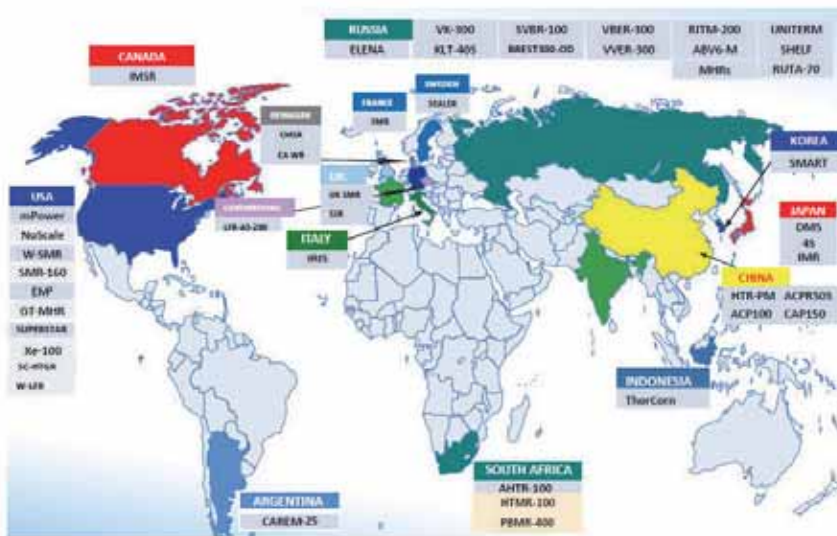
Соочени сме со фактот дека во последните 20 години има стагнација во градба на нови нуклеарни енергетски реактори. Ова е последица како од двете нуклеарни несреќи (Чернобил и Фукушима), така и од тенденцијата на развој на новите технологии на ОИЕ и нивна интензивна масовна имплементација во енергетските 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 конзумот 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 PHWR¹, како и гасни реактори HTGR² 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

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

² HTGR – High Temperature Gas Reactor

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.



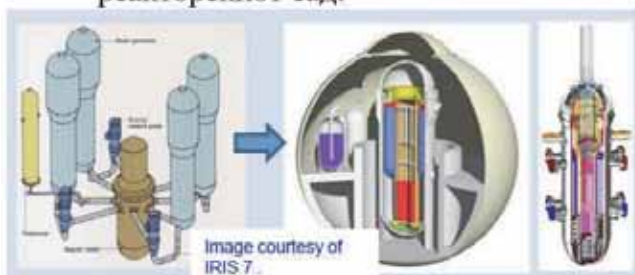
Сл. 1. Мапа на земјите кои развиваат технологија на модуларни реактори

Power Range MW(e)	> 301		<ul style="list-style-type: none"> • IMR • UKSMR • IRIS • VBER-300 • Westinghouse LFR
	251-300		<ul style="list-style-type: none"> • DMS • SC-HTGR • BREST-OD-300 • GT-MHR • Stable Salt Reactor
	201-250		<ul style="list-style-type: none"> • Westinghouse SMR • MHR-T • ThorCon • LFTR • Eon²
	151-200		<ul style="list-style-type: none"> • nPower • FUEL • DMSR • CAP200 • PBMR-400 • Franco SMR
	101-150		<ul style="list-style-type: none"> • HTR-PM • CMSR • SVBR100 • SUPERSTAR
	51-100		<ul style="list-style-type: none"> • AC7100 • nScale • SMART • AC70000 • MED100 • SB3 PRISM
0-50		<ul style="list-style-type: none"> • CAREM25 • LFR TL-X • CA Waste Burner • A-HTR 100 • SEALER • e3Mini 	

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

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.

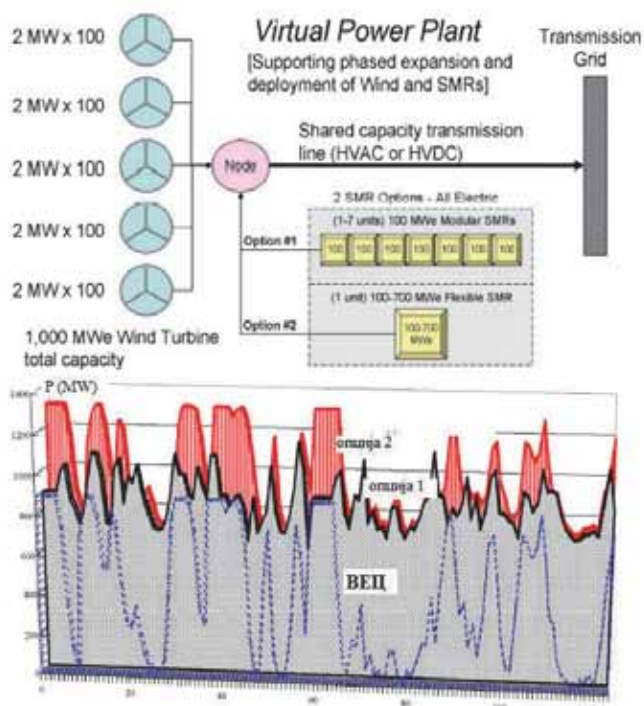


- Подоброена сигурност. Изградба на нуклеарната постројка на SMR под земја и потопена во вода, поголема сигурност и од сеизмолошки аспект,



Image courtesy of
NuScale Power Inc.

- Модуларност. Изградба на повеќе единици на иста локација. Поедноставност во изградба, намалување на потребните човечки ресурси. Заради помалите димензии на елементите има и полесен транспорт од фабриката до самата локација на централата.
- Флексибилен режим на работа со следење на оптоварувањето во хибриден систем. Ова значи работа на НЕС со SMR заедно во комплексен систем со ОИЕ [4], но притоа покривајќи ги потребите на потрошувачите со запазување на барањата на енергетските оператори.



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

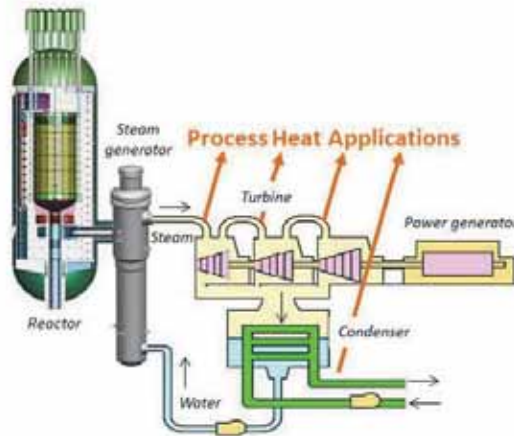
Извор: ECDOC Report on Options to Enhance Energy Supply Security using Hybrid Energy System based on SMR – the contribution from EC JRC, Petten, Netherlands

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.

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 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).



Сл. 4. Нуклеарен реактор во когенеративна изведба



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

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 моќност $500\ €/kW$, 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

Варијабилни 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		38.92 M€

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

Електрична енергија	60 €/MWh	57,6 М€
Топлинска енергија	40 €/MWh	12,0 М€
Субвенција за екологија	20 €/MWh	25,2 М€
ВКУПНО		94,8 М€

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):

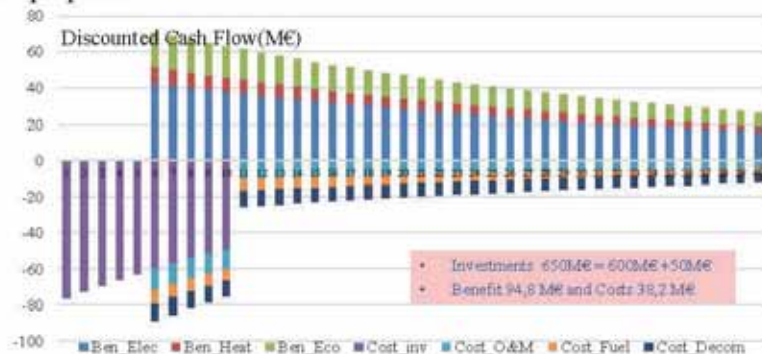
$$NPV = \sum_{t=1}^{T_{life}} \frac{Benefit(j)}{\left(1 + \frac{dr}{100}\right)^t} - \sum_{t=1}^{T_{life}} \frac{Cost(i)}{\left(1 + \frac{dr}{100}\right)^t} \quad (1)$$

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

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, дисконираните текови на паричните единици на трошоците и добивките за 40 години се дадени на следниот график.



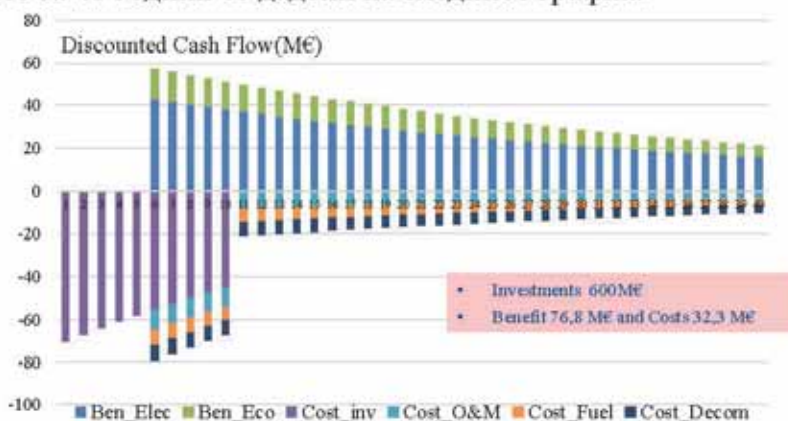
Сл. 6. Дисконирани трошоци и добивки за когенеративната нуклеарна постројка

Економските индикатори се следните:

- нето сегашната вредност NPV= 279 М€ 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 следниот график.



Сл. 7. Дисконирани трошоци и добивки за електрична нуклеарна постројка

Економските индикатори се следните:

- нето сегашната вредност NPV= 145 М€ 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.).

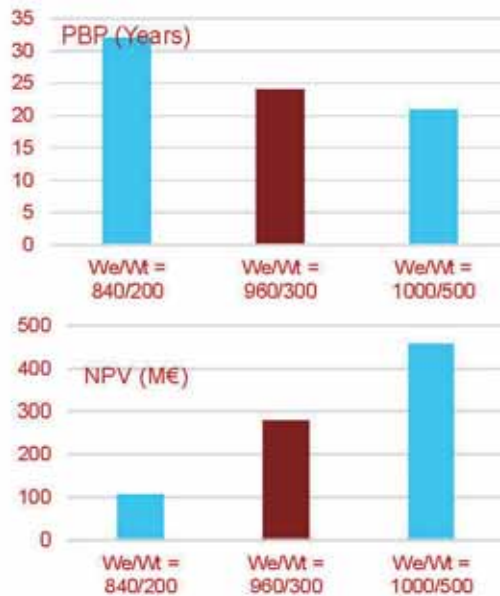
Секако дека подобри економски параметри покажува работата како постројката во когенеративен режим за производство на електрична и топлинска енергија.

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.

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

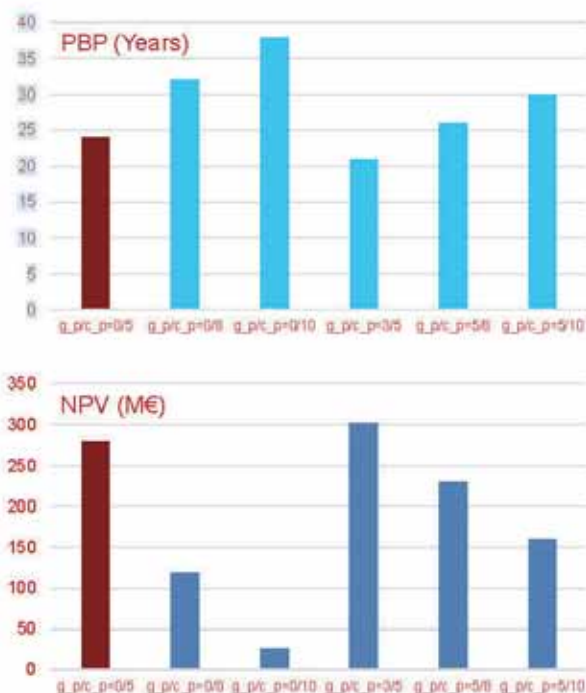


Сл. 8. Време на поврат на инвестицијата и нето сегашната вредност

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

	NPV (M€)	B/C	PBP (год.)	IRR (%)
g p/c p=0/5	279	1.21	24	8.6
g p/c p=0/8	119	1.1	32	6.1
g p/c p=0/10	26	1.02	38	5.1

g p/c p=3/5	302	1.26	21	10
g p/c p=5/8	231	1.23	26	8.8
g p/c p=5/10	160	1.165	30	7.4



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

На графиците е истакнат случајот кој се разгледа претходно. Јасно дека најдобри економски показатели се добиваат доколку гре периодот (g_p) е подолг, а периодот на градба покус (c_p).

4. ЗАКЛУЧОК

Нуклеарната енергетика се очекува да биде сериозно конкурентивна опција за идниот енергетски развој и електроенергетските системи. Целта за постигнување на целосна декарбонизација на енергетскиот сектор, покрај технологиите од ОИ е можно со имплементација на нуклеарната технологија. Секако нови реактори треба да бидат крајно усовершени како од технолошки, така од безбедносен аспект. Реакторите со мали моќности имаат предност

во однос на големите заради нивната пониска инвестициона 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.

5. 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.